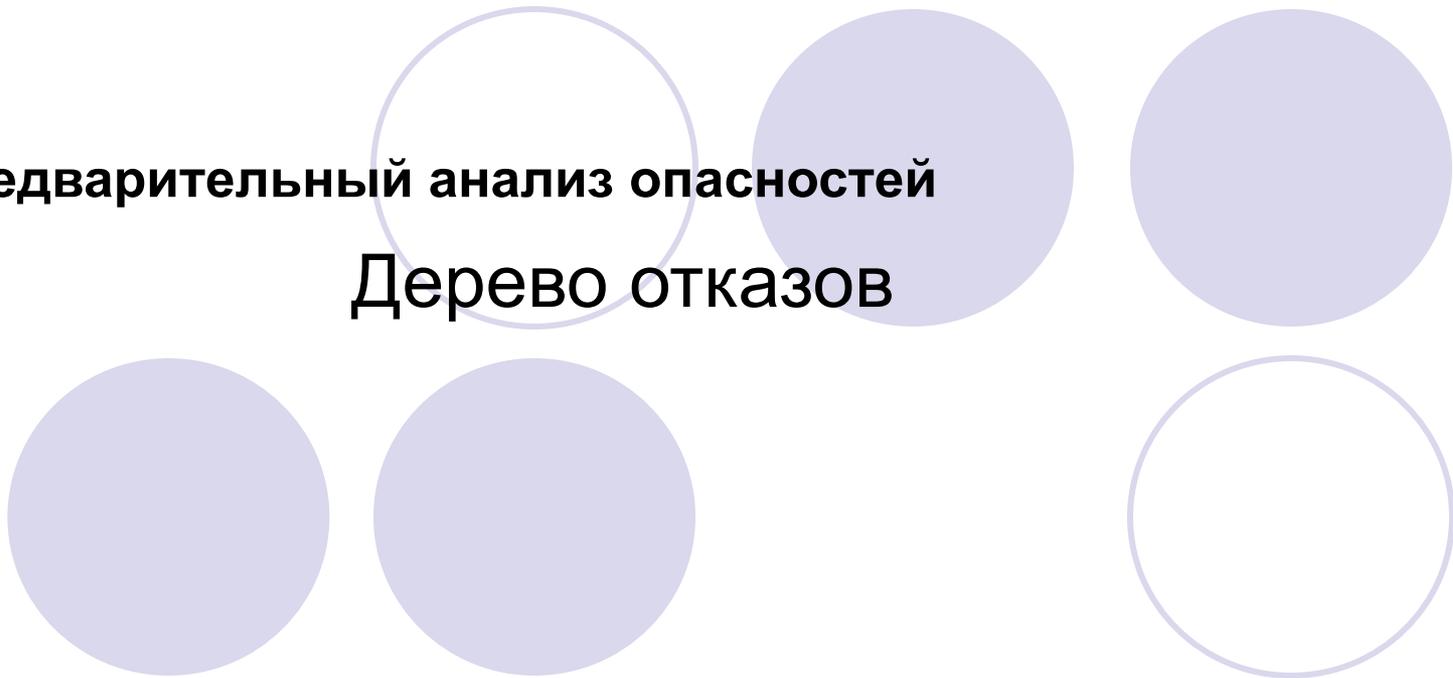


Предварительный анализ опасностей

Дерево отказов



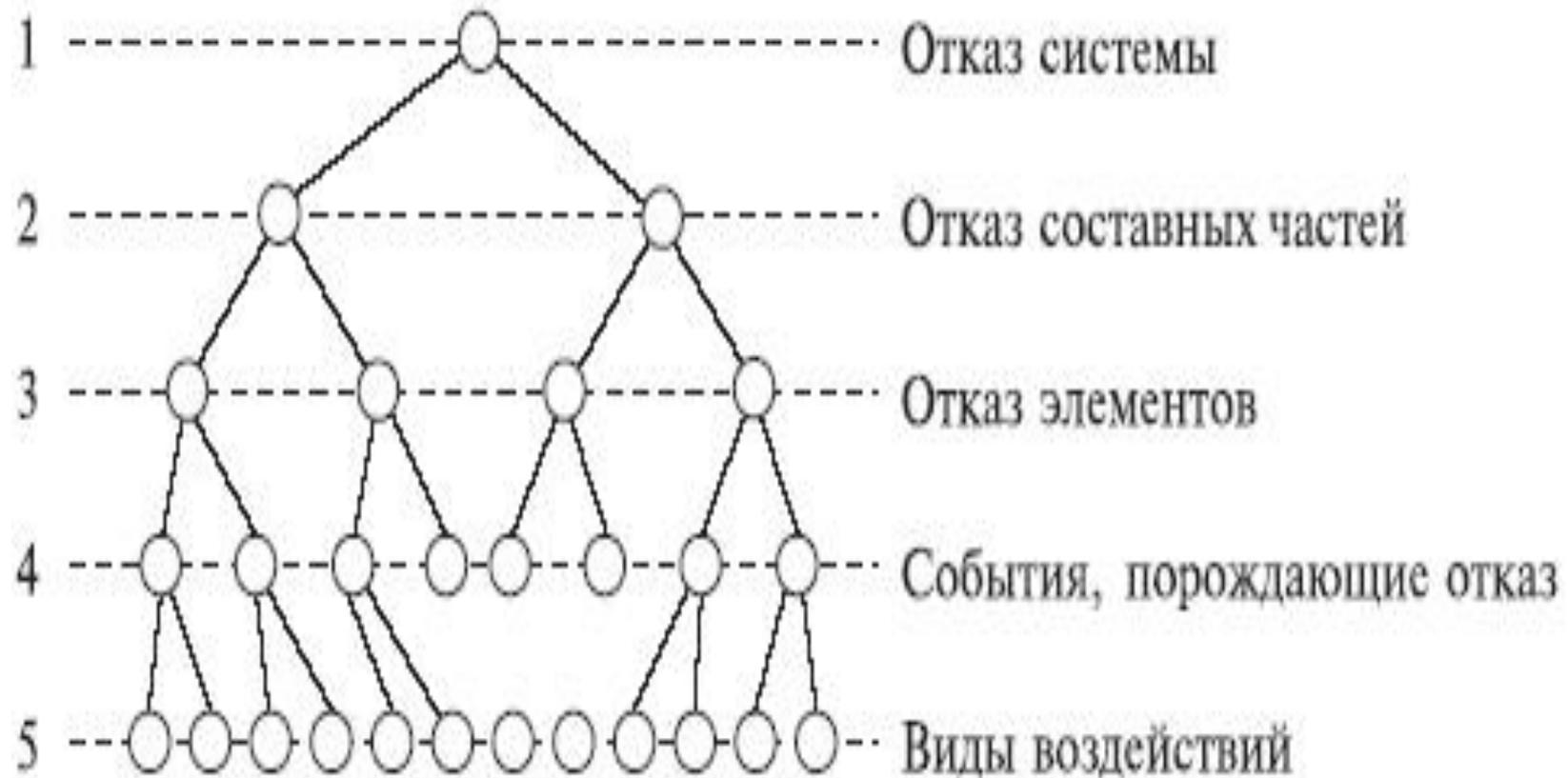


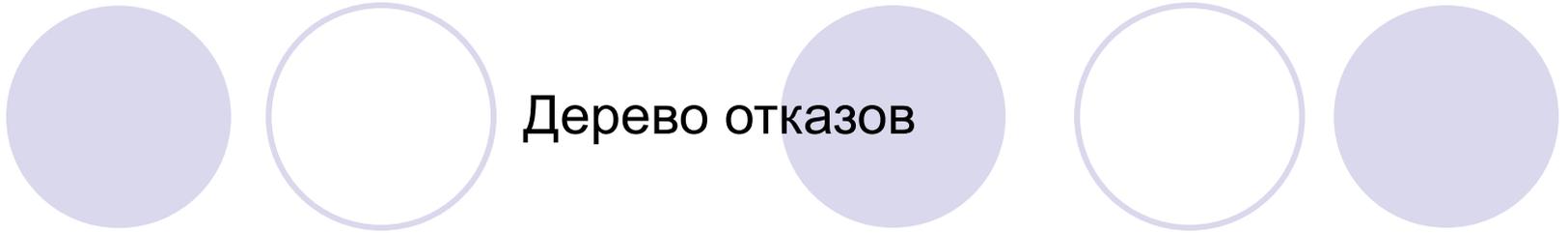
Дерево отказов

Дерево отказов (ДО) (аварий, происшествий, последствий, нежелательных событий, несчастных случаев и пр.) лежит в основе логико-вероятностной модели причинно-следственных связей отказов системы с отказами ее элементов и другими событиями (воздействиями).

Анализ возникновения отказа состоит из последовательностей и комбинаций нарушений и неисправностей, и таким образом ДО представляет собой многоуровневую графологическую структуру причинных взаимосвязей, полученных в результате прослеживания опасных ситуаций в обратном порядке, для того чтобы отыскать возможные причины их возникновения

Дерево отказов
Граф дерева отказов





Ценность дерева отказов заключается в следующем:

