

# Основы факторного моделирования безопасности систем вида «защита – объект – среда»

- Факторное моделирование безопасности систем
- Принципы системного анализа предпосылок опасности
- Лингвистический уровень описания системы



## ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

- **а) конечной цели;**
- **б) единства;**
- **в) связности;**
- **г) модульности;**
- **д) иерархии;**
- **е) функциональности;**
- **ж) развития; з) неопределённости.**

# Причины возникновения аварийной ситуации и аварии

- отказ или повреждение средств защиты и безопасности объекта (если они существуют);
- изменение стойкости элементов, ухудшение конструктивно – технических и физико – химических свойств материалов;
- несанкционированное срабатывание потенциально опасных элементов (ПОЭ) в штатном и нештатном режимах функционирования объекта

# Введение факторного параметрического базиса

$$CM = \{ V, F, R \}$$

$V = (v_{mtl})$ , где  $v$  – зависящее от времени нечеткое значение параметра  $m$  вида,  $m \in M$ , характеризуемого функцией принадлежности  $\mu v(\lambda)$ , и описывающего фактор  $t$  вида,  $t = 1, 2, \dots, tT$ , действующего от  $l = 0, 1, 2, \dots, kK$  источника, причем  $l = 0$  означает внешний источник (окружающую среду), а остальными источниками являются потенциально опасные элементы объекта.

# Введение факторного параметрического базиса

$$CM = \{ V, F, R \}$$

$F = (f \ t \ l \ k)$ , где  $f$  – зависящее от времени нечеткое значение коэффициента ослабления,  $f \in [0, 1]$ , описанного функцией принадлежности  $\mu_{f(v)} \in [0, 1]$ , параметра  $t$  вида, представляющего  $t$  вид материального фактора, действующего от  $l$  источника на вход  $k$  ПОЭ

# Введение факторного параметрического базиса

$$\mathbf{CM} = \{ \mathbf{V}, \mathbf{F}, \mathbf{R} \}$$

$\mathbf{R} = (r_{mtk})$ , где  $r$  – в общем случае зависящий от времени нечеткий параметр  $t$  вида, описываемый функцией принадлежности  $\mu_r(\lambda)$ , представляющий  $t$  вид фактора, который воспринимает  $k$  ПОЭ.

# Определения предпосылок и СВЯЗНОСТИ

- Назовем предпосылки, источники и *их связи* в системе, описывающие возможность образования элементарных отказов, *причинами или предпосылкам опасности.*
- Назовем взаимосвязи предпосылок относительно выбранного исхода (аварии или отказа критического ПОЭ) *функциями опасности.*

# Лингвистический уровень описания системы

К *предпосылкам* отнесём:

