

Энгельсский технологический институт (филиал) федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Естественные и математические науки»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине

Б.1.1.24 «Надежность технических систем и техногенный риск»

направления подготовки

20.03.01 «Техносферная безопасность»

Профиль «Защита в чрезвычайных ситуациях, промышленная и пожарная безопас-
ность, охрана труда»

форма обучения – очная

курс – 3

семестр – 6

зачетных единиц – 4

часов в неделю – 3

всего часов – 144

в том числе:

лекции – 16

коллоквиумы - нет

практические занятия – 32

лабораторные занятия – нет

самостоятельная работа – 96

экзамен – 6 семестр

РГР - нет

курсовая работа – нет

курсовой проект – нет

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры ЕМН

«27» июня 2022 года, протокол № 9

Зав. кафедрой В. Жилина /Жилина Е.В./

Рабочая программа утверждена на заседании УМКН

«27» июня 2022 года, протокол № 5

Председатель УМКН В. Жилина /Жилина Е.В./

Энгельс 2022

1. Цели и задачи дисциплины

Цель курса - вооружить будущего бакалавра знаниями основных положений теории надежности технических систем и техногенного риска, умением и навыками применения математических методов и моделей оценки надежности и риска, необходимыми для решения следующих профессиональных задач:

- проведение теоретических, расчетных и экспериментальных исследований, направленных на создание новых методов и систем защиты человека и среды обитания от воздействия антропогенных факторов и стихийных явлений на промышленные объекты;

- проведение анализа негативных факторов и техногенного риска современного производства и технических систем в целях решения вопросов рационального размещения новых производств с учетом минимизации неблагоприятного воздействия на среду обитания;

- осуществление развития новых методов повышения надежности и устойчивости технических объектов, локализации и ликвидации последствий аварий и катастроф;

- разработка методов анализа и прогнозирования аварий и техногенных катастроф на основе количественной оценки надежности и рисков потенциально опасных объектов техносферы и принятия грамотных управленческих решений в целях защиты и безопасности среды обитания человека на региональном уровне;

- выполнение расчетов с применением ЭВМ, связанных с выбором режимов функционирования систем и отдельных устройств, согласованием режимов работы аппаратов и оптимизацией рабочих параметров с целью обеспечения допустимого уровня техногенного риска сложных технологических систем и потенциально опасных объектов техносферы;

- технико-экономическое обоснование эффективности мероприятий, направленных на повышение безопасности и экологичности производства и затрат на ликвидацию последствий аварий и катастроф для принятия экономически обоснованных решений;

- проведение экспертизы безопасности и экологичности технических проектов, производств, промышленных предприятий и территориально-производственных комплексов, а также аудиторских проверок промышленных предприятий, других объектов экономики и их комплексов на соответствие требованиям безопасности и охраны окружающей среды.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Курс входит в профессиональный цикл ООП базовая часть.

Для освоения дисциплины «Надежность технических систем и техногенный риск» необходимы знания математического аппарата теории вероятностей и математической статистики, фундаментальность представлений и понятий из области математических, естественнонаучных и общепрофессиональных знаний, общекультурный и профессиональный уровень компетенции студентов.

Взаимосвязь изучаемого курса с другими дисциплинами ОПОП: математика, физика, информатика, безопасность жизнедеятельности, ноксология, надзор и контроль в сфере безопасности.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Для успешного освоения курса должны быть сформированы общекультурные, общепрофессиональные и профессиональные компетенции на повышенном уровне:

Общекультурные компетенции:

ОК-6 - способностью организовать свою работу ради достижения поставленных целей; готовность к использованию инновационных идей.

ОК-7 - владение культурой безопасности и риск-ориентированным мышлением, при котором вопросы безопасности и сохранения окружающей среды рассматриваются в качестве важнейших приоритетов в жизни и деятельности.

ОК-8 - способностью работать самостоятельно.

Общепрофессиональные компетенции:

ОПК-3 – способностью ориентироваться в основных нормативно-правовых актах в области обеспечения безопасности

Профессиональные компетенции:

ПК-15 - способностью проводить измерения уровней опасностей в среде обитания, обрабатывать полученные результаты, составлять прогнозы возможного развития ситуации.

ПК-17 - способностью определять опасные, чрезвычайно опасные зоны, зоны приемлемого риска.

ПК-20 - способностью принимать участие в научно-исследовательских разработках по профилю подготовки: систематизировать информацию по теме исследований, принимать участие в экспериментах, обрабатывать полученные данные.

ПК-21 - способностью решать задачи профессиональной деятельности в составе научно-исследовательского коллектива.

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

- основные принципы анализа и моделирования надежности технических систем и определения приемлемого риска.

Уметь:

- проводить расчеты надежности и работоспособности основных видов механизмов.

Владеть:

- методами математического моделирования надежности и безопасности работы отдельных звеньев реальных технических систем и технических объектов в целом;

Профессиональная дисциплина «Надежность технических систем и техногенный риск» должна обеспечивать подготовку студента к профессионально значимым видам деятельности бакалавра – проектно-конструкторской деятель-

ности, сервисно-эксплуатационной деятельности, организационно-управленческой деятельности, экспертной, надзорной и инспекционно-аудиторской деятельности, научно-исследовательской деятельности.

4. Распределение трудоемкости (час.) дисциплины по темам и видам занятий

№ модуля	№ недели	№ темы	Наименование темы	Часы					
				Всего	Лекции	Коллоквиумы	Лабораторные	Практические	СРС
6 семестр									
1	1,2	1	Основы теории надежности технических систем	28	4	-	-	-	24
	3,4	2	Методы исследования и расчета показателей надежности сложных технических систем	42	4	-	-	14	24
	5,6	3	Компьютерные технологии решения задач надежности сложных технических систем	42	4	-	-	14	24
	7,8	4	Основы анализа техногенного риска	32	4	-	-	4	24
Всего				144	16	-	-	32	96

5. Содержание лекционного курса

№ темы	Всего часов	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Учебно-методическое обеспечение
<i>Тема 1. Основы теории надежности технических систем</i>				
1	2	1	Концепция обеспечения надежности и безотказности сложных технических систем на современном этапе. Основные этапы развития научно-технического направления «Надежность в технике». Общие принципы обеспечения надежности сложных технических систем. Стандартизация в области надежности сложных технических систем. Структура действующих и разрабатываемых государственных и международных стандартов МЭК/ТК «Надежность в технике». Концепция сертификации систем обеспечения надежности сложной наукоемкой продукции.	[1, 3, 4, 5]
1	2	2	Предмет науки о надежности. Основные исходные понятия и определения теории надежности. Надежность и физический смысл этого понятия. Основные этапы развития научно-технического направления «Надежность». Общие принципы обеспечения надежности сложных технических систем. Основные понятия и терминология в области надежности технических систем: надежность, безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохранность, отказ, срок службы, избыточность, предельное состояние, резервирование и другие. Критерии надежности. Характеристики надежности. Современное определение понятия «Надежность».	[1, 3, 4, 5]

№ темы	Всего часов	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Учебно-методическое обеспечение
			Надежность как комплексное свойство технического объекта (прибора, устройства, машины, системы). Сущность надежности как способности выполнять заданные функции, сохраняя свои основные характеристики в установленных пределах, при определенных условиях эксплуатации. Устойчивость, живучесть, безопасность и риск технического объекта.	
Тема 2. Методы исследования и расчета показателей надежности сложных технических систем				
2	2	3	<p>Основные количественные показатели и критерии надежности. Основные показатели надежности. Критерии и количественные показатели надежности. Единичные и комплексные показатели. Невосстанавливаемые и восстанавливаемые изделия. Критерии надежности восстанавливаемых изделий: вероятность безотказной работы, частота отказов, интенсивность отказов, среднее время безотказной работы. Законы распределения времени между отказами. Основные соотношения для количественных характеристик надежности при различных законах распределения времени до отказа. Критерии надежности восстанавливаемых изделий: параметр потока отказов, наработка на отказ, коэффициент готовности, коэффициент вынужденного простоя. Особенности эффективности и надежности технических систем. Устойчивость, живучесть, безопасность и риск технического объекта</p>	[1, 3, 4, 5]
			<p>Математические и структурно-логические модели в теории надежности, методы прогнозирования надежности технических систем. Математические модели теории надежности. Экспоненциальная модель. Распределение Вейбулла. Гамма-распределение. Релея распределение. Логарифмически-нормальное распределение. Нормальное распределение. Пуассоновский поток. Структурно-логические модели и расчет надежности и безопасности систем. Блок схема. Деревья отказов. Деревья событий. Графы состояния системы. Прогнозирование показателей надежности методом графов. Экспертные методы прогнозирования показателей надежности системы. Вероятностные модели в расчетах систем и конструкций. Модели нагрузка-сопротивление. Квазистатические модели. Модели кумулятивного типа. Модели марковского типа. Модели пуассоновского типа.</p>	[1, 3, 4, 5]
2	2	4	<p>Средства и методы контроля и прогнозирования надежности технических систем. Методы контроля показателей надежности: расчетные, экспериментальные и расчетно-экспериментальные. Неразрушающие методы контроля. Методы прогнозирования надежности: методы эвристического прогнозирования (экспертной оценки); методы прогнозирования по статистическим моделям; комбинированные методы. Технико-экономический метод. Экономико-вероятностный метод. Стратегии поддержания и восстановления работоспособности технической системы. Метод статистических испытаний (Метод Монте-</p>	[1, 3, 4, 5]

