

Надежность технических систем и техногенный риск

Содержание разделов дисциплины

Тема 1. История развития, основные определения и показатели надежности технических систем. Влияние факторов внешней среды на показатели надежности.

Введение в надежность. Содержание дисциплины и компетенций, основные термины, понятия и определения. Системный анализ безопасности. Сущность надежности как способности выполнять заданные функции.

Тема 2. Нормируемые показатели надежности.

Надежность технических систем: безотказность, долговечность, ремонтпригодность. Показатели безотказности, долговечности, сохраняемости. Невосстанавливаемые и восстанавливаемые объекты. Оценка показателей надежности. Виды и источники основных опасностей техносферы. Критерии и параметры безопасности, принципы, методы и средства обеспечения безопасности. Физические и математические модели теории надежности. Точечные и интервальные оценки показателей надежности. Статистическая и вероятностная теории надежности. Классификация и причины отказов элементов конструкций технических систем.

Тема 3. Основы теории расчета надежности технических систем.

Математический аппарат, применяемый для определения показателей надежности. Сбор, анализ и обработка данных о надежности: планирование наблюдений; порядок и методика статистической обработки, проверки качества исходных данных; построение эмпирического распределения и статистическая оценка его параметров; аппроксимация эмпирической гистограммы теоретическим распределением, проверка гипотез. Надежность технических систем: способы соединения элементов в системе; расчет показателей надежности при разных способах соединения элементов; функциональная схема системы и определение ее показателей надежности; целесообразность ремонта; стратегии ремонта. Технические и организационные основы обеспечения надежности: обеспечение надежности и методы ее повышения; расчет номенклатуры и количества запасных частей. Испытания механизмов на надежность: планы испытаний; требования, предъявляемые к испытаниям

Тема 4. Надежность человека как элемента технической системы.

Источники и причины потери работоспособности технической системы (объекта). Показатели безопасности систем человек – машина. Ошибки проектирования, операторские ошибки, ошибки изготовления, ошибки технического обслуживания, ошибки технического обслуживания, ошибки обращения, ошибки организации рабочего места.

Тема 5. Основы теории риска.

Общие понятия в связи с риском: опасность и риск; различные формулировки и определения; понятие допустимого (приемлемого) риска. Методы качественного анализа надежности и риска: общий подход к анализу риска; выбор метода качественного анализа риска; предварительный анализ опасностей; анализ последствий отказов, порядок проведения; анализ опасностей с помощью дерева причин потенциального чепе, порядок проведения; анализ опасностей с помощью дерева последствий потенциального чепе, порядок проведения; анализ опасностей методом потенциальных отклонений, алгоритм анализа опасностей; причинно-следственный анализ, порядок проведения.

Тема 6. Методика исследования надежности технической системы.

Методы количественного анализа надежности и риска: функция опасности для системы человек-машина-среда; подсистемы и компоненты системы; подсистемы и чепе ИЛИ, И, И-ИЛИ, ИЛИ-И; численный анализ риска; математические формулировки для оценки риска; определение индивидуального и социального рисков.

Тема 7. Методы и средства обеспечения надежности. Технические системы

безопасности.

Конструктивные способы обеспечения надёжности. Технологические способы обеспечения надёжности изделий в процессе изготовления. Обеспечение надёжности сложных технических систем в условиях эксплуатации. Пути повышения надёжности сложных технических систем при эксплуатации.

Тема 8. Экспертиза технических систем. Экономические и правовые аспекты надёжности технических систем.

Качественная оценка риска. Количественная оценка риска. Классификация промышленных объектов по степени опасности. Оценка опасности промышленного объекта. Система лицензирования. Экспертиза промышленной безопасности. Ответственность производителей.

Задание для контрольной работы

Номер вариант для выполнения контрольной работы принимается по последней цифре зачетной книжки.

Вариант 1.

1. Безотказность восстанавливаемых технических систем.
2. Показатели ремонтпригодности, долговечности и сохраняемости.
3. Причины отказов оборудования систем электроснабжения

Задача

Вариант 2.