- анализ ориентируется на нахождение отказов;**
- позволяет показать в явном виде ненадежные места;**
- обеспечивается графикой и представляет наглядный материал для той части работников, которые принимают участие в обслуживании системы;**
- дает возможность выполнять качественный или количественный анализ надежности системы;**
- метод позволяет специалистам поочередно сосредотачиваться на отдельных конкретных отказах системы;**
- обеспечивает глубокое представление о поведении системы и проникновение в процесс ее работы;**
- являются средством общения специалистов, поскольку они представлены в четкой наглядной форме;**

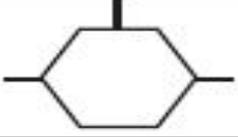
Дерево отказов

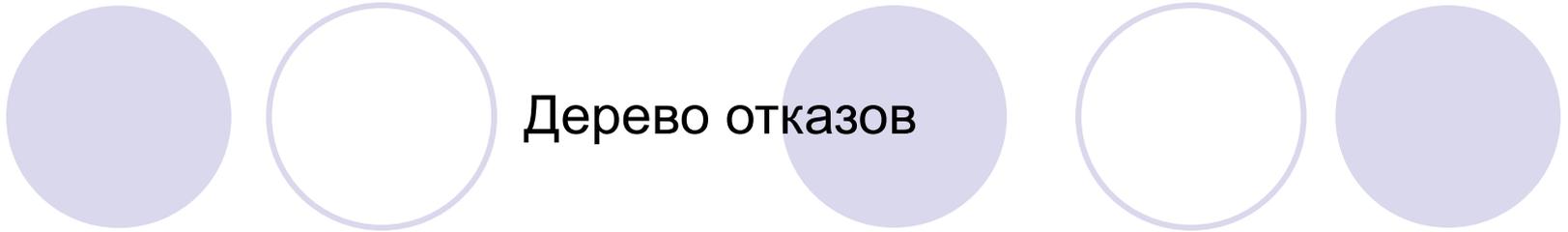
Недостатки дерева отказов состоят в следующем:

- реализация метода требует значительных затрат средств и времени;
- дерево отказов представляет собой схему булевой логики, на которой показывают только два состояния: рабочее и отказавшее;
- трудно учесть состояние частичного отказа элементов, поскольку при использовании метода, как правило, считают, что система находится либо в исправном состоянии, либо в состоянии отказа;
- трудности в общем случае аналитического решения для деревьев, содержащие резервные узлы и восстанавливаемые узлы с приоритетами, не говоря уже о тех значительных усилиях, которые требуются для охвата всех видов множественных отказов;
- требует от специалистов по надежности глубокого понимания системы и конкретного рассмотрения каждый раз только одного определенного отказа;
- дерево отказов описывает систему в определенный момент времени (обычно в установившемся режиме), и последовательности событий могут быть показаны с большим трудом, иногда это оказывается невозможным. Это справедливо для систем, имеющих сложные контуры регулирования.