№ темы	Всего часов	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Учебно-методическое обеспечение
			Карло). Периодичность технического обслуживания, составные части технического обслуживания (ТО). Допустимый уровень безотказности и периодичность ТО. Закономерности изменения параметра технического состояния, допустимые значения.	
			Методы математического моделирования надежности технических систем. Целевое назначение и классификация методов расчета. Последовательность расчета систем. Пространство состояний системы. Системные показатели надежности. Расчет надежности, основанный на использовании параллельно-последовательных структур. Система с последовательным соединением элементов. Система с параллельным соединением элементов. Способы преобразования сложных структур. Логико-вероятностные основы расчета надежности системы параллельно-последовательных структур технических систем.	[1, 3, 4, 5]
			Количественная оценка надежности структурно-сложных технических систем по надежности их элементов. Количественный анализ аварийных последовательностей. Определение Булевых уравнений аварийных последовательностей. Верхний и нижний пределы ненадежности системы. Методы вычисления верхнего показателя предела ненадежности системы. Анализ неопределенностей. Анализ значимости: значимость по Бирнбауму; значимость по Барлоу-Прошану; значимость по Фусселю-Везели; цена повышения риска; цена сокращения риска; значимость по критичности; структурные меры значимости; структурная значимость по Бирнбауму; структурная значимость по Барлоу-Прошану. Восстанавливаемые системы.	[1, 3, 4, 5]
Тема 3. Компьютерные технологии решения задач надежности сложных технических систем				
3	2	5	Основы моделирования и расчета надежности и безопасности сложных технических систем с помощью универсальных математических прикладных компьютерных программ Методы математического моделирования и расчета показателей надежности и безопасности сложных технических систем с помощью табличного процессора Microsoft Excel и современных математических пакетов прикладных компьютерных программ Mathcad.	[1, 3, 4, 5, 8, 12]
			Основы моделирования и расчета надежности и безопасности сложных технических систем с помощью пакетов прикладных математических программ и средств статистической обработки и анализа данных Методы математического моделирования и расчета показателей надежности и безопасности сложных технических систем с помощью средств статистической обработки и анализа данных Mathcad. Особенности решения прикладных задач управления надежностью и безопасностью сложных технических систем в Matlab/Simulink.	[1, 3, 4, 5, 8, 12]
3	2	6	Специализированные компьютерные программные комплексы анализа надежности систем сложной	[1, 3, 4, 5, 8, 10, 12]

№ темы	Всего часов	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Учебно-методическое обеспечение
			<p>структуры. ПК «АРБИТОР». Основы работы и функциональные возможности специализированных компьютерных программ в решении задач надежности сложных технических систем. Программный комплекс автоматизированного структурно-логического моделирования и расчета надежности и безопасности систем «АРБИТР» (ПК «АСМ СЗМА», версия 1.0). Теоретические основы автоматизированного структурно-логического моделирования (АСМ). Основы работы и функциональные возможности программного комплекса: прогноз надежности, оптимизация и системное моделирование, анализ характера и последствий отказов, анализ дерева отказов технической системы, выявление тенденций сбоев изделия и прогнозирование их характера на основе распределения Вейбулла, прогнозирование ремонтпригодности, анализ затрат в течение жизненного цикла продукта, анализ рисков, обусловленных человеческим фактором.</p> <p>Методы расчета надежности невосстанавливаемых и восстанавливаемых систем с помощью современных пакетов прикладных программ персональных компьютеров. Особенности и последовательность решения практических задач надежности нерезервированных и резервированных невосстанавливаемых сложных технических систем в программе Mathcad.</p>	
Тема 4. Основы анализа техногенного риска				
4	2	7	<p>Понятие риска и его классификация. Понятие риска. Основные принципы концепции «приемлемого риска». Математические определения риска. Причины возникновения риска. Причины аварийности на производстве. Классификация рисков при управлении техногенной безопасностью.</p>	[1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 12, 13]
4	2	8	<p>Основы анализа риска сложных технических систем. Анализ риска. Нормативные значения риска. Снижение опасности риска. Оценка кризисных ситуаций. Управление риском. Определение и измерение риска. Качественные и количественные методы анализа и оценки риска.</p>	[1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 12, 13]
Итого	16			

6. Содержание коллоквиумов

Не предусмотрен учебным планом

7. Перечень практических занятий

№ темы	Всего часов	№ занятия	Тема практического занятия. Вопросы, отрабатываемые на практическом занятии	Учебно-методическое обеспечение
2	4		Определение количественных характеристик надежности по статистическим данным об отказах изделия. Решение практических задач определения количественных характеристик надежности по статистическим данным об отказах изделия с помощью современных пакетов прикладных программ персональных компьютеров Mathcad.	[3, 4, 8, 12]
	6		Аналитическое определение количественных характеристик надежности изделия. Решение практических задач по аналитическому определению количественных характеристик надежности изделия с помощью современных пакетов прикладных программ персональных компьютеров Mathcad.	[3, 4, 8, 12]
	4		Последовательное соединение элементов в систему. Решение практических задач анализа последовательного соединения элементов в систему с помощью современных пакетов прикладных программ персональных компьютеров Mathcad.	[3, 4, 8, 12]
3	2		Расчет надежности системы с постоянным резервированием. Решение практических задач по расчету надежности системы с постоянным резервированием с помощью современных пакетов прикладных программ персональных компьютеров Mathcad.	[3, 4, 8, 12]
	4		Резервирование замещением в режиме облегченного (теплого) резерва и в режиме ненагруженного (холодного) резерва. Решение практических задач по резервированию замещением в режиме облегченного (теплого) резерва и в режиме ненагруженного (холодного) резерва с помощью современных пакетов прикладных программ персональных компьютеров Mathcad.	[3, 4, 8, 12]
	4		Расчет надежности системы с поэлементным резервированием. Решение практических задач по расчету надежности системы с поэлементным резервированием с помощью современных пакетов прикладных программ персональных компьютеров Mathcad.	[3, 4, 8, 12]
	4		Резервирование с дробной кратностью и постоянно включенным резервом. Решение практических задач по резервированию с дробной кратностью и постоянно включенным резервом с помощью современных пакетов прикладных программ персональных компьютеров Mathcad.	[3, 4, 8, 12]
4	4		Скользящее резервирование при экспоненциальном законе надежности. Решение практических задач анализа скользящего резервирования при экспоненциальном законе надежности с помощью современных пакетов прикладных программ персональных компьютеров Mathcad.	[3, 4, 8, 12]
Итого	32			

8. Перечень лабораторных работ

Не предусмотрен учебным планом

9. Задания для самостоятельной работы студентов

№ темы	Всего Часов	Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Учебно-методическое обеспечение
1	24	Сущность надежности. Сущность надежности как способности выполнять заданные функции, сохраняя свои основные характеристики в установленных пределах, при определенных условиях эксплуатации	[3, 4, 5, 6, 7, 11, 13]
		Основные понятия и терминология в области надежности. Основные понятия и терминология в области надежности технических систем: надежность, безотказность, долговечность, ремонтнопригодность, сохраняемость, отказ, предельное состояние и другие. Показатели надежности. Номенклатура и классификация показателей надежности.	[3, 4, 5, 6, 7, 11, 13]
2	24	Основные количественные показатели и критерии надежности. Количественными характеристиками надежности: вероятность безотказной работы; среднее время безотказной работы; интенсивность отказов; частота отказов; различные коэффициенты надежности.	[3, 4, 5, 6, 7, 11, 13]
		Основные модели и методы в теории надежности. Математические и структурно-логические модели в теории надежности, методы прогнозирования надежности технических систем.	[3, 4, 5, 6, 7, 11, 13]
		Методы моделирования в теории надежности. Методы моделирования аварийных последовательностей, дерево событий, дерево отказов	[3, 4, 5, 6, 7, 11, 13]
		Методы анализа частот событий в теории надежности. Методы анализа частот исходных событий и надежности элементов	[3, 4, 5, 6, 7, 11, 13]
		Методы анализа вероятности в теории надежности. Методы анализа вероятности отказов и вероятности последствий	[3, 4, 5, 6, 7, 11, 13]
		Методы определения точности в теории надежности. Методы определения точности в оценке показателей надежности	[3, 4, 5, 6, 7, 11, 13]
		Методы анализа надежности систем. Логико-вероятностный метод анализа надежности систем	[3, 4, 5, 6, 7, 11, 13]
		Метод максимального правдоподобия. Решения задач на метод максимального правдоподобия. Оценка параметров нормального распределения, распределения Пуассона, показательного распределения.	[3, 4, 5, 6, 7, 11, 13]
		Методы анализа неопределенностей, значимости и чувствительности. Последовательность оценки неопределенности, значимости и чувствительности результатов расчетного анализа аварий.	[3, 4, 5, 6, 7, 11, 13]
		Методы оценки техногенного риска. Методы оценки техногенного риска с использованием диаграммы причина-последствие	[1, 2, 7, 9, 13, 17, 18, 19]
		Методы анализа надежности. Методы анализа надежности технической системы за счет введения резервирования	[3, 4, 5, 6, 7, 11, 13]
3	24	Методо-ориентированные прикладные программы. Возможности современных методо-ориентированных прикладных программных продуктов в приложении к теории надежности сложных технических систем.	[3, 4, 5, 6, 7, 11, 13]

№ темы	Всего Часов	Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Учебно-методическое обеспечение
		Методы математического моделирования и расчета показателей надежности. Методы математического моделирования и расчета показателей надежности и безопасности сложных технических систем с помощью табличного процессора Microsoft Excel и современных математических пакетов прикладных компьютерных программ Derive и Mathcad. Особенности решения прикладных задачах управления надежностью и безопасностью сложных технических систем в Matlab/Simulink.	[3, 4, 5, 6, 7, 11, 13]
		Специализированные компьютерные программные комплексы анализа надежности. Специализированные компьютерные программные комплексы анализа надежности систем сложной структуры. ПК «АРБИ-ТОР» и ПК Relex. Основы работы и функциональные возможности специализированных компьютерных программ в решении задач надежности сложных технических систем.	[3, 4, 5, 6, 7, 10, 11]
		Восстанавливаемые и невосстанавливаемые технические системы. Особенности и последовательность решения практических задач надежности восстанавливаемых и невосстанавливаемых сложных технических систем в программе Mathcad.	[3, 4, 5, 6, 7, 11, 13]
4	24	Техногенные и экологические аварии и катастрофы. Классификация потенциально опасных объектов и технологий по характеру возможных чрезвычайных ситуаций, возникающих в результате аварий на таких объектах. Номенклатура основных источников аварий и катастроф. Прогнозирование и предупреждение аварий и катастроф. Основные источники экологических аварий и катастроф.	[1, 2, 7, 9, 13]
		Понятие риска. Основные принципы концепции «приемлемого риска». Математические определения риска. Причины возникновения риска. Причины аварийности на производстве. Классификация рисков при управлении техногенной безопасностью.	[1, 2, 7, 9, 13]
		Анализ риска. Нормативные значения риска. Снижение опасности риска. Оценка кризисных ситуаций. Управление риском. Определение и измерение риска. Качественные и количественные методы анализа и оценки риска.	[1, 2, 7, 9, 13]
Итого	96	<i>Виды, график контроля СРС, (по решению кафедры УМКС/УМКН)</i>	