1. Комплексные показатели надежности.
2. Теория стабильного процесса функционирования (эксплуатации) систем
- 3.

Задача

Вариант 3.

1. Функция восстановления и уравнение восстановления.
2. Оценки для обычных процессов восстановления.
3. Понятия отказа, внезапного отказа, постепенного отказа, независимого, полного и частичного отказа, перемежающегося отказа и избыточности.

Задача

Вариант 4.

1. Восстановление при постепенных отказах: экономические критерии, физико-технические критерии.
2. Оценка показателей надежности по результатам испытаний.
3. Физическое толкование закономерности появления отказов невосстанавливаемых объектов.

Задача

Вариант 5.

1. Классификация испытаний, планы испытаний.
2. Оценка показателей надежности по результатам испытаний и эксплуатации.
3. Понятие системы и элемента, восстанавливаемого и невосстанавливаемого объекта.

Задача

Вариант 6.

1. Назовите цели и задачи анализа риска. Дайте определение понятию «анализ риска».
2. Опишите отличия между методами оценки надежности и оценки риска.
3. Риск и безопасность. Условие безопасности.

Задача

Вариант 7.

1. Опишите последовательность процедуры «анализа риска».
2. Перечислите качественные методы анализа риска.
3. Теории и модели происхождения и развития аварий и катастроф.

Задача

Вариант 8.

1. Приведите примеры логико-графических методов «анализа риска».
2. Категории идентификации опасностей.
3. Особенности применения методики «Дерево неисправностей».

Задача

Вариант 9.

1. Нормирование рисков. Сравните критерии приемлемого и неприемлемого индивидуального риска.
2. Понятия исправности и работоспособности, предельного состояния и повреждения.
3. Требования к надежности технических систем.

Задача

Вариант 0.

1. Понятия надежности, безотказности, долговечности, сохраняемости и ремонтпригодности.
2. Анализ человеческого фактора.
3. Деграция, процесс деграции, источник процесса деграции.

Задача

Задача. Расчет техногенного риска.

Задание: провести количественную оценку риска.

Алгоритм выполнения задания

1. Ознакомиться с методами определения количественной оценки риска.
2. Произвести численную оценку риска согласно варианту задания из табл. 17.2.
3. Проанализировать данные табл. 17.1 и сделать вывод.
4. Оформить протокол отчета.

Студент выбирает вариант произвольно согласно табл. 17.2.

Теоретические сведения

Количественная оценка риска – это процесс оценки численных значений вероятности и последствий нежелательных событий и явлений.

Обычно риск при его оценке характеризуют вероятностью события P и последствиями X :

$$R = P \cdot X.$$

Важно учитывать, что для повышения достоверности получаемых результатов при оценке риска необходимо рассмотреть как нормальный режим работы, так и работу в режиме аварийной ситуации. Риск при работе в нормальном режиме обычно обозначается R_n , риск при работе в аварийном режиме – $R_{ав}$.

Таким образом, оценка риска может быть рассчитана следующей формулой:

$$R = R_n + R_{ав}; \quad R = R_n \cdot P_n + R_{ав} \cdot P_{ав}.$$

Если последствия неизвестны, то под риском понимают вероятность наступления определенного сочетания нежелательных событий:

$$R = \sum P_i.$$

Чаще всего техногенный риск рассчитывают по формуле:

$$R = P \cdot U,$$

где P – вероятность нежелательного события; U – ущерб, соответствующий нежелательному событию.

Если каждому нежелательному событию, происходящему с вероятностью P_i , соответствует ущерб U_i , тогда величина риска будет представлять собой ожидаемую величину ущерба U :

$$R = U = \sum P_i \cdot U_i$$

В случае если все вероятности наступления нежелательного события одинаковы, то есть $P_i = P_1 = P_2 \dots$ (где $i = 1, 2, \dots, n$), то величина риска будет равна: $R = P \sum U_i$.

Пример выполнения задания

Провести численную оценку риска чрезвычайного события технической системы, состоящей из четырех подсистем с независимыми отказами.

