

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич
Должность: ректор
Дата подписания: 25.09.2022 14:10:34
Уникальный программный ключ:
9ba7d3e34c012eba476ffd2d064cf2781953be730df2374d16f3c0ce536f0fc6

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра охраны труда и окружающей среды



ПОСТРОЕНИЕ ДЕРЕВЬЕВ ОТКАЗОВ

Методические указания для выполнения
практической работы по дисциплине
«Надёжность технических систем и техногенный риск»
для студентов, обучающихся по направлению
«Техносферная безопасность»

Курск 2017

УДК 658.34:621.3

Составители: В.И. Томаков, М.В. Томаков

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *А.В. Беседин*

Построение деревьев отказов : методические указания для выполнения практической работы по дисциплине «Надёжность технических систем и техногенный риск» для студентов, обучающихся по направлению «Техносферная безопасность» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: В.И. Томаков, М.В. Томаков. – Курск, 2017. – 23 с.

Изучается методика построения деревьев отказов. Построение дерева отказов является одним из методов идентификации опасностей и оценивания риска появления нежелательного события.

При выполнении практической работы у обучающихся формируется компетенции: способностью оценивать риск и определять меры по обеспечению безопасности разрабатываемой техники (ПК-3); способностью использовать методы расчетов элементов технологического оборудования по критериям работоспособности и надежности (ПК-4).

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по направлению «Техносферная безопасность» всех форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 2017 г. Формат 60x84 1/16.
Усл. печ. л. . Уч. изд. л. . Тираж экз. Заказ 1140. Бесплатно.
Юго-Западный государственный университет
305040, г.Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

Общие положения о выполнении практической работы

Цель практической работы:

- изучить методику построения дерева отказов;
- приобретение практических навыков, необходимых для идентификации опасностей и оценивания риска появления нежелательного события.

Указания к выполнению практической работы

Законспектируйте содержание основных положений порядка качественной оценки дерева отказов, основные понятия, а также алгоритм действий и необходимые для выполнения работы правила.

Выполните задания по указанию преподавателя.

Ответьте письменно на тесты, вопросы и задания по указанию преподавателя.

Отчет о выполненной работе

1. Конспект, включающий:

- основные понятия о методе построения дерева отказов;
- основные понятия (определения) метода;
- основные положения и алгоритм построения дерева отказов.

2. Необходимые схемы и построения.

3. Письменные ответы на контрольные тесты, вопросы и задания.

Работа должна быть выполнена собственноручно.

Отчет следует предоставить на сброшюрованных листах формата А4 или в отдельной ученической тетради.

Схемы следует выполнять, используя чертежные шаблоны или инструменты.

Введение

Тщательному анализу причин отказов технической системы и выработке мероприятий, наиболее эффективных для их устранения, способствует построение дерева отказов. Такой анализ проводят для каждого периода функционирования системы, каждой части или системы в целом.

Деревья отказов являются графологическими структурами, их построение, качественный и количественный анализ позволяют прогнозировать техногенный риск.

Основной целью анализа надёжности технических систем, риска и безопасности является уменьшение вероятности аварий и связанных с ними человеческих жертв, экономических потерь и нарушений в окружающей среде. Опасности в системах часто вызываются сочетанием сразу нескольких типов отказов, т. е. отказами оборудования плюс ошибками человека и (или) стихийными бедствиями.

Главной целью при изучении опасностей, свойственных технической системе, является определение причинных взаимосвязей между исходными аварийными событиями, относящимися к оборудованию, персоналу и окружающей среде и приводящими к авариям в системе, а также отыскание способов устранения вредных воздействий путем перепроектирования системы или ее усовершенствования. Причинные взаимосвязи можно установить с помощью дерева отказов, которое затем подвергается качественному и количественному анализам. После того как сочетания исходных аварийных событий, ведущих к возникновению опасных ситуаций в системе, выявлены, система может быть усовершенствована и опасности уменьшены.

Метод анализа с помощью дерева отказов был разработан в лаборатории *Bell Telephone Laboratories* в 1961-1962 гг. при проведении анализа надёжности системы управления запуском ракеты «Минитмен» по контракту с Военно-воздушными силами США. В дальнейшем метод был значительно усовершенствован специалистами фирмы *Boeing Company*.

Первыми публикациями были доклады, представленные в 1965 г. на симпозиуме по надёжности, организованном Университетом штата Вашингтон и фирмой «Боинг», в которой группа специалистов использовала и развила эти методы. Другой симпозиум был организован Калифорнийским университетом и целиком посвящен данному

методу. Широкое признание метод получил после этих двух симпозиумов.

В Российской Федерации указания и рекомендации по применению метода «Дерево отказов» для оценки надёжности технических систем, анализа риска и обзор других возможных состояний технических систем регламентируются государственными стандартами и нормативно-технической документацией [1-4] и др.

Ценность дерева отказов заключается в следующем:

- анализ ориентируется на нахождение отказов как после свершившегося события (например, аварии), так и на стадии проектирования системы;

- позволяет показать в явном виде ненадежные места системы для рассматриваемых объектов;

- обеспечивается графикой и представляет наглядный материал для той части работников, которые не информируются о проводимых изменениях конструкции;

- 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 из разных организаций, поскольку они представлены в четкой наглядной графологической форме с использованием общепринятых условных обозначений и записей;

- помогает дедуктивно выявлять отказы;

- дает конструкторам, пользователям и руководителям возможность наглядного обоснования конструктивных изменений или установления уровня соответствия (несоответствия) конструкции системы заданным требованиям надёжности и анализа компромиссных решений;

- облегчает анализ надежности сложных систем.

Главное преимущество дерева отказов (по сравнению с другими методами) заключается в том, что анализ ограничивается выявлением только тех элементов системы и событий, которые приводят к данному конкретному отказу системы или аварии.

