ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ПНСТ 149— 2016**

# МЕНЕДЖМЕНТ РИСКА

## Структурная схема надежности и булевы методы

**(IEC 61078:2016, NEQ)**

**Издание официальное**

Москва
Стандартинформ
2017

gost.e-ecolog.ru

## Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Автономной некоммерческой организацией «Международный институт образования» (АНО «МИО»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК-010 «Менеджмент риска»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 7 октября 2016 г. № 71-пнст

4 Настоящий стандарт разработан с учетом основных нормативных положений международного стандарта МЭК 61078:2016 «Структурная схема надежности» (IEC 61078:2016 «Reliability block diagrams», NEQ)

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

6 ПЕРЕИЗДАНИЕ. Март 2017 г.

*Правила применения настоящего стандарта и проведения его мониторинга установлены в ГОСТ Р 1.16—2011 (разделы 5 и 6).*

*Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии собирает сведения о практическом применении настоящего стандарта. Данные сведения, а также замечания и предложения по содержанию стандарта можно направить не позднее чем за четыре месяца до истечения срока его действия разработчику настоящего стандарта по адресу: Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, корп. 2, и в Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии по адресу: 109074, Москва, Китайгородский проезд, д. 7, стр. 1.*

*В случае отмены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты» и также будет размещена на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Стандартинформ, 2017

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

## Содержание

1 Область применения . . . . . 1
2 Нормативные ссылки . . . . . 1
3 Термины и определения . . . . . 2
4 Обозначения . . . . . 2
5 Требования к безотказности системы . . . . . 3
6 Модели структурной схемы надежности систем . . . . . 5
7 Применение структурной схемы надежности при анализе и оценке риска . . . . . 9

## Введение

В настоящем стандарте установлены основы применения структурной схемы надежности и булевых методов в инжиниринговой деятельности на разных этапах разработки проектов. Руководство по составлению структурной схемы надежности приведено в ГОСТ Р 51901.14—2007.

Целью настоящего стандарта является обеспечение необходимой безотказности объекта, создаваемого в процессе инжиниринговой деятельности.

Метод структурной схемы надежности позволяет построить модель системы и оценить вероятности реализации возможных благоприятных и неблагоприятных событий.

Применение структурной схемы надежности и методов менеджмента риска способствует снижению вероятности возникновения опасных ситуаций и таким образом снижению риска создаваемых объектов.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

# МЕНЕДЖМЕНТ РИСКА

## Структурная схема надежности и булевы методы

Risk management. Block diagram of reliability and Boolean methods

**Срок действия — с 2017—01—01**
**по 2018—01—01**

## 1 Область применения

В настоящем стандарте установлено применение методов структурной схемы надежности сложной системы для вычисления показателей ее безотказности на разных этапах разработки инжинирингового проекта, в том числе при анализе риска.

Методы структурной схемы надежности предназначены для невосстанавливаемых систем, у которых порядок появления отказов не имеет значения. Для систем, у которых порядок появления отказов необходимо учитывать, и восстанавливаемых систем более подходящими являются другие методы анализа надежности.

Настоящий стандарт входит в группу стандартов по анализу и оценке рисков и дополняет ГОСТ Р ИСО 31010—2011, в котором установлены основные методы анализа и оценки риска.

Настоящий стандарт не предназначен для целей оценки соответствия и использования в качестве обязательных или договорных требований. Настоящий стандарт может быть применим к организациям любого типа или размера.

## 2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 27.002—2015 Надежность в технике. Термины и определения

ГОСТ Р ИСО 31010—2011 Менеджмент риска. Методы оценки риска

ГОСТ Р 50779.10—2000 Статистические методы. Вероятность и основы статистики. Термины и определения

ГОСТ Р 51897—2011 Руководство ИСО 73:2009 Менеджмент риска. Термины и определения

ГОСТ Р 51901.14—2007 (МЭК 61078:2006) Менеджмент риска. Структурная схема надежности и булевы методы

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

**Издание официальное**

## 3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р 50779.10—2000, ГОСТ Р 51897—2011/ Руководство ИСО 73:2009 и ГОСТ 27.002—2015, а также следующие:

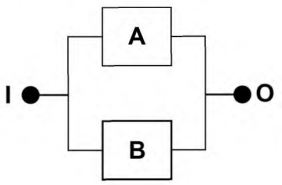
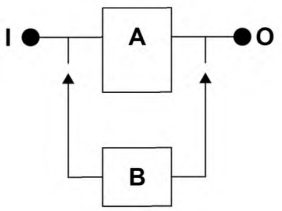
3.1 **инжиниринговая деятельность** (engineering activity): Деятельность организации или физического лица, осуществляемая для целей проектирования (конструирования), строительства (производства), реконструкции (технического перевооружения), капитального ремонта и обеспечения эксплуатации (применения) инженерных объектов с применением теоретических и практических знаний в технической, экономической и управленческой областях.