Дерево отказов

- Логические символы. Логические символы (знаки) связывают события в соответствии с их причинными взаимосвязями. Логический символ (знак) может иметь один или несколько входов, но только один выход, или выходное событие.

Строка	Символ логического знака	Название логического знака	Причинная взаимосвязь
1		<i>И</i>	Выходное событие происходит, если все входные события случаются одновременно
2		<i>ИЛИ</i>	Выходное событие происходит, если случается любое из входных событий
3		<i>«Запрет»</i>	Наличие входа вызывает наличие выхода тогда, когда происходит условное событие
4		<i>«Приоритетное И»</i>	Выходное событие случается, если все входные события происходят в нужном порядке слева направо
5		<i>«Исключающее ИЛИ»</i>	Выходное событие происходит, если случается одно (но не оба) из входных событий
6		<i>«m из n»</i> (голосования или выборки)	Выходное событие происходит, если случается m из n входных событий



- **Логический знак "И" (схема совпадения). Выходное событие логического знака И наступает в том случае, если все входные события появляются одновременно.**

Правило формулирования событий. События, входные по отношению к операции И, должны формулироваться так, чтобы второе было условным по отношению к первому, третье условным по отношению к первому и второму, а последнее - условным ко всем предыдущим. Кроме того, по крайней мере одно из событий должно быть связано с появлением выходного события.

Полная характеристика события не требуется. Иногда она даже мешает графической ясности диаграммы. Требуется лишь упорядочить события так, чтобы стоящее справа зависело от появления стоящего слева. Таким образом, появление выходного события будет определяться появлением последнего события в ряду N - событий.

Правило применения логического знака И. Если имеются несколько причин, которые должны появиться одновременно, то обычно используют операцию И. Входы операции должны отвечать на вопрос: "Что необходимо для появления выходного события?".



Дерево отказов

- Логический знак "ИЛИ" (схема объединения). Выходное событие логического знака ИЛИ наступает в том случае, если имеет место любое из входных событий.

Правило формулирования событий. События, входные по отношению к операции ИЛИ, должны формулироваться так, чтобы они вместе исчерпывали все возможные пути появления выходного события. Кроме того, любое из входных событий должно приводить к появлению выходного события.

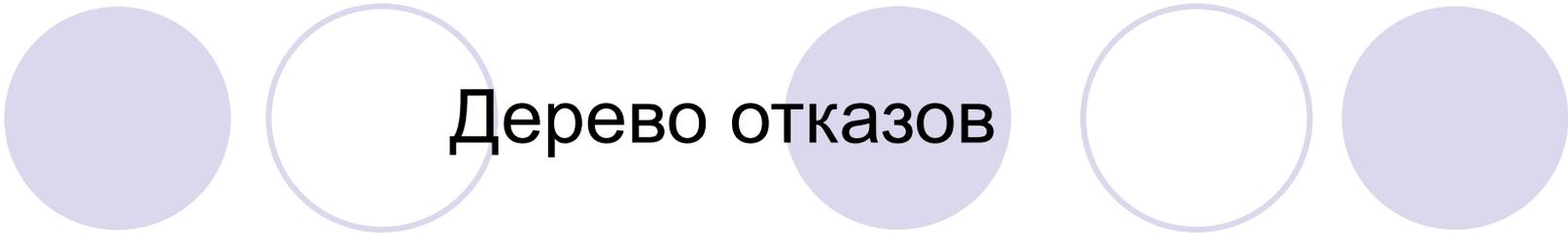
Правило не дает способа описания событий, но оно должно выполняться при построении дерева отказа.

Правило применения логического знака ИЛИ. Если любая из причин приводит к появлению выходного события, следует использовать операцию ИЛИ. Входы операции отвечают на вопрос: "Какие события достаточны для появления выходного события?".

Порядок применения логических знаков И и ИЛИ. Для любого события, подлежащего дальнейшему анализу, вначале рассматриваются все возможные события, являющиеся входами операций ИЛИ, затем входы операций И. Это справедливо как для головного события, так и для любого события, анализ которого целесообразно продолжить.

