

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Шамсутдинов Расим Алегамович

Должность: Директор ЛФ КНИТУ-КАИ

Дата подписания: 23.12.2021 06:14:35

Уникальный программный код:

d31c25eab5d6fbb0cc50e03a64dfdc00379a085e3a993ad1080663082c961114

**Министерство образования и науки Российской Федерации  
Лениногорский филиал федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования «Казанский  
национальный исследовательский технический университет  
им. А.Н. Туполева-КАИ»**

Кафедра Экономики и менеджмента

**МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ  
РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Надежность технических систем и техногенный риск (Б1.О.19)

Автор: д.э.н., профессор Гумеров А.В.

Лениногорск, 2021

## I. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические материалы по выполнению практических работ являются пособием, предназначенным для организации практической работы студентов, изучающих дисциплину «Надежность технических систем и техногенный риск», так и для подготовки к профессиональной деятельности, обеспечивающей рациональное управление экономикой, производством и социальным развитием предприятий всех организационно-правовых форм с учетом состояния экономики, техники, технологии, организации производства, эффективного природопользования.

Методические материалы по выполнению практических работ составлены в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, а также рабочей программы дисциплины «Надежность технических систем и техногенный риск».

В методических материалах по выполнению практических работ представлена единая структура изложения изучаемых тем, включающая: основные вопросы, выносимые на практических занятиях, структуру и ход выполнения практических заданий. Особое внимание в методических рекомендациях уделено работе студента с литературными источниками и интернет сайтами.

Методические материалы по выполнению практических работ следует использовать по мере прохождения тем дисциплины. Критериями оценки является полнота и правильность выполнения заданий, что характеризует знание и понимание студентами базовых аспектов изучаемой дисциплины.

## II. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

### Раздел 1. Надежность технических систем

#### Практическая работа № 1

##### Определение основных свойств надежности. Отказы

**Цель работы:** Исследование основных показателей надежности и разработка мероприятий по повышению надежности функционирования объектов и технических систем

##### Ход выполнения работы.

1. В ходе выполнения практической работы необходимо изучить следующие нормативно правовые документы:

- Методика по идентификации опасных производственных объектов РД 03-260-99.
- Методика оценки последствий аварийных взрывов топливовоздушных смесей РД 03-409-01.
- Методика заражения СДЯВ (АХОВ) при авариях на химически опасных объектах и транспорте

2. Выполнить задания

##### Перечень заданий.

##### Задание 1. Определение причинно-следственных связей отказов

Причинами отказов технических систем (ТС), объектов (О), элементов (Э) являются следующие группы отказов:

- конструктивные дефекты;
- технологические дефекты;
- эксплуатационные дефекты;
- постепенное старение.

Определить к какой группе относятся следующие причины отказов:

- А- необратимые процессы
- Б – нарушение технологии

- В – требуемые условия эксплуатации
- Г – несоответствие требуемым условиям эксплуатации
- Д - процессы изменения технических параметров
- Е – нарушение процесса изготовления изделий
- Ж – выход отдельных параметров за пределы допуска
- З – недоучет максимальных нагрузок
- И – нарушение прочности
- К – изменение взаимодействия между элементами
- Л- недоучет «пиковых» нагрузок
- М – применение материалов с низкими потребительскими свойствами
- Н – нарушение правил эксплуатации
- О - конструктивные просчеты
- П –интенсивность отказов
- Р – устойчивость функционирования.

### **Задание 2. Определение класса заданных схем отказов**

Отказы ТС, О, Э характеризуются причинными схемами возникновения и классифицируются по следующим группам отказов:

- отказ с мгновенной схемой возникновения;
- отказ с постепенной схемой возникновения;
- отказ с релаксационной схемой возникновения;
- отказ с комбинированной схемой возникновения.

Определить к какому классу относятся следующие схемы отказов:

- А- постепенного накопления физических изменений
- В – времени эксплуатации
- Г – короткое замыкание
- Д - скачкообразных параметров
- Е – изменения технических параметров вследствие неправильной эксплуатации
- Ж – внезапный отказ
- З – внезапное воздействие «пиковых» нагрузок
- И – изменение отдельных параметров за пределы допуска нарушение прочности
- К – изменение взаимодействия между элементами
- Л- недоучет «пиковых» нагрузок
- М – механическое разрушение посторонним воздействием
- Н – недоучет максимальных нагрузок при нарушении правил эксплуатации
- О – отказ вследствие длительной эксплуатации
- П – снижение сопротивления изоляции,
- Р – устойчивость функционирования.
- С - нарушение прочности конструкции

### **Задание 3. Определение основных признаков внезапных и постепенных отказов**

По временному параметру и степени предсказуемости отказы подразделяются на внезапные и постепенные.

Перечислить основные признаки внезапных и постепенных отказов.

а - внезапные отказы:

б - постепенные отказы:

### **Задание 4. Анализ отказов по характеру устранения на примере транспортного средства**

По характеру устранения отказы бывают устойчивые (окончательные) и самоустраняющиеся (кратковременные).

Дать характеристику устойчивым и самоустраняющимся отказам на примере ТС автомобиль, имеющего следующие основные элементы:

- А – систему электроснабжения

Б – систему охлаждения  
 В – систему торможения  
 Г – ходовую часть  
 Д – систему управления.

### Исходные данные для выполнения заданий

Таблица 1 – Исходные данные

Номер варианта	Группы причины отказов	Характеристика отказов	Номер варианта	Группы причины отказов	Характеристика отказов
1	А	Б	20	Л	А
2	Д	В	21	М	Б
3	С	А	22	Н	Д
4	И	Г	23	О	В
5	К	Д	24	П	А
6	Л	А	25	Р	Б
7	Ж	Б	26	В	Д
8	О	В	27	А	В
9	В	А	28	Б	Б
10	Б	В	29	Г	В
11	Г	Б	30	Д	А
12	З	Д			
13	Н	Б			
14	А	Г			
15	В	Г			
16	Б	В			
17	Д	А			
18	В	Г			
19	И	Д			

## Практическая работа №2

### Расчет надежности на стадии проектирования

#### Задание 1.

Проектируется механическая система из 5-и блоков с частично известными параметрами, которая должна работать в течение  $t$  циклов. Для блоков 2, 3 и 4 известны вероятности безотказной работы:  $P_2(t) = 0,98$ ;  $P_3(t) = 0,99$  и  $P_4(t)$  – приведено в таблице 2. Для блоков 1 и 5 экспериментально установлено число отказов за  $t$  циклов работы:  $p_1$  – приведено в таблице 1, а  $p_5 = 50$ .

Продолжительность восстановления системы после отказов составляет  $t_p$  (в циклах) приведено в таблице 2.

. Отдельные блоки могут быть соединены следующим образом (рис. 1):

1. последовательно 1 – 2 – 3 – 4 – 5;
2. параллельно (1,2,3,4,5);
3. смешанным образом 1 – (2,3,4) – 5 и (1,2,) – (4,5).

Рассчитать:

1. Число отказов  $p_2$ ,  $p_3$ ,  $p_4$  для блоков 2, 3, 4.
2. Вероятность безотказной работы  $P_1(t)$  и  $P_5(t)$  для блоков 1 и 5.
3. Вероятность безотказной работы для всей системы при ее компоновке по схемам: 1, 2, 3.1 и 3.2.
4. Коэффициент готовности для соединений по схемам 3.1 и 3.2.
5. Коэффициент ремонта.

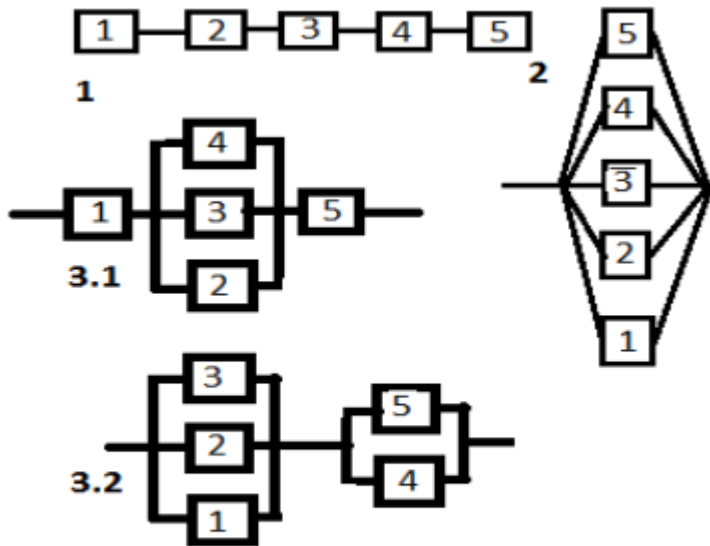


Рис. 1. Схемы соединений блоков

**Ход выполнения задания**

1. Определяем число отказов блоков 2, 3 и 4.

$$n_2 = [1 - P_2(t)] m = [1 - 0,98]3500 = 70;$$

$$n_3 = 35;$$

$$n_4 = 7.$$

2. Определяем вероятность безотказности работы блоков 1 и 2.

$$P_1(t) = 1 - n_1/t = 1 - 40/3500 = 0,9886;$$

$$P_5(t) = 0,9857.$$

3. Определяем вероятность безотказности работы всей системы при компоновке 1.

$$P(t) = P_1(t) \cdot P_2(t) \cdot P_3(t) \cdot P_4(t) \cdot P_5(t) = 0,9886 \cdot 0,98 \cdot 0,99 \cdot 0,998 \cdot 0,9857 = 0,9435$$

4. Определяем вероятность безотказности работы всей системы при компоновке 2.

$$P(t) = 1 - [1 - P_1(t)] \cdot [1 - P_2(t)] \cdot [1 - P_3(t)] \cdot [1 - P_4(t)] \cdot [1 - P_5(t)] = 1 - (1 - 0,9886) \cdot (1 - 0,98) \cdot (1 - 0,99) \cdot (1 - 0,998) \cdot (1 - 0,9857) = 1 - 0,0114 \cdot 0,02 \cdot 0,01 \cdot 0,002 \cdot 0,0143 = 1 - 6,521 \cdot 10^{-11} \approx 1,0000$$

5. Определяем вероятность безотказности работы всей системы при компоновке

$$3.1. P(t) = P_1(t) \cdot \{1 - [F_2(t) \cdot F_3(t) \cdot F_4(t)]\} \cdot P_5(t) = 0,9886 \cdot \{1 - 0,02 \cdot 0,01 \cdot 0,002\} \cdot 0,9857 = 0,9745$$

6. Определяем вероятность безотказности работы всей системы при компоновке

$$3.2. P(t) = \{1 - [F_1(t) \cdot F_2(t) \cdot F_3(t)]\} \cdot \{1 - [F_4(t) \cdot F_5(t)]\} = (1 - 0,0114 \cdot 0,02 \cdot 0,01) \cdot (1 - 0,002 \cdot 0,0143) = 0,99997$$

7. Определяем коэффициент готовности для компоновки 3.1.

$$1) \text{ Найдем число отказов системы. } n = [1 - P(t)]m = (1 - 0,9745)3500 = 89,25 \approx 90$$

$$2) \text{ Найдем время на ремонт отказов } t = t_p n = 15 \cdot 90 = 1350 \text{ циклов}$$

$$3) \text{ Найдем коэффициент готовности } K_g = t/(t + t) = 3500/(3500 + 1350) = 0,7216$$

8. Определяем коэффициент готовности для компоновки 3.2. В связи с величиной вероятности безотказной работы практически равной единице коэффициенты готовности и ремонта, при той же наработке в циклах, также будет равен единице.

$$9. \text{ Определяем коэффициент ремонта системы при компоновке 3.2. } K_p = t_p / t = 1350/3500 = 0,39$$

**Исходные данные для выполнения задания**

Таблица 2. – Исходные данные

№п/п	$n_1$	$P_4(t)$	$m$	$t_p$	№п/п	$n_1$	$P_4(t)$	$m$	$t_p$
1	20	0.978	4000	10	16	30	0.986	3500	12
2					17				
3					18				
4					19				
5					20				
6					21				
7					22				
8					23				
9					24				
10					25				
11	30	0.986		12	26	40	0.998		15
12					27				
13					28				
14					29				
15					30				

## Раздел 2. Техногенный риск

### Практическая работа №3

**Алгоритм возникновения и развития промышленных аварий. Особенности, причины и механизм возникновения чрезвычайных ситуаций**

**Цель работы:** Исследование алгоритма возникновения и развития промышленных аварий.

**Ход выполнения работы:**

1. В ходе выполнения практической работы необходимо изучить следующие нормативно правовые документы:

- Методика по идентификации опасных производственных объектов РД 03-260-99.
- Методика оценки последствий аварийных взрывов топливовоздушных смесей РД 03-409-01.
- Методика заражения СДЯВ (АХОВ) при авариях на химически опасных объектах и транспорте

2. Выполнить задания

#### Перечень заданий

**Задание 1.** Используя структурную таблицу заполнить классификацию опасных промышленных объектов (рис.2)



Рисунок 2 – Классификация опасных промышленных объектов

**Задание 2.** Провести исследование по определению основных свойств надежности и техногенного риска, используя признаки опасности объекта

1. Вредные
2. Радиационно опасные
3. Не требующие декларирования
4. Тrequющие декларирования
5. Потенциально опасные объекты
6. Давление, температура
7. Высота
8. Подземные условия
9. Расплавы
10. Опасные вещества
11. Химически опасные
12. Биологически опасные
13. Гидродинамически опасные
14. Объекты жизнеобеспечения.

**Исходные данные для выполнения заданий:**

Таблица 3 – Исходные данные

Номер варианта	Виды пром.объекта	Номер варианта	Виды пром.объекта
1	А	16	А
2	Б	17	Б
3	В	18	В
4	Г	19	Г
5	А	20	А
6	Б	21	Б
7	В	22	В
8	Г	23	Г
9	А	24	А

10	Б	25	Б
11	В	26	В
12	Г	27	Г
13	А	28	А
14	Б	29	Б
15	В	30	В

Таблица 4. - Виды промышленного объекта

<b>А – Химически опасный объект</b>
<b>Б – Взрыво-пожароопасный объект</b>
<b>В – Радиационно опасный объект</b>
<b>Г - Биолого-социальный опасный объект</b>

#### Практическая работа №4

##### Анализ надежности технических систем по методике "Галстук - бабочка"

**Цель работы:** научиться проводить анализ надежности системы по методу «Галстук – Бабочка»

##### Теоретическая часть:

Анализ "галстук-бабочка" представляет собой схематический способ описания и анализа пути развития опасного события от причин до последствий. Данный метод сочетает исследование причин события с помощью дерева неисправностей и анализ последствий с помощью дерева событий. Однако основное внимание метода "галстук-бабочка" сфокусировано на барьерах между причинами и опасными событиями, и последствиями.

Диаграммы "галстук-бабочка" могут быть построены на основе выявленных неисправностей и деревьев событий, но чаще их строят непосредственно в процессе проведения мозгового штурма. Анализ "галстук-бабочка" используют для исследования риска на основе демонстрации диапазона возможных причин и последствий.

Метод следует применять в ситуации, когда сложно провести полный анализ дерева неисправностей или когда исследование в большей мере направлено на создание барьеров или средств управления для каждого пути отказа. Метод может быть полезен в ситуации, когда существуют точно установленные независимые пути, приводящие к отказу. Анализ "галстук-бабочка" часто значительно более прост для понимания, чем анализ дерева событий или дерева неисправностей, и, следовательно, он может быть полезен для обмена информацией при использовании более сложных методов. Входными данными метода является информация о причинах и последствиях опасных событий, риске, барьерах и средствах управления, которые могут их предотвратить, смягчить или стимулировать.

Анализ "галстук-бабочка" следует строить в соответствии со следующей процедурой. а) Определение опасного события, выбранного для анализа, и отображение его в качестве центрального узла "галстука-бабочки".

б) Составление перечня причин события с помощью исследования источников риска (или опасности).

с) Идентификация механизма развития опасности до критического события.

д) Проведение линии, отделяющей причину от события, что позволяет сформировать левую сторону бабочки. Дополнительно могут быть идентифицированы и включены в диаграмму факторы, которые могут привести к эскалации опасного события и его последствий;



е) Нанесение поперек линии вертикальных преград, соответствующих барьерам, предотвращающим нежелательные последствия. Если определены факторы, которые могут вызвать эскалацию опасного события, то дополнительно могут быть представлены барьеры, предупреждающие подобную эскалацию. Данный подход может быть использован для положительных последствий, когда преграды отражают средства управления, стимулирующие появление и развитие события.

ф) Идентификация в правой стороне бабочки различных последствий опасного события и проведение линий, соединяющих центральное событие с каждым возможным последствием.

г) Изображение барьеров в качестве преград по направлению к последствию. Данный подход может быть использован для положительных последствий, когда преграды отражают средства управления, обеспечивающие появление благоприятных последствий;

h) Отображение под диаграммой "галстук-бабочка" вспомогательных функций управления, относящихся к средствам управления (таких как обучение и проверки), и соединение их с соответствующим средством управления.

В диаграмме "галстук-бабочка" могут быть применены некоторые виды количественной оценки, например, в ситуации, когда пути независимы и известна вероятность конкретных последствий или результатов. Подобная количественная оценка необходима для обеспечения эффективности управления. Однако необходимо учитывать, что во многих ситуациях пути и барьеры взаимозависимы, и средства управления могут быть связаны с выбранным методом оценки, следовательно, эффективность управления является неопределенной. Количественную оценку для анализа "галстук-бабочка" часто выполняют с помощью методов FTA и ETA.

Выходными данными метода является простая диаграмма, показывающая основные пути опасных событий и установленные барьеры, направленные на предотвращение или смягчение нежелательных последствий и/или усиление и ускорение ожидаемых последствий.

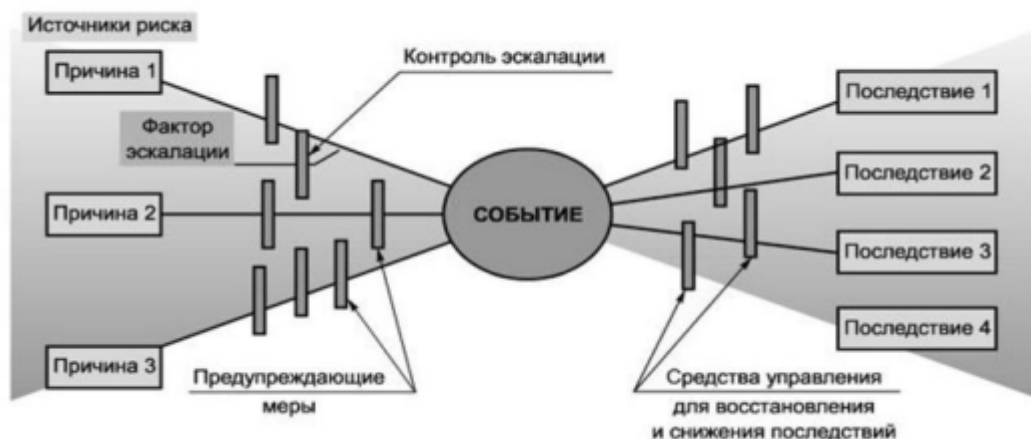


Рисунок 3 - Пример диаграммы "галстук-бабочка" для нежелательных Последствий

**Задание 1.** Провести анализ надежности с помощью методики «Галстук бабочка»

**Ход выполнения задания:**

1. Определить основное событие (нежелательное событие) в технологическом процессе
2. Составить перечень причин события
3. Определить факторы эскалации опасного события
4. Разработать методы предотвращения опасного события
5. Нанести данные на диаграмму.

## Исходные данные.

Таблица 5 – Исходные данные

№ п/п	Технологический процесс	Используемое оборудование и инструменты	№ п/п	Технологический процесс	Используемое оборудование и инструменты
1	Процесс обтяжки на обтяжных и растяжно-обтяжных прессах с ЧПУ	Обтяжные прессы, клещи, молотки, зубила	13	Слесарные механосборочные работы	Механизмы, станки, кузова, слесарный инструмент, компенсаторы, контроллеры, валы, клапаны, корпуса
2	Процесс раскроя листов и профилей на ножницах и пилах	Пресс-ножницы с электроприводом, клещи, молотки	14	Электросварочные работы	Электросварочное оборудование, сварочный трансформатор
3	Штамповка на горизонтально-ковочных машинах	Горизонтально-ковочные машины, клещи, молотки, выколотки	15	Газосварочные работы	Газосварочное оборудование, сварочный трансформатор, газовые баллоны
4	Процессковки и штамповки на молотах	Мерительный инструмент, шаблоны, штампы, бойки, клещи, молотки	16	Токарные работы по металлу (холодная обработка металла)	Токарные станки, слесарный инструмент, станки с ЧПУ
5	Процесс штамповки на высокоскоростных молотах	Высокоскоростной молот для штамповки, клещи, молотки, выколотки, ковочные и штамповочные молоты	17	Фрезерные работы по металлу (холодная обработка металла)	Фрезерные станки, слесарный инструмент
6	Процесс штамповки на кривошипных горячештамповочных и винтовых прессах	Кривошипные горячештамповочные, винтовые прессы, клещи, молотки, кувалды	18	Сверлильные работы по металлу (холодная обработка металла)	Сверлильные станки, слесарный инструмент
7	Процесс штамповки на гидравлических прессах	Гидравлический пресс, клещи, молотки, выколотки	19	Работа на точильных станках (холодная обработка металла)	Точильные станки, слесарный инструмент
8	Процесс электрогидроимпульсной штамповки	Клещи, молотки, кувалды, зубила, выколотки	20	Термическая обработка металлов	Установки плазменные, электронно-лучевые установки, оборудование для механической очистки деталей, лазерные установки
9	Процесс листовой штамповки на механических и гидравлических прессах	Механический, гидравлический пресс с электроприводом	21	Сборка кузовов	Механизмы, станки, кузова, слесарный инструмент, компенсаторы, контроллеры, валы, клапаны, корпуса
10	Штамповка с нагревом на установках радиационного типа с электрическим источником излучения	Горячештамповочные прессы, клещи, молотки, выколотки, кувалды, установки электроконтактного нагрева	22	Окрасочные работы	Краскопульт, окрасочная камера
11	Процесс получения, транспортирования, использования расплавов черных металлов и сплавов на основе этих металлов	Сталевозная тележка, конвейеры, конверторы, доменные печи, чугуновозные и шлаковозные ковши, вагоны-весы, подъемники	23	Обработка металла резанием	Металлорежущее оборудование
			24	Погрузо-разгрузочные работы	Грузоподъемные машины и механизмы, лебедка
			25	Ремонтные работы	Слесарные инструменты, электрооборудование
12	Литейные работы	Дуговые электропечи, доменные печи, вакуумная камера, плазменные печи, электронно-лучевые печи			

### Пример выполнения задания

Провести анализ ситуации «Выхода из строя автопогрузчика»



Рис. 4 - Пример выполнения диаграммы «Галстук-бабочка»:  
1 – обеспечение контроля работы по инструкции;  
2 – проведение обучения; 3 – проведение контроля соответствия;  
4 – проведение своевременного технического обслуживания;  
5 – пересмотр графика работы

Барьеры, изображенные на диаграмме (рис.4), фактически являются перечнем тех мероприятий, которые следует внедрить для предотвращения данного нежелательного события.

### Раздел 3. Надежность систем, состоящих из невосстанавливаемых элементов Практическая работа №5 Оценка техногенного риска

**Цель работы:** получить практические навыки проведения количественной оценки рисков

#### Теоретическая часть

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:

$$R = R_n + R_{ав}$$

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

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  $P_i = P_1 = P_2 \dots P_n$  (где  $i = 1, 2, \dots, n$ ), то величина риска будет равна:

$$R = P \cdot \sum U_i$$

**Задание 1.** Провести численную оценку риска чрезвычайного события технической системы, состоящей из трех подсистем с независимыми отказами

**Ход выполнения задания:**

1. Ознакомиться с методами определения количественной оценки риска
2. Произвести численную оценку риска согласно варианту задания (табл.7)
3. Проанализировать полученные данные в соответствии с табл. 6
4. Сделать выводы и оформить отчет о выполнении задания

**Пример выполнения задания:** Провести численную оценку риска чрезвычайного события технической системы, состоящей из трех подсистем с независимыми отказами

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

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

Величина риска чрезвычайного события технической системы составляет:

$$R = 10^{-4} \cdot 12 \cdot 10^6 + 10^{-2} \cdot 20 \cdot 10^6 + 10^{-2} \cdot 35 \cdot 10^6 + 10^{-3} \cdot 58 \cdot 10^6 = 609,2 \cdot 10^3$$

Исходя из табл. 6, риск чрезвычайного события технической системы является высоким.

**Исходные и справочные данные для выполнения задания**

Таблица 6 – 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.

Таблица 7 – 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.
11	$10^{-3}; 10^{-3}; 10^{-6}$	$14 \cdot 10^4$ руб.; $50 \cdot 10^5$ руб.; $34 \cdot 10^4$ руб.
12	$10^{-6}; 10^{-5}; 10^{-4}$	$14 \cdot 10^4$ руб.; $50 \cdot 10^8$ руб.; $34 \cdot 10^3$ руб.
13	$10^{-4}; 10^{-5}; 10^{-6}$	$60 \cdot 10^5$ руб.; $50 \cdot 10^6$ руб.; $70 \cdot 10^2$ руб.
14	$10^{-2}; 10^{-3}; 10^{-6}$	$55 \cdot 10^2$ руб.; $20 \cdot 10^3$ руб.; $16 \cdot 10^5$ руб.
15	$10^{-2}; 10^{-4}; 10^{-3}$	$44 \cdot 10^4$ руб.; $60 \cdot 10^6$ руб.; $60 \cdot 10^5$ руб.
16	$10^{-3}; 10^{-5}; 10^{-7}$	$56 \cdot 10^5$ руб.; $78 \cdot 10^6$ руб.; $35 \cdot 10^4$ руб.
17	$10^{-8}; 10^{-7}; 10^{-4}$	$10 \cdot 10^6$ руб.; $10 \cdot 10^4$ руб.; $55 \cdot 10^3$ руб.
18	$10^{-3}; 10^{-5}; 10^{-8}$	$1 \cdot 10^4$ руб.; $59 \cdot 10^5$ руб.; $39 \cdot 10^4$ руб.
19	$10^{-3}; 10^{-4}; 10^{-6}$	$15 \cdot 10^6$ руб.; $55 \cdot 10^4$ руб.; $36 \cdot 10^3$ руб.
20	$10^{-2}; 10^{-4}; 10^{-7}$	$36 \cdot 10^5$ руб.; $50 \cdot 10^4$ руб.; $11 \cdot 10^4$ руб.
21	$10^{-2}; 10^{-4}; 10^{-5}$	$17 \cdot 10^2$ руб.; $58 \cdot 10^5$ руб.; $65 \cdot 10^2$ руб.
22	$10^{-3}; 10^{-6}; 10^{-8}$	$19 \cdot 10^5$ руб.; $80 \cdot 10^4$ руб.; $40 \cdot 10^3$ руб.
23	$10^{-6}; 10^{-4}; 10^{-5}$	$40 \cdot 10^3$ руб.; $42 \cdot 10^4$ руб.; $77 \cdot 10^3$ руб.
24	$10^{-2}; 10^{-3}; 10^{-4}$	$53 \cdot 10^3$ руб.; $51 \cdot 10^5$ руб.; $38 \cdot 10^4$ руб.
25	$10^{-4}; 10^{-3}; 10^{-2}$	$16 \cdot 10^2$ руб.; $60 \cdot 10^3$ руб.; $35 \cdot 10^5$ руб.

### Практическая работа №6

#### Исследование надежности технических систем с помощью элементов теории вероятности

В ходе выполнения практической работы необходимо изучить следующие вопросы:

1. Для чего составляется таблица истинности?
2. Как определить вероятность достоверного события?
3. Чему равна вероятность достоверного события?
4. Чему равна вероятность невозможного события?

5. Чему равна сумма вероятностей противоположных событий
6. Как называется совокупность событий, хотя бы одно из которых должно произойти?
7. Какую группу событий составляют отказ и безотказность изделий?

### **Практическая работа №7**

#### **Изучение процедуры построения «Дерева отказов»**

1. В ходе выполнения практической работы необходимо изучить следующие вопросы:
  1. Предназначение и область применения
  2. Преимущества и ограничение применения
  3. Принцип использования
2. Основные положения записать в тетрадь