3.2 **инжиниринговый объект** (engineering object): Результат инжиниринговой деятельности, представляющий собой объекты недвижимости (здание, сооружение), движимые материальные объекты (машина, устройство, оборудование, прибор, механизм, материал), нематериальные объекты (программное обеспечение, структура, система, процесс, процедура), отдельно или в комплексе, созданные в результате инжиниринговой деятельности на основе уникального инжинирингового проекта.

3.3 **система** (system): Комбинация взаимодействующих элементов, предназначенная для достижения одной или нескольких поставленных целей.

Примечание — Система может рассматриваться как продукт или как совокупность услуг, которые она обеспечивает.

## 4 Обозначения

| Символы и обозначения | Смысловое значение |
|---|---|
| R, R(t) | Вероятность безотказной работы, ВБР (вероятность того, что элемент может исполнять требуемую функцию при данных условиях в течение данного периода времени (0, t)) |
| $R_A$, $R_B$ | ВБР блоков A, B |
| $R_S$ | ВБР системы |
| $\lambda(t)$ | Интенсивность отказов системы в момент времени t |
| $F_s$ | Вероятность отказа системы в период времени (0, t) |
|   | Нагруженный резерв |
|   | Ненагруженный резерв |
| I | Вход |
| O | Выход<br>Такие идентификаторы не обязательны, но могут быть полезны тогда, когда подключения имеют направленное значение |
|   | Основная группировка оборудования |

# 5 Требования к безотказности системы

## 5.1 Общие положения

Одним из основных требований при проектировании и разработке инжиниринговых объектов является обеспечение их безотказности. Для целей снижения риска эти инжиниринговые объекты можно рассматривать как сложные системы, состоящие из подсистем и элементов. Структурная схема надежности сложных систем показывает логическую связь компонентов, необходимую для обеспечения безотказности работы системы.

Предпосылкой для построения моделей надежности системы явилось изображение путей сигнала, обеспечивающего работоспособное состоянии системы. Часто требуется более одного определения отказа системы. Для составления структурной схемы надежности отказы системы должны быть определены и перечислены.

Кроме того, для построения структурной схемы надежности систем необходимо определить:

- функции, выполняемые системой,
- параметры эффективности работы системы и допустимые границы изменения этих параметров,
- режимы эксплуатации системы и условия окружающей среды.

## 5.2 Сложная система

Система должна выполнять установленные функции в заданных условиях для удовлетворения потребностей пользователей и иных заинтересованных лиц. Система может состоять из одного или нескольких следующих компонентов: технические средства, программные средства, человеческие ресурсы, процессы (например, процесс оценки), процедуры (например, инструкции оператора), оборудование и природные ресурсы (например, вода, объекты живой природы, минералы).

Определение конкретной сложной системы, ее архитектуры и элементов зависит от целей и потребностей потребителя. При этом необходимо учитывать следующие аспекты:

- важность определенных границ, которые влияют на формирование значимых потребностей и практических решений;
- иерархическую структуру системы;
- объект любого уровня иерархической структуры может рассматриваться как система (подсистема исследуемой системы);
- сложная система включает в себя определенную совокупность подсистем и элементов;
- характерные свойства на границе системы возникают в результате взаимодействия элементов системы;
- по отношению к системе люди могут рассматриваться как внешние пользователи и как элементы системы;
- сложную систему можно рассматривать как отдельный, изолированный от внешней среды объект или как объект, способный взаимодействовать с окружающей средой.

Системы состоят из множества взаимодействующих элементов, каждый из которых может быть создан для выполнения установленных требований (см. рисунок 1).

