

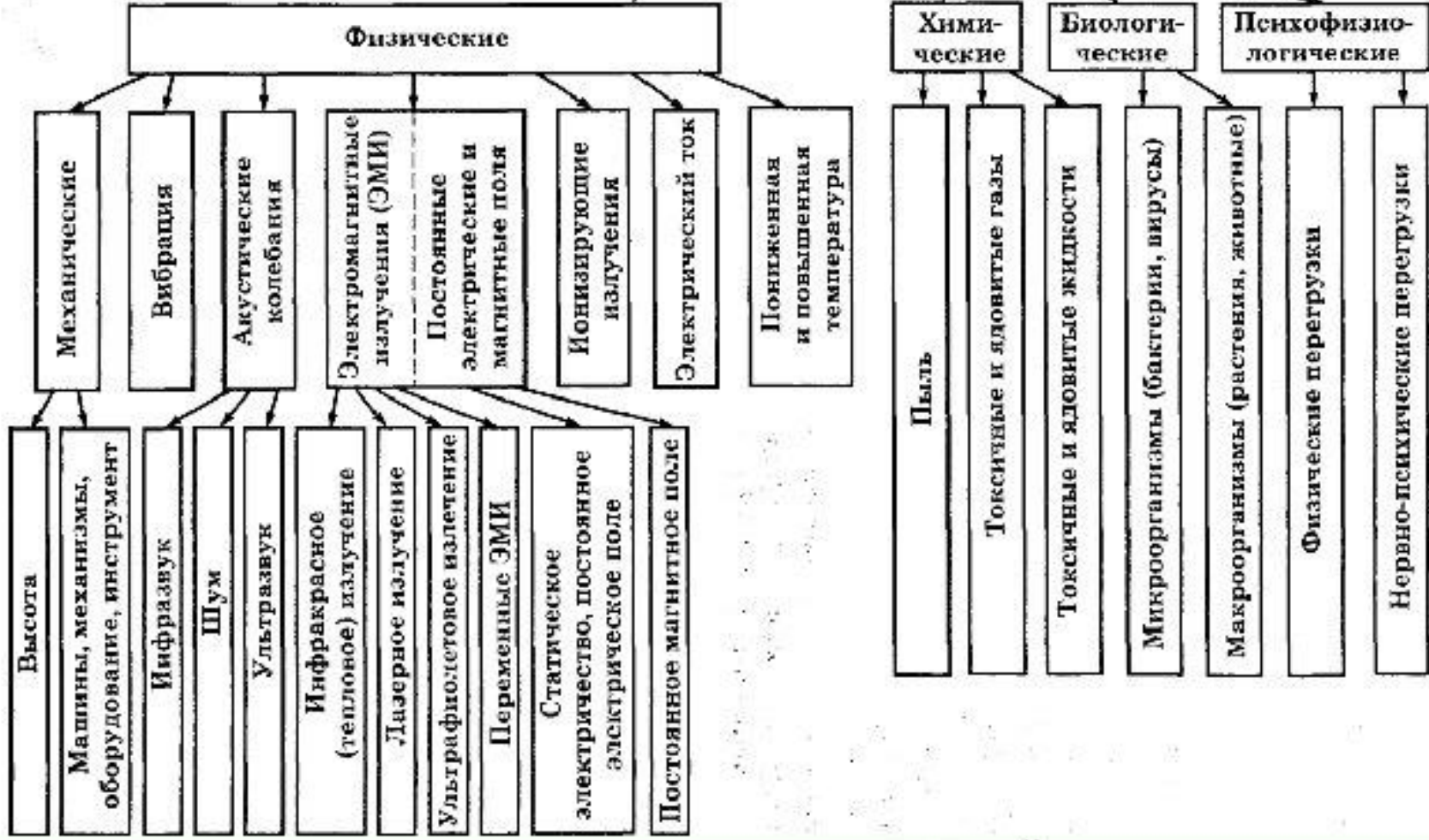
## Количественные методы анализа риска

### Метод ранжирования (экспертных оценок)

При оценке **уровня потенциальной опасности** учитывается наличие в них следующих опасных факторов:

- наличие высокой температуры;
- наличие расплавленного материала;
- наличие (использование) кислорода (20-100%);
- наличие (использование) природного газа высокого давления;
- наличие (использование) горючего газа;
- наличие (использование) инертного газа;
- наличие внутреннего давления;
- выделение отработанных газов (в т.ч. с пылью);
- наличие (использование) щелочей и кислот в технологии;
- наличие щелочей и кислот на складе;
- наличие системы охлаждения (с возможностью контакта охлаждающей жидкости с расплавленным металлом);
- наличие горючих жидкостей в технологии;
- наличие горючих жидкостей на складе;
- наличие высоких механических скоростей (свыше 1 м/с);
- наличие механических степеней свободы;
- наличие взрывчатых материалов,