10. Расчетно-графическая работа

Не предусмотрен учебным планом

11. Курсовая работа

Не предусмотрен учебным планом

12. Курсовой проект

Не предусмотрен учебным планом

13. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Оценивание уровня сформированности общепрофессиональных и профессиональных компетенций

Формируемые компетенции	Результаты освоения компетенций	Уровень сформированности компетенции выпускника	Характеристика уровня
ОПК-3 – способностью ориентироваться в основных нормативно-правовых актах в области обеспечения безопасности.	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные принципы анализа и моделирования надежности технических систем и определения приемлемого риска; <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - проводить расчеты надежности и работоспособности основных видов механизмов; <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методами математического моделирования 	Низкий	I. Репродуктивный уровень - познавательная активность и самостоятельность студента ограничивается рамками воспроизводящей деятельности. Студент не готов к решению профессиональных задач в области анализа риска сложных технических систем в полном объеме, необходим контроль и помощь в работе, требуется переподготовка студента и повторный контроль компетенций
<p>ПК-15 - способностью проводить измерения уровней опасностей в среде обитания, обрабатывать полученные результаты, составлять прогнозы возможного развития ситуации;</p> <p>ПК-17 - способностью определять опасные, чрезвычайно опасные зоны, зоны приемлемого риска;</p>	<p>рования надежности и безопасности работы отдельных звеньев реальных технических систем и технических объектов в целом.</p>	Пороговый (удовлетворительно)	II. Реконструктивный уровень - задачи, где надо произвести простейший анализ условия и выбрать из известных способов нужный. Студент готов к решению профессиональных задач в области анализа риска сложных технических систем, однако нуждается в повышении квалификации по отдельным вопросам в процессе самостоятельного обучения и практической деятельности
ПК-20 - способностью принимать участие в научно-исследовательских разработках по профилю подготовки: систематизировать информацию по теме исследований, при-		Продвинутый (хорошо)	III. Творческий, поисковый уровень - задачи, в которых надо проявить инициативу, догадку, умение логически рассуждать в нестандартной ситуации. Высокая степень готовности студента к профессиональ-

нимать участие в экспериментах, обрабатывать полученные данные			ной деятельности в области анализа риска сложных технических систем; способность систематизировать информацию по теме исследований, принимать участие в экспериментах, обрабатывать полученные данные
ПК-21 - способностью решать задачи профессиональной деятельности в составе научно-исследовательского коллектива		Высокий (отлично)	IV. Уровень ситуационного анализа риска реальных чрезвычайных ситуаций техногенного характера. Максимально возможная выраженность профессиональной компетенции в области анализа риска сложных технических систем; способность самостоятельно исследовать ситуацию, разобраться в сути проблем, предложить возможные решения и выбрать лучшее из них

Материалы для оценивания уровня сформированности общепрофессиональных и профессиональных компетенций студентов в процессе освоения изучаемой дисциплины составлены с учетом различного уровня знаний, умений и навыков студентов:

I. Задачи репродуктивного уровня (ОПК-3 – способностью ориентироваться в основных нормативно-правовых актах в области обеспечения безопасности)

[1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 21, 22, 23]

Пример 1. Допустим, что на испытание поставлено 1000 однотипных электронных ламп. За 3000 ч отказало 80 ламп, требуется определить вероятность безотказной работы $P(t)$ и вероятность отказа $Q(t)$ в течение 3000 ч

Пример 2. Допустим, что на испытание поставлено 1000 однотипных электронных ламп. За первые 3000 ч отказало 80 ламп, а за интервал времени 3000–4000 ч отказало еще 50 ламп. Требуется определить частоту $f(\Delta t)$ и интенсивность $\lambda(\Delta t)$ отказов электронных ламп в промежутке времени $\Delta t = 3000\text{--}4000$ ч.

Пример 3. На испытание поставлено $N_0 = 400$ изделий. За время $t = 3000$ ч отказало $n(t) = 200$ изделий, за интервал $\Delta t = 100$ ч отказало $n(\Delta t) = 100$ изделий. Требуется определить

вероятность безотказной работы за 3000 ч, вероятность безотказной работы за 3100 ч, вероятность безотказной работы за 3050 ч, частоту отказов $f(3050)$, интенсивность отказов $\lambda(3050)$.

Пример 4. В течение некоторого периода времени производилось наблюдение за работой одного объекта. За весь период зарегистрировано $n = 15$ отказов. До начала наблюдений объект проработал 258 ч, к концу наблюдения наработка составила 1233 ч. Определить среднюю наработку на отказ t_{cp} .

Пример 5. Производилось наблюдение за работой трех однотипных объектов. За период наблюдения было зафиксировано по первому объекту 6 отказов, по второму – 11 отказов, третьему – 8 отказов. Нарботка первого объекта $t_1 = 6181$ ч, второго $t_2 = 329$ ч, третьего $t_3 = 245$ ч. Определить наработку объектов на отказ.

Пример 6. Система состоит из 5 приборов, причем отказ любого одного из них ведет к отказу системы. Известно, что первый отказал 34 раза в течение 952 ч работы, второй – 24 раза в течение 960 ч работы, а остальные приборы в течение 210 ч работы отказали 4, 6 и 5 раз соответственно. Требуется определить наработку на отказ системы в целом, если справедлив экспоненциальный закон надежности для каждого из пяти приборов.

Пример 7. За наблюдаемый период эксплуатации в аппаратуре было зафиксировано 8 отказов. Время восстановления составило: $t_1 = 12$ мин, $t_2 = 23$ мин, $t_3 = 15$ мин, $t_4 = 9$ мин, $t_5 = 17$ мин, $t_6 = 28$ мин, $t_7 = 25$ мин, $t_8 = 31$ мин. Требуется определить среднее время восстановления аппаратуры.

Пример 8. Аппаратура имела среднюю наработку на отказ $t_{cp} = 65$ ч и среднее время восстановления $t_B = 1,25$ ч. Требуется определить коэффициент готовности K_g .

Пример 9. Пусть время работы элемента до отказа подчинено экспоненциальному закону $\lambda = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$. Требуется определить вероятность безотказной работы $P(t)$, частоту отказов $f(t)$ и среднюю наработку на отказ t_{cp} , если $t = 500, 1000, 2000$ ч.

Пример 10. Время работы изделия до отказа подчиняется закону распределения Рэлея. Требуется определить количественные характеристики: $P(t)$, $f(t)$, $\lambda(t)$, t_{cp} при $t_1 = 500$ ч, $t_2 = 1000$ ч, $t_3 = 2000$ ч, если параметр распределения $\sigma = 1000$ ч.

Пример 11. Время безотказной работы гироскопического устройства с шарикоподшипниками в осях ротора гироскопа подчиняется закону Вейбулла – Гнеденко с параметрами $k = 1,5$, $\lambda_0 = 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$, а время его работы $t = 100$ ч. Требуется вычислить количественные характеристики надежности такого устройства.

Пример 12. Известно, что интенсивность отказов $\lambda = 0,02 \text{ ч}^{-1}$, а среднее время восстановления $t_B = 10$ ч. Требуется вычислить коэффициент готовности и функцию готовности изделия.

Пример 13. Система состоит из 12 600 элементов, средняя интенсивность отказов которых $\lambda_{cp} = 0,32 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$.

Пример 14. Система состоит из $N = 5$ блоков. Надежность блоков характеризуется вероятностью безотказной работы в течение времени t , которая равна: $p_1(t) = 0,98$; $p_2(t) = 0,99$; $p_3(t) = 0,97$; $p_4(t) = 0,985$; $p_5(t) = 0,975$. Требуется определить вероятность безотказной работы системы.

Пример 15. Система состоит из трех устройств. Интенсивность отказов электронного устройства равна $\lambda_1 = 0,16 \cdot 10^{-3} \text{ ч}^{-1} = \text{const}$. Интенсивности отказов двух электромеханических устройств линейно зависят от времени и определяются следующими формулами: $\lambda_2 = 0,23 \cdot 10^{-4} t \text{ ч}^{-1}$, $\lambda_3 = 0,06 \cdot 10^{-6} t^{2,6} \text{ ч}^{-1}$. Нужно рассчитать вероятность безотказной работы изделия в течение 100 ч.

Пример 16. Система состоит из трех блоков, средняя наработка до первого отказа которых равна $T_1 = 160 \text{ ч}$, $T_2 = 320 \text{ ч}$, $T_3 = 600 \text{ ч}$. Для блоков справедлив экспоненциальный закон надежности. Требуется определить среднюю наработку до первого отказа системы.

Пример 17. Система состоит из двух устройств. Вероятности безотказной работы каждого из них в течение времени $t = 100 \text{ ч}$ равны: $p_1(100) = 0,95$; $p_2(100) = 0,97$. Справедлив экспоненциальный закон надежности. Необходимо найти среднюю наработку до первого отказа системы $t_{ср.с}$.

Пример 18. Вероятность безотказной работы одного элемента в течение времени t равна $p(t) = 0,9997$. Требуется определить вероятность безотказной работы системы, состоящей из $N = 100$ таких же элементов.

Пример 19. Вероятность безотказной работы системы в течение времени t равна $P_c(t) = 0,95$. Система состоит из $N = 120$ равнонадежных элементов. Требуется определить вероятность безотказной работы элемента $p_i(t)$.

Пример 20. В системе $N_c = 2500$ элементов, вероятность безотказной работы ее в течение одного часа $P_c(1) = 98 \%$. Предполагается, что все элементы равнонадежны и интенсивность отказов элементов $\lambda = 8,4 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$. Требуется определить среднюю наработку до первого отказа системы $t_{ср.с}$.

Пример 21. Техническая система предназначена для выполнения некоторой задачи. С целью обеспечения работоспособности система спроектирована со смешанным соединением элементов (рис. 1.).

Определить надежность системы, если известно, что надежность ее элементов равна: $p_1=0,99$; $p_2=0,98$; $p_3=0,9$; $p_4=0,95$; $p_5=0,9$; $p_6=0,9$; $p_7=0,8$; $p_8=0,75$; $p_9=0,7$.

