



Анализ опасностей технических систем

Идентификация опасностей



ЗАЗЕМЛЕНО

Примеры статистической вероятности нежелательного события.

<i>Причины</i>	<i>Индивидуальный риск, 1 ^ -год</i>
• Болезнь сердца.....	8,5 · 10 ⁻³
• Рак.....	1,6 · 10 ⁻³
• Автомобильная катастрофа.....	2,5 · 10 ⁻⁴
• Падение с высоты.....	1,0 · 10 ⁻⁴
• Пожар, взрыв.....	4,0 · 10 ⁻⁵ · 10 ¹⁰ · 10 ⁻⁵
• Гибель в воде.....	3,3 · 10 ⁻⁵
• Авиационная катастрофа.....	1,0 · 10 ⁻⁵
• Удар от падающих предметов и поражение электрическим током.....	6,0 · 10 ⁻⁶
• Удар молнии, ураган.....	5,0 · 10 ⁻⁷

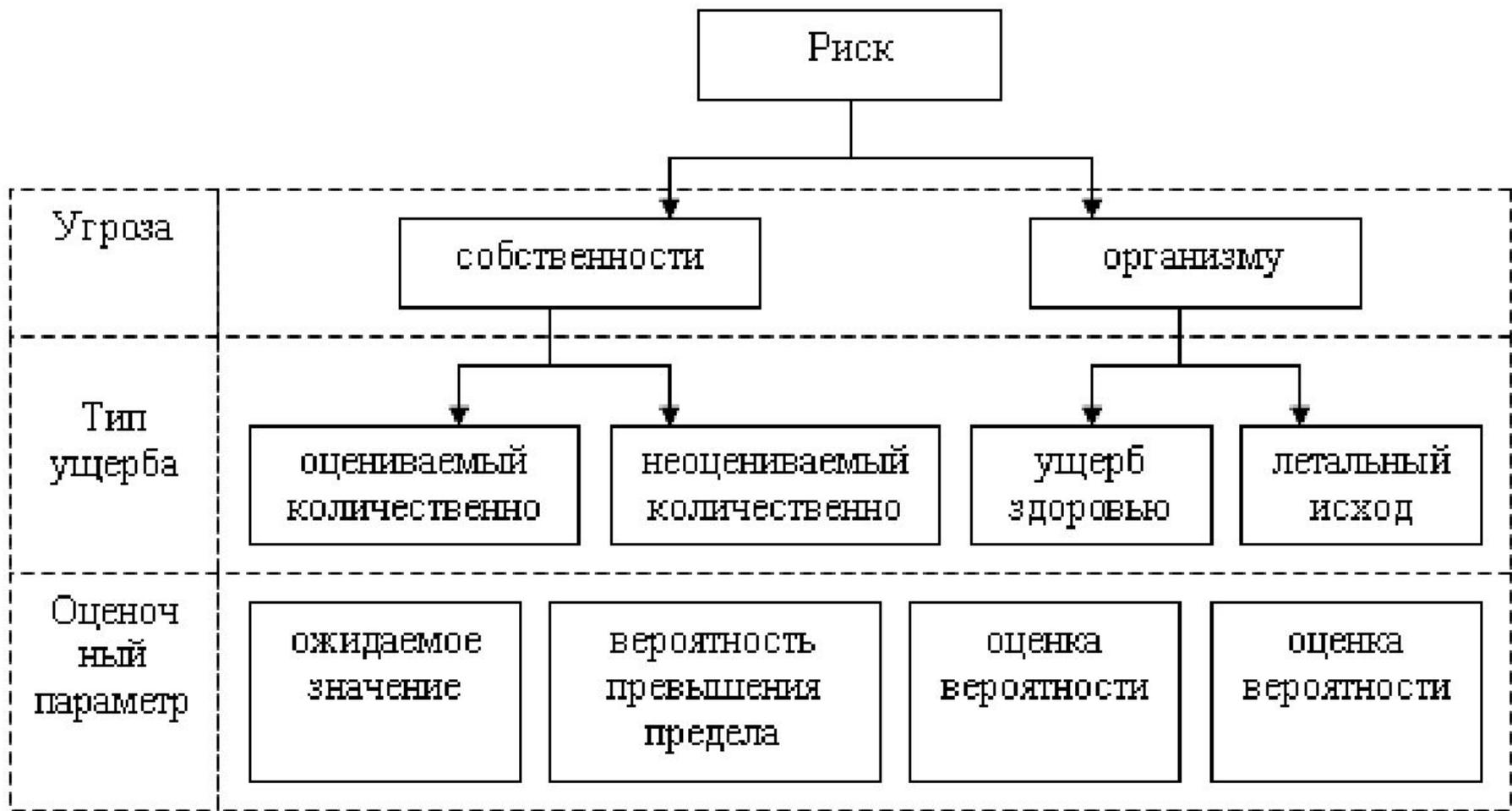
Коллективный риск.