**Опасные и вредные производственные факторы**



Балльные оценки опасных факторов.

| Наименование опасного фактора  |  | Количество баллов, $X_i$ |
|--|--|--------------------------|
| Наличие высокой температуры.   | 500 °С                                 | 10                       |
| Наличие расплавленного материала.  | 100 т                                  | 10                       |
| Наличие повышенного содержания кислорода (20-100%)   | 100%                                   | 8                        |
| Наличие природного газа  | 1 т                                    | 5                        |
| Наличие горючего газа  | 1 т                                    | 10                       |
| Наличие инертного газа   | 1 т                                    | 5                        |
| Наличие горючих жидкостей в технологии   | 1 т                                    | 10                       |
| Наличие горючих жидкостей на складе  | 250 т                                  | 10                       |
| Наличие кислот и щелочей в технологии  | 1 т                                    | 10                       |
| Наличие кислот и щелочей на складе   | 250 т                                  | 10                       |
| Наличие отработанных газов (в т.ч. с пылью)  | 1 т                                    | 10                       |
| Наличие системы охлаждения (с возможностью контакта охлаждающей жидкости с расплавленным металлом) | на каждые 100 т расплавленного металла | 10                       |
| Наличие внутреннего давления   | 20 атм.                                | 10                       |
| Наличие высоких механических скоростей   | 5 м/с                                  | 5                        |
| Наличие механических степеней свободы  | одна степень                           | 2                        |
|  | две степени                            | 4                        |
|  | три степени                            | 6                        |
|  | четыре степени                         | 8                        |
|  | вращение                               | 2                        |
| Наличие взрывчатых материалов  | 5 т                                    | 10                       |

**Метод ассоциаций.** Основан на изучении схожего по свойствам объекта с другим объектом.

**Метод парных (бинарных) сравнений.** Основан на сопоставлении экспертом альтернативных вариантов, из которых надо выбрать наиболее предпочтительные.

**Метод векторов предпочтений.** Эксперт анализирует весь набор альтернативных вариантов и выбирает наиболее предпочтительные.

**Метод фокальных объектов.** Основан на перенесении признаков случайно отобранных аналогов на исследуемый объект.

**Индивидуальный экспертный опрос.** Опрос в форме интервью или в виде анализа экспертных оценок. Означает беседу заказчика с экспертом, в ходе которой заказчик ставит перед экспертом вопросы, ответы на которые значимы для достижения программных целей. Анализ экспертных оценок предполагает индивидуальное заполнение экспертом разработанного заказчиком формуляра, по результатам которого производится всесторонний анализ проблемной ситуации и выявляются возможные пути её решения. Свои соображения эксперт выносит в виде отдельного документа.

**Метод средней точки.** Формулируются два альтернативных варианта решения, один из которых менее предпочтителен. После этого эксперту необходимо подобрать третий альтернативный вариант, оценка которого расположена между значений первой и второй альтернативы.

**Суммарный уровень опасности оборудования  $i$  – того структурного подразделения определяется по соотношению**

$$L_{\text{сум},j} = \sum_{i=1}^n L_i$$

**где  $i$ - того типа;  $L_i$  – параметр потенциальной опасности установок  $i$  – того типа, определяемый по формуле  $n$  – количество видов оборудования**

$$L_i = X_i \cdot N_i$$

**Здесь  $N_i$  - количество установок  $i$  – того типа;  $X_i$  – балльная оценка опасности, учитывающая наличие в цехе, на участке или на технологической установке следующих опасных факторов (см.таблицу):**

Вероятность отказа (аварии, инцидента)  $i$ -го агрегата при средней интенсивности отказов  $\lambda_i$  определяется по формуле:

$$W_i = 1 - \exp(-\lambda_i \tau)$$

где  $\tau$  – рассматриваемый промежуток времени, год

Вероятность хотя бы одной аварии за год в цехе, содержащем  $n$  единиц оборудования, определяется по формуле:

$$W = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - W_i).$$

Если в цехе имеется  $n$  единиц одинакового оборудования, то при расчете годовой вероятности отказа, хотя бы одной из них формула (принимает вид:

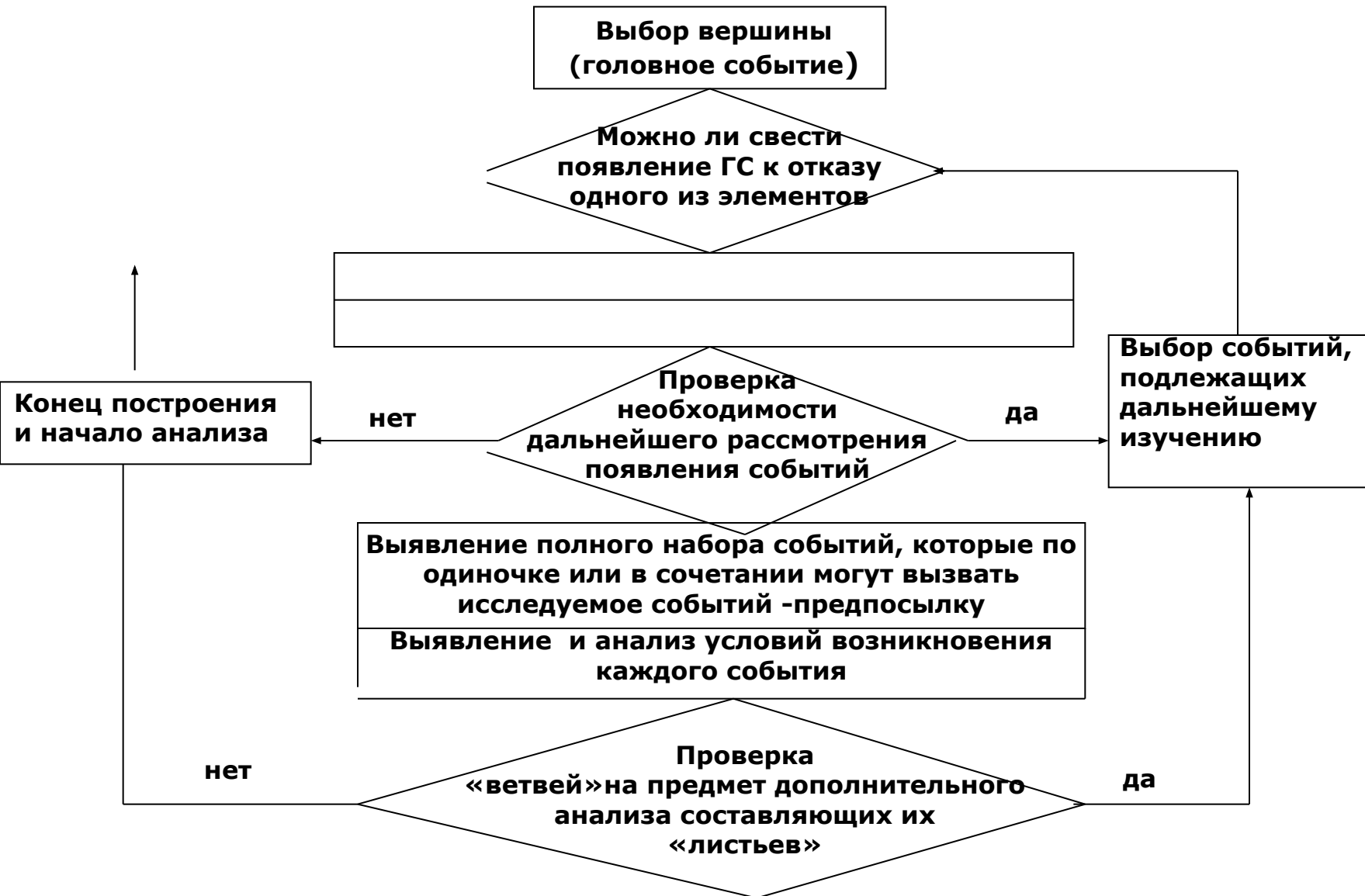
$$W = 1 - (1 - W_i)^n$$

## Моделирование процессов с использованием «дерева отказов»

### **Достоинство моделей типа «дерево»:**

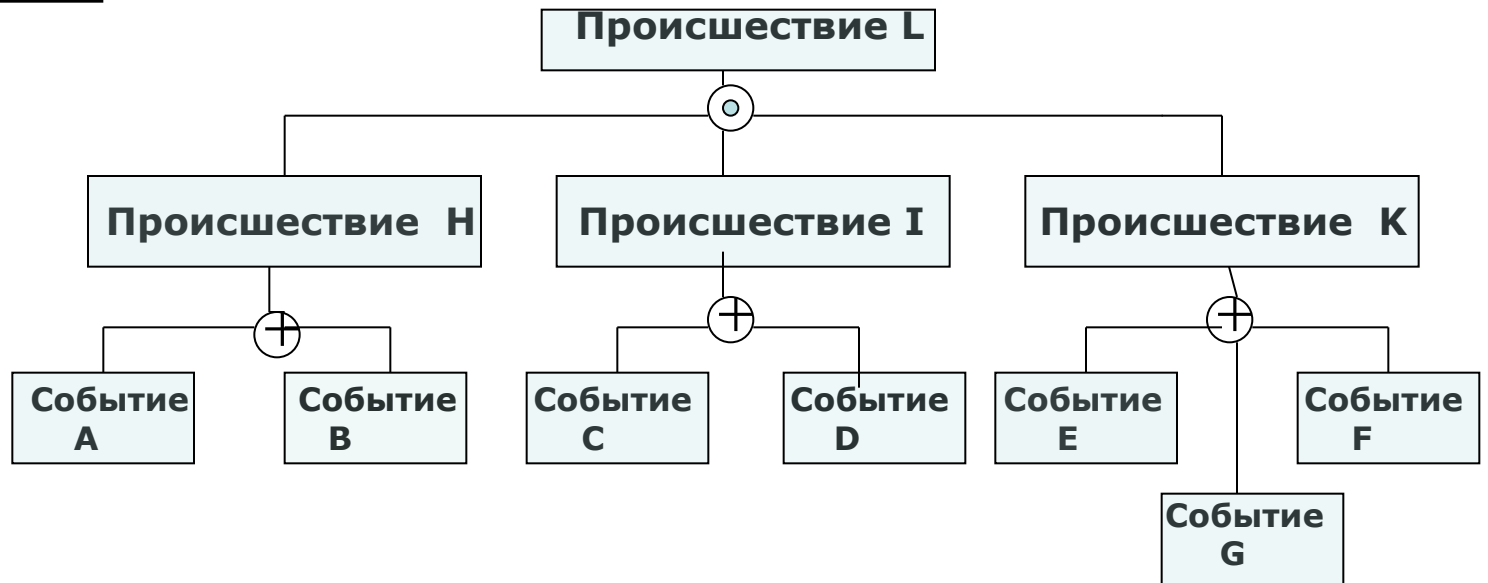
- сравнительная простота построения;
- дедуктивный характер выявления причинно-следственных связей;
- направленность на их существенные факторы;
- легкость преобразования моделей;
- наглядность изучаемой системы на изменение структуры;
- декомпозируемость ДО и процесса его изучения;
- легкость дальнейшей формализации и алгоритмизации;
- доступность для статистического моделирования

## Последовательность построения дерева отказов





## Дерево отказов



Здесь L – удар человека током, H – появление потенциала на корпусе, I – нахождение человека на токопроводящей основе, K – прикосновение, A – снижение сопротивления изоляции, B – касание провода корпуса, C – человек на токопроводящем полу, D – касание человеком заземленных элементов, E – необходимость ремонта, F – необходимость технического обслуживания, G – использование не по назначению

## Дерево отказов (продолжение)

### Качественный анализ

**Минимальное пропускное (аварийное) сечение** – набор исходных предпосылок, осуществление всех элементов которого достаточно для появления головного события (**ACE, ACF, ACG, ADE, ADF, ADG, BCE, BCF, BCG, BDE, BDF, BDG**).