Дерево отказов



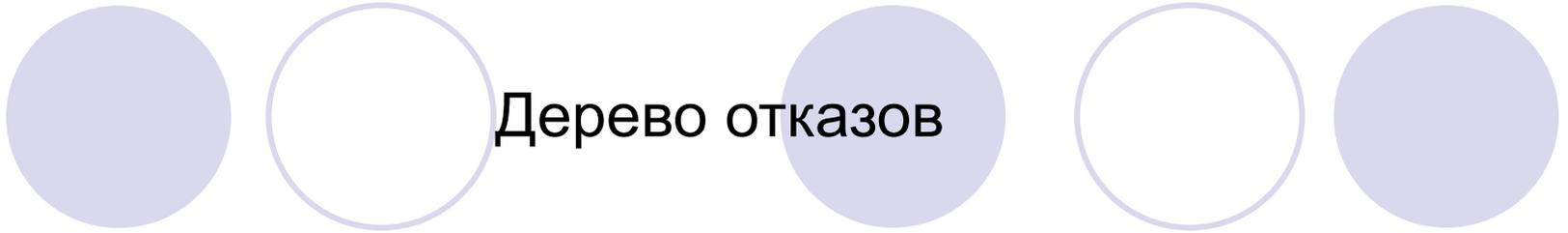


Дерево отказов

- Логический знак запрета.
- Шестиугольник, являющийся логическим знаком запрета и используется для представления вероятностных причинных связей. Событие, помещенное под логическим знаком запрета, а называется входным событием, в то время, как событие, расположенное сбоку от логического знака, называется условным событием. Условное событие принимает форму события при условии появления входного события. Выходное событие происходит, если и входное и условное событие имеют место. Другими словами, входное событие вызывает выходное событие с вероятностью (обычно постоянной) появления условного события.

Дерево отказов



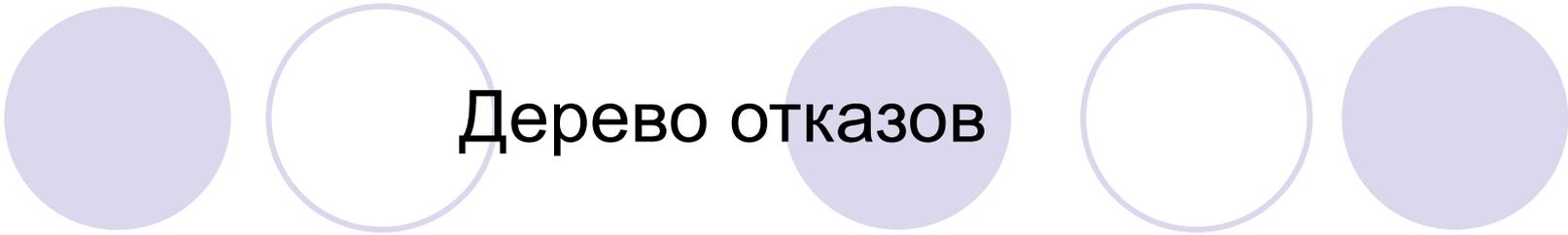


- Событие на выходе появляется, если события на входе происходят в определенной последовательности (слева направо). Появление событий на входе в другом порядке не вызывает события на выходе. Рассмотрим, например, систему, имеющую основной источник питания и резервный. Резервный источник питания включается в работу автоматически переключателем, когда отказывает основной источник.
- **Питание в системе отсутствует, если:**
 - 1) отказывают как основной, так и резервный источники;
 - 2) сначала выходит из строя переключатель, а затем отказывает основной источник питания.

Дерево отказов

- Логический символ "приоритетное И" может быть представлен сочетанием "логического И" и знака "запрета", а следовательно, эти логические знаки являются эквивалентом "логического И". Условным событием для "логического запрета" является то, что входные события логического знака И происходят в определенной последовательности.