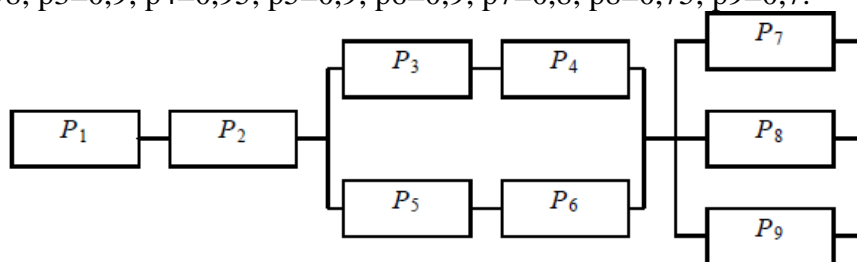


Рис.1.

Пример 22. Определить надежность автомобиля (системы) при движении на заданное расстояние, если известны надежности следующих подсистем: системы зажигания $p_1 = 0,99$; системы питания топливом и смазкой $p_2 = 0,999$; системы охлаждения $p_3 = 0,998$; двигателя $p_4 = 0,985$; ходовой части $p_5 = 0,997$.

Пример 23. По данным эксплуатации генератора установлено, что наработка до отказа подчиняется экспоненциальному закону с параметром $\lambda = 2 \cdot 10^{-5} \text{ 1/час}$.

Найти вероятность безотказной работы за время $t = 100$ часов. Определить математическое ожидание наработки до отказа.

Пример 24. Простая система состоит из 1000 одинаково надежных, независимых элементов. Какой надежностью должен обладать каждый из них для того, чтобы надежность системы была не меньше 0,9?

Пример 25. Предположим, что для работы системы с последовательным соединением элементов при полной нагрузке необходимы два разнотипных насоса, причем насосы имеют постоянные интенсивности отказов, равные соответственно $\lambda_1 = 0,0001 \text{ ч}^{-1}$ и $\lambda_2 = 0,0002 \text{ ч}^{-1}$. Требуется вычислить среднее время безотказной работы данной системы и вероятность ее безотказной работы в течение 100 ч. Предполагается, что оба насоса начинают работать в момент времени $t = 0$.

Пример 26. Предохранительное устройство, обеспечивающее безопасность работы системы под давлением, состоит из трех дублирующих друг друга клапанов. Надежность каждого из них $p = 0,9$. Клапаны независимы в смысле надежности. Найти надежность устройства.

Пример 27. Предположим, что два одинаковых вентилятора в системе очистки отходящих газов работают параллельно, причем если один из них выходит из строя, то другой способен работать при полной системной нагрузке без изменения своих надежностных характеристик.

Требуется найти безотказность системы в течение 400 ч (продолжительность выполнения задания) при условии, что интенсивности отказов двигателей вентиляторов постоянны и равны $\lambda = 0,0005 \text{ ч}^{-1}$, отказы двигателей статистически независимы и оба вентилятора начинают работать в момент времени $t = 0$, а также среднюю наработку на отказ

Пример 28. Известно, что серийно выпускаемая деталь имеет экспоненциальное распределение времени до отказа с параметром $\lambda = 10^{-5} \text{ час}^{-1}$.

Деталь используется конструктором при разработке нового прибора. Назначенный ресурс прибора $T_n = 10^4 \text{ час}$.

Определить следующие показатели надёжности детали:

- вероятность отказа детали до момента T_n ;
 - вероятность того, что деталь безотказно проработает в течение времени T_n ;
 - вероятность того, что деталь безотказно проработает в интервале времени от 10^3 до 10^4 час .
-

II. Задачи реконструктивного уровня (ПК-15 - способностью проводить измерения уровней опасностей в среде обитания, обрабатывать полученные результаты, составлять прогнозы возможного развития ситуации; ПК-17 - способностью определять опасные, чрезвычайно опасные зоны, зоны приемлемого риска)

[1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 21, 22, 23]

Задача №1.

На испытание поставлено N_0 изделий. За время t вышло из строя $n(t)$ штук изделий. За последующий интервал времени Δt вышло из строя $n(\Delta t)$ штук изделий. Необходимо вычислить вероятность безотказной работы за время t и $t + \Delta t$, частоту отказов и интенсивность отказов на интервале Δt .

Дано: $N_0=10$; $t=1000 \text{ ч}$; $\Delta t=100 \text{ ч}$; $n(t)=3$; $n(\Delta t)=1$.

Задача №2.

В течение времени Δt производилось наблюдение за восстанавливаемым изделием и было зафиксировано $n(\Delta t)$ отказов. До начала наблюдения изделие проработало в течение времени t_1 , общее время наработки к концу наблюдения составило t_2 . Требуется найти наработку на отказ.

Дано: $t_1=1200$ ч. $t_2=5558$ ч. $n(\Delta t)=2$

Задача №3.

Система состоит из N_0 приборов, имеющих разную надежность. Известно, что каждый из приборов, поработав вне системы в течении времени t_i , имел n_i отказов. Для каждого из приборов справедлив экспоненциальный закон надежности. Необходимо найти наработку на отказ всей системы.

Дано: $N=5$; $t_1=600$ ч; $n_1=45$; $t_2=600$ ч; $n_2=2$; $t_3=200$ ч; $n_3=4$; $t_4=200$ ч; $n_4=6$; $t_5=200$ ч $n_5=2$

Задача №4

Изделие имеет среднюю наработку на отказ (t_{cp}) и среднее время восстановления (t_v). Необходимо определить коэффициент готовности изделия.

Дано: $t_{cp}= 147$ ч. $t_v= 1.7$ ч.

Задача №5.

На испытании находилось 1000 однотипных ламп 6Ж4. Число отказавших ламп учитывалось через каждые 1000 часов работы. Требуется определить вероятность безотказной работы, частоту отказов и интенсивность отказов в функции времени, построить графики этих функций. Необходимо также найти среднюю наработку до первого отказа.

Данные об отказах элементов:

$\Delta t_i, \text{ч}$	$n(\Delta t_i)$	$\Delta t_i, \text{ч}$	$n(\Delta t_i)$
0-1000	20	13000-14000	40
1000-2000	25	14000-15000	50
2000-3000	35	15000-16000	40
3000-4000	50	16000-17000	50
4000-5000	30	17000-18000	40
5000-6000	50	18000-19000	50
6000-7000	40	19000-20000	35
7000-8000	40	20000-21000	35
8000-9000	50	21000-22000	50
9000-10000	30	22000-23000	35
10000-11000	40	23000-24000	25
11000-12000	40	24000-25000	30
12000-13000	50	25000-26000	20

Задача №6

В результате наблюдений за 45 образцами радиоэлектронного оборудования получены данные до первого отказа всех 45 образцов. Определить: $P(t)$; $\alpha(t)$; $\lambda(t)$ в функции времени, построить графики этих функций, а также найти среднюю наработку до первого отказа (T_{cp}).

Данные об отказах элементов:

Δt_i , ч	$n(\Delta t_i)$	Δt_i , ч	$n(\Delta t_i)$
0-5	1	40-45	0
5-10	5	45-50	1
10-15	8	50-55	0
15-20	2	55-60	0
20-25	5	60-65	3
25-30	6	65-70	3
30-35	4	70-75	3
35-40	3	75-80	1

Задача №7

В результате наблюдений за 45 образцами радиоэлектронного оборудования, которые прошли предварительную 80-часовую приработку, получены данные до первого отказа всех 45 образцов. Требуется определить: $P(t)$; $\alpha(t)$; $\lambda(t)$ в функции времени, построить графики этих функций, а также найти среднюю наработку до первого отказа ($T_{ср}$).

Данные об отказах элементов:

Δt_i , ч	$n(\Delta t_i)$
0 – 10	19
10 – 20	13
20 – 30	8
30 – 40	3
40 – 50	0
50 – 60	1
60 – 70	1

Задача №8

На испытание поставлено $N=1000$ элементов. Число отказов фиксировалось в каждом интервале времени испытаний $\Delta t=500$ ч. Требуется определить вероятность безотказной работы, частоту отказов и интенсивность отказов в функции времени, построить графики этих функций, а также найти среднюю наработку до первого отказа элементов.

Данные об отказах элементов:

Δt_i , ч	$n(\Delta t_i)$	Δt_i , ч	$n(\Delta t_i)$
0-500	145	4500-5000	37
500-1000	86	5000-5500	33
1000-1500	77	5500-6000	35
1500-2000	69	6000-6500	60
2000-2500	62	6500-7000	75
2500-3000	56	7000-7500	62
3000-3500	51	7500-8000	42
3500-4000	45	8000-8500	16
4000-4500	41		

Задача №9

Имеются статистические данные об отказах трех групп одинаковых изделий. В каждой группе было по 100 изделий, и их испытания проводились по 1 группе 550 ч, по 2 группе 400 ч и по 3 группе 200 ч. Необходимо вычислить количественные характеристики $P(t)$, $\alpha(t)$, $\lambda(t)$ и построить графики этих функций.

Данные об отказах элементов:

Δt_i , ч	Количество отказов $n(\Delta t_i)$ по группам изделий			$\Sigma n(\Delta t_i)$
	1 группа	2 группа	3 группа	
0-25	4	6	5	15
25-50	8	9	8	25
50-75	6	5	7	18
75-100	3	4	5	12
100-150	5	5	6	16
150-200	4	3	3	10
200-250	1	3	-	4
250-300	2	2	-	4
300-400	3	4	-	7
400-550	5	-	-	5

III. Задачи творческого уровня (ПК-20 - способностью принимать участие в научно-исследовательских разработках по профилю подготовки: систематизировать информацию по теме исследований, принимать участие в экспериментах, обрабатывать полученные данные)

[1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 21, 22, 23]

Задача 1. Нерезервированная система состоит из 5 элементов. Интенсивности их отказов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Интенсивности отказов элементов

Номер элемента	1	2	3	4	5
λ_i , ч ⁻¹	0,00007	0,00005	0,00004	0,00006	0,00004

Определить показатели надежности системы: интенсивность отказа, среднее время безотказной работы, вероятность безотказной работы, плотность распределения времени безотказной работы. Показатели надежности $P(t)$ и $f(t)$ получить на интервале от 0 до 1000 часов с шагом 100 часов.