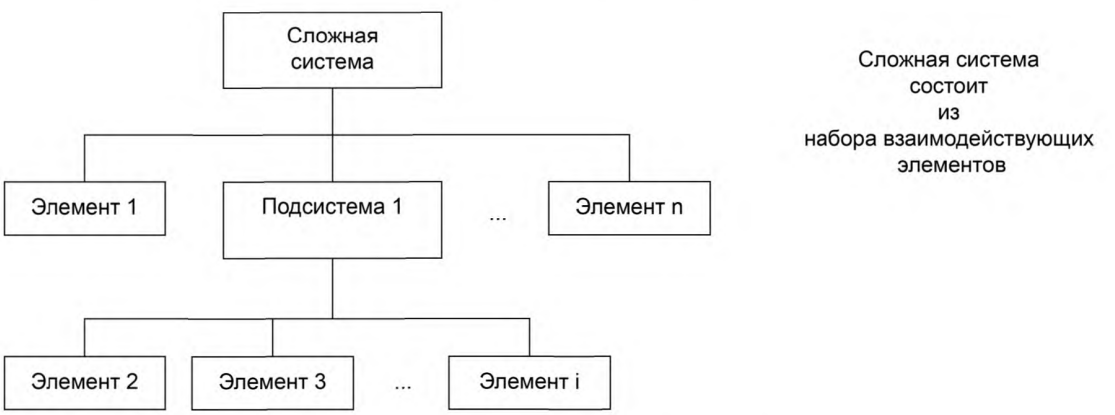



Рисунок 1 — Состав сложной системы

Система может состоять из элементов, подсистем, состоящих из элементов или элементов и подсистем. Уровень декомпозиции сложной системы зависит от ее конструкции, назначения, количества выполняемых функций и других особенностей. Не всегда высокая детализация структуры системы способствует более результативному анализу ее надежности.

Каждая система в процессе инжиниринга проходит свой жизненный цикл. Общая схема стадий жизненного цикла системы представлена на рисунке 2.

### 5.3 Структурная схема надежности систем

В настоящее время применение понятия сложных систем выходит за рамки технических областей и распространяется на другие области деятельности, например экономику и управление. Применение структурной схемы надежности в большей мере подходит для технических объектов, но может быть использовано и в других сферах.

Структурная схема надежности является наглядным представлением надежности системы и показывает логическую связь компонентов, обеспечивая работу системы.

Приведенные в настоящем стандарте методы построения структурной схемы надежности предназначены для применения невосстанавливаемых систем и систем, в которых порядок появления отказов не имеет значения. Для систем, порядок отказов в которых должен приниматься во внимание, или систем с восстановлением следует применять другие методы моделирования надежности системы. Предполагается, что в любой момент времени элемент системы может находиться только в одном из двух возможных состояний: исправном или неисправном.

В символическом представлении не делают различий между открытой и замкнутой схемой или другими моделями отказов, но при определении количественной оценки эти различия необходимо указывать.

Метод структурной схемы надежности применяют в различных аналитических методах исследования, в том числе при анализе риска. При этом до начала применения метода структурной схемы надежности цели каждого применяемого метода, его пригодность (индивидуальная или в сочетании с другими методами) для оценки безотказности и работоспособности системы или ее компонента должен исследовать аналитик. Необходимо также учитывать результаты, полученные каждым методом, необходимые для анализа данные, сложность анализа и другие факторы.