**Минимальное отсечное сечение** - набор исходных предпосылок, осуществление всех элементов которого достаточно для не возникновения головного события (**AB, CD, EFG**).

**Значимость и критичность** отражает существенность вклада отдельных предпосылок и их сочетаний

Критерий Фусселя – Везели

$$I_i^{FV} = \frac{P_i(\tau)}{Q(\tau)}$$

$P_i(\tau)$   $Q(\tau)$  - вероятность наступления  $i$ -той предпосылки и головного события за время  $\tau$

## Дерево отказов (продолжение)

### Количественный анализ

*Структурное представление* дерева отказов

$$P(L) = P(A+B) * P(C+D) * P(E+F+G),$$

где  $P(*)$  – вероятность наступления случайных (статистически воспроизводимых) или возможность возникновения уникальных (не воспроизводимых или нечетко определенных по природе) предпосылок к происшествию

Последовательность операций при количественном анализе:

- декомпозиция модели на отдельные блоки (**по ветвям**);
- в выделенных ветвях выделить подмножество событий, соединенных условиями «И» и «ИЛИ»;
- рассчитать параметры достоверности наступления вершинных для выделенных блоков событий.

**Логическое условие «И»**

$$P = \prod_{i=1}^n P_i$$

**Логическое условие «ИЛИ»**

$$P = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_i)$$