Задача 2. Нерезервированная система состоит из 5 элементов, имеющих различные законы распределения времени работы до отказа. Виды законов распределения и их параметры приведены в табл. 2.

Таблица 2

Законы распределения времени до отказа

Номер элемента	1	2	3	4	5
Закон распределения времени до отказа	W(2; 1800)	Г(7; 300)	R(8 10'8)	Exp(0,002)	TN(2000; 90)

В табл. 2 и в дальнейшем приняты следующие обозначения законов распределения:

- W - Вейбулла;
- Г - гамма;
- R -Рэлея;
- Exp - экспоненциальный;
- TN - усеченный нормальный;
- N - нормальный;
- U - равномерный.

В скобках указаны параметры распределений.

Определить показатели надежности каждого элемента и всей системы: вероятность безотказной работы, среднее время безотказной работы, интенсивность отказа, плотность распределения времени безотказной работы. Для показателей, зависящих от времени, получить решение в виде таблиц и графиков.

Задача 3. Определение вероятности реализации сценариев аварийного выброса опасного вещества методом Монте-Карло

№	Значение параметров аварийного истечения жидкости при разгерметизации резервуара			Размеры резервуара			Плотность жидкости ρ, кг/м ³
	h	d	t	d1, м	L, м	V, м ³	
1	rexp(kr,λr) kr = 500 λr = 2	rnorm(kr,mr,gr) kr = 500 mr = 0.175 gr = 0.025	rexp(kr,λr) kr = 1 λr = 0.02	22.8	18.9	5000	870
2	runif(kr,A,B) kr = 600 A = 0 B = 0.5·H	rnorm(kr,mr,gr) kr = 600 mr = 0.15 gr = 0.02	rexp(kr,λr) kr = 1 λr = 0.02	12.3	8.94	1000	786
3	rexp(kr,λr) kr = 700 λr = 2.5	rnorm(kr,mr,gr) kr = 700 mr = 0.125 gr = 0.015	rexp(kr,λr) kr = 1 λr = 0.025	28.5	18.0	10000	960
4	runif(kr,A,B) kr = 700 A = 0 B = 0.5·H	rnorm(kr,mr,gr) kr = 700 mr = 0.2 gr = 0.012	rexp(kr,λr) kr = 1 λr = 0.025	18.9	12.0	3000	903

Задача 4. Расчет структурной надежности. По принципиальной технологической схеме установки компримирования газа составить структурную логическую схему надежности (структуру системы) и выполнить расчет надежности системы.

Элемент установки	Варианты					
	1	2	3	4	5	6
Фильтр-скруббер	H(470,95)	E(2,5×10 ⁻²)	Wb(320, 2,5)	LH(508,99)	Wb(410, 5,0)	E(85×10 ⁻⁴)
Компрессор	LH(375,90)	H(570,102)	E(3,5×10 ⁻³)	Wb(325, 5,0)	LH(395,98)	Wb(310, 4,5)
Фильтр-сепаратор	Wb(320, 5,5)	LH(500,110)	H(505,105)	E(75×10 ⁻⁴)	Wb(395, 5,0)	LH(375,90)
Фильтр-коалесцер	E(1,5×10 ⁻²)	Wb(220, 1,5)	LH(370,90)	H(390,79)	E(95×10 ⁻⁴)	Wb(305, 4,5)
Фильтр дополнительный	Wb(120, 1,5)	E(2,5×10 ⁻³)	Wb(220, 2,5)	LH(507,129)	H(395,98)	E(105×10 ⁻⁴)
Газовый охладитель	H(575,130)	H(500,110)	E(50×10 ⁻⁴)	Wb(420, 3,5)	LH(495,56)	H(490,65)

Параметры функций распределения вероятности

Wb(w,ξ) – Вейбулл (w – параметр масштаба,ξ - параметр формы)

H(m,σ) – Нормальное (m – матожидание,σ - среднеквадратическое отклонение)

LH(m,σ) – Логнормальное (m – матожидание,σ - среднеквадратическое отклонение)

E(λ) – Экспоненциальное (λ - показатель интенсивности отказов)

Определить:

- вероятность безотказной работы системы;
- среднее время безотказной работы системы;
- интенсивность отказов системы;
- плотность распределения времени до отказа системы.

Решение представить в аналитическом виде, в виде графиков и таблиц

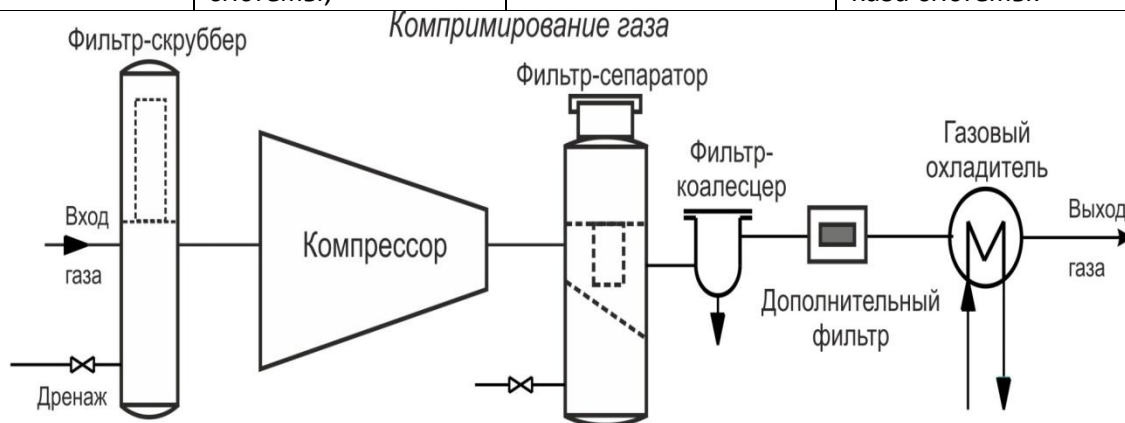
IV. Задачи уровня ситуационного анализа риска – кейс-метод (ПК-21 - способностью решать задачи профессиональной деятельности в составе научно-исследовательского коллектива)

[1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 21, 22, 23]

Задание №1. Расчет структурной надежности. По принципиальной технологической схеме установки компримирования газа составить структурную логическую схему надежности (структуру системы) и выполнить расчет надежности системы.

Элемент установки	Варианты		Параметры функций распределения вероятности
	Вариант №1.1	Вариант №1.2	
Фильтр-скруббер	$H(470,95)$	$E(2,5 \times 10^{-2})$	<ul style="list-style-type: none"> • $Wb(w, \xi)$ – Вейбулл (w – параметр масштаба, ξ – параметр формы) • $H(m, \sigma)$ – Нормальное (m – матожидание, σ – среднее квадратическое отклонение) • $LH(m, \sigma)$ – Логнормальное (m – матожидание, σ – среднее квадратическое отклонение) • $E(\lambda)$ – Экспоненциальное (λ – показатель интенсивности отказов)
Компрессор	$LH(375,90)$	$H(570,102)$	
Фильтр-сепаратор	$Wb(320, 5,5)$	$LH(500,110)$	
Фильтр-коалесцер	$E(1,5 \times 10^{-2})$	$Wb(220, 1,5)$	
Фильтр дополнительный	$Wb(120, 1,5)$	$E(2,5 \times 10^{-3})$	
Газовый охладитель	$H(575,130)$	$H(500,110)$	

Определить:			
вероятность безотказной работы системы;	среднее время безотказной работы системы;	интенсивность отказов системы;	плотность распределения времени до отказа системы.



Фильтр-скруббер обеспечивает удаление жидких фракций.

Сжатие газа происходит в винтовом компрессоре с впрыском масла в область сжатия, что обеспечивает уплотнение и смазку роторов, а также первичное охлаждение газа.

После сжатия в компрессоре газомасляная смесь поступает на фильтр-сепаратор первой ступени очистки, где за счет силы тяжести происходит основное отделение масла от газа.

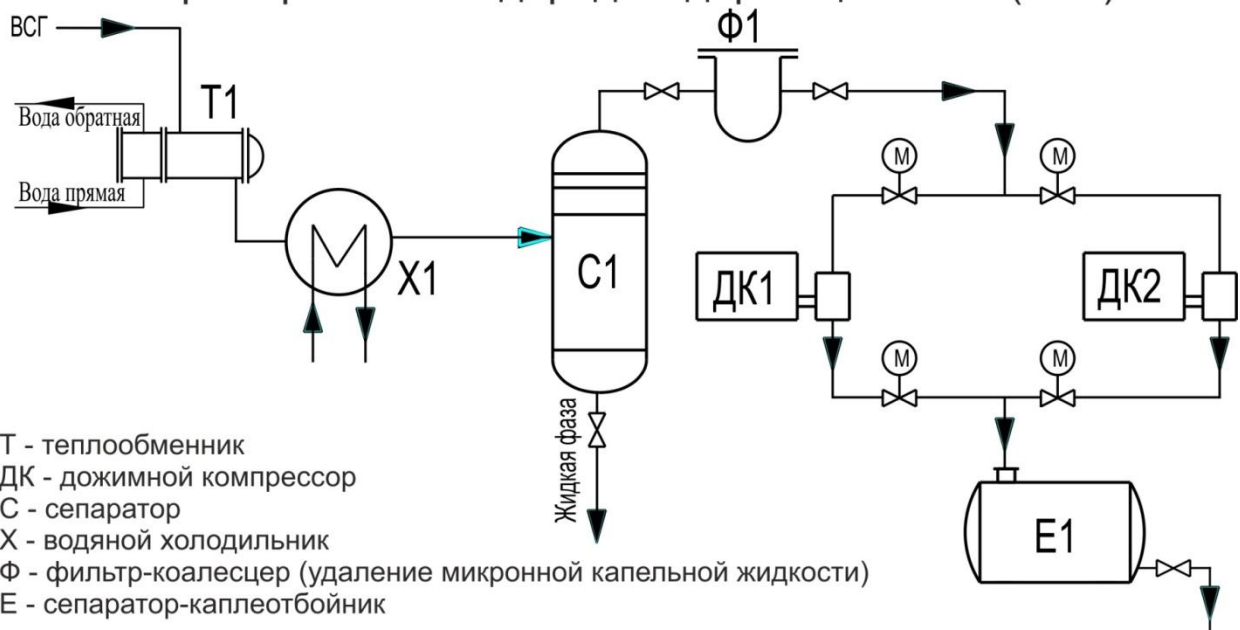
После отделения масла газ поступает в коалесцентный фильтр второй ступени очистки, где также происходит очистка газа от масла и механических примесей (фильтр-коалесцер для удаления микронной капельной жидкости).