Дерево отказов

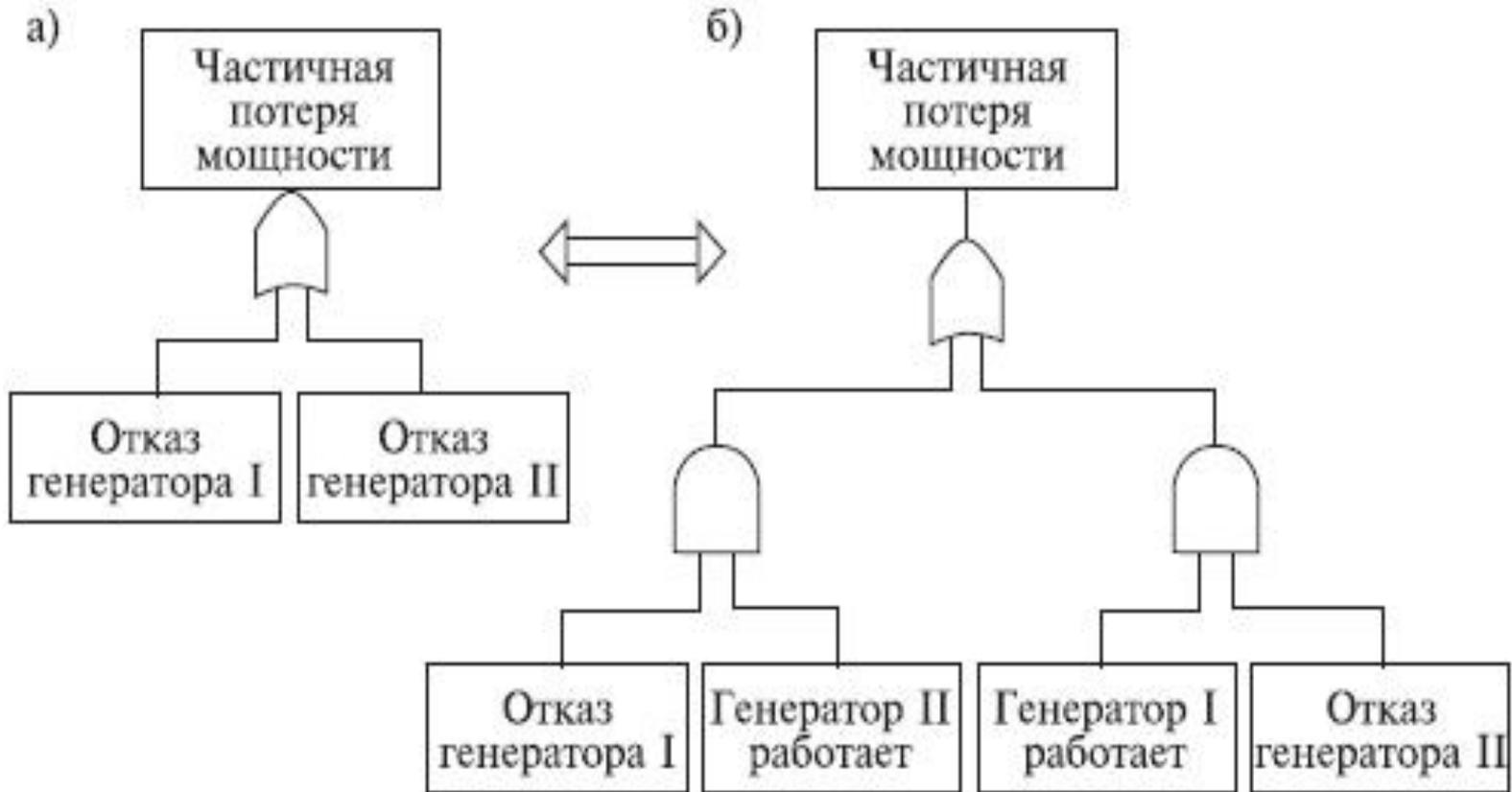
- Логический символ "исключающее ИЛИ" описывает ситуацию, в которой событие на выходе появляется, если одно из двух (но не оба) событий происходят на входе. В качестве примера рассмотрим систему, питаемую от двух генераторов.
- Частичная потеря мощности может быть представлена элементом "исключающее ИЛИ". "Исключающее ИЛИ" может быть заменено комбинацией логических элементов И и ИЛИ.
- Обычно в дереве отказов избегают использования работоспособных состояний, таких как "генератор работает", так как они в значительной степени усложняют количественный анализ.
- Разумным подходом является замена логического знака "исключающее ИЛИ" комбинацией знаков И и ИЛИ.