Недостатки дерева отказов состоят в следующем:

- реализация метода ДО требует значительных затрат средств и времени, т. к. требует от специалистов глубокого понимания существа технической системы и конкретного рассмотрения каждый раз только одного определенного 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;
- трудно учесть состояние частичного отказа элементов, поскольку при использовании метода, как правило, считают, что система находится либо в исправном состоянии, либо в состоянии отказа.

1 Структура и свойства дерева отказов

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

Дерево отказов представляет собой схему булевой логики, на которой показывают только два состояния: рабочее и отказавшее (т. е. работает логический принцип «Да» или «Нет»). Например, работающий электродвигатель и отказавший (двигатель, выдающий половину мощности, считается неработающим).

Дерево отказов описывает систему в определенный момент времени с набором определенных событий, состояний и воздействий. Последовательности событий в ДО могут быть показаны только для конкретных фиксированных событий, состояний и воздействий. Таким образом, дерево отказов отражает статический характер событий. Построением нескольких деревьев для разных периодов можно отразить динамику, т. е. развитие событий во времени,

Дерево отказов – специально организованное графическое представление условий или других факторов, вызывающих нежелательное событие, *называемое вершиной графа или завершающим событием.* Представление приводят в форме, которая может быть понята, проанализирована и, по мере необходимости, перестроена таким образом, чтобы облегчить идентификацию:

- факторов, воздействующих на надежность и характеристики системы, например, отказов элементов системы, ошибок оператора, условий окружающей среды, ошибок программного обеспечения и пр.;
- противоречивых требований или спецификаций, которые могут влиять на надежность системы;
- общих событий, воздействующих более чем на один функциональный элемент в схеме.

При анализе возникновения отказа (аварии, происшествия и т.п.) дерево отказов (ДО) состоит из последовательностей и комбинаций нарушений (воздействий, неисправностей и т.п.), и таким образом оно *представляет собой многоуровневую графологическую структуру причинных взаимосвязей, полученных в результате прослеживания связей опасных ситуаций (состояний, воздействий и т. п.)*.

На практике используют *обратную или прямую последовательность* выявления условий возникновения конкретных нежелательных событий:

а) от головного события *дедуктивно* к отдельным предпосылкам (обратная последовательность);

б) от отдельных предпосылок *индуктивно* к головному событию (прямая последовательность).

Чаще используют обратную последовательность.

На рисунке 1 показан граф дерева отказов, состоящий из нескольких уровней. Количество уровней может быть уменьшено или увеличено в зависимости от цели исследования и имеющейся информации.

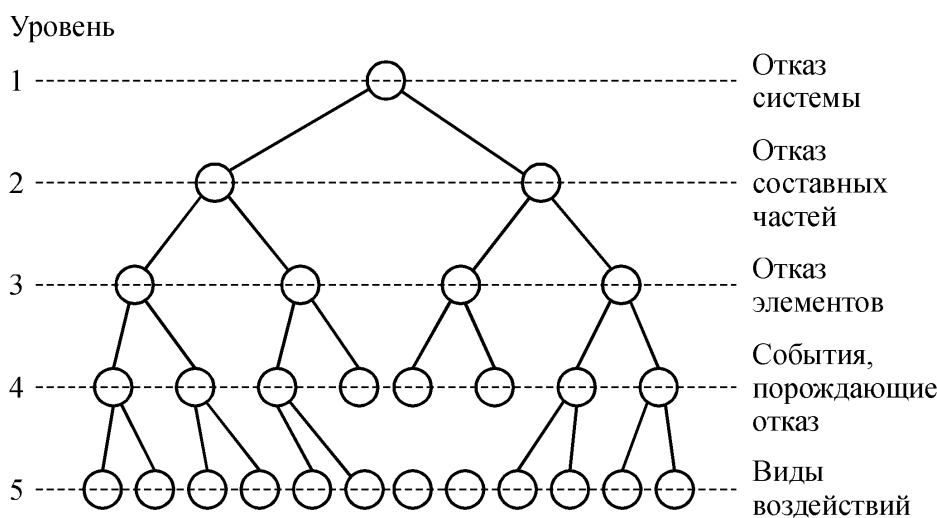


Рисунок 1 – Граф дерева отказов

Структура дерева отказов (рисунок 1) включает одно, размещаемое сверху нежелательное событие (уровень 1) – происшествие (авария, несчастный случай, пожар и т. п.).

Это событие соединяется с набором соответствующих исходных событий - предпосылок (ошибок, отказов, неблагоприятных внешних воздействий и т. п.), образующих определенные их цепи или «ветви». «Листьями» на ветвях дерева отказов служат исходные события (предпосылки) - инициаторы причинных связей, рассматриваемые как *постулируемые исходные события*, дальнейшая детализация которых не целесообразна.

Разработка дерева отказов в обратном порядке заключается в определении его структуры:

а) элементов - головного события (происшествия) и ему предшествующих предпосылок;

б) связей между ними - логических условий, соблюдение которых необходимо и достаточно для его возникновения.

Разработка дерева отказов в прямом порядке заключается в определении его структуры:

а) исходных событий (происшествий, отказов, воздействий и т. п.) и предшествующих предпосылок, которые могут привести к завершающему (головному) событию;

б) связей между ними - логических условий, соблюдение которых необходимо и достаточно для его возникновения.

2 Рассматриваемые события в дереве отказов

Событие - это появление какого-либо состояния (например, отказ элемента) или действия (например, землетрясение). В дерево отказов должны включаться события, являющиеся следствием всех исходных причин. Такие причины должны включать результаты воздействия всех условий (окружающей среды или других условий, состояний и т. п., которые могут воздействовать на элемент системы, включая те, появление которых возможно в процессе работы, даже если они не предусмотрены в проектной спецификации, например, удар молнии в трансформаторную подстанцию).

Если выходное событие определяет неспособность системы исполнять некую функцию, то соответствующими входными событиями могут быть неисправности оборудования или ограничения эффек-

тивности.

Если выходное событие определяет неисправность оборудования, то соответствующими входными событиями могут быть неисправности оборудования, ошибки управления и нехватки необходимых ресурсов, если они не включены в дерево неисправностей как часть ограничений эффективности.

При необходимости дерева отказов должны учитывать последствия ошибок человека-оператора, ошибок и неточностей в программном обеспечении, когда в дереве отказов учитывается контроль состояния и управления технической системой.

Разработка дерева неисправностей начинается с определения (формулирования) вершины событий в каждом уровне. Вершина событий является следствием соответствующих входных событий из нижнего уровня, определяющих возможные причины и условия появления вершины событий. Это видно из рисунка 1. Например, уровень 5 имеет входные события - некие виды воздействия, а на выходе - события, порождающие отказ элемента системы (4-й уровень) и они являются входными событиями для 3-го уровня.

Развитие отдельной ветви дерева неисправностей заканчивается после того, как достигнуты события, которые не должны разрабатываться далее. Это может быть далее неразвиваемое событие - т.е. событие, не имеющее входных событий, или это событие которое является базисным - т.е. событием, которое не может, и не будет развиваться в дальнейшем. Развитие отдельной ветви дерева неисправностей может быть закончено по решению аналитиков ввиду и других причин, например события, которые были или будут рассмотрены в дальнейшем в другом дереве неисправностей.

3 Процедура построения дерева отказов

Основной принцип построения дерева отказов заключается в последовательной постановке вопроса, по каким причинам произошёл отказ (апостериорный подход) или может произойти отказ (априорный подход) системы?

Анализ, как правило, осуществляется «сверху вниз».

Исследователь, прежде чем приступить к построению дерева отказов для изучения поведения системы, тщательно изучает техниче-

скую систему (описание системы, назначение, состав, схему, поведение элементов, воздействия и пр.). Если он строит дерево отказов для произошедшего события, он изучает причины, приведшие к событию и условия, их вызвавшие.

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

1. Определение нежелательного (завершающего) события в рассматриваемой системе.

2. Определение событий более высокого уровня для выявления тех или иных причин отказов системы и проведение анализа поведения системы с целью выявления логической взаимосвязи событий более низкого уровня, способных привести к отказу системы.

3. Собственно графическое построение дерева отказов с логически связанными событиями на входе.

Основой построения дерева отказов является символическое представление существующих в системе условий - событий, способных вызвать отказ. При построении дерева отказов 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 дерева отказов являются перечни возможных видов событий - отказов и их причин, нерасчетные значения внешних воздействующих факторов и др. Соответственно, каждому виду события и логического оператора присваиваются символы, которые используются для графического построения дерева отказов. Логические символы связывают события в соответствии с их причинными взаимосвязями.

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, 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.

Первичные и неразлагаемые события соединяются с событиями первого уровня маршрутами (ветвями). Сложное дерево имеет различные наборы исходных событий, при которых достигается событие в вершине.

Деревья неисправностей могут быть изображены в вертикальном или горизонтальном расположении. Если используется вертикальное расположение, то вершина событий должна быть расположена наверху страницы, а основные события - внизу. Если используется горизонтальное расположение, то вершина событий может быть расположена слева или справа страницы.

Как правило, практически используется вертикальное расположение дерева отказов.

4 Символьное представление дерева отказов

Чтобы отыскать и наглядно представить причинную взаимосвязь с помощью дерева отказов, необходимы элементарные блоки, подразделяющие и связывающие большое число событий. *Имеется*

два типа блоков: логические символы (знаки) и символы событий.

Логические символы. Логические символы (знаки) связывают события в соответствии с их причинными взаимосвязями. Обозначения логических знаков приведены в таблице 1. Логический символ (знак) может иметь один или несколько входов, но только один выход, или выходное событие.

Таблица 3 - Логические символы

Символ логического знака	Название логического знака	Причинная взаимосвязь
 Выход Входы	знак <i>И</i>	Выходное событие происходит, если все входные события случаются одновременно
 Выход Входы	знак <i>ИЛИ</i>	Выходное событие происходит, если случается любое из входных событий
	знак <i>Приоритетное И</i>	Выходное событие случается, если все входные события происходят в нужном порядке (в схеме указываются, как правило, слева направо)
	<i>Исключающее ИЛИ</i>	Выходное событие происходит, если случается одно (но не оба) из входных событий
	Знак « <i>m</i> из <i>n</i> » (голосования или выборки)	Выходное событие происходит, если случается <i>m</i> из <i>n</i> входных событий, например, два из трёх 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.

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?»**.

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 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?»**.

Примеры этих двух логических знаков показаны на рисунке 1.

Событие «**возникновение пожара**» имеет место, если два события – «**утечка горючей жидкости**» **И** «**очаг воспламенения вблизи горючей жидкости**», происходят одновременно.

Последнее (критическое) событие случается, если происходит одно из двух событий – «**наличие искры**» **ИЛИ** «**курящий рабочий**».

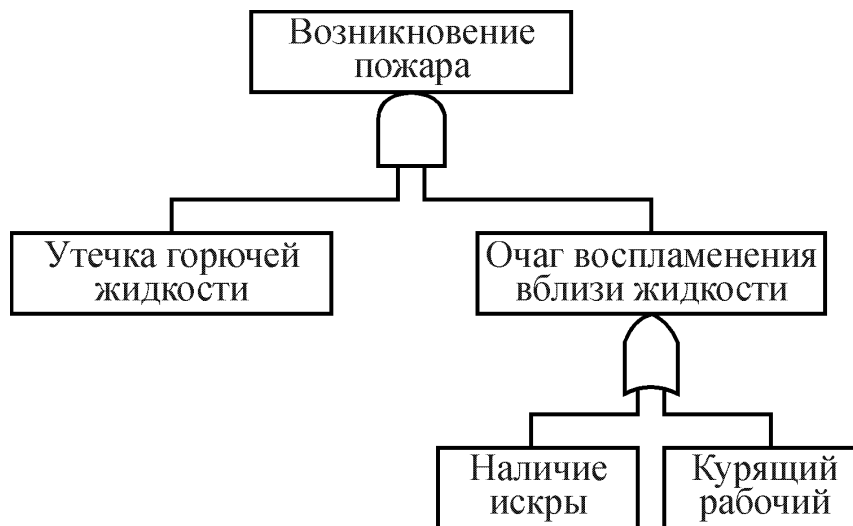
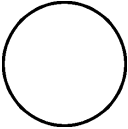
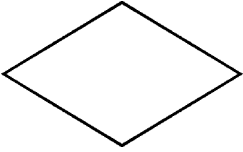

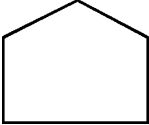
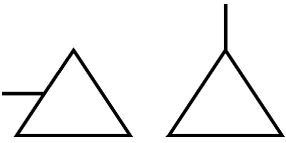


Рисунок 1 - Пример использования логических знаков **И** и **ИЛИ**

Причинные связи, выраженные логическими знаками **И**, **ИЛИ**, являются вполне детерминированными (определёнными, известными, чётко установленными и т.п.), так как появление выходного события полностью определяется входными событиями, как в случае на рисунке 1.

Символы событий. Для построения дерева отказов используются символы событий (таблица 2).

Таблица 2 - Символы событий

Символ события	Содержание события*
	Исходное событие, обеспеченное достаточными данными. Например, событие, означающее первичный отказ элемента в системе
	Событие, недостаточно детально разработано, т.к. причины выявлены не полностью. Такое событие может быть в дальнейшем детализировано путем показа вызывающих его первичных событий, и если этого не делается, то, значит, либо отсутствует необходимая информация, либо само событие не представляет особого интереса.
	Результирующее событие - событие, вводимое логическим элементом. Наступает в результате конкретной комбинации событий на входе логической схемы
	Ожидаемое событие, появление которого ожидается, но оно может и не произойти
	Символ перехода на другое дерево отказов или перенос в конкретном дереве отказов, например на другой лист

- Содержание события вписывается в поле символа. Если места недостаточно, символы нумеруются, составляется таблица в строки которой вписывается содержание события

Круглый блок обозначает исходный отказ (исходное событие) отдельного элемента (в пределах данной системы или окружающей среды), который определяет, таким образом, разрешающую способность данного дерева отказов.

Ромбы используются для обозначения детально не разработанных событий в том смысле, что детальный анализ не доведен до исходных типов отказов в силу отсутствия необходимой информации, средств или времени. Часто такие события не учитываются при количественном анализе. *Они включаются на начальном этапе построе-*

ния дерева отказов, и их присутствие служит показателем глубины и ограничений данного исследования. Но при необходимости их можно разработать. Поэтому их часто используют при построении дерева отказов.

Для того чтобы получить количественные результаты с помощью дерева отказов, круглые блоки должны представлять события, для которых имеются данные по надежности и они называются исходными событиями - первичными отказами. Обычно такое событие обуславливается определенным элементом в системе.

Прямоугольный блок обозначает событие отказа, которое возникает в результате элементарных, исходных отказов (событий), соединенных с помощью логических элементов.

ПРИМЕР использования основных логических знаков и символов событий для построения дерева отказов представлен на рисунке 2, на котором показаны электрическая схема системы и простое дерево отказов с завершающим событием «отказ двигателя».

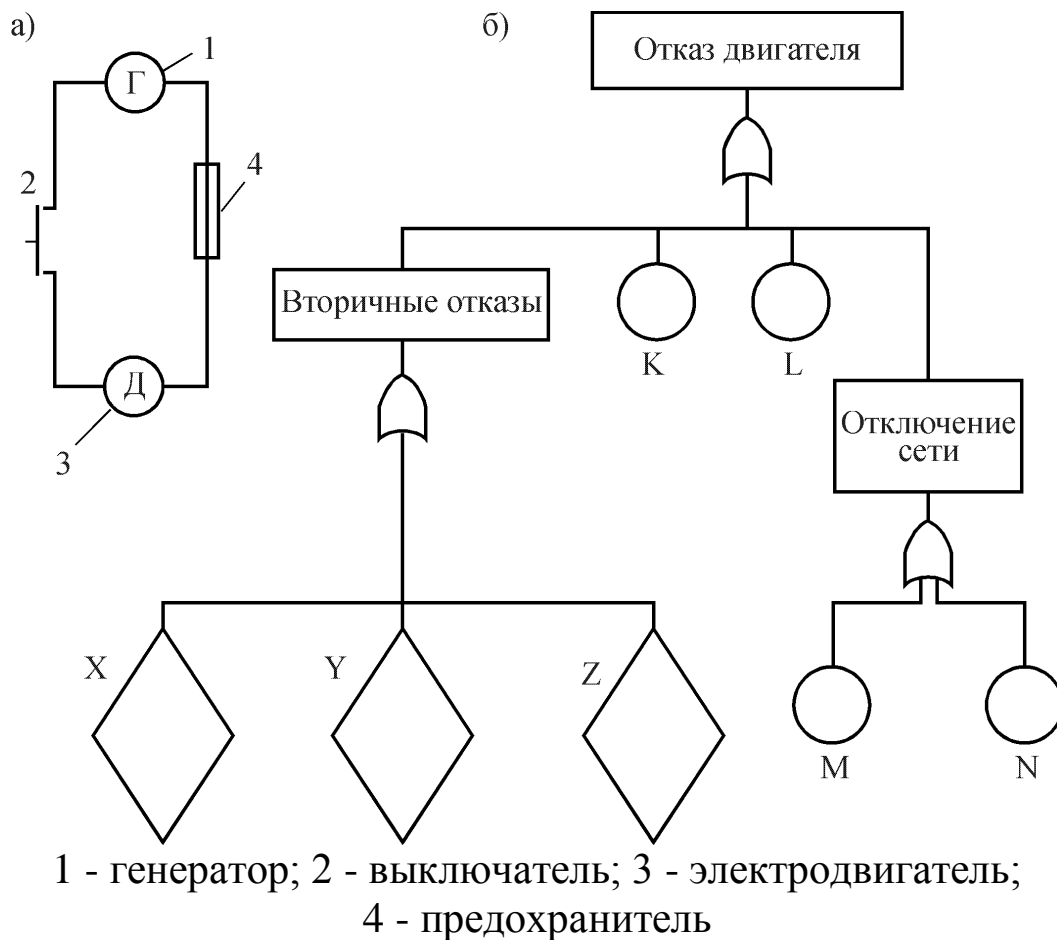


Рисунок 2 - Электрическая схема системы «генератор-двигатель» (а) и дерево отказов (б)

Конечное событие «отказ двигателя» может быть вызвано тремя причинами: *первичный отказ* электродвигателя, *вторичный отказ* и ошибочная команда (*инициированный отказ*).

Первичный отказ - это отказ самого двигателя (характеристики которого соответствуют техническим условиям, а также режимы работы также соответствуют техническому регламенту), возникающий в результате естественного старения. Дерево отображает такие первичные события, как отказ выключателя (отсутствие замыкания) *K*, неисправности внутренних цепей обмотки двигателя *L*, сети приемника питания *M* и предохранителя *N*.

Вторичные отказы возникают из-за причин, которые лежат за пределами, заданными техническими условиями и режимами эксплуатации, таких как:

- неправильное техническое обслуживание *X* (например, некондиционная смазка подшипников электродвигателя);
- аномальные условия эксплуатации *Y*, это может быть переработка (например, выключатель остался включенным после предыдущего запуска, что вызвало перегрев обмотки электродвигателя, который, в свою очередь, привел к короткому замыканию или обрыву цепи);
- воздействие на условия работы параметров внешней окружающей среды *Z* (например, внешняя катастрофа: пожар, наводнение и т.п.).

Вторичные отказы в этом дереве отказов, вызванные *X*, *Y*, *Z* изображаются прямоугольником, так как это промежуточное событие.

5 Построение дерева отказов на основании исследования схемы технической системы (задания)

Система состоит из таких элементов, как единицы оборудования, материалы, персонал предприятия (необязательно, чтобы эти элементы были самыми мелкими в системе; они могут быть блоками или целыми подсистемами). Каждый элемент системы связан с другими элементами специфическим образом. Назначение и связи элементов описываются технологии. Работая со схемой не следует придумывать какие-либо новые элементы и события, воздействующие на них. Должны рассматриваться только главные, наиболее вероятные или критичные события характерные для данной схемы.

Задание 1. Система химического реактора представлена в виде структурной схемы на рисунке 3.

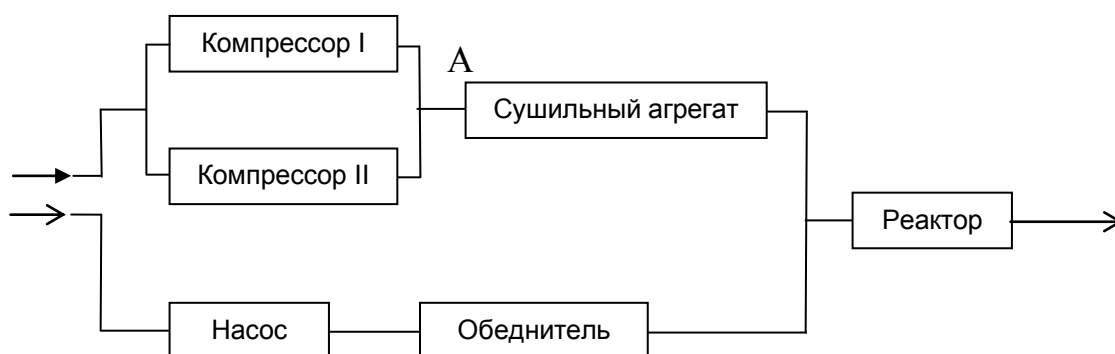
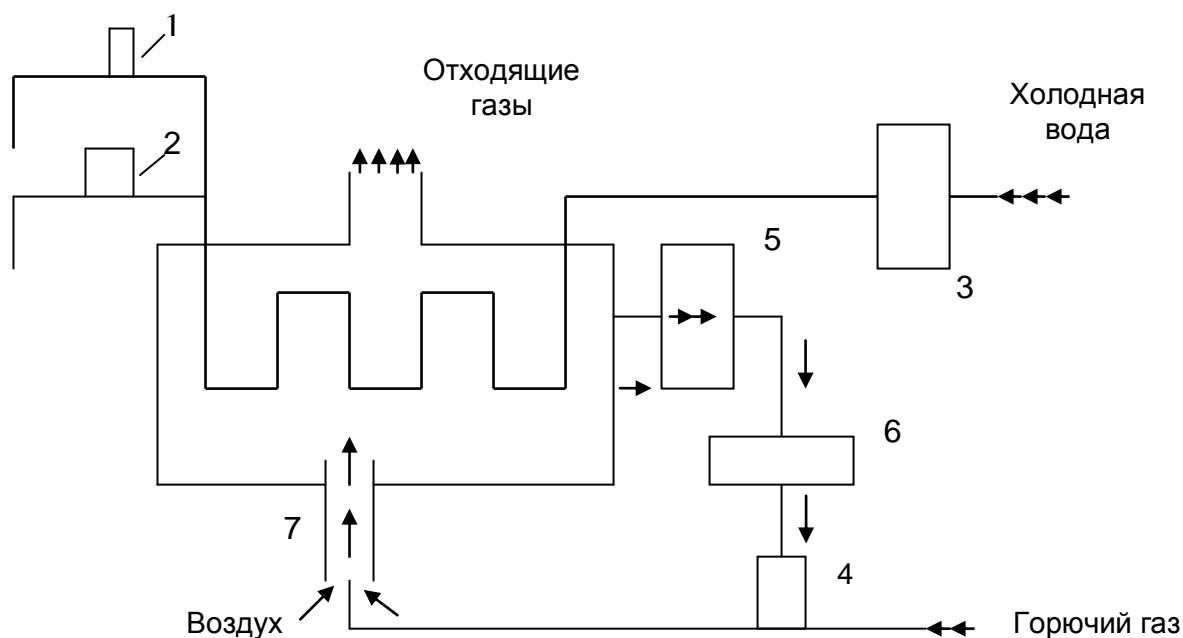


Рисунок 3 - Структурная схема химического реактора

Подача (А) от компрессоров I и II к сушильному агрегату прекратится, если откажут оба компрессора. Построить дерево отказов для завершающего события «нет выхода готового продукта».

Задание 2. На рисунке 4 показана схема газового нагревателя воды.



- 1- кран горячей воды (нормально закрыт);
 2 - предохранительный клапан; 3 - обратный клапан;
 4 - газовый (запорный) клапан; 5 - устройство измерения и сравнения температуры; 6 - устройство управления; 7-газовая горелка

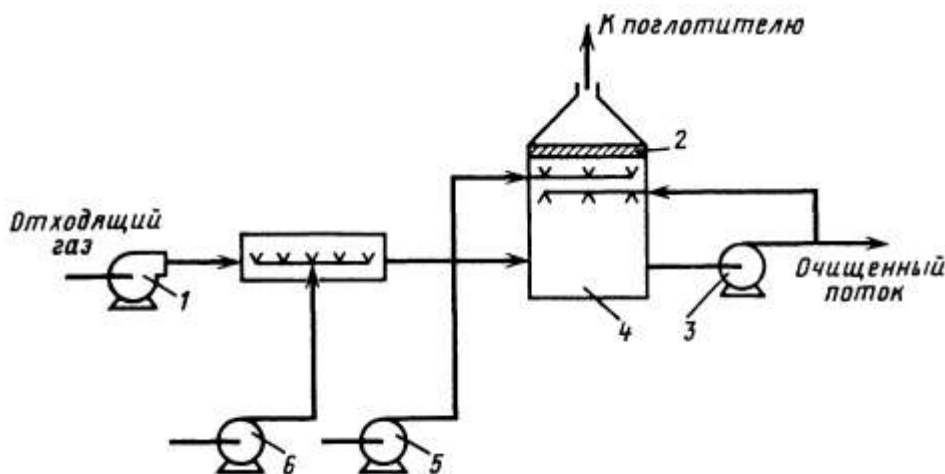
Рисунок 4 - Схема газового нагревателя воды

Газовый клапан 4 включается прибором (устройством управления) 6, который, в свою очередь, управляется с помощью датчика температуры и сравнивающего устройства 5. Газовый клапан управляет главной горелкой 7 в двух режимах: полностью включенном и полностью выключенном (перекрыта подача газа). Обратный клапан 3 на входном трубопроводе холодной воды препятствует обратному потоку при превышении давления в системе горячей воды, а предохранительный клапан 2 открывается, если давление в нагревателе превышает 70 Па. Регулирование температуры осуществляется с помощью прибора 6, который открывает и закрывает главный газовый клапан 4 при выходе температуры за установленные пределы (от 60 до 82 °С).

Конечное нежелательное событие, которое может произойти – **«разрыв водяного бака»** нагревателя из-за перегрева.

Построить дерево отказов для завершающего события **«разрыв водяного бака»**.

Задание 3. Построить дерево отказов для системы охлаждения и очистки отходящего газа.

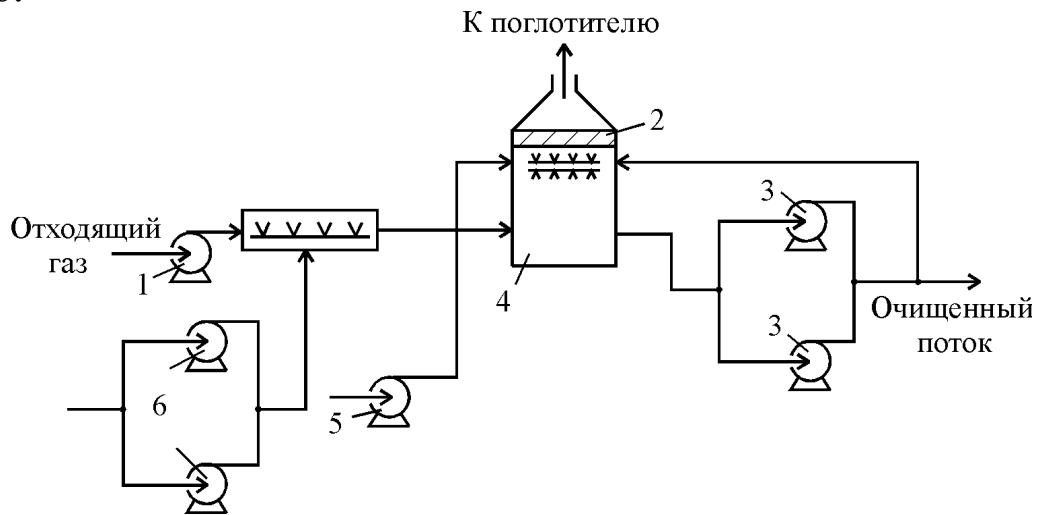


- 1 - нагнетательный вентилятор; 2- сетчатая прокладка;
 3 - насос выброса очищенного газа; 4 - предварительный газоочиститель,
 5 - водяной насос для промывки отходящего газа,
 6 – насос для подачи охладителя газа

Рисунок 5. Схема системы охлаждения и очистки отходящего газа

При построении дерева отказов следует обратить внимание, что элементы 2 и 4 схемы представляют собой единое устройство - фильтр.

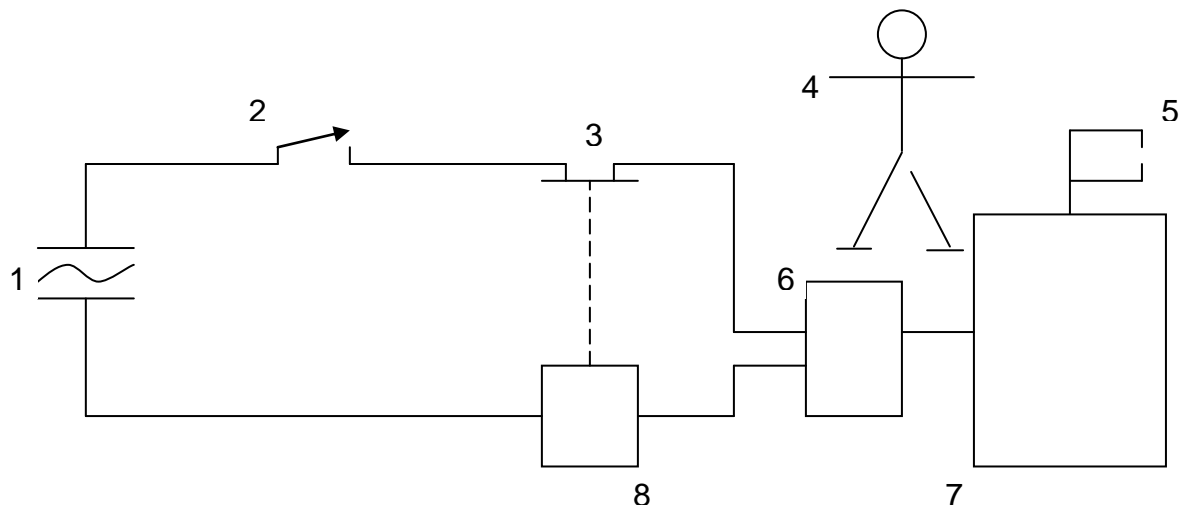
Задание 4. Построить дерево отказов для усовершенствованной системы охлаждения и очистки отходящего газа, приведенной на рисунке 6.



1 - нагнетательный вентилятор; 2 - сетчатая прокладка;
3 - два циркуляционных насоса выброса очищенного газа, работающих по принципу резервирования; 4 - предварительный газоочиститель; 5 - водяной насос для промывки отходящего газа; 6 - два насоса для подачи охладителя газа, работающих по принципу резервирования

Рисунок 6 - Система охлаждения и очистки отходящего газа

Задание 5. На рисунке 7 представлена схема наполнения бака с завершающим событием «разрыв бака под давлением»



1 - источник питания; 2 - ручной выключатель; 3 - контакты реле;
4 - оператор; 5 - сирена; 6 - насос с электроприводом; 7 - бак;
8 - таймер (реле времени)

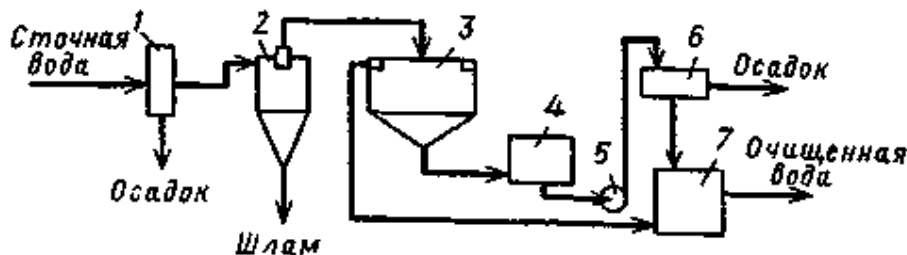
Рисунок 7 - Схема системы наполнения бака

Объект - система перекачки.

Технология. Оператор 4 включает ручной выключатель 2, тем самым подается напряжение на электропривод насоса 6. Бак 7 заполняется за 10 мин и освобождается за 50 мин. Таким образом, продолжительность одного полного цикла составляет 1 ч. После включения ручного выключателя 2 одновременно с насосом запускается реле времени 8, обеспечивая размыкание контактов 3 через 10 мин. Если эти элементы системы отказывают, то звучит аварийная сирена 5. Тогда оператор выключает ручной выключатель 2 для того, чтобы не допустить разрыв бака из-за его переполнения.

Оператор в данном примере рассматривается как отдельный элемент системы. Первичный отказ оператора означает, что оператор, который должен действовать по инструкции, не выключил выключатель при включении сирены. Вторичный отказ оператора происходит, например, если оператор получил тяжелую травму во время пожара, когда звучала сирена. Ошибочной командой от оператора (иницированный отказ) является событие «невыполнение действия при звучании сирены».

Задание 6. Схема системы очистки сточной воды на центрифугах представлена на рисунке 8. Из сточной воды сначала удаляется крупный осадок на решетках, а затем песок в гидроциклоне. После уплотнения осадка его удаляют из центрифуги.



1 - решетка; 2 - гидроциклон; 3 - уплотнитель осадка; 4, 7 - ёмкости; 5 - насос; 6 - центрифуга

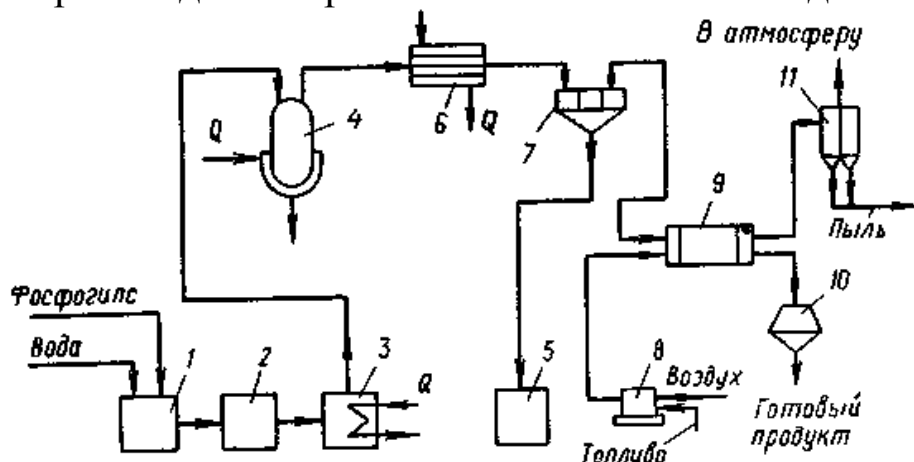
Рисунок 8 - Схема установки удаления осадка из сточной воды на центрифуге

Построить деревья отказов для завершающих событий:

- а) «нет выхода очищенной воды»;
- б) «нет разгрузки осадка».

6 Дополнительные задания, для студентов пропускающих аудиторные занятия

Задание 7. На рисунке 9 представлена принципиальная схема установки производства строительного гипса из отходов.



1 - смеситель; 2- емкость-накопитель; 3 - расходная емкость; 4 - автоклав; 5 - сборник фильтрата; 6 - теплообменник; 7 - ленточный вакуум-фильтр; 8 - топка; 9 - сушильный барабан; 10 - бункер; 11 - циклон

Рисунок 9 - Схема установки переработки отходов

Построить деревья отказов для завершающих событий:

- «нет выхода готового продукта»;
- «нет разгрузки пыли»;
- «нет выхода очищенного воздуха в атмосферу».

7 Контрольные тесты, вопросы и задания

Тесты. Задача тестов – проверить усвоение метода построения дерева отказов.

1. «ДО» лежит в основе логико-вероятностной модели...

- изучения поведения ТС (технической системы) в условиях риска внешних воздействий, вызывающих нарушения режима работоспособности ТС;
- причинно-следственных связей отказа системы с отказами ее элементов и воздействиями;
- развития опасной ситуации, приводящей нежелательному завершающему событию, расположенному в вершине «ДО»;
- позволяющей оценить качественно и количественно риск отказа ТС.

2. Анализ «ДО» это...

- набор формальных правил построения последовательностей событий, приводящих к нежелательному исходу;

б) набор формальных правил построения последовательностей событий, позволяющих проследить степень соответствия технической системы заданным требованиям надежности;

в) набор формальных правил построения последовательностей событий, развивающихся во времени и пространстве, приводящих к отказам в технической системе.

3. «ДО» при анализе возникновения отказа представляет собой ...

а) многоуровневую графологическую структуру причинных взаимосвязей, полученных в результате численного решения дерева отказов ТС в обратном порядке и качественного описания характеристик опасных ситуаций и отказов элементов;

б) многоуровневую графологическую структуру причинных взаимосвязей, полученных в результате прослеживания опасных ситуаций в обратном порядке, для того, чтобы отыскать возможные причины их возникновения;

в) многоуровневую графологическую структуру причинных взаимосвязей, полученных в результате прослеживания в обратном порядке характеристик опасных ситуаций и ограниченную выявлением и анализом тех элементов системы, которые приводят к данному, конкретному виду отказа системы.

4. Логические символы (знаки) в «ДО»...

а) связывают события в соответствии с их причинными взаимосвязями;

б) связывают события в соответствии с их причинными взаимосвязями по приоритету появления;

в) связывают события при описании только тех причин, которые вызывают отказ ТС;

г) связывают события при описании только тех причин, которые вызвали отказ следующего уровня «ДО».

5. Схема «совпадения» – это логический знак

а) «И» б) «ИЛИ» в) «прямоугольник» г) «исключающее ИЛИ» д) «ромб» е) «приоритетное И» ж) «m из n»

6. Какое событие в «ДО» подвергают дальнейшему анализу?

а) вызванное воздействием персонала б) результирующее в) базовое г) непредвиденное д) вызванное действием соседних элементов е) промежуточное

Вопросы и задания

1. Для каких целей выполняется построение дерева отказов?

2. Какая информация необходима для построения дерева отказов?

3. Перечислите основные этапы построения дерева отказов.

4. Каким методом в данной практической работе выполнялось построение дерева отказов?

5. Сформулируйте правило применения логического знака **ИЛИ**.

6. Сформулируйте правило применения логического знака **И**.

6. В каком порядке производится построение дерева отказов?

10. Сформулируйте определение: «Дерево отказов - это ...»

11. Сколько состояний поведения элемента учитывает дерево отказов?
12. Чем представлена вершина дерева отказа?
13. Какую последовательность выявления условий возникновения конкретных нежелательных событий для построения дерева отказов?
14. В чем заключается разработка дерева отказов в обратном порядке?
15. В чем состоит разработка дерева отказов в прямом порядке?
16. Чем является результирующее событие в дереве отказов?
17. Что относится к промежуточным событиям в дереве отказов?
18. Что является базовым событием в дереве отказов?

Список источников информации

1. ГОСТ Р 27.302-2009. Анализ дерева неисправностей. - М.: Стандартинформ, 2011. - 22 с.
2. ГОСТ Р 51901.13-2005. Менеджмент риска. Анализ дерева неисправностей: Fault Tree Analysis (FTA). - М.: Стандартинформ, 2005. - 13 с.
3. Надежность технических систем и техногенный риск : учебное пособие / под ред. М. И. Фалеева. - М.: Деловой экспресс, 2002. - 368 с.
4. Томаков В.И. Прогнозирование техногенного риска с помощью «Деревьев отказов»: учебное пособие. - Курск, 1997. - 99 с.

Содержание

Общие положения о выполнении практической работы.....	3
Введение.....	4
1 Структура и свойства дерева отказов.....	6
2 Рассматриваемые события в дереве отказов	8
3 Процедура построения дерева отказов	9
4 Символьное представление дерева отказов	11
5 Построение дерева отказов на основании исследования схемы технической системы (задания).....	16
6 Дополнительные задания, для студентов пропускающих аудиторные занятия.....	21
7 Контрольные тесты, вопросы и задания.....	21
Список источников информации.....	23