После очистки газ поступает на газовый охладитель. Учитывая качество исходного газа и проектные требования, перед газовым охладителем может устанавливаться фильтр дополнительной очистки.

Задание №2. Расчет структурной надежности. По принципиальной технологической схеме установки компримирования ВСГ составить структурную логическую схему надежности (структуру системы) и выполнить расчет надежности системы.

Элемент установки	Вариант №2.1	Вариант №2.2	Параметры функций распределения вероятности
Теплообменник Т1	Wb(372, 4)	Wb(372, 4)	<ul style="list-style-type: none"> • Wb(w,ξ) – Вейбулл (w – параметр масштаба, ξ - параметр формы) • Н(m,σ) – Нормальное (m – матожидание, σ - среднеквадратическое отклонение) • LH(m,σ) – Логнормальное (m – матожидание, σ - среднеквадратическое отклонение) • E(λ) – Экспоненциальное (λ - показатель интенсивности отказов)
Холодильник Х1	H(427, 72)	H(427, 72)	
Сепаратор С1	E(72×10 ⁻⁴)	E(72×10 ⁻⁴)	
Фильтр-коалесцер Ф1	Wb(420, 6)	Wb(420, 6)	
Дожимной компрессор ДК1/ДК2	LH(295, 94)	LH(295, 94)	
Сепаратор-каплеотбойник Е1	H(378, 101)	H(378, 101)	
Определить:			
вероятность безотказной работы системы;	среднее время безотказной работы системы;	интенсивность отказов системы;	плотность распределения времени до отказа системы.

Компримирование водородосодержащего газа (ВСГ)

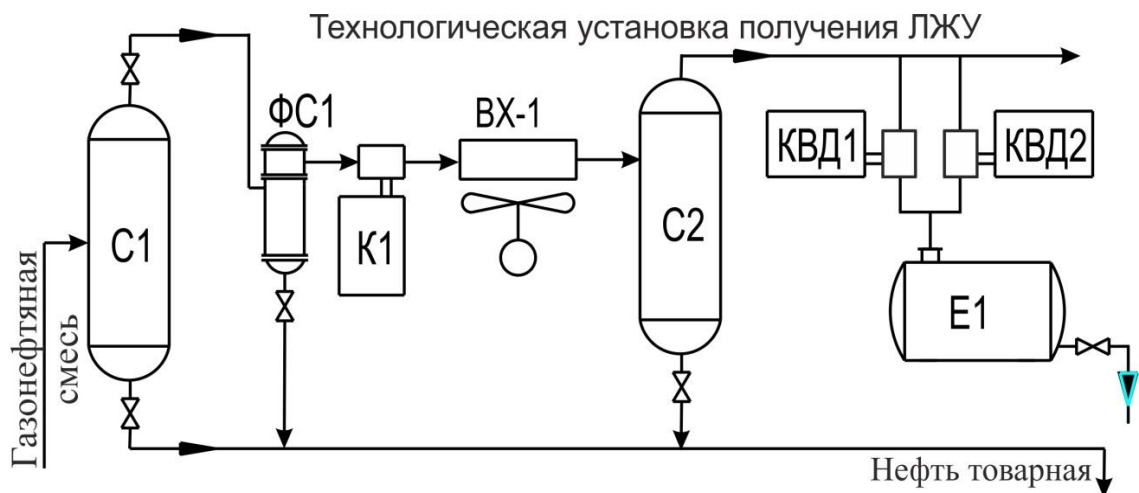


Задание №3. Расчет структурной надежности. По принципиальной технологической схеме установки получения легких жидких углеводородов пропана, бутана, пентана из газонефтяной смеси составить структурную логическую схему надежности (структуру системы) и выполнить расчет надежности системы.

Элемент установки	Варианты			Параметры функций распределения вероятности
	№3.1	№3.2	№3.3	
Сепаратор газонефтяной смеси	E(85×10 ⁻⁴)	H(470,95)	Wb(300, 4,5)	<ul style="list-style-type: none"> • Wb(w,ξ) – Вейбулл (w – параметр масштаба, ξ - параметр формы) • Н(m,σ) – Нормальное (m – матожидание, σ - среднеквадратическое отклонение)
Фильтр-сепаратор	Wb(310, 4,5)	E(55×10 ⁻⁴)	H(470,95)	
Компрессор низкой ступени	LH(375,90)	Wb(315, 3,5)	E(65×10 ⁻⁴)	
Воздушный холодильник	Wb(305, 4,5)	LH(375,90)	Wb(400, 6,5)	

Газосепаратор	$E(105 \times 10^{-4})$	$Wb(300, 3,5)$	$LN(375,90)$	<ul style="list-style-type: none"> • $LN(m, \sigma)$ – Логнормальное (m – матожидание, σ – средне-квадратическое отклонение) • $E(\lambda)$ – Экспоненциальное (λ – показатель интенсивности отказов)
Компрессор высокого давления	$H(490,65)$	$E(1,5 \times 10^{-2})$	$H(500,115)$	
Определить:				
вероятность безотказной работы системы;	среднее время безотказной работы системы;	интенсивность отказов системы;	плотность распределения времени до отказа системы.	

Описание технологического процесса: Извлечение ЛЖУ с осушкой газа от влаги методом низкотемпературной конденсации. Процесс выделенных из нефтяного газа легких жидких углеводородов (ЛЖУ) включает отделение газа от жидкости и механических примесей в сепараторе С1. В фильтре-сепараторе ФС1 газ отфильтровывается от капель жидкости и подается на компрессор низкой ступени К1, затем газ охлаждается в воздушном холодильнике ВХ1. Охлажденный газ поступает в газосепаратор С2. Сверху газосепаратора С2 отбираются легкие углеводороды пропан C_3H_8 , бутан C_4H_{10} , пентан C_5H_{12} . Сжижение газа осуществляется с помощью компрессоров высокого давления КВД, где газ сжимается с последующей конденсацией газа в Е1 до ЛЖУ.



С1 – сепаратор газонефтяной смеси
С2 – газосепаратор
К1 – компрессор низкой ступени сепарации
КВД1, КВД2 – компрессоры высокого давления

ФС1 – фильтр-сепаратор
ВХ1 – воздушный холодильник
Е1 – емкость сбора легких жидких углеводородов (ЛЖУ)

Вопросы для экзамена по дисциплине «Надежность технических систем и техногенный риск»

Тема №1 «Основы теории надежности технических систем»

1. Надежность и физический смысл этого понятия.
2. Современное определение понятия «Надежность» и его составные элементы.
3. Сущность надежности как способности выполнять заданные функции, сохраняя свои основные характеристики в установленных пределах, при определенных условиях эксплуатации.

4. Понятия отказа, аварии, катастрофы.
5. Безотказность и ремонтпригодность технического объекта. Показатели ремонтпригодности. Основные понятия и определения.
6. Показатели безотказности невосстанавливаемых объектов.
7. Показатели безотказности восстанавливаемых объектов.
8. Долговечность и сохраняемость технического объекта. Показатели долговечности. Показатели сохраняемости. Основные понятия и определения.
9. Устойчивость и живучесть технического объекта. Показатели устойчивости и живучести. Основные понятия и определения.
10. Надежность, риск, безопасность технического объекта. Основные понятия и определения.

Тема №2 «Методы исследования и расчета показателей надежности технических систем»

11. Понятие события, действия над событиями.
12. Статистическая вероятность. Случайные величины. Законы распределения.
13. Числовые характеристики случайных величин.
14. Числовые характеристики функций случайных величин.
15. Математические модели теории надежности. Экспоненциальная модель.
16. Математические модели теории надежности. Распределение Вейбулла.
17. Математические модели теории надежности. Гамма-распределение.
18. Математические модели теории надежности. Нормальное распределение.
19. Математические модели теории надежности. Пуассоновский поток.
20. Структурная модель надежности систем. Блок схема. Деревья отказов. Деревья событий.
21. Основные показатели надежности. Критерии и количественные показатели надежности.
22. Единичные и комплексные показатели. Критерий комплексности, характеристика надежности.
23. Невосстанавливаемые и восстанавливаемые изделия. Критерии надежности восстанавливаемых изделий: вероятность безотказной работы; частота отказов; интенсивность отказов; средняя наработка до первого отказа.
24. Основные соотношения для количественных характеристик надежности при различных законах распределения времени до отказа (экспоненциального, усеченного нормального, Релея, Гамма, Вейбулла, логарифмически-нормального).
25. Критерии надежности восстанавливаемых изделий: параметр потока отказов; наработка на отказ; коэффициент готовности; коэффициент вынужденного простоя.
26. Системы сбора информации о надежности. Достоверность, точность, полнота и однородность информации.
27. Обработка информации о надежности. Первичная документация. Среднее квадратичное отклонение, коэффициент вариации.

28. Параметры законов, характеризующих события эксплуатации технических систем.
29. Графический метод определения оценок параметров распределения.
30. Согласие опытного распределения с теоретическим. Статистическая гипотеза. Критерий согласия. Доверительные границы. Нормативные показатели.
31. Периодичность технического обслуживания, составные части технического обслуживания.
32. Допустимый уровень безотказности и периодичность технического обслуживания. Закономерности изменения параметра технического состояния, допустимые значения.
33. Стратегии поддержания и восстановления работоспособности технической системы.
34. Последовательность расчета систем. Пространство состояний системы. Системные показатели надежности.
35. Расчет надежности, основанный на использовании параллельно-последовательных структур.
36. Система с последовательным соединением элементов.
37. Система с параллельным соединением элементов.
38. Логико-вероятностные основы расчета надежности системы параллельно-последовательных структур технических систем.
39. Количественный анализ аварийных последовательностей. Определение Булевых уравнений аварийных последовательностей.
40. Верхний и нижний пределы ненадежности системы. Методы вычисления верхнего показателя предела ненадежности системы.
41. Анализ неопределенностей. Анализ значимости: значимость по Бирнбауму; значимость по Барлоу-Прошану; значимость по Фусселю-Везели.