- Коллективный риск определяется следующим образом:
[число событий] [последствия]
- Коллективный риск = -----,
[время] [события]
- Например. В 1989 г. в США было 15 млн автомобильных катастроф. Один случай из 300 заканчивался смертельным исходом.
- Отсюда: Коллективный риск = $15 \cdot 10^6$ аварий \cdot 1смерть /300 = $5 \cdot 10^4$ смертей
- численность населения США на оцениваемый период 200 млн человек, индивидуальный риск: $(5 \cdot 10^4) / (2 \cdot 10^8) = 2,5 \cdot 10^{-4}$ смертей/чел. \cdot год.

Классификация источников и уровней риска смерти человека в промышленно развитых странах (R – число смертельных случаев чел⁻¹ год⁻¹)

Источники	Причины	Среднее значение
Внутренняя среда организма	Генетические и соматические заболевания, старение	$R_{cp} = 0,6 - 1 \cdot 10^{-2}$
Естественная среда обитания	Несчастные случаи от стихийных бедствий (землетрясения, ураганы, наводнения и др.)	$R_{cp} = 1 \cdot 10^{-6}$ Наводнения = $4 \cdot 10^{-5}$ Землетрясения = $3 \cdot 10^{-5}$ Грозы = $6 \cdot 10^{-7}$ Ураганы = $3 \cdot 10^{-8}$
Техносфера	Несчастные случаи в быту, на транспорте, заболевания от загрязнения	$R_{cp} = 1 \cdot 10^{-3}$
Профессиональная деятельность	Профессиональные заболевания, несчастные случаи на производстве (при профессиональной деятельности)	Профессиональная деятельность: Безопасная $R_{cp} < 10^{-4}$ Относительно безопасная $R_{cp} = 10^{-4} - 10^{-3}$
Социальная среда	Самоубийства, самоповреждения,	$R_{cp} = (0,5 - 1,5) \cdot 10^{-4}$

Риск и его оценка



Оценка ущерба производственного травматизма

- $Y = \sum U_i + N_p$,

- где $\sum U_i$ – сумма потерь возмещения в связи с несчастным случаем, травмами, профессиональными заболеваниями, руб.; N_p – потери, связанные с недополучением продукции из-за отсутствия работника (стоимость недополученной продукции), руб.
- Условная стоимость недополученной продукции N_p определяется выражением:
$$N_p = \sum (D_i C_i),$$
- где p – число рабочих мест на предприятии, на которых не выполнялась работа по причине отсутствия работника; D_i — число потерянных на i -ом рабочем месте трудовых дней по причине нетрудоспособности работника; C_i – средняя стоимость продукции, вырабатываемой в день работником на i -ом рабочем месте, руб.