Вероятность отказов подсистем составляет: $P_1 = 10^{-4}$, $P_2 = 10^{-2}$, $P_3 = 10^{-2}$, $P_4 = 10^{-3}$.

Ожидаемые ущербы от отказов составляют: $U_1 = 12 \cdot 10^6$ рублей, $U_2 = 20 \cdot 10^6$ рублей, $U_3 = 35 \cdot 10^6$ рублей, $U_4 = 58 \cdot 10^6$ рублей.

Величина риска чрезвычайного происшествия технической системы составляет:

$$R = \sum P_i \cdot U_i = 10^{-4}(12 \cdot 10^6) + 10^{-2}(20 \cdot 10^6) + 10^{-2}(35 \cdot 10^6) + 10^{-3}(58 \cdot 10^6) = 609,2 \cdot 10^3.$$

Вывод: исходя из табл. 17.1, риск чрезвычайного происшествия технической системы является высоким.

Таблица 17.1

Оценка величины риска

Полученное значение величины риска	Оценка величины риска
Менее $100 \cdot 10^3$	Малый риск
$100 \cdot 10^3 - 300 \cdot 10^4$	Средний риск
Более $300 \cdot 10^3$	Высокий риск

Примечание: приведенная шкала является условной.

Варианты для выполнения заданий

№ варианта	Вероятность отказов, P_i	Ожидаемый ущерб, U_i
1	$10^{-3}; 10^{-6}; 10^{-4}$	$14 \cdot 10^6$ руб.; $50 \cdot 10^3$ руб.; $34 \cdot 10^4$ руб.
2	$10^{-4}; 10^{-2}; 10^{-6}$	$20 \cdot 10^6$ руб.; $50 \cdot 10^3$ руб.; $30 \cdot 10^4$ руб.
3	$10^{-4}; 10^{-3}; 10^{-5}$	$1 \cdot 10^6$ руб.; $56 \cdot 10^6$ руб.; $39 \cdot 10^6$ руб.
4	$10^{-2}; 10^{-3}; 10^{-6}$	$45 \cdot 10^6$ руб.; $78 \cdot 10^7$ руб.; $90 \cdot 10^6$ руб.
5	$10^{-3}; 10^{-4}; 10^{-4}$	$19 \cdot 10^6$ руб.; $54 \cdot 10^3$ руб.; $44 \cdot 10^4$ руб.
6	$10^{-4}; 10^{-5}; 10^{-2}$	$60 \cdot 10^6$ руб.; $23 \cdot 10^6$ руб.; $87 \cdot 10^4$ руб.
7	$10^{-2}; 10^{-4}; 10^{-5}$	$10 \cdot 10^4$ руб.; $35 \cdot 10^4$ руб.; $20 \cdot 10^4$ руб.
8	$10^{-2}; 10^{-4}; 10^{-5}$	$55 \cdot 10^6$ руб.; $67 \cdot 10^6$ руб.; $12 \cdot 10^6$ руб.
9	$10^{-3}; 10^{-4}; 10^{-4}$	$25 \cdot 10^6$ руб.; $11 \cdot 10^4$ руб.; $16 \cdot 10^3$ руб.
10	$10^{-2}; 10^{-4}; 10^{-3}$	$10 \cdot 10^3$ руб.; $88 \cdot 10^4$ руб.; $65 \cdot 10^6$ руб.

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

1. Щурин, К. В. Надежность машин : учебное пособие / К. В. Щурин. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 592 с. — ISBN 978-5-8114-3748-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/121468> (дата обращения: 31.08.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Александрова, Л. Н. и др. Безопасность и надежность технических систем: учеб. пособие. М.: Логос, 2008. С. 376.
3. Анферов, В.Н. Надежность технических систем : учебное пособие / В.Н. Анферов, С.И. Васильев, С.М. Кузнецов ; отв. ред. Б.Н. Смоляницкий. — Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2018. — 108 с. : ил., табл. — Режим доступа: по подписке. — URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=493640> (дата обращения: 31.07.2020). — Библиогр. в кн. — ISBN 978-5-4475-9701-6. — DOI 10.23681/493640. — Текст : электронный.