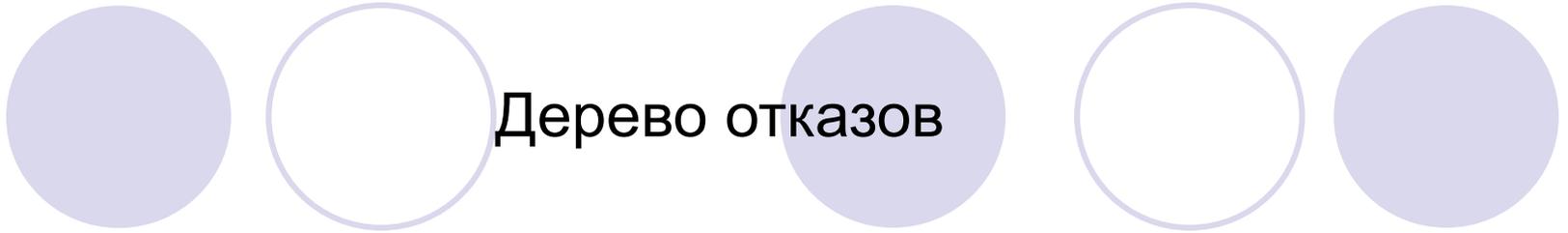
Дерево отказов



Дерево отказов

- Эквивалентное представление логического знака "приоритетное И"





- Логический знак голосования m из n имеет n событий на входе, а событие на выходе появляется, если происходят по меньшей мере m из n событий на входе.
- Рассмотрим систему выключения, состоящую из трех контрольных приборов. Предположим, что выключение системы происходит тогда и только тогда, когда два из трех контрольных приборов выдают сигнал о выключении. Таким образом, ненужное выключение системы происходит, если два или большее число контрольных приборов подадут ложный сигнал на выключение, в то время как система находится в нормальном состоянии.

Дерево отказов





Дерево отказов

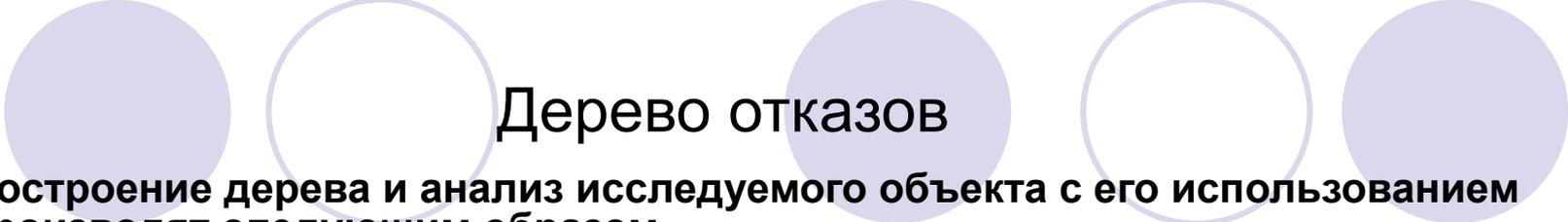
Процедура построения дерева отказов включает, как правило, следующие этапы:

1. Определение нежелательного (завершающего) события в рассматриваемой системе.
2. Тщательное изучение возможного поведения и предполагаемого режима использования системы.
3. Определение функциональных свойств событий более высокого уровня для выявления причин тех или иных неисправностей системы и проведение более глубокого анализа поведения системы с целью выявления логической взаимосвязи событий более низкого уровня, способных привести к отказу системы.
4. Собственно построение дерева отказов для логически связанных событий на входе. Эти события должны определяться в терминах идентифицируемых независимых первичных отказов. Чтобы получить количественные результаты для завершающего нежелательного события, необходимо задать вероятность отказа, коэффициент неготовности, интенсивность отказов, интенсивность восстановлений и другие показатели, характеризующие первичные события, при условии, что события дерева отказов не являются избыточными (не приводящими к аварии). Более строгий и систематический анализ предусматривает выполнение таких процедур, как (1) определение границ системы, (2) построение дерева неисправностей, (3) качественная оценка, (4) количественная оценка.