потери возмещения

- $\Sigma U_i = \Sigma U_1 + \Sigma U_2 + \Sigma U_3 + \Sigma U_4 + \Sigma U_5 + \Sigma U_6$,
- где ΣU_1 – возмещение бюджету государственного социального страхования расходов на выплату пособий по временной нетрудоспособности, если нетрудоспособность возникла по вине предприятия (организации), руб.; U_2 – возмещение органам социального обеспечения сумм пенсий (или части пенсии) инвалидам труда, если инвалидность наступила по вине предприятия (организации), руб.; U_3 – выплата пособий нетрудоспособным членам семьи в случае смерти работника от болезни или травмы, связанных с производством (за потерю кормильца), руб.; U_4 – выплата пособий при временном переводе работников на другую работу по состоянию здоровья (возмещение сократившегося заработка), руб.; U_5 – возмещение ущерба работающим при частичной потере трудоспособности (доплата до среднего заработка), руб.; U_6 – затраты предприятия на профессиональную подготовку и переподготовку работающих, принимаемых на работу взамен выбывших по болезни и в связи с травмой, а также из-за неудовлетворенности условиями труда в силу их вредности и тяжести (возмещение потерь трудового ресурса), руб.

Ущерб

- Каждая из составляющих ущерба $У$; определяется как сумма

$$У = УТ + УЗ$$

где $УТ$ – ущербы, обусловленные травмами; $УЗ$ – ущербы, обусловленные профессиональными заболеваниями.

критерии критичности по вероятности и тяжести последствий отказа

Ожидаемая частота возникновения отказов, год ⁻¹		Тяжесть последствий			
		катастрофический отказ	критический отказ	некритический отказ	отказ с пренебрежимо малыми последствиями
Частый отказ	> 1	A	A	A	C
Вероятный отказ	$1-10^{-2}$	A	A	B	C
Возможный отказ	$10^{-2}-10^{-4}$	A	B	B	C
Редкий отказ	$10^{-4}-10^{-6}$	A	B	C	D
Практически невероятный отказ	$< 10^{-6}$	B	C	C	D

Качественный и количественный анализ опасностей

- Качественные методы анализа опасностей включают:
 - предварительный анализ опасностей;
 - анализ последствий отказов;
 - анализ опасностей с помощью "дерева причин";
 - анализ опасностей методом потенциальных отклонений;
 - анализ ошибок персонала;
 - причинно-следственный анализ.
- В результате анализа аварийной (потенциальной) опасности могут быть определены следующие показатели:
 - индивидуальный риск;
 - социальный риск;
 - структура поражённых по степени тяжести;
 - вид поражений;
 - материальный ущерб и др.

Этапы анализа

Анализ опасностей позволяет определить источники опасностей, потенциальные аварии, последовательности развития событий, величину риска, величину последствий, пути предотвращения аварий и смягчения последствий.

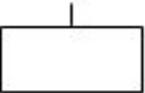
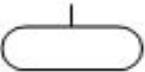
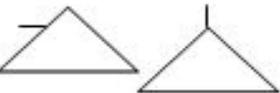
Качественный анализ:

Предварительный анализ опасностей (ПАО): - изучают технические характеристики объекта, системы, а также используемые энергетические источники, рабочие среды, материалы, устанавливают их повреждающие свойства;