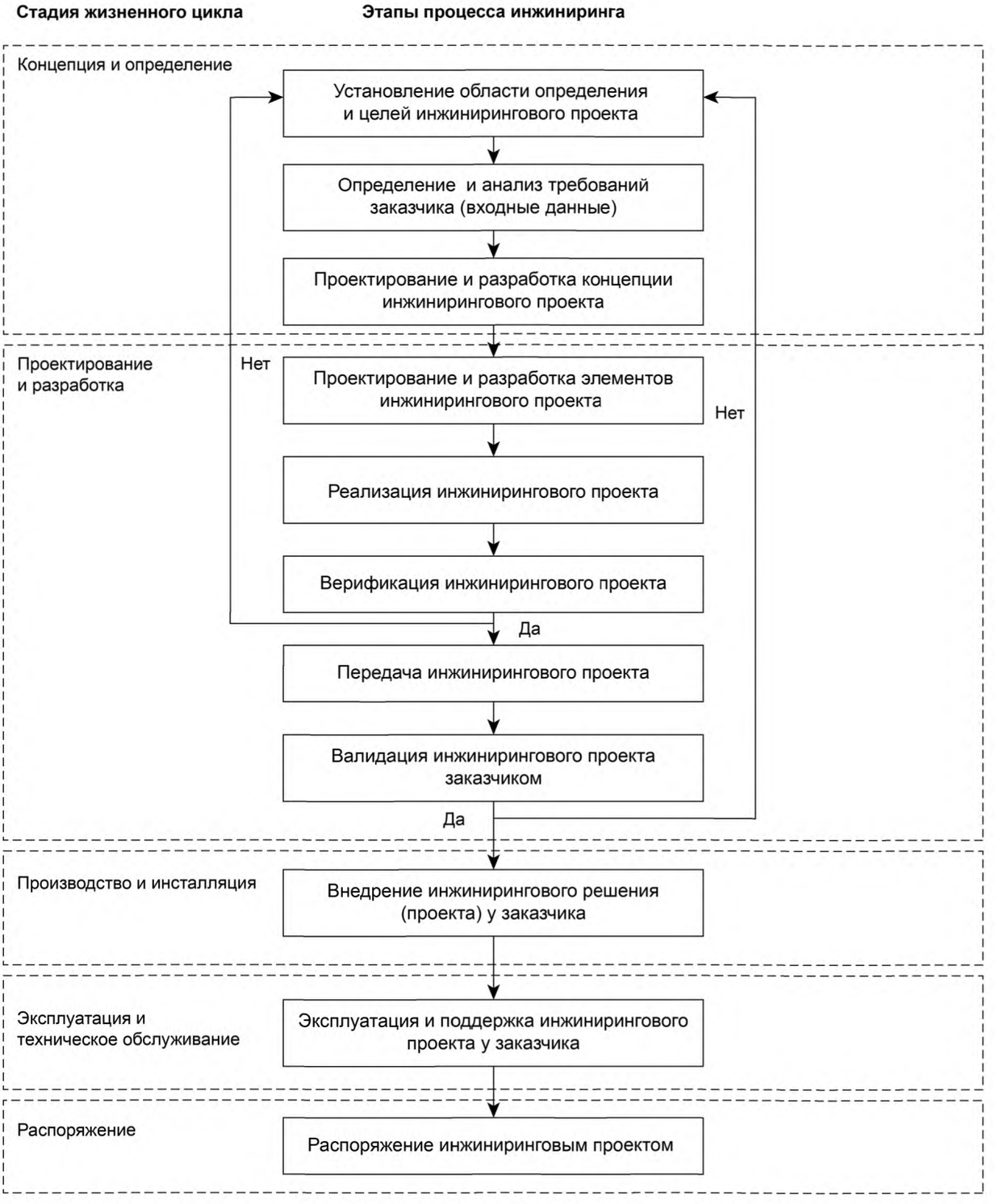



Рисунок 2 — Стадии жизненного цикла системы

## 6 Модели структурной схемы надежности систем

При построении структурной схемы надежности системы могут быть использованы различные методы количественного анализа. Поэтому необходимо использовать четкое определение отказа системы. Работоспособность системы зависит от одного или нескольких отказов системы. Для каждого определения отказа системы следующим шагом является деление системы на логические блоки и эле-

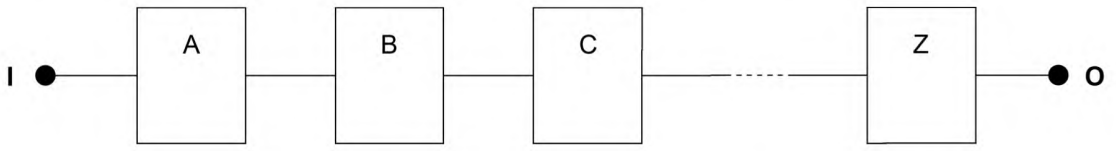
менты в соответствии с целями анализа надежности. Отдельные логические блоки могут представлять собой подсистемы, каждая из которых, в свою очередь, может быть представлена своей структурной схемой надежности.

Количественный анализ структурной схемы надежности проводят различными методами. В зависимости от типа структурной схемы могут быть использованы простые булевы методы и/или анализ множества соединений и прерываний. Вычисления проводят на основе данных о надежности основных компонентов системы.