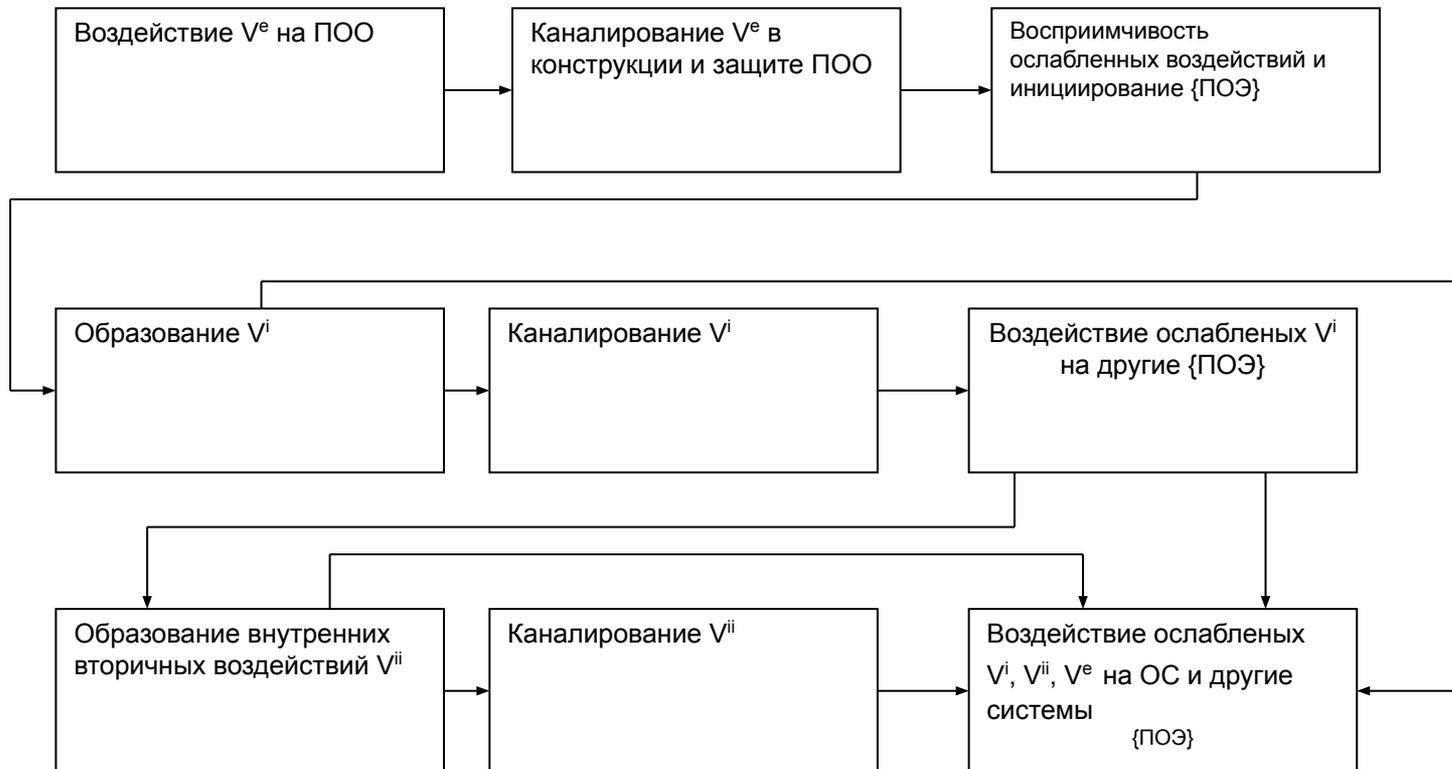
- 1) все элементы объекта – источники потенциальной опасности, называемые далее потенциально опасными элементами (ПОЭ). Учитывается, что ПОЭ обладают способностью образовывать при несанкционированном энерговыделении вторичные факторы, способные нанести ущерб как собственно объекту, так и окружающим его системам (среде);
- 2) внешние факторы, действие которых на ПОО способно инициировать его элементы к активному отказу;
- каналы передачи нерегламентированных факторов, характеризуемые как паразитные и неустранимые.

# Лингвистический уровень описания системы

К *функциям опасности* отнесём:

- 1) все возможные связи между предпосылками опасности, приводящие (способные привести) к активному отказу хотя бы одного ПОЭ (учитывается дифференциальный аспект связей);
- структуру (дерево) связей между предпосылками относительно одного (самого опасного или критического) исхода происхождения (учитывается интегральный аспект связей).

# Модель эволюции аварийной ситуации



# Лекция 3 Описание факторного параметрического базиса системы

- Расширенное описание факторного параметрического базиса
- Построение критериев безопасности системы
- Факторная параметрическая классификация безопасности сложной системы



# Принцип реализации активного отказа

- минимальным алгоритмом активного отказа принята условная последовательность процессов: "воздействие - каналирование - восприимчивость - инициирование"
- физические факторы могут проникать к потенциально опасным элементам через конструкцию объекта (паразитно каналировать) и изоляция от них или невозможна, или требует чрезмерных затрат

# Принцип параметрического несанкционированного инициирования ПОЭ

- Несанкционированное инициирование ПОЭ выполняется при условии **превышения** входных по отношению к элементам объекта параметров  $S$  процессов воздействующих факторов над значениями параметров  $r$  процессов их восприимчивости:

- $$S \geq r \rightarrow v_i \in v_{cr}.$$

- где  $v_i$  и  $v_{cr}$  - соответственно параметр (процесс) вторичного фактора и его значение, критичное для окружающей среды (соседних ПОЭ).