Тема №3. «Компьютерные технологии решения задач надежности сложных технических систем»

42. Методы математического моделирования и расчета показателей надежности и безопасности сложных технических систем с помощью табличного процессора Microsoft Excel.
43. Методы математического моделирования и расчета показателей надежности и безопасности сложных технических систем с помощью компьютерной программы Mathcad.
44. Методы математического моделирования и расчета показателей надежности и безопасности сложных технических систем с помощью компьютерной программы Matlab/Fuzzy Logic.
45. Особенности решения прикладных задач управления надежностью и безопасностью сложных технических систем в Matlab/Simulink.
46. Основы работы и функциональные возможности специализированной компьютерной программы ПК «АРБИТОР» для решения задач надежности и риска сложных технических систем.

47. Основы работы и функциональные возможности компьютерной программы Matlab/Neural Network для решения задач надежности и риска сложных технических систем.

48. Особенности и последовательность решения практических задач надежности восстанавливаемых сложных технических систем в программе Mathcad

49. Особенности и последовательность решения практических задач надежности невосстанавливаемых сложных технических систем в программе Mathcad

Тема №4 «Основы анализа техногенного риска»

50. Понятие риска.

51. Допустимый риск и методы его определения. Концепция «нулевого риска». Концепция «приемлемого риска» (принцип «предвидеть и предупредить»).

52. Понятия «безопасность», «опасность», «чрезмерная опасность», «экологическая опасность», «техногенная опасность».

53. Опасности, последовательности событий, исходы аварий и их последствия.

54. Причины возникновения риска. Причины аварийности на производстве.

55. Классификация рисков при управлении техногенной безопасностью.

56. Вероятностные методы оценки опасностей техносферы. Основные понятия и величина техногенного риска. Количественные показатели риска.

57. Классификация и характеристика видов риска. Краткая характеристика социального, коллективного, индивидуального, потенциального и материального риска.

58. Проблемы техногенной безопасности. Классификация потенциально опасных объектов и технологий по характеру возможных чрезвычайных ситуаций, возникающих в результате аварий на таких объектах.

59. Номенклатура основных источников аварий и катастроф. Природно-техногенные риски и их классификация. Статистика аварий и катастроф.

60. Структура полного ущерба как последствия аварий на технических объектах.

61. Прогнозирование аварий и катастроф. Общая структура анализа техногенного риска.

62. Вероятность возникновения аварий на производстве.

63. Социально-экономические проблемы обеспечения безопасности техники.

64. Снижение опасности и риска. Аварийная подготовленность. Аварийное реагирование.

65. Основные принципы обеспечения безопасности. Принцип глубоководной защиты и его реализация. Принцип единичного отказа. Пути понижения вероятности отказа.

66. Допустимый риск. Расчет критериального значения риска.

67. Факторы, затрудняющие формализацию расчета риска.

68. Критериальные значения риска в результате природных явлений и различных видов техногенной деятельности.

69. Нормативные значения риска для промышленных объектов.
70. Анализ техногенного риска на стадии проектирования. Основные задачи анализа. Этапы проведения анализа.
71. Анализ исходных событий.
72. Анализ аварийных последовательностей.
73. Анализ надежности элементов объекта.
74. Анализ надежности персонала.
75. Построение «дерева отказов».
76. Анализ конечных состояний. Описание конечных состояний. Оценка последствий.
77. Методология расчета риска.
78. Полная вероятность наступления аварии.
79. Анализ результатов расчета риска.
80. Анализ значимости, чувствительности и неопределенности результатов анализа.

Тестовые задания по дисциплине

№ пп	Вопросы	Варианты ответов
1	Дайте определение понятию «надежность»	<p>a. <u>одно из свойств качества продукции, или свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонта, хранения и транспортирования;</u></p> <p>b. это математическое ожидание наработки объекта до первого отказа;</p> <p>c. суммарная наработка, при достижении которой применение объекта по назначению должно быть прекращено независимо от его технического состояния;</p>
2	Что означает словосочетание «критерий отказа»?	<p>a. это математическое ожидание наработки объекта до первого отказа.</p> <p>b. <u>признак или совокупность признаков неработоспособного состояния объекта, установленных в нормативно-технической или конструкторской документации;</u></p> <p>c. суммарная наработка, при достижении которой применение объекта по назначению должно быть прекращено независимо от его технического состояния;</p>
3	Что такое средняя наработка на отказ?	<p>a. это математическое ожидание наработки объекта до первого отказа.</p> <p>b. <u>это отношение наработки восстанавливаемого объекта к математическому ожиданию числа его отказов в течение этой наработки;</u></p> <p>c. наработка, в течение которой объект не достигает предельного состояния с заданной вероятностью γ, выраженной в процентах;</p>
4	Что такое средняя наработка до отказа?	<p>a. это математическое ожидание наработки объекта от окончания восстановления его работоспособного состояния после отказа до возникновения следующего отказа;</p>

		<p>b. наработка, в течение которой объект не достигает предельного состояния с заданной вероятностью γ, выраженной в процентах;</p> <p>c. <u>это математическое ожидание наработки объекта до первого отказа.</u></p>
5	Невосстанавливаемые изделия - это	<p>a. математическое ожидание наработки объекта до первого отказа.</p> <p>b. параметр, непосредственно характеризующий работоспособность объекта диагностирования;</p> <p>c. <u>изделия не могут быть восстановлены потребителем и подлежат замене.</u></p>
6	Какое состояние называется работоспособным?	<p>a. состояние изделия, при котором оно соответствует всем требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации;</p> <p>b. состояние изделия, при котором оно не удовлетворяет хотя бы одному из требований нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации;</p> <p>c. <u>состояние изделия, при котором значения всех параметров, характеризующих его способность выполнять заданные функции, соответствует требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.</u></p>
7	Что такое отказ?	<p>a. технико-экономически обоснованный (или заданный) срок хранения, обеспечиваемый конструкцией и эксплуатацией, в пределах которого показатели безотказности, долговечности и ремонтпригодности объекта сохраняются теми же, какими они были у объекта до начала его хранения и (или) транспортирования;</p> <p>b. <u>событие, заключающееся в полной или частичной утрате изделием работоспособности;</u></p> <p>c. все факторы, являющиеся внешними по отношению к этому объекту, за исключением рассматриваемой нагрузки;</p>
8	Дайте определение понятию «вероятность восстановления работоспособного состояния»	<p>a. показатель, который характеризует одновременно несколько свойств;</p> <p>b. <u>это вероятность того, что объект будет восстановлен в заданное время;</u></p> <p>c. вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ изделия не возникнет;</p>
9	Что такое безотказность?	<p>a. <u>свойство непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение заданного времени или наработки;</u></p> <p>b. показатель, который характеризует одновременно несколько свойств надежности;</p> <p>c. состояние изделия, при котором его дальнейшее применение по назначению недопустимо или нецелесообразно либо восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно.</p>
10	Дайте определение понятию «ремонтпригодность»	<p>a. <u>свойство изделия, заключающееся в его приспособленности к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов, повреждений и поддержанию и восстановлению работоспособности путем технического обслуживания и ремонтов;</u></p> <p>b. свойство изделия длительно сохранять работоспособ-</p>

		ное состояние до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонтов; с. свойство непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение заданного времени или наработки;
11	Дайте определение понятию «вероятность безотказной работы»	a. <u>вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ изделия не возникнет;</u> b. свойство непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение заданного времени или наработки; с. математическое ожидание срока сохраняемости объекта.
12	Назначение критерия Пирсона?	a. <u>Определение вероятности совпадения опытных данных с теоретическими;</u> b. Определение вероятности безотказной работы по опытными данными; с. Определение выпадающих точек в исходной информации; d. Определение доверительных границ показателя надежности;
13	Состояние объекта, при котором его дальнейшее применение по назначению недопустимо, невозможно или нецелесообразно называется ...	a. Работоспособным; b. Не работоспособным; с. Исправным; d. <u>Предельным;</u>
14	Свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или некоторой наработки называется ...	a. <u>Безотказностью;</u> b. Работоспособностью; с. Исправностью; d. Долговечностью;
15	К комплексным показателям надежности относятся:	a. безотказность; b. ремонтпригодность; с. <u>коэффициент готовности;</u> d. долговечность; e. <u>коэффициент технического использования;</u> k. сохраняемость;
16	Свойство объекта сохранять в заданных пределах значения параметров, характеризующих способность его выполнять требуемые функции в течение и после хранения или транспортировки, называется ...	a. Безотказностью; b. Долговечностью; с. Ремонтпригодностью; d. <u>Сохраняемостью;</u>
17	Интенсивность отказов представляет собой ...	a. <u>Условную плотность вероятности возникновения отказа объекта, определяемую при условии, что до рассматриваемого момента времени отказ не возникал;</u> b. Условную плотность возникновения отказа объекта, определяемую при условии, что до рассматриваемого момента времени отказ не возникал; с. Условную вероятность возникновения отказа объекта,

		определяемую при условии, что до рассматриваемого момента времени отказ не возникал; d. Плотность вероятности возникновения отказа объекта;
18	Какой закон распределения применяется при проверке критерия согласия Пирсона?	a. Стьюдента <u>b. Хи – квадрат</u> c. Нормальный d. Пуассона
19	Какая из приведенных характеристик случайных величин является наиболее общей?	a. Дифференциальная функция <u>b. Интегральная функция</u> c. Таблица значений случайных величин и соответствующих им вероятностей d. Дисперсия и математическое ожидание.
20	Чем характеризуется относительное рассеивание случайной величины?	<u>a. Дисперсией</u> b. Среднеквадратическим отклонением c. Коэффициентом отклонения d. Размахом.

14. Образовательные технологии

1. Мультимедиа-презентации - наглядный иллюстративный материал по всем темам читаемого курса в формате Microsoft Office PowerPoint.