Дерево отказов

- **Основой построения дерева отказов является символьное представление существующих в системе условий - событий, способных вызвать отказ. При построении ДО учитывают и используют следующие основные виды событий:**
 - **результатирующее событие - нежелательное событие (конкретный вид отказа системы из перечня возможных отказов), анализ которого проводится;**
 - **промежуточное событие - сложное событие с логическим оператором, являющееся одной из возможных причин результирующего события. Его выявляют в ходе анализа причин результирующего события и подвергают дальнейшему анализу;**
 - **базовое событие - простое исходное событие, означающее первичный отказ, которое дальше не анализируется в связи с определенностью и наличием достаточного числа данных;**
 - **неполное событие - недостаточно детально разработанное событие, которое дальше не анализируется, из-за невозможности или отсутствия необходимости проведения его анализа;****Исходными событиями при построении ДО являются перечни возможных видов событий - отказов и их причин, нерасчетные значения внешних воздействующих факторов и др. Соответственно, каждому виду события и оператора присваиваются символы, которые используются для графического построения дерева отказов. Логические символы связывают события в соответствии с их причинными взаимосвязями.**



Дерево отказов

- Построение дерева и анализ исследуемого объекта с его использованием производят следующим образом.
- 1. Определяют аварийное (предельно опасное, конечное) событие, которое образует вершину дерева. Данное событие четко формулируют, оговаривают условия его появления, дают признаки его точного распознавания. Например, для объектов химической технологии к таким событиям относятся: разрыв аппарата, пожар, выход реакции из-под контроля и др. Определяют возможные первичные и вторичные отказы, которые могут вызвать головное событие, рассматривают их комбинации.
- 2. Используя стандартные символы событий и логические символы (табл. 6.8.1-6.8.3), дерево строят в соответствии со следующими правилами:
 - а) конечное (аварийное) событие помещают вверху (уровень 1);
 - б) дерево состоит из последовательности событий, которые ведут к конечному событию;
 - в) последовательности событий образуются с помощью логических знаков И, ИЛИ и др.;
 - г) событие над логическим знаком помещают в прямоугольнике, а само событие описывают в этом прямоугольнике;
 - д) первичные события (исходные причины) располагают снизу.
- 3. Квалифицированные эксперты проверяют правильность построения дерева. Это позволяет исключить субъективные ошибки разработчика, повысить точность и полноту описания объекта и его действия.

- **4. Определяют минимальные аварийные сочетания и минимальную траекторию для построенного дерева. Первичные и неразлагаемые события соединяются с событиями первого уровня маршрутами (ветвями). Сложное дерево имеет различные наборы исходных событий, при которых достигается событие в вершине, они называются аварийными сочетаниями (сечениями) или прерывающими совокупностями событий. Минимальным аварийным сочетанием (МАС) называют наименьший набор исходных событий, при которых возникает событие в вершине. Полная совокупность МАС дерева представляет собой все варианты сочетаний событий, при которых может возникнуть авария. Минимальная траектория - наименьшая группа событий, при появлении которых происходит авария.**
- **5. Качественно и количественно исследуют дерево аварий с помощью выделенных минимальных аварийных сочетаний и траекторий. Качественный анализ заключается в сопоставлении различных маршрутов и начальных событий к конечному и определении критических (наиболее опасных) путей, приводящих к аварии. При количественном исследовании рассчитывают вероятность появления аварии в течении задаваемого промежутка времени по всем возможным маршрутам.**
- **6. Разрабатывают рекомендации по введению изменений в объекте, системах контроля и управления для улучшения показателей безаварийности.**

В зависимости от конкретных целей анализа, деревья могут быть построены для любых видов отказов - первичных, вторичных и инициированных отказов.