# Принцип объединения воздействующих факторов

- Относительно любого ПОЭ внешние и вторичные факторы объединяются по видам факторов и по видам параметров факторов.
- При этом в пределах совпадающих их видов значения параметров алгебраически суммируются.

# Универсальный факторный параметрический базис системы. Детализация $CM = \{ V, F, R \}$

## Виды материальных факторов:

- 1 – механический (гравитационный);
- 2 – тепловой (термодинамический);
- 3 – электрический (электромагнитный);
- 4 – радиоактивный (ионизационно-корпускулярный);
- 5 – фооновый (рентгеновское и гамма-излучения);
- 6 – оптический (волны инфракрасного, видимого и ультрафиолетового излучения);
- 7 – химический (реакции горения, восстановления и др.);
- 8 – биологический (бактериологические, физиологические реакции и др.);
- 9 – факторы других видов

# Опорное множество видов факторов

*OT*

- $OT = (ot),$

где  $o$  – логическая переменная,  $o = 0 \vee 1,$

- $t$  – номер вида фактора,  $t \in T, T = (1, 2, \dots, tT)$  - множество номеров факторов,
- $tT = 9$  – установленное здесь количество видов факторов.

# Описание каждого фактора совокупностью параметров

- В физике принята стандартная система единиц измерения физических величин (система СИ), с помощью которой выражают основные и производные виды параметров.
- Так, в частности, механический фактор ( $t = 1$ ) описывается следующими основными видами параметров (единицами СИ): *длина*, которую обозначим номером  $n = 1$ ; *масса*, обозначим номером  $n = 2$ ; *время*, номер  $n = 3$ .
- Использование системы СИ позволяет выражать любые (производные) параметры любого фактора через основные виды физических величин.

# Описание каждого фактора совокупностью параметров

- Такие параметры как энергия, мощность и плотность мощности, являющие собой параметры любого фактора, представляются следующими размерностями:

$$\text{Дж} = \text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2}; \text{Вт} = \text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-3}; \text{Вт/м}^2 = \text{кг} \cdot \text{с}^{-3}$$

- Условно говоря, в описании энергии и мощности любого фактора участвуют виды базовых параметров с номерами 1, 2 и 3. Значит, по сочетанию и количественному выражению (размерности) номеров параметров можно формально судить о содержательности любого фактора.
- Аналогично можно формализовать **любой** другой производный параметр **любого** фактора.

## Опорное множество видов параметров $ON$

$$ON = (o_{nt}),$$

- где  $o = 0 \vee 1$  - логическая переменная  $n$  номера основного параметра  $t$  вида фактора,  $n = 1, 2, 3 \dots 9$ ;  $t = 1, 2, 3 \dots 9$ .
- Назовем опорные множества  $OT$  и  $ON$  полными, если все их логические элементы равны единице:  $o_t = 1$ ,  $o_{nt} = 1$ , при  $\forall t, n$ .
- Причем  $OT \subset ON$  – условие вложенности

# Описание факторного параметрического базиса системы

- Введем множество  $S$  в общем случае нечетких параметров факторов, непосредственно действующих на входы (на конструкцию) ПОЭ объекта,

$$S = (s_{mtlk}), \text{ где } s_{mtlk} = v_{mtk} * f_{mtlk} \\ \text{для } \forall m \in M, t \in T, l \in (0, 1, \dots, kK), k \in K.$$

- Введем множество  $B$  нечетких пересечений параметров воздействия и восприимчивости

$$B = (b_{mtlk}), \text{ где } b_{mtlk} = s_{mtlk} \cap r_{mtk} \\ \text{для } \forall m \in M, t \in T, l \in (0, 1, \dots, kK), k \in K$$

# Дополненная совокупность множеств ДСМ

$$\text{ДСМ} = \{V, F, R, S, B\}.$$

- Если на ДСМ задать операции, которые с позиции происхождения описывают связи источников и их предпосылок между собой, и назвать это *объединение базисом* множеств, то на основе такого базиса достижимо выражение всех возможных причин и предпосылок *опасности*.