При разработке модели системы сначала необходимо дать определение работоспособного состояния системы. Если возможно более одного определения, то для каждого определения может потребоваться отдельная структурная схема надежности. Затем необходимо разделить систему на блоки (элементы системы) и определить логику их взаимодействия в системе. При этом каждый блок должен быть статистически независимым и максимально большим. В то же время каждый блок не должен содержать (по возможности) резервирования. Для простоты числовой оценки каждый блок должен содержать только такие элементы, которые соответствуют одному и тому же статистическому распределению наработок до отказа.

На практике могут понадобиться повторные попытки построения структурной схемы (в соответствии с вышеуказанными требованиями) прежде чем будет построена подходящая структурная схема надежности.

Затем, используя определение отказа системы, строят структурную схему, в которой подключение блоков формирует «путь успеха» системы. Как указано в структурных схемах, приведенных на рисунках 3—6, различные пути между портами ввода и вывода проходят через такие комбинации блоков, которые должны обеспечивать функционирование системы. Если для функционирования системы требуется, чтобы функционировали все блоки, то соответствующей структурной схемой является такая схема, в которой все блоки соединены последовательно, как показано на рисунке 3.




**I** — входной порт, **O** — порт вывода; A, B, C, Z — блоки системы

Рисунок 3

Структурные схемы этого типа называются последовательными структурными схемами надежности.

Другой тип структурной схемы применяют в случае, когда отказ одного компонента или блока не влияет на работоспособность системы в соответствии с определением отказа системы. Если в этом случае вся цепочка дублирована, то структурная схема имеет вид, приведенный на рисунке 4. Если дублирован каждый блок в цепочке, структурная схема имеет вид, приведенный на рисунке 5.

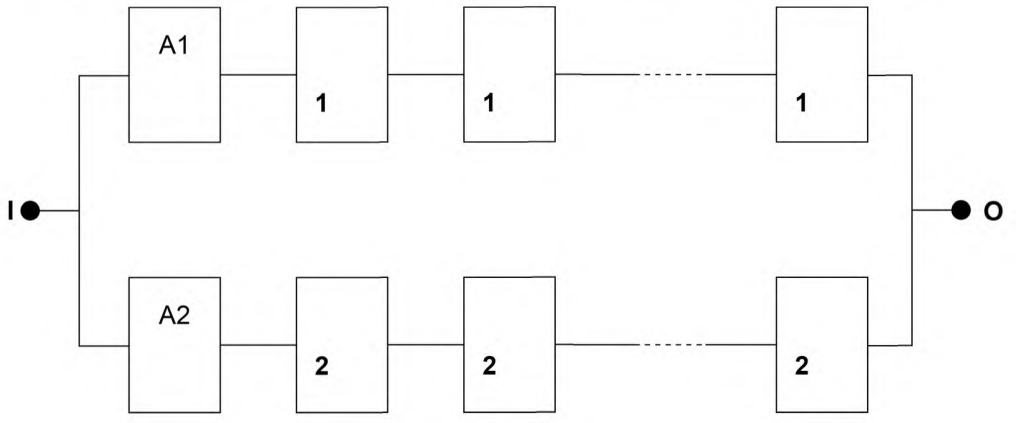



Рисунок 4

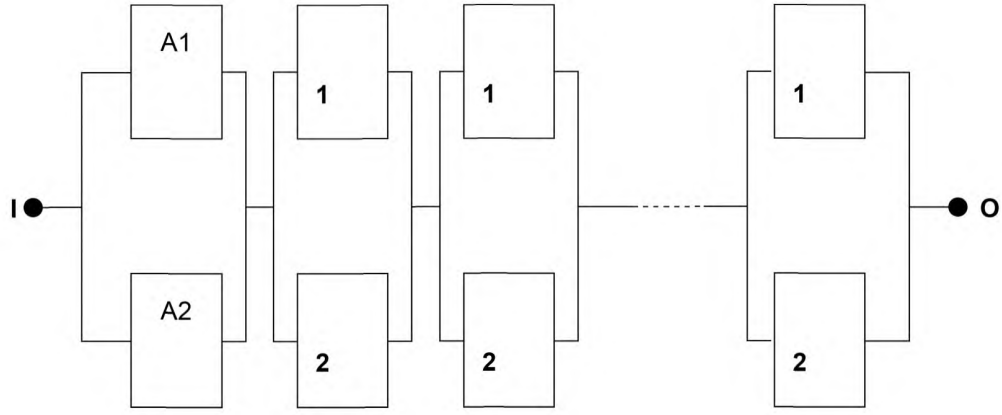



Рисунок 5

Структурные схемы этого типа называются параллельными структурными схемами надежности. Структурные схемы, используемые для описания надежности системы, часто являются комбинацией последовательных и параллельных соединений. Такие структурные схемы можно построить, если рассмотреть систему, состоящую из дублированной цепочки, включающей три повторяющихся элемента A, B и C и общего элемента питания D. Итоговые структурные схемы представлены на рисунках 6 и 7.