2. Элементы дистанционного обучения:

- разработанные кафедрой электронные учебные пособия, монографии, справочные материалы, методические указания к практическим занятиям по читаемому курсу, размещенные на авторском веб-сайте: <http://risk-2005.narod.ru>
- теоретические и практические разработки в области анализа техногенных рисков;

- <https://portal.aptech.sstu.ru> - Информационно-образовательная сред СГТУ имени Гагарина Ю.А.: Факультет экологии и сервиса - Кафедра «Природная и техносферная безопасность». Учебные и учебно-методические материалы, контрольные задания, информационные материалы по изучаемым дисциплинам кафедры ПТБ.

3. Коллоквиумы с обсуждениями и дискуссиями по важнейшим проблемам в сфере обеспечения надежности и безотказности сложных технических систем на современном этапе.

15. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ ¹

(позиции раздела нумеруются сквозной нумерацией и на них осуществляются ссылки из 5-13 разделов)

15.1.ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Афонин В.А. Основы теории надежности [Электронный ресурс] / В.А. Афонин; под ред. И.И. Ладыгина. - М.: Издательский дом МЭИ, 2010. - 208 с. - ISBN 978-5-383-00579-8.

¹ Библиотечный фонд должен быть укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 50 экземпляров каждого из изданий основной литературы, перечисленной в рабочей программе дисциплины и не менее 25 экземпляров дополнительной литературы на 100 обучающихся.

Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/MPEI44.html>

2. Каштанов В.А. Теория надежности сложных систем: учебное пособие / Каштанов В.А., Медведев А.И. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. 609 с. - ISBN 978-5-9221-1132-4.

Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/17469>

3. Надежность технических систем и техногенный риск [Электронный ресурс]: учебное пособие / сост.: С.А. Сазонова, С.А. Колодяжный. - Воронеж: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2013. - 147 с. - ISBN 978-5-89040-457-2.

Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/23110>

4. Пучин Е.А. Надежность технических систем [Электронный ресурс] / Пучин Е. А., Лисунов Е. А., Чепурин А. В. и др. - М.: КолосС, 2010. - 318 с. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений) - ISBN 978-5-9532-0812-3.

Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785953208123.html>

5. Шишмарев, В.Ю. Надежность технических систем: учебник для студ. вузов / В.Ю. Шишмарев. - М.: ИЦ "Академия", 2010. - 304 с. - (Высшее профессиональное образование) - ISBN 978-5-7695-6251-8.

Экземпляры всего: 25

15.2. ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

6. Анализ и оценка риска производственной деятельности: учеб. пособие / П. П. Кукин [и др.]. - М. : Высшая школа, 2007. - 328 с. - Гриф: допущено М-вом образования и науки РФ в качестве учеб. пособия для студ. вузов, обуч. по напр. подг. и спец. высш. проф. образования в области техники и технологии.

Экземпляры всего: 10

7. Александровская Л.Н. Безопасность и надежность технических систем [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Александровская Л.Н., Аронов И.З., Круглов В.И. - Электрон. текстовые данные. - М.: Логос, 2008. - 376 с. – ISBN: 978-5-98704-115-5.

Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/9055>

8. Козлитин, А. М. Теория и методы анализа риска сложных технических систем [Электронный ресурс]: моногр. / А. М. Козлитин; Саратов. гос. техн. ун-т (Саратов). - Электрон. текстовые дан. - Саратов: СГТУ, 2009. - 200 с. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM). - Систем. требования: 128 МБ ОЗУ; 4x CD-ROM дисковод; Microsoft Office 2003 и выше; ПК Pentium III или выше. - Электронный аналог печатного издания ISBN 978-5-7433-2073-8.

Режим доступа: http://lib.sstu.ru/books/zak_242_09.pdf.

9. Рябинин И.А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем [Электронный ресурс] / Рябинин И.А. - Электрон. текстовые данные. - СПб.: Политехника, Издательство Санкт-Петербургского университета, 2012. - 276 с. - ISBN: 978-5-288-04296-6.

Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16298>

10. Горелик А.В. Практикум по основам теории надежности [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Горелик А.В., Ермакова О.П.— Электрон. текстовые данные. - М.: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2013. - 133 с.

Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/26826>.

11. Бочкарев, С. В. Диагностика и надежность автоматизированных технологических систем: учеб. пособие / С. В. Бочкарев, А. И. Цаплин, А. Г. Схиртладзе. - Старый Оскол: ТНТ, 2015. - 616 с. - Гриф: допущено УМО вузов по образованию в обл. автоматизированного машиностроения (УМО АМ) в качестве учеб. пособия для студентов вузов. - ISBN 978-5-94178-371-7.

Экземпляры всего: 5

12. Королев В.Ю. Математические основы теории риска [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Королев В.Ю., Бенинг В.Е., Шоргин С.Я. - Электрон. текстовые данные. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. - 620 с. - ISBN: 978-5-9221-1267-3

Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/24478>

13. Вдовин В.М. Теория систем и системный анализ [Электронный ресурс]: учебник / В. М. Вдовин, Л. Е. Суркова, В. А. Валентинов. - М.: Издательско-торговая корпорация "Дашков и К°", 2010. - 640 с. ISBN 978-5-394-00076-8.

Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785394000768.htm>

14. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике: основные понятия. Термины и определения [Текст]: Изд. офиц. - Введен с 01.07.1990. - М.: Изд-во стандартов, 1990. - 38 с. - (Система стандартов "Надежность в технике")

Экземпляры всего: 21

15.3. ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ИЗДАНИЯ

15. Безопасность труда в промышленности/ мас. науч.-произв. журн. широкого профиля. - М.: НТЦ "Промышленная безопасность". - Выходит ежемесячно (1990 - 2015). - ISSN 0409-2961.

16. Проблемы машиностроения и надежности машин : РАН. - М.: Наука - Выходит раз в два месяца. - ISSN 0235-7119 (1990 - 2015).

17. Проблемы анализа риска: науч.-практ. журнал. - М.: ИД "Деловой экспресс". - Выходит раз в два месяца (2011 - 2013). - ISSN 1812-5220.

18. Проблемы прогнозирования: РАН. - М.: МАИК "Наука/Интерпериодика". - Выходит раз в два месяца (2010 - 2015). - ISSN 0868-6351.

19. Управление риском: аналит. журн. - М.: ООО "Анkil". - Выходит ежеквартально (2010 - 2015). - ISSN 1684-6303.

20. Нефтегазовое дело: печатный научно-техн. журн. - Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет. - Выходит 4 номера в год. - ISSN 2073-0128.

Режим доступа: <http://elibrary.ru/contents.asp?issueid=1436624>

15.4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

21. Надежность технических систем и техногенный риск: Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Надежность технических

систем и техногенный риск» для студентов направления подготовки 280700.62 «Техносферная безопасность», профиль «Безопасность жизнедеятельности в техносфере» /Сост. д.т.н. А.М. Козлитин. Саратов: СГТУ, 2018. 77 с. https://portal.sstu.ru/Fakult/FES/PTB/THNB_003/default.aspx.

22. Надежность технических систем и техногенный риск. Лабораторный практикум. Часть I: Методические указания к комплексу лабораторных работ по дисциплине «Надежность технических систем и техногенный риск» для студентов направления подготовки (20.03.01) 280700.62 «Техносферная безопасность», профиль «Безопасность жизнедеятельности в техносфере» /Сост. д.т.н. А.М. Козлитин. Саратов: СГТУ, 2018. 35 с.. https://portal.sstu.ru/Fakult/FES/PTB/THNB_003/default.aspx.

23. Надежность технических систем и техногенный риск. Лабораторный практикум. Часть II: Методические указания к комплексу лабораторных работ по дисциплине «Надежность технических систем и техногенный риск» для студентов направления подготовки (20.03.01) 280700.62 «Техносферная безопасность», профиль «Безопасность жизнедеятельности в техносфере» /Сост. д.т.н. А.М. Козлитин. Саратов: СГТУ, 2018. 35 с. https://portal.sstu.ru/Fakult/FES/PTB/THNB_003/default.aspx.

24. Расчет структурной надежности сложных технических систем. Курсовое проектирование: Методические указания к курсовой работе по дисциплине «Надежность технических систем и техногенный риск» для студентов направления подготовки 280700.62 «Техносферная безопасность», профиль «Безопасность жизнедеятельности в техносфере» / Сост. д.т.н. А.М. Козлитин. Саратов: СГТУ, 2014. 35 с. https://portal.sstu.ru/Fakult/FES/PTB/THNB_003/default.aspx.

25. Сборник задач по надежности технических систем и техногенному риску: Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Надежность технических систем и техногенный риск» для студентов направления подготовки 280700.62 «Техносферная безопасность», профиль «Безопасность жизнедеятельности в техносфере» /Сост. д.т.н. А.М. Козлитин. Саратов: СГТУ, 2018. 50 с. https://portal.sstu.ru/Fakult/FES/PTB/THNB_003/default.aspx.

15.5.ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

1. <http://risk-2005.narod.ru> - «Теория и практика анализа техногенных рисков».
2. <http://www.slovari.yandex.ru> (Экономико-математический словарь).
3. <http://www.mchs.gov.ru/library> - МЧС России - Библиотека (Материалы по курсу «Надежность технических систем и техногенный риск»).
4. <http://www.twirpx.com> – конспекты лекций, учебные пособия по безопасности жизнедеятельности.
5. <http://portal.gersen.ru> - Портал Гуманитарные технологии в социальной сфере: Файловый архив: Электронная библиотека: Безопасность жизнедеятельности - учебные пособия, монографии.

16. Материально-техническое, мультимедийное и программное обеспечение дисциплины

1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации

Укомплектована специализированной мебелью и техническими средствами обучения: 20 столов, 40 стульев; рабочее место преподавателя; мультимедийная доска; проектор BENQ 631, системный блок (Atom2550/4Гб/500, клавиатура, мышь), подключенный в сеть с выходом в Интернет и доступом в информационно-образовательную среду ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А., учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по рабочей программе дисциплины

Программное обеспечение: Microsoft Windows 7, Microsoft Office 2010 (Word, Excel, PowerPoint), GoogleChrome, ПО для мультимедийной доски.

Рабочую программу составил

доцент кафедры ЕМН _____

А.В.Серебряков

17. Дополнения и изменения в рабочей программе

Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры

« ____ » _____ 20 ____ года, протокол № _____

Зав. кафедрой _____ / _____ /

Внесенные изменения утверждены на заседании УМКН

« ____ » _____ 20 ____ года, протокол № _____

Председатель УМКН _____ / _____ /