# Введение и описание булевых подмножеств и операций

## для параметрического и булевого базисов

$$\mathbf{OV} = \{o_{v_{mtlk}}\}, ov = 0 \vee 1; \mathbf{OV} \leftrightarrow V, \text{ npu } v_{mtlk} > 0, ov_{mtlk} = 1;$$

$$\mathbf{OF} = \{of_{mtlk}\}, of = 0 \vee 1; \mathbf{OF} \leftrightarrow F, \text{ npu } f_{mtlk} > 0, of_{mtlk} = 1;$$

$$\mathbf{OS} = \{os_{mtlk}\}, os = 0 \vee 1; \mathbf{OS} \leftrightarrow S, \text{ npu } s_{mtlk} > 0, os_{mtlk} = 1;$$

$$\mathbf{OR} = \{or_{mtk}\}, or = 0 \vee 1; \mathbf{OR} \leftrightarrow R, \text{ npu } r_{mtk} > 0, or_{mtk} = 1;$$

$$\mathbf{OB} = \{ob_{mtlk}\}, ob = 0 \vee 1; \mathbf{OB} \leftrightarrow B, \text{ npu } b_{mtlk} > 0,$$

$$ob_{mtlk} = 1.$$

## Введенные подмножества предназначены

Для выявления причин и связей происшествий в системе по следующим **признакам**:

- 1) по совпадению видов факторов воздействия и восприимчивости;
- 2) по совпадению видов параметров этих факторов;
- 3) по пересечению значений этих параметров.

# Сигнатура (совокупность операций) ФПБ

- Операции алгебры множеств;
- Операции пересечения множеств:

$$\mathbf{OB} = \mathbf{OS} \cap \mathbf{OR} \rightarrow ob_{mtlk} = os_{mtlk} \wedge or_{mtk}$$

$$\mathbf{B} = \mathbf{S} \cap \mathbf{R} \rightarrow b_{mtlk} = s_{mtlk} \cap r_{mtk} \text{ при } s > r: b = 1; \text{ при } s \leq r: b_{mtlk} = 0, \text{ для } \forall m, t, l, k;$$

- Операция алгебраического умножения элементов множества  $\mathbf{S}$

$$\mathbf{S} = \mathbf{F} * \mathbf{V} \rightarrow f_{mtlk} \square v_{mtl} = s_{mtlk} .$$

## Факторный параметрический базис системы

- Введенные множества и операции над ними представляют собой выраженные в универсальной форме *факторный параметрический базис* системы “*ПОО – СМЗ – ОВФ*”:

$$\mathbf{ФПБ} = \langle V, F, R, M, T, L, K, S_M \rangle ,$$

- где  $S_M$  – совокупность операций алгебры множеств и операций

# Классы безопасности системы и их критерии идентификации

- **1 Абсолютно безопасная система** Объект не содержит ПОЭ,  $V^i = \emptyset$
- **2 Потенциально безопасная система** ПОЭ объекта не восприимчивы к действию НФ  $T = \emptyset$
- **3 Относительно безопасная система** ПОЭ восприимчивы к НФ, но конструкция и защита исключает их действие
- **4 Потенциально опасная система**  
Альтернатива классу 3: условия для отказа ПОЭ существуют, но отказ критического ПОЭ невозможен

# Классы безопасности системы и их критерии идентификации

- **5 Повышенно опасная система** Подкласс класса 4, условия для отказа критического ПОЭ существуют
- **5а Собственно повышенно опасная система** Подкласс класса 5, существуют условия отказа критического ПОЭ от действия вторичных НФ
- **6 Чрезвычайно опасная система** Подкласс класса 5, в котором риск  $R_U$  нанесения ущерба  $U$  превышает допустимое значение  $R_U^D$
- **7 Состояние системы после происшествия**  
Альтернатива классам 4...6. Возникли и действуют вторичные факторы ,ущерб  $U$  от действия которых превысил допустимое значение