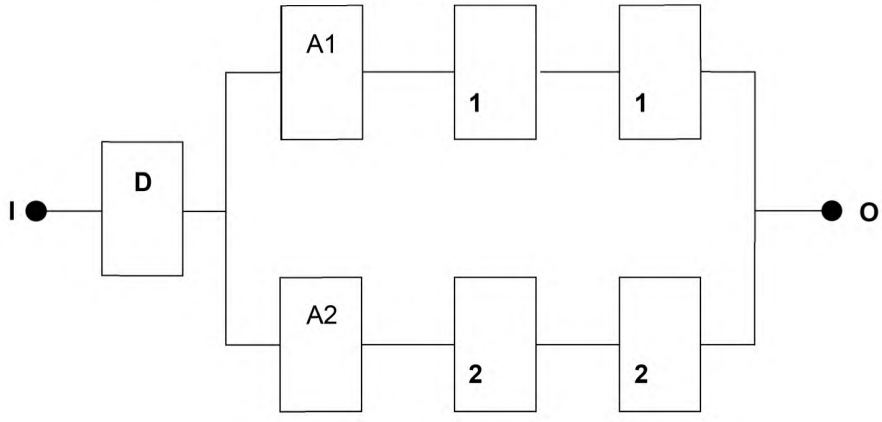



Рисунок 6

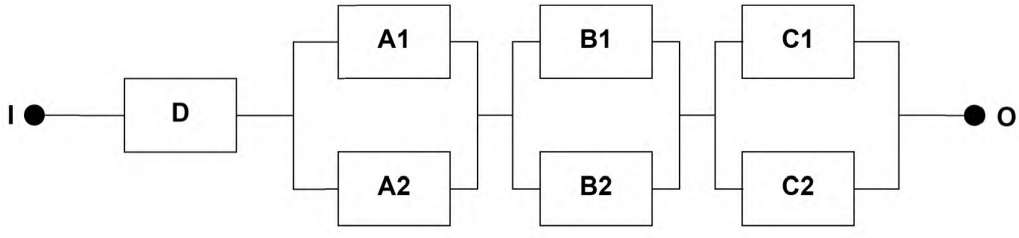



Рисунок 7

В условиях статистической независимости отказ одного блока (элемента) не должен повышать вероятность отказа любого другого блока системы. В частности, отказ дублированного блока не должен влиять на работу источников питания системы.

На практике встречаются системы, для работы которой необходимо функционирование m или более из n элементов, соединенных параллельно. Структурная схема такой системы имеет вид, приведенный на рисунках 8, 9.

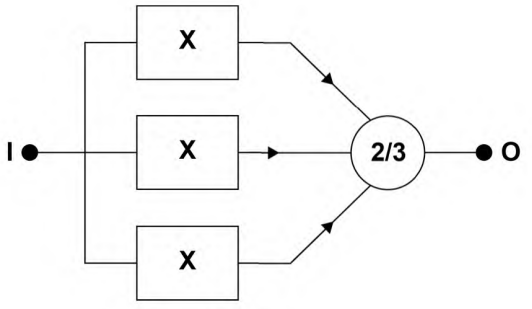



Рисунок 8

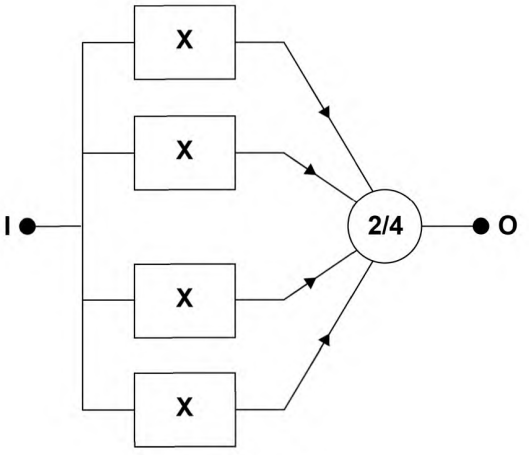



Рисунок 9

Таким образом, структурная схема, изображенная на рисунке 8, для работы системы допускает отказ не более одного элемента.