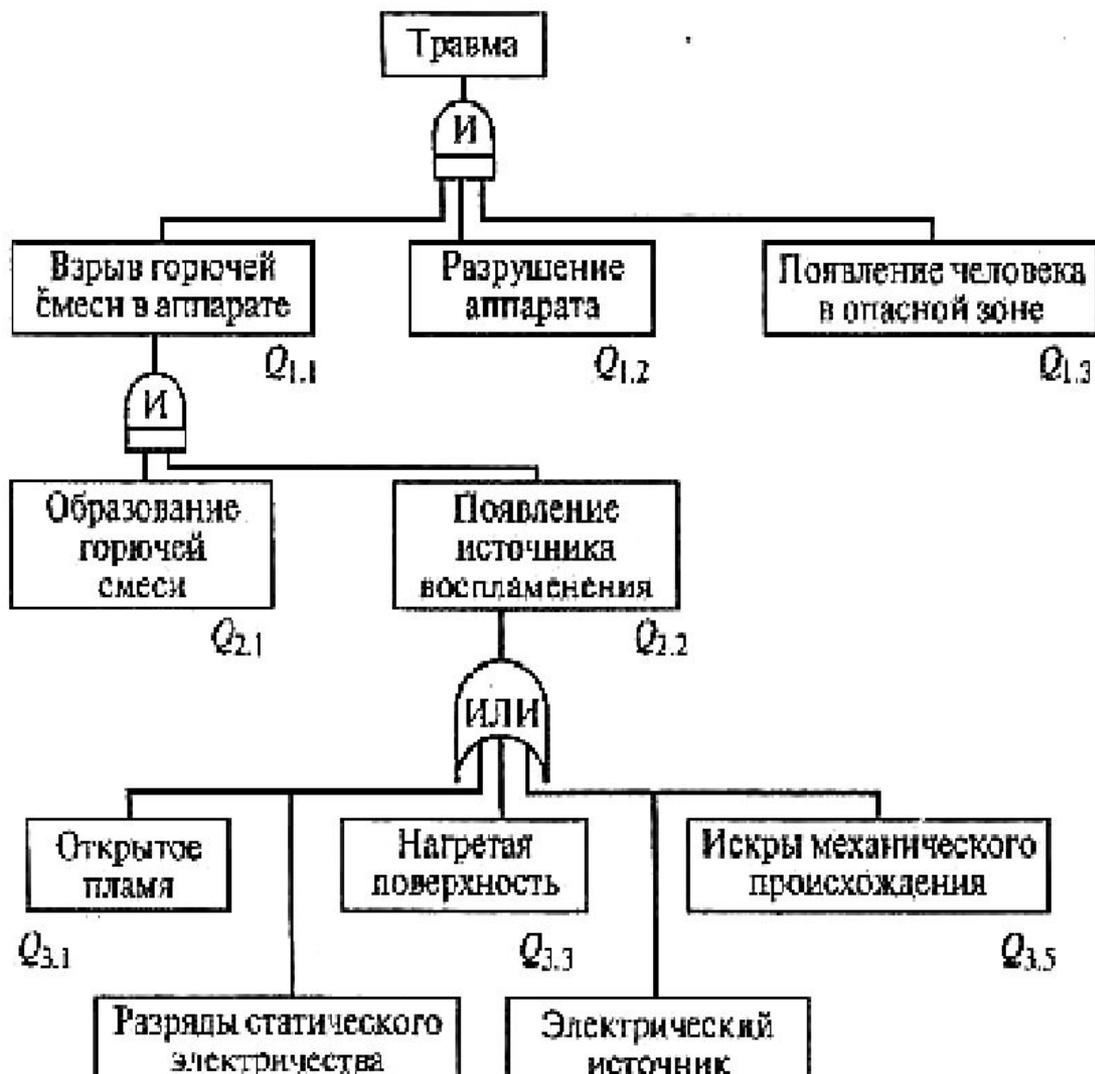
- устанавливают законы, стандарты, правила, действия которых распространяются на данный технический объект, систему, процесс;
- проверяют техническую документацию на её соответствие законам, правилам, принципам и нормам стандартов безопасности;
- составляют перечень опасностей, в котором указывают идентифицированные источники опасностей (системы, подсистемы, компоненты), повреждающие (травмирующие) факторы, потенциальные аварии, выявленные недостатки.

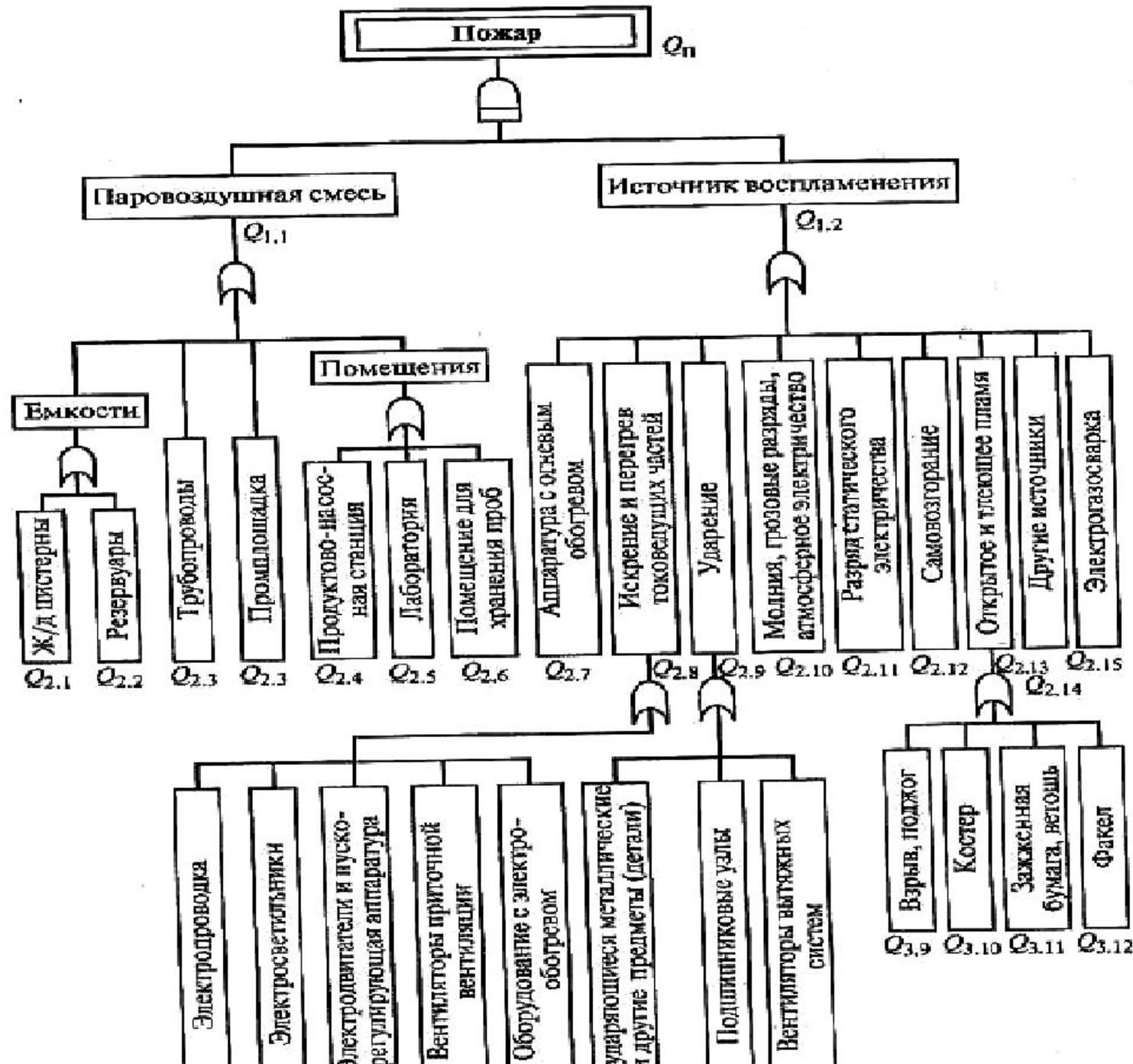
Метод "деревьев отказов (ошибок)"

- Выход из строя определённых элементов, например, нарушение герметичности резервуара со сжиженным углеводородным газом с последующим образованием облака топливовоздушной смеси и его взрывом, классифицируется как внешнее нежелательное событие (ВНС).
- Далее "дерево отказов" строят внизу от ВНС, учитывая все события, его вызывающие, и заканчивают выделением первичных событий, причины наступления которых не исследуются.
- Многоэтажный процесс ветвления "дерева" требует введения ограничений с целью определения его пределов. Логические операции принято обозначать соответствующими символами

Строка	Символ события	Содержание события
1	 круг	Исходное событие обеспеченное достаточными данными
2	 ромб	Событие, недостаточно детально разработанное
3	 прямоугольник	Событие, вводимое логическим элементом
4	 овал	Условное событие, используемое с логическим знаком "запрет"
5	 домик	Событие, которое может случиться или не случиться
6	 треугольники	Символ перехода
7	 Знак "И"	Выходное событие происходит, если все входные события случаются одновременно
8	 Знак "ИЛИ"	Выходное событие происходит, если случается любое из входных событий
9	 Знак "ЗАПРЕТ"	Наличие входа вызывает появление выхода, когда происходит условное событие

Анализ событий «травма» с помощью дерева отказов





Дерево опасности «Пожар»

Вероятностный расчёт чрезвычайного происшествия

- При анализе безопасности необходимо знать, в какой группе элементов наиболее вероятно и возможно возникновение аварийного состояния.
- Технологическое оборудование производственных помещений можно условно разбить на три основные группы:
 1. Реакционные аппараты, промежуточные ёмкости, машины;
 2. Коммуникации - трубопроводы;
 3. Запорная арматура (задвижки, краны, уплотнения).
- При условии, что всё оборудование цеха может стать источником выхода газов, и, следовательно, имеется K групп по n элементов, справедлива теорема, согласно которой при большом числе независимых элементов с малой интенсивностью отказов суммарный поток отказов будет близок к простейшему по истечении некоторого времени, независимо от законов распределения сроков службы этих элементов.

Вероятность P появления m событий-разрушений

В случае простейшего потока событий вероятность P появления m событий в интервале времени от t до $t + \tau$ находится по закону Пуассона

$$P = \frac{1}{m!} (\Lambda \tau)^m e^{-\Lambda \tau}$$

В соответствии с этим при средних сроках службы элементов T_1 и $T_2 \dots T$ параметр потока отказов в целом по цеху будет иметь предел:

$$\Lambda = \frac{n_1}{T_1} + \frac{n_2}{T_2} + \dots + \frac{n_R}{T_R} = \frac{1}{T}$$

По Λ или T можно определить вероятность $R(\tau)$ безотказной работы в течение времени τ :

$$P = \frac{1}{m!} (\Lambda \tau)^m e^{-\Lambda \tau}$$

$$P_0(\tau) = e^{-\frac{\tau}{T}}$$

Точкой отсчёта является связь между вероятностью безаварийной работы оборудования в течение времени τ , степенью заполненности помещения оборудованием и режимом работы со сроками службы.

Вероятность отказа

Вероятность V того, что отказ элемента n -й группы из K групп произойдёт, можно оценить из выражения:

$$V_m = n_m \Lambda_m / (n_1 \Lambda_1 + n_2 \Lambda_2 + \dots + n_k \Lambda_k)$$

Например, в цехе находятся следующие виды оборудования:

- ёмкости объёмом 50м^3 - 10 шт. (срок службы 50 лет);
- ёмкости объёмом 25м^3 - 20 шт. (срок службы 100 лет);
- трубопроводы диаметром 250 мм - 100 пог.м. (срок службы 1 пог.м - 200 лет).

Требуется оценить вероятностный выход газа в атмосферу за время между ревизиями (6 мес.).

Решение

Параметр потока отказов:

$$\Lambda = \frac{1}{T} = \frac{n_1}{T_1} + \frac{n_2}{T_2} + \frac{n_3}{T_3} = \frac{10}{50} + \frac{20}{100} + \frac{100}{200} = \frac{9}{10}$$

Для времени $\tau=0,5$ года вероятность $P_0(\tau)$ безаварийной работы составит:

$$P_0(\tau) = e^{-\frac{\tau}{T}} = e^{-0,5 \cdot \frac{9}{10}} = 0,63$$

Вероятность того, что выход газа произойдет из m -й группы оборудования, можно рассчитать из уравнения:

$$B_{m1} = \frac{n_1 \Lambda_1}{n_1 \Lambda_1 + n_2 \Lambda_2 + n_3 \Lambda_3} = \frac{10 \cdot 1/5}{10 \cdot 1/5 + 20 \cdot \frac{1}{5} + 100 \cdot \frac{1}{2}} = 0,0357$$

$B_{m2} = 0,0713$, $B_{m3} = 0,893$, т.е. наиболее вероятным источником образования взрывоопасной смеси следует считать трубопроводы.