Как правило структурные схемы надежности понятны, а требования к работе системы — очевидны. Однако не все структурные схемы являются комбинациями последовательных и параллельных систем.

Пример такой структурной схемы представлен на рисунке 10.

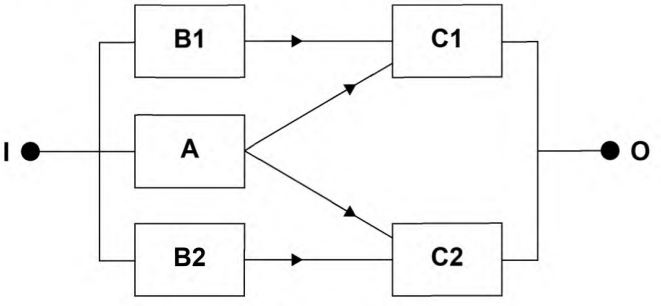



Рисунок 10

Представленная структурная схема достаточно проста. Система находится в рабочем состоянии, если одновременно работают элементы B1 и C1 или A и C1, или A и C2, или B2 и C2. Работы элементов B1 и C2 или B2 и C2 не достаточно для работы системы. Рисунок 10 можно интерпретировать как систему подачи топлива на двигатели самолета. Элемент B1 представляет поставку топлива на двигатель левого борта C1, элемент B2 — поставку топлива на двигатель правого борта C2, а элемент A — резервную поставку на оба двигателя. Таким образом, для отказа системы должны отказать оба двигателя самолета.

Необходимо заметить, что на всех, приведенных на рисунках 3—10 структурных схемах ни один блок не появляется более одного раза.

Вероятность безотказной работы (ВБР) системы $R_S(t)$ — это вероятность того, что система может исполнять требуемую функцию в данных условиях в период времени (0, t). В общем случае ВБР вычисляют по формуле

$$R_S(t) = \exp\left[-\int_0^t \lambda(u)du\right],$$

где $\lambda(u)$ — интенсивность отказов системы в момент времени $t = u$. Для простоты $R_s(t)$ обозначают $R_s$.

Вероятность отказа системы Fs вычисляют по формуле

$$F_S = 1 - R_S.$$

Методы расчета ВБР системы для представленных моделей приведены в ГОСТ Р 5190.14.

## 7 Применение структурной схемы надежности при анализе и оценке риска

Методы структурной схемы надежности наиболее полезны при анализе риска, связанного с отказом сложной технической системы.

На этапе идентификации источников опасности структурная схема надежности может быть использована для выявления элементов, отказ которых приводит к отказам системы со значительными последствиями.

На этапе определения количественной оценки риска с помощью структурной схемы надежности могут быть определены оценки вероятности отказов системы. Если последствия отказов системы могут быть представлены в виде количественной оценки, то может быть получена количественная оценка риска, существенно упрощающая сравнительную оценку риска.

На этапе обработки риска возможность получения количественной оценки риска и в частности вероятности реализации опасного события обеспечивает возможность оперативного анализа различных вариантов снижения риска, и в частности различные варианты конструкции системы, особенностей ее элементов, закупаемых составных частей и схем технического обслуживания при эксплуатации.

Применение метода структурной схемы надежности позволяет также решать комплексные технико-экономические задачи. Итеративное применение метода позволят получить наиболее оптимальную конструкцию системы, обеспечивающую выполнение технических и функциональных требований с одновременным сокращением затрат на изготовление и эксплуатацию системы.

УДК 658:562.014:006.354 ОКС 13.180

Ключевые слова: инжиниринговая система, элемент, структурная схема надежности, работоспособное состояние, отказ, последовательное соединение, параллельное соединение, булевы методы, вероятность безотказной работы

Редактор *М.И. Максимова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *В.И. Варенцова*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Подписано в печать 22.03.2017. Формат 60 × 84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,68. Тираж 9 экз. Зак. 562.
Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru