



Московская финансово-промышленная академия

ВОПРОСЫ И ОТВЕТЫ К ЗАЧЕТУ ПО «НАДЕЖНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ (НИС)» для группы ЗРИ-111КЛ

1. Основные понятия и определения теории надежности
2. Классификация отказов.
3. Характеристики надежности при внезапных и постепенных отказах. Показатели безотказности
4. Характеристики надежности при внезапных и постепенных отказах. Показатели ремонтпригодности.
5. Характеристики надежности при внезапных и постепенных отказах. Показатели долговечности и сохраняемости.
6. Факторы, влияющие на надёжность электронной аппаратуры, на надёжность изделия.
7. Факторы, влияющие на надёжность аппаратно-программного комплекса
8. Профилактическое обслуживание
9. Факторы, влияющие на надёжность ПО.
10. Комплексные показатели надежности.
11. Показатели надежности сложных объектов. Последовательное соединение элементов.
12. Показатели надежности сложных объектов. Параллельное соединение элементов.
13. Области использования расчетов надежности.
14. Характеристики случайных величин и случайных событий.
15. Характеристики случайных величин и случайных событий (экспоненциальный закон распределения).
16. Характеристики случайных величин и случайных событий (закон распределения Пуассона и Вейбулла).
17. Определение вероятностей состояний системы с использованием диф. Уравнений Колмогорова.
18. Матричный метод определения вероятностей состояний системы.
19. Расчет надежности с использованием элементов математической логики.
20. Классификация методов резервирования.
21. Расчёт надёжности системы с постоянным резервированием.
22. Расчёт надёжности системы с постоянным общим резервированием.
23. Расчёт надёжности системы с постоянным поэлементным резервированием.
24. Режим облегченного (тёплого) резерва.
25. Режим нагруженного резерва.
26. Режим ненагруженного резерва.
27. Основные количественные характеристики надёжности при поэлементном резервировании замещением.
28. Анализ надёжности систем при резервировании с дробной кратностью и постоянно включенным резервом.
29. Надёжность ПО.
30. Критерии надёжности сложных комплексов программ.
31. Контроль и диагностика информационных систем. Общие положения.
32. Методы аппаратурного контроля (Контроль дублированием. Контроль по модулю. Контроль хранения и передачи числа)
33. Методы аппаратурного контроля (числовой контроль арифметических операций).
34. Программно-логические методы контроля (алгоритмический и логический контроль).
35. Программно-логические методы контроля (с использованием дополнительных переменных, контроль обратным пересчетом и контроль повторным счетом).
36. Тестовый контроль.
37. Основные задачи создания отказоустойчивых систем.
38. Способы и средства устранения последствий ошибок и отказов в ИС.
39. Способы восстановления отказоустойчивой ИС.



ЛИТЕРАТУРА

- 1 Вентцель Е.С. Теория вероятностей.-М., ВШ, 1999.
- 2 Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. М., ВШ, 1998.
- 3 Гнеденко Б.В. и др. Математические методы в теории надежности. М.: Наука, 1962.
- 4 Морозов Ю.Д., Бобков В.П. Качество, надежность и эффективность экономических информационных систем. М.: МЭСИ, 1996.
- 5 Леонтьев Е.А. Надежность экономических информационных систем. ТГТУ, 2002.

1. Основные понятия и определения теории надежности

Надежностью называют свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортировки.

Элемент-один или неск.однотипных устройств, предметов, испытываемых образцов, имеющих кол-во хар-ки надежности,учитываемые при расчете надежности всего соединения.

Ячейка-отдельная конструкция, не имеющая самостоятельного функционального значения.

Узел – неск-ко деталей, ячеек,объед-х для вып. опред.ф-й,но не имеющих самостоятельного эксплуатационного назначения.

Устройство-соединение деталей, узлов,имеющая самост.экспл.назначение.

Прибор-группа блоков, имеющая конструктивно-самостоятельное назначение.

Установка-группа приборов.

Система – устройство, состоящее из неск.установок. Надежность системы имеет самостоятельное назначение.

Надежность является сложным свойством, и формируется такими составляющими, как безотказность, долговечность, восстанавливаемость и сохраняемость. *Безотказность* - способность изделия непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение времени.

Ремонтопригодность – св-во,закрывающееся в приспособленности его к предупреждению и обнаружению отказов и восстановлению работоспособности объекта либо путем проведения ремонта, либо замены отказавших элементов.

Долговечность – св-во сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленном режиме тех.обсл-я и ремонта.

Сохраняемость – св-во сохранять работоспособность в теч.и после его хранения и транспортировки.

Работоспособность – состояние объекта, при котором он способен выполнять заданные функции, удовлетворяя требованиям нормативно-технической документации.

Отказ – событие, заключающееся в том, что система полностью или частично теряет св-во работоспособности.

Отказоустойчивость – св-во системы продолжать выполнение заданных функции после возникновения одного или неск.сбоев,отказов.

Сбой-кратковременное нарушение работоспособности системы, после которого работ-ть восстанавли-ся оператором без проведения ремонта или самовосст-ся.

Ошибка-проявление сбоя или отказа компонента инф.системы.

Избыточность-дополнительные программные и апп-е ср-ва, возможности алгоритма для выполнения доп.ф-й, предназначенных для повышения надежности ИС. Бывает:

-алгоритмическая-способность обеспечить правильный рез-т, несмотря на возможные отдельные ошибки в ходе вычислений.

-информационная-некоторое повторение инф. в той или иной форме, позволяющее восстановить исх.д-е в случае нарушений в ходе работы системы.

-статическая-реализуется автоматически сразу после возникновения отказа.

-динамическая-реализ-ся после некоторой перестройки работы системы.

Эффективность системы – св-во выдавать полезные рез-ты. Бывает:

-номинальная – при безотказном состоянии системы.

-реальная –у системы, которая не обладает идеальной надежностью.

-техническая – технический эффект, полученный при использовании объекта.

-экономическая – степень выгодности эк-х затрат при использовании системы.

Московская финансово-промышленная академия

2. Классификация отказов.

Отказ – событие, заключающееся в том, что система полностью или частично теряет св-во работоспособности.

Аппаратный – событие, при котором изделие утрачивает работоспособность и для восстановления требуется проведение ремонта или замены изделия.

Программный – событие, при котором изделие утрачивает работоспособность по причине несовершенства программы.

Признак	Значение признака	Вид отказа
Хар-р изменения осн-х параметров объекта до момента возникн-я отказа	Скачкообразное изменение одного или неск. параметров	внезапный
	Постепенное изменение	постепенный
Взаимосвязь отказов	Отказ эл-та объекта не обусловлен повреждениями или отказами других эл-в объекта	независимый
	..обусловлен...	зависимый
Происхождение отказов	Нарушение установленных правил и норм конструирования, несовершенство принятых мер конструирования	конструкционный
	Нарушение установленного процесса изготовления или ремонта объекта, несоверш. технологий	производственный
	Нарушение установленных правил и условий эксплуатации объектов	эксплуатационный
Устойчивость неработоспособного состояния	Неработоспособность сохраняется устойчиво	устойчивый
	Кратковременно, после чего самовосстанавливается или восст-ся оперетором без проведения ремонта	Самовосстана-вливающаяся (сбой)
	Неработоспособность одного и того же хар-ра возникает и самоустраняется многократно	перемежающийся

Московская финансово-промышленная академия

3. Характеристики надежности при внезапных и постепенных отказах. Показатели безотказности.

1) *Вероятность безотказной работы* - вероятность того, что в пределах заданной наработки t отказ объекта не возникает: здесь T -случайное время работы объекта до отказа.

$$p(t) = \text{Вер}(T \geq t) = 1 - F(t) = 1 - \int_0^t f(t) dt .$$

Св-ва: $P(t)=1$ при $t=0$; $P(t)$ -невозрастающая ф-я времени; $\lim_{t \rightarrow \infty} P(t)=0$

2) Вероятность противоположного события называется *вероятностью отказа* и дополняет вероятность безотказной работы до единицы:

$$q(t) = \text{Вер}(T \leq t) = 1 - p(t) = F(t).$$

3) *плотность распределения наработки до отказа* $f(t)=(d/dt)F(t)$ – распределение вероятности отказа во времени (частота отказов)

4) *средняя наработка до отказа* - Средняя продолжительность работы устройства между ремонтами. Математическое ожидание случайной наработки T

$$M[T] = \int_0^{\infty} t f(t) dt = T_0, \quad T_0 = \int_0^{\infty} P(T) dt ,$$

5) *наработка на отказ*- отношение наработки восстановленного объекта к мат.ожиданию кол-ва его отказов в течении этой наработки.

б) *интенсивность отказа* - условная плотность вероятности возникновения отказа [невосстанавливаемого] изделия при условии, что к моменту t отказ не возник:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{p(t)} = -\frac{1}{p(t)} \cdot \frac{dp(t)}{dt} .$$

Или интенсивность-это доля выходящих из строя элементов в ед.времени по отношению к их кол-ву в момент t .

$f(t)$ и $\lambda(t)$ измеряются в $ч^{-1}$, связь: $p(t) = \exp\left[-\int_0^t \lambda(t) dt\right]$, $\lambda(t)=f(t)/p(t)$, $f(t)=\lambda e^{-\lambda t}$

Для нормального периода эксплуатации системы характерен экспоненциальный закон распределения.

7) *дисперсия времени безотказной работы*- где $T=1/\lambda$

$$D[T_1] = -\int_0^{\infty} (t - T_1)^2 \cdot P'(t) dt = -\int_0^{\infty} (t - T_1)^2 \lambda \cdot e^{(-\lambda t)} dt$$

8) *среднеквадратическое отклонение* - $\delta=1/\lambda$, кв. корень из дисперсии

9) *параметр потока отказов* (средняя частота отказов)- плотность вероятности возникновения отказов, определенная для рассматриваемого момента времени $w=m/(n \cdot t)$, где n - кол-во эл-в системы, находящихся в нормальной эксплуатации и работающих в одинаковых условиях. За t в этой системе наблюдалось m отказов.

10) γ - *процентная наработка* - время, в течении которого отказ не наступит с вероятностью γ (%):

$$T_{\gamma} = -\frac{\ln P_{\lambda}}{\lambda} = -T_0 \ln P_{\gamma}, P_{\gamma} = \frac{\gamma}{100} .$$

Московская финансово-промышленная академия

4. Характеристики надежности при внезапных и постепенных отказах. Показатели ремонтпригодности.

При количественном описании этого свойства, которое присуще только восстанавливаемому объекту, время восстановления является случайной величиной, зависящей от целого ряда факторов: характера возникшего отказа; приспособленности объекта к быстрому обнаружению отказа; квалификации обслуживающего персонала; наличия технических средств; быстроты замены отказавшего элемента в объекте и др.

Время восстановления - это время, затраченное на обнаружение, поиск причины отказа и устранения последствий отказа.

1) *Вероятность восстановления* - вероятность того, что время восстановления объекта не превысит заданное.

2) *Среднее время восстановления* - это математическое ожидание времени восстановления работоспособного состояния объекта после отказа.

$T_b = (1/m) * \sum t_i$, m-кол-во отказов

3) *Интенсивность восстановления* - это отношение условной плотности вероятности восстановления работоспособного состояния объекта, определенной для рассматриваемого момента времени при условии, что до этого момента восстановление не было завершено, к продолжительности этого интервала.

4) *Гамма-процентное время восстановления* - это время, в течение которого восстановление работоспособности объекта будет осуществлено с вероятностью u , выраженной в процентах - время восстановления, достигаемое объектом с заданной вероятностью g , выраженной в процентах.

Московская финансово-промышленная академия

5. Характеристики надежности при внезапных и постепенных отказах. Показатели долговечности и сохраняемости.

Долговечность — свойство элемента или системы длительно сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при определенных условиях эксплуатации.

Долговечность определяется двумя условиями: физическим либо моральным износом

- Физический износ наступает в том случае, когда дальнейший ремонт и эксплуатация элемента или системы становятся уже невыгодными, так как затраты превышают доход в эксплуатации;
- Моральный износ означает несоответствие параметров элемента или системы современным условиям их эксплуатации;

Долговечность характеризуется наработкой от начала эксплуатации до наступления предельного состояния. Такая наработка наз-ся техническим ресурсом системы. Это случайная величина. Оценивается 3 показателями:

- 1) *средний ресурс* – мат.ожидание ресурса
- 2) *γ -процентный ресурс* – время, в течении которого объект не достигает предельного состояния с заданной вероятностью $\gamma\%$
- 3) *назначенный ресурс* – установленная нормативно-технической документацией суммарная наработка, при достижении которой дальнейшее применение системы по назначению следует прекратить независимо от технического состояния.

Сохраняемость — свойство объекта непрерывно сохранять требуемые эксплуатационные показатели в течение (и после) срока хранения и транспортирования.

Показатели:

- 1) Средний срок сохраняемости – математическое ожидание сохраняемости – T_c ;
- 2) Гамма-процентный срок сохраняемости – срок сохраняемости, достигаемый объектом с заданной вероятностью γ , выраженной в %.

Московская финансово-промышленная академия

6. Факторы, влияющие на надёжность электронной аппаратуры, на надёжность изделия.

При анализе надёжности целесообразно рассматривать три этапа в создании аппаратуры или изделия.

1. Проектирование
2. Изготовление
3. Эксплуатация

Факторы, влияющие на надёжность при проектировании.

1. Количество и качество элементов в системе оказывает влияние на надёжность. Увеличение количества используемых элементов приводит к резкому ухудшению надёжности аппаратуры. К ухудшению надёжности приводит применение менее надёжных элементов.
2. Режим работы элементов. Самые надёжные элементы, работающие в тяжёлом, не предусмотренном для их применения режиме, могут стать источником частых отказов. Для каждого элемента устанавливаются технические условия на режим работы элемента. Необходимо правильно выбрать режимы работы элементов.
3. Применение стандартных и унифицированных элементов резко повышает надёжность системы. Технология производства этих элементов отработана, надёжность их известна.
4. Конструктор должен предусмотреть хороший доступ к блокам, элементам аппаратуры для осмотра, ремонта; предусмотреть сигнализацию об отказе того или иного элемента.

Факторы, влияющие на надёжность в процессе изготовления.

1. Качество материалов. Необходим хороший входной контроль материалов и комплектующих изделий, поступающих от других предприятий.
2. Качество хранения материалов и комплектующих изделий.
3. Чистота рабочих мест, оборудования, рабочего помещения.
4. Соблюдение технологии изготовления и сборки: термообработка, антикоррозионные покрытия и т.п.

Факторы, влияющие на надёжность в процессе эксплуатации.

1. Квалификация обслуживающего персонала. Этот фактор доказан практикой.
2. На надёжность влияют внешние условия: климатические условия, вибрации, перегрузки, удары. Частое включение и выключение аппаратуры нежелательно.
3. На надёжность влияет фактор времени. Продолжительность эксплуатации аппаратуры с момента выпуска с завода до капитального ремонта может составлять несколько лет. К концу этого периода повышается опасность возникновения отказов отдельных элементов.
1. Устранение влияния факторов, приводящих к снижению надёжности аппаратуры.
2. Резервирование (вместо одного изделия ставят два). Второе изделие резервное. Если откажет 1-е изделие, то подключают 2-е изделие.
3. Сбор во время эксплуатации аппаратуры полных и достоверных данных об отказах и простоях аппаратуры. Эта информация может использоваться при решении задачи повышения надёжности аппаратуры.

Московская финансово-промышленная академия

7. Факторы, влияющие на надежность аппаратно-программного комплекса.

Все факторы, влияющие на надежность АПК, можно разделить на три группы: конструктивные, производственные и эксплуатационные.

К *конструктивным* относят факторы, способные еще на этапе проектирования и конструирования определить условия возникновения последующих отказов аппаратуры и ПО. К ним относятся выбор типов элементов, выбор принципиальной, электрической, гидравлической, структурной, логической и других схем; выбор режимов работы элементов; выбор уровня автоматизации проектирования; выбор технологии программирования; организация технологического процесса (ТП) разработки ПО.

К *производственным* относят факторы, возникающие в процессе изготовления АПК и воздействующие на ее надежность. Такими факторами являются контроль качества материалов и элементов; входной контроль покупных комплектующих изделий (ПКИ); организация ТП производстве организация процесса настройки и наладки аппаратуры, процессов тестирования ПО на технических средствах входящих в состав АПК; контроль качества продукции, в том числе качества ПО.

К *эксплуатационным* факторам относятся внешние воздействующие факторы (ВВФ) и мероприятия проводимые при техническом обслуживании (ТО) аппаратуры. В зависимости от характера воздействия изделия все возможные ВВФ делят на шесть классов: механические факторы: климатические и другие природные факторы; радиационные факторы; термические факторы; ВВФ электромагнитных полей; ВВФ специальных, в том числе агрессивных, сред.

К мероприятиям ТО относят регулировки, профилактические работы, в том числе планов предупредительные ремонты, тренировки, предпусковые испытания, контроль работоспособности, сбор и анализ сведений об отказах.

Среди климатических факторов можно выделить девять групп: атмосферное давление, температура, окружающая среда, влажность воздуха или других газов, атмосферные осадки, пыль и песок, солнечное излучение (инсоляция), поток воздуха и других газов, среда с коррозионно-активными агентами, в том числе биологическая среда, ледово-грунтовая среда.

Так например, Следствием теплового удара могут быть внезапные отказы техники. Высокая скорость изменения температуры (тепловой удар) приводит к быстрому изменению (расширению или сжатию) размеров материалов. Повышенная влажность может вызвать изменение поверхностного или объемного сопротивления изоляции, снижение электрической прочности материалов. Основным фактором воздействия солнечного излучения на технические изделия является нагрев поверхности кожуха изделия и, как следствие, повышение температуры внутри устройства.

Различают два механизма влияния механических нагрузок на надежность изделий. Механизм первого типа характеризуется отсутствием накопления нарушений. В каждый момент времени определенный параметр является функцией текущего состояния изделия и не зависит от предыстории его функционирования. Основным признаком механизма второго типа является существование эффекта накопления нарушений, например, накопление усталостных повреждений в конструкции изделия. Для защиты изделий от воздействия механических нагрузок широко применяют специальные виброизолирующие устройства — виброизоляторы, устанавливаемые между изделием и вибрирующей опорой.

Московская финансово-промышленная академия

8. Профилактическое обслуживание.

Профилактическое обслуживание аппаратуры представляет собой комплекс мероприятий, направленных на предупреждение ее отказов и продление сроков службы. При организации профилактических работ возникают противоречивые требования. С одной стороны, увеличение частоты и длительности профилактических работ может увеличить показатели безотказности в периоде между соседними сеансами профилактики. С другой стороны, при этом возрастает суммарное время простоя, что может быть экономически невыгодно.

При определении сроков проведения профилактики должны быть выбраны принцип назначения сроков и режим (стратегия) проведения профилактики. Различают три принципа назначения сроков: регламентный, календарный и комбинированный.

При регламентном принципе профилактику проводят по достижении определенной наработки.

Календарный принцип применяют, когда изделие находится в режиме хранения либо в режиме многократного циклического применения, то есть когда интенсивность износа практически не зависит от наработки, а только от «возраста» изделия.

В тех случаях, когда износ происходит как при работе, так и при хранении, применяют комбинированный принцип назначения профилактики.

Режимы профилактики могут быть трех типов: плановый, неплановый, смешанный. При плановом режиме профилактику проводят через установленное время в соответствии с принципом назначения сроков независимо от числа возникших отказов. Неплановую профилактику проводят, когда этого требует техническое состояние техники, в частности, после отказов. При смешанном режиме сочетают плановую и неплановые профилактики.

Содержание профилактических работ зависит от многих факторов, в том числе от типа и физической природы отказов, от возможностей системы диагностирования.

В связи с этим можно выделить четыре различные ситуации.

При наличии постепенных (параметрических) отказов контроль значений определяющего параметра и сравнение его текущего значения с критическим значением позволяют уверенно установить потребность в профилактических работах с целью регулировки определяющего параметра или замены какого-либо элемента.

Вторая ситуация состоит в том, что появлению некоторых внезапных отказов предшествует возникновение неисправностей, определенный процент которых может быть выявлен с некоторой вероятностью в процессе профилактики. Устранение обнаруженных неисправностей и причин их появления предупреждает появление возможных отказов.

Третьим видом, а также целью профилактики являются профилактические замены. В этом случае исходные режимы работы и неисправности изделия неизвестны. После определенной наработки в результате его старения и износа интенсивность отказов существенно возрастает.

Четвертая ситуация возникает в структурно резервированных системах, когда после отказа некоторых элементов работоспособность резервированной системы еще сохраняется, но уменьшается кратность резервирования, что может существенно снизить вероятность безотказной работы в будущем. Профилактика заключается в обнаружении отказавших элементов и восстановлении первоначальной структуры.

При неплановой профилактике после отказа системы обновляются только отказавшие резервированные группы, а при плановой профилактике — все резервированные группы. При смешанном режиме обновляются все группы и при плановой, и при неплановой профилактике.

Московская финансово-промышленная академия

9. Факторы, влияющие на надежность ПО.

Программное обеспечение АСОИУ включает в себя функциональные программные комплексы (ФПК), которые можно отнести к классу программных комплексов с большой длительностью эксплуатации.

Основными факторами, определяющими появление ошибок при выработке требований к ПО и влияющими на надежность ФПК, являются:

1. масштабность и сложность заданий на систему автоматизированной обработки и управления из-за многообразия целей и критериев управления, влияние цепей обратной связи в контуре управления на динамические характеристики, сложность временных зависимостей, большие объемы обрабатываемой и передаваемой информации, многофункциональность и разнообразие режимов работы;

2. невозможность уверенного предсказания степени точности вычислений, времени реакции на изменение извне, степени влияния окружающей (прежде всего информационной) среды на результат функционирования ФПК;

3. сложность общения специалистов разных профессий, участвующих в выработке общих требований и их интерпретации в специальных требованиях к математическому (МО), информационному (ПО) и программному (ПО) обеспечению.

Основными факторами, определяющими корректность программ, а следовательно, уровень проектной надежности ПО, являются:

1. технология разработки, в том числе технология программирования. При возможности выбора вариантов технологии предпочтение следует отдавать вариантам, предусматривающим выполнение различных модельных экспериментов для отработки МО еще на стадии разработки алгоритмов.
2. структурная упорядоченность программ и данных, структурированность ПО и иерархичность в структурной схеме, стандартизация структуры единиц ПО (модулей) и переменных, способствующие снижению количества ошибок при разработке ПО.
3. Совершенные системы автоматизации проектирования. САПР ПО является не только средством ускорения процесса проектирования, но и средством обеспечения более высокой безошибочности программ, так как использует языки программирования более высокого уровня, чем для непосредственного программирования.
4. выбор способов и критериев отладки. Многоэтапность и структурированность целей отладки способствуют повышению ее эффективности и уменьшают остаточное количество в ПО проектных ошибок.
5. создание инструментальной среды, максимально близкой к реальной. Этот фактор играет значительную роль на всех этапах отладки, так как позволяет в условиях активного эксперимента обнаруживать некоторые виды ошибок, которые иначе будут проявляться только при эксплуатации и, возможно, вызывать серьезные последствия;
6. организационно-человеческие факторы. К этой группе факторов относятся количество и квалификация специалистов, структура коллектива разработчиков и организационное взаимодействие в нем. Оценивают технические возможности (уровень знаний, способности), уровень инициативности, степень ответственности программистов, параметры работы и ее результатов, степень комфортности условий работы с учетом рекомендаций психологии программирования.

На этапе эксплуатации ПО определяющими факторами надежности являются полнота и точность спецификаций; степень помехозащищенности программ; обнаружение, диагностирование и документирование отклонений в алгоритмах функционирования, характерных для реальных условий.

В процессе сопровождения программ устраняют обнаруженные проектные ошибки, а также ошибки, внесенные при устранении первых, программы тиражируют и адаптируют к конфигурации технических средств и новых версий системного ПО, расширяют функции ФПК. Главными факторами, влияющими на надежность ФПК на этом этапе, являются приспособленность ФПК к модернизации в связи с расширением функций; адаптивность к изменению конфигурации и других характеристик аппаратного комплекса.

Московская финансово-промышленная академия

10. Комплексные показатели надежности.

1) *Коэффициент готовности* – вероятность того что восстанавливаемый объект окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени его использования по назначению.

$$K_g = \frac{t_w}{t_w + t_p}$$

где t_w – суммарное время исправной работы объекта; t_p – суммарное время вынужденного простоя

2) *коэффициент оперативной готовности* – вер-ть того, что объект, находясь в режиме ожидания, оказывается работоспособным в любой момент времени, и начиная с этого момента будет работать безотказно в теч. заданного времени.

$$K_{oper}(t, \tau) = K_g(t)P(\tau)$$

где $K_g(t)$ - коэффициент готовности; $P(\tau)$ - вероятность безотказной работы объекта на интервале заданного времени.

Коэффициент оперативной готовности характеризует надежность объектов, необходимость применения которых возникает в произвольный момент времени, после которого требуется определенная безотказная работа. До этого момента такие объекты могут находиться как в режиме дежурства, так и в режиме применения – для выполнения других рабочих функций.

3) *коэффициент вынужденного простоя* – вер-ть того, что объект окажется неработоспособным в произвольный момент времени в промежутках между плановыми ремонтами.

$$K = 1 - (t_D / (t_p + t_\lambda)) = t_\lambda / (t_p + t_\lambda)$$

4) *коэффициент сохранения эффективности* – отношение показателя эф-ти реального с точки зрения надежности объекта к показателю эф-ти того же объекта при условиях его идеальной надежности.

$$E = W / W_0$$

Московская финансово-промышленная академия

11. Показатели надежности сложных систем. Последовательное соединение элементов.

Отличительными чертами сложных систем явл-ся:

-многоканальность-наличие неск-х каналов, каждый из которых выполняет определенную функцию, частную по отношению к общей задаче системы.

-многосвязность – большое кол-во функциональных связей между эл-ми системы.

-наличие вспомогательных и дублирующих устройств.

Системой с последовательным соединением элементов называется система, в которой отказ любого элемента приводит к отказу всей системы.

В системе с последовательным соединением для безотказной работы в течении некоторой наработки необходимо и достаточно, чтобы каждый из ее n элементов работал безотказно в течении этой наработки. Считая отказы элементов независимыми, вероятность одновременной безотказной работы n элементов определяется по теореме умножения вероятностей: вероятность совместного появления независимых событий равна произведению вероятностей этих событий:

$$P(t) = p_1(t)p_2(t)\dots p_n(t) = \prod_{i=1}^n p_i(t) = \prod_{i=1}^n (1 - q_i(t))$$

Соответственно, вероятность отказа такой ТС

$$Q = 1 - P = 1 - \prod_{i=1}^n p_i = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - q_i)$$

Даже при высокой надежности элементов надежность системы при последовательном соединении оказывается тем более низкой, чем больше число элементов. Кроме того, поскольку все сомножители в правой части выражения не превышают единицы, вероятность безотказной работы ТС при последовательном соединении не может быть выше вероятности безотказной работы самого ненадежного из ее элементов и из малонадежных элементов нельзя создать высоконадежной ТС с последовательным соединением.

Интенсивность отказов системы при последовательном соединении эл-в и простейшем потоке отказов равна сумме интенсивностей отказов эл-в. Тогда для системы из n равнонадежных эл-в $\lambda = n\lambda$, $T = T_i/n$, т.е. интенсивность отказов в n раз больше, а средняя наработка в n раз меньше, чем у отдельного эл-та.

Московская финансово-промышленная академия

12. Показатели надежности сложных систем. Параллельное соединение элементов.

Отличительными чертами сложных систем явл-ся:

-многоканальность-наличие неск-х каналов, каждый из которых выполняет определенную функцию, частную по отношению к общей задаче системы.

-многосвязность – большое кол-во функциональных связей между эл-ми системы.

-наличие вспомогательных и дублирующих устройств.

Системой с *параллельным соединением элементов* называется система, отказ которой происходит только в случае отказа всех ее элементов. Такие схемы надежности характерны для ТС, в которых элементы дублируются или резервируются, т.е. параллельное соединение используется как метод повышения надежности. Для отказа системы с параллельным соединением элементов в течение наработки необходимо и достаточно, чтобы все ее элементы отказали в течение этой наработки. Так что отказ системы заключается в совместном отказе всех элементов, вероятность чего (при допущении независимости отказов) может быть найдена по теореме умножения вероятностей как произведение вероятностей отказа элементов:

$$Q = q_1 q_2 \dots q_n = \prod_{i=1}^n q_i = \prod_{i=1}^n (1 - p_i)$$

Соответственно, вероятность безотказной работы

$$P = 1 - Q = 1 - \prod_{i=1}^n q_i = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - p_i)$$

т.е. надежность системы с параллельным соединением повышается при увеличении числа элементов. Поскольку $q_i < 1$, произведение в правой части всегда меньше любого из со множителей, т. е. вероятность отказа системы не может быть выше вероятности самого надежного ее элемента и даже из сравнительно ненадежных элементов возможно построение вполне надежной системы.

При экспоненциальном распределении средняя наработка системы $T_0 = (1/\lambda) \sum (1/i)$, i от 1 до n . Средняя наработка системы с параллельным соединением больше средней наработки ее элементов.

Московская финансово-промышленная академия

13. Области использования расчетов надежности.

Расчеты надежности имеют своей целью получение количественных значений показателей надежности исследуемого объекта. Эти расчеты стали обязательным элементом на всех этапах разработки, создания и использования технических систем.

При анализе надежности системы основную трудность представляет составление структурной схемы расчета и аналитических (расчетных) формул.

Существующие в настоящее время расчетные формулы получены при большом числе ограничений (допущений). Наиболее часто такими ограничениями являются:

- обязательность экспоненциального распределения времени до отказа объекта и времени восстановления его работоспособности;
- исследуемые процессы – марковские, исследуемые потоки событий – простейшие;
- При расчетах учитываются только средние значения показателей надежности.

На этапе эскизного проектирования расчет надежности производится с целью прогнозирования ожидаемых показателей надежности.

На этапе технического проектирования результаты расчетов надежности используются для обоснования выбора техн.средств, входящих в систему, для выбора способов резервирования, контроля, диагностики, обоснования структуры системы, требований к надежности комплектующих элементов и ПО.

На этапе испытаний системы расчеты надежности проводятся с целью определения соответствия показателей надежности испытываемой системы заданным требованиям.

На этапе эксплуатации расчет надежности используется для выбора и обоснования состава и объема запасных изделий для замены отказавших, а также для обоснованного планирования профилактического обслуживания.

Московская финансово-промышленная академия

14. Характеристики случайных величин и случайных событий.

Если результатом испытания является случайное событие, принимающее числовое значение, то говорят о случайной величине.

Случайной величиной называется переменная величина, которая в зависимости от исхода испытания случайно принимает одно значение из множества возможных значений.

Случайная величина, принимающая различные значения, которые можно записать в виде конечной или бесконечной последовательности, называется *дискретной случайной величиной*.

Случайная величина, которая может принимать все значения из некоторого числового промежутка, называется *непрерывной случайной величиной*.

Характеристики случайной величины

Математическим ожиданием $M(X)$ дискретной случайной величины X называется сумма произведений всех возможных значений величины X на соответствующие вероятности: $M(X) = x_1 \cdot p_1 + x_2 \cdot p_2 + \dots + x_n \cdot p_n$.

Дисперсией $D(X)$ дискретной случайной величины X называется математическое ожидание квадрата отклонения случайной величины X от ее математического ожидания:

$$D(X) = M[(X - M(X))^2] \text{ или } D(X) = M(X^2) - M^2(X).$$

Средним квадратическим отклонением $s(X)$ случайной величины X называется корень квадратный из ее дисперсии:

$$\sigma(X) = \sqrt{D(X)}$$

Интегральной функцией распределения непрерывной случайной величины X называется функция $F(x)$, равная вероятности того, что X приняла значение, меньшее x :

$$F(x) = P(X < x).$$

Дифференциальной функцией распределения непрерывной случайной величины X (или ее плотностью вероятности) называется функция $f(x)$, равная производной интегральной функции: $f(x) = F'(x)$.

Математическим ожиданием непрерывной случайной величины X с плотностью вероятности $f(x)$ называется величина несобственного интеграла (если он сходится):

$$M(X) = \int_{-\infty}^{+\infty} x f(x) dx.$$

Дисперсией непрерывной случайной величины X , математическое ожидание которой $M(X) = a$ и функция $f(x)$ является плотностью вероятности, называется величина несобственного интеграла (если он сходится):

$$D(X) = \int_{-\infty}^{+\infty} (x - a)^2 f(x) dx.$$

Для непрерывной случайной величины X среднее квадратическое отклонение $s(X)$ определяется как и для дискретной величины.

Московская финансово-промышленная академия

15. Характеристики случайных величин и случайных событий. Экспоненциальный 3-н распределения.

Случайная величина, представленная совокупностью отдельных значений, может иметь тот или иной закон распределения.

Законом распределения случайной величины называется соотношение, устанавливающее связь между возможными значениями случайной величины и соответствующими им вероятностями.

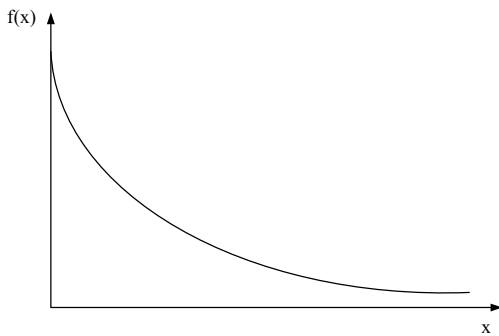
Дифференциальная функция экспоненциального закона имеет вид $f(x) = \lambda e^{-\lambda x}$, где λ — параметр распределения (постоянный коэффициент).

У экспоненциального распределения математическое ожидание и среднее квадратичное отклонение одинаковы:

$$M = \sigma = \frac{1}{\lambda}$$

Поэтому коэффициент вариации равен единице.

Этот закон характерен для распределения случайных величин, изменение которых обусловлено влиянием какого-то доминирующего фактора. Он используется при рассмотрении внезапных отказов деталей в тех случаях, когда явления изнашивания и усталости выражены настолько слабо, что ими можно пренебречь (например, наработка до отказа многих невосстанавливаемых изделий).



Московская финансово-промышленная академия

16. Характеристики случайных величин и случайных событий. 3-н распределения Пуассона и Вейбулла.

Случайная величина, представленная совокупностью отдельных значений, может иметь тот или иной закон распределения.

Законом распределения случайной величины называется соотношение, устанавливающее связь между возможными значениями случайной величины и соответствующими им вероятностями.

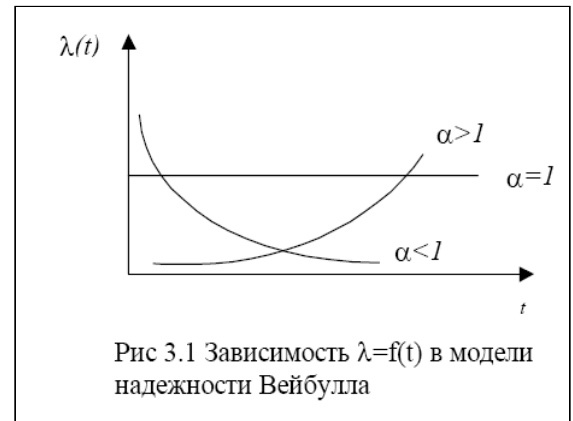
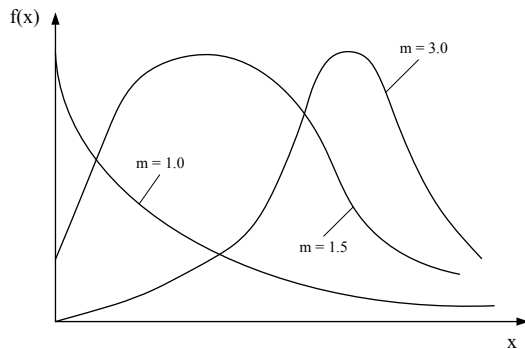


Рис 3.1 Зависимость $\lambda=f(t)$ в модели надежности Вейбулла

При $m(\alpha) = 1$ распределение Вейбулла преобразуется в экспоненциальное, при $m = 2,5 \dots 3,5$ и $V = 0,3 \dots 0,4$ — приближается к нормальному. Вероятность безотказной работы за время t :

$$P(t) = e^{-\lambda_0 t^\alpha} \quad \text{где } \lambda, \alpha > 0 \text{ - параметры закона распределения.}$$

Функция плотности распределения времени до отказа:

$$f(t) = -\frac{dP(t)}{dt} = \lambda_0 \alpha \cdot t^{\alpha-1} \cdot e^{-\lambda_0 t^\alpha}$$

Интенсивность отказов:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)} = \lambda_0 \alpha \cdot t^{\alpha-1}$$

Если $\alpha = 1$, то распределение Вейбулла совпадает с экспоненциальным распределением, у которого $\lambda = \lambda_0$. Если $\alpha < 1$, интенсивность отказов — монотонно убывающая функция; при $\alpha > 1$ интенсивность отказов — монотонно возрастающая функция.

Распределение Вейбулла широко применяется при расчете показателей надежности, в частности, при исследовании прочности и долговечности деталей. Этому закону хорошо подчиняются распределение предела упругости ряда металлов, характеристики прочности и усталостной долговечности деталей.

Закон Пуассона. Вероятность того, что на интервале времени t произойдет

$$P_n(t) = \frac{a^n}{n!} e^{-a}$$

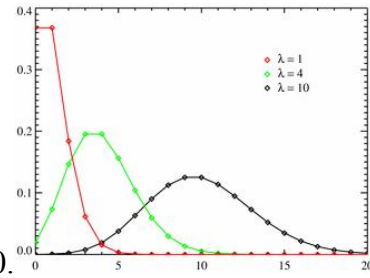
n случайных событий (отказов) определяется формулой:

где $a = \lambda t$ - среднее число отказов на интервале времени t .

Время между двумя соседними событиями (отказами) подчиняется экспоненциальному распределению с параметром λ , т.е. вероятность того, что на участке времени τ , следующим за одним из отказов, не появится ни одного отказа, равна

$$P(t) = e^{-\lambda \tau}$$

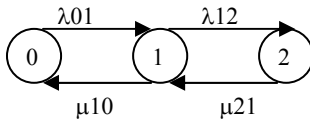
Московская финансово-промышленная академия



Разные многоугольники распределения при $a=1,4,10$.

Московская финансово-промышленная академия

17. Определение вероятностей состояний системы с использованием диф. ур. Колмогорова



граф состояния

Например объект может нах-ся в состояниях:

0-оба элемента работоспособны

1-один отказ

2-оба отказа

Пусть рассматриваемая система S имеет n (3) возможных состояний S_1, S_2, \dots, S_n . Вероятностью i-го состояния назовем вероятность того, что в момент t система будет находиться в состоянии S_i .

Очевидно,

$$\sum_{i=1}^n p_i(t) = 1$$

По размеченному графу состояний можно найти вероятности состояний $p_i(t)$ как функции времени (составить уравнения Колмогорова).

Пусть с вероятностью $p_1(t)$ система в t-й момент времени находится в состоянии S_1 . Придадим t малое приращение Δt и найдем $p_1(t+\Delta t)$ – вероятность того, что в момент $t+\Delta t$ система будет находиться в состоянии S_1 . Как это может произойти? Очевидно, двумя путями:

1. В момент t система уже была в состоянии S_1 и за время Δt не вышла из него;
2. В момент t система была в состоянии S_2 и за время Δt перешла из него в S_1 .

Сформулируем общее правило составления уравнений Колмогорова: в левой части каждого из них стоит производная вероятности i-го состояния. В правой части – сумма произведений вероятностей всех состояний, из которых идут стрелки в данное состояние, на интенсивности соответствующих потоков событий, минус суммарную интенсивность всех потоков, выводящих систему из данного состояния.

Диф-е Ур.Колмогорова:

$$\frac{dP_0}{dt} = -\lambda_{01}P_0(t) + \mu_{10}P_1(t)$$

$$\frac{dP_1}{dt} = -(\lambda_{12} + \mu_{10})P_1(t) + \lambda_{01}P_0(t) + \mu_{21}P_2(t)$$

$$\frac{dP_2}{dt} = -\mu_{21}P_2(t) + \lambda_{12}P_1(t)$$

при $t \rightarrow \infty$ в системе S устанавливается предельный стационарный режим, в ходе которого система случайным образом меняет свое состояние, но их вероятности не зависят от времени.

$$\begin{cases} 0 = -\lambda_{01}P_0 + \mu_{10}P_1 \\ 0 = \lambda_{01}P_0 - (\lambda_{12} + \mu_{10})P_1 + \mu_{21}P_2 \\ 0 = -\mu_{21}P_2 + \lambda_{12}P_1 \\ p_0 + p_1 + p_2 = 1 \end{cases}$$

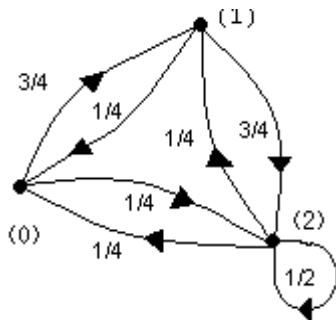
В систему добавляется условие нормировки
получаем единственное решение системы уравнений.

18. Матричный метод определения вероятностей состояния системы.

Марковский процесс — случайный процесс, эволюция которого после любого заданного значения временного параметра t не зависит от эволюции, предшествовавшей t , при условии, что значение процесса в этот момент фиксировано («будущее» процесса не зависит от «прошлого» при известном «настоящем»).

Цепь Маркова с конечным числом состояний (конечная цепь), удобно изображать в виде ориентированного графа, называемого диаграммой переходов. Вершины графа ассоциируются с состояниями, а ребра с вероятностями переходов.

Вычисления вероятностей достижения состояний производится прямыми методами или с помощью z-преобразования.



Цепь Маркова считается заданной, если заданы два условия.

1. Имеется совокупность переходных вероятностей в виде матрицы:

$$P(n) = \begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nn} \end{pmatrix}. \quad (2)$$

2. Имеется вектор начальных вероятностей

$$P_{<n>}^{(0)} = \langle P_{01}, P_{02}, \dots, P_{0n} \rangle, \dots \quad (3)$$

описывающий начальное состояние системы.

Матрица (2) называется переходной матрицей (матрицей перехода). Элементами матрицы являются вероятности перехода из i -го в j -е состояние за один шаг процесса. Переходная матрица (2) обладает следующими свойствами:

а) $\forall P_{ij} \geq 0$, (3а)

б) $\sum_{i=1}^n P_{ij} = 1$.

Введем матрицу вероятностей переходов и вектор-строку вероятностей на шаге n

$$P = [p_{ij}]; \quad \pi^{(n)} = [\pi_1, \pi_2, \dots]^{(n)}.$$

Распределение вероятностей на произвольном шаге тогда будет подчиняться матричному соотношению:

$$\pi^{(n)} = \pi^{(n-1)} P.$$

Оно позволяет рекуррентно вычислять все вероятности состояний. Для нахождения предельного распределения (стационарного) нужно решить уравнение:

Московская финансово-промышленная академия

$$\boldsymbol{\pi} = \boldsymbol{\pi} \mathbf{P}$$

$$\pi_0 = p_{00}\pi_0 + p_{01}\pi_1 + p_{02}\pi_2 + \dots$$

$$\pi_1 = p_{10}\pi_0 + p_{11}\pi_1 + p_{12}\pi_2 + \dots$$

...

$$\pi_n = p_{n0}\pi_0 + \dots$$

Его можно решать как систему линейных алгебраических уравнений, если цепь конечна.

Для примера (рис. 1) имеем:

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} 0 & 3/4 & 1/4 \\ 1/4 & 0 & 3/4 \\ 1/4 & 1/4 & 1/2 \end{bmatrix}.$$

и решение матричного уравнения сводится к решению системы трёх уравнений:

$$\pi_0 = 0\pi_0 + (1/4)\pi_1 + (1/4)\pi_2;$$

$$\pi_1 = (3/4)\pi_0 + 0\pi_1 + (1/4)\pi_2;$$

$$\pi_2 = (1/4)\pi_0 + (3/4)\pi_1 + (1/2)\pi_2;$$

Коэффициенты первого уравнения в этой системе дополняют до единицы сумму коэффициентов второго и третьего уравнений; это свидетельствует о линейной зависимости между ними. Поэтому для решения системы уравнений нужно ввести дополнительное нормирующее условие. В данном примере: $1 = \pi_0 + \pi_1 + \pi_2$.

Решая систему полученных уравнений, имеем:

$$\pi_0 = 1/5 = 0,20,$$

$$\pi_1 = 7/25 = 0,28,$$

$$\pi_2 = 13/25 = 0,52.$$

Уравнение для вероятности достижения состояния в переходном режиме решить значительно труднее. Некоторого упрощения можно достигнуть, используя z – преобразование. Применим его к уравнению для переходных вероятностей

$$\sum_{n=1}^{\infty} \boldsymbol{\pi}^{(n)} z^n = \sum_{n=1}^{\infty} \boldsymbol{\pi}^{(n-1)} \mathbf{P} z^n.$$

Обозначая соответствующие преобразования, получим: $\boldsymbol{\Pi}(z) = \boldsymbol{\pi}^{(0)} [\mathbf{I} - z\mathbf{P}]^{-1}$

Московская финансово-промышленная академия

19. Расчет надежности с использованием элементов мат.логики

1. Если о системе можно утверждать, что она работоспособна, если работоспособны ее элементы a и b , то можно сделать вывод о том, что работоспособность системы (событие c) и работоспособности элементов a и b (событие a и событие b) связаны между собой логическим уравнением работоспособности: $C=A \wedge B$. Это уравнение может быть представлено схемой последовательного соединения.

2 Если о системе можно утверждать, что она работоспособна, если работоспособны ее элемент a или элемент b , можно сделать вывод о том, что работоспособность системы (событие c) и работоспособности элементов a и b (событие a и событие b) связаны между собой логическим уравнением работоспособности: $C=A \vee B$. Это уравнение может быть представлено схемой параллельного соединения.

3. если работоспособное состояние элемента обозначить через a , то неработоспособное a с чертой наверху.

4. логические операции $\wedge, \vee, -$ - это основные операции, используемые в теории надежности, т.к к ним могут быть сведены все другие

5. сложную логическую функцию можно минимизировать, т.е. преобразовать таким образом, что она будет содержать минимальное число элементов.

6. логические функции можно преобразовать в алгебраические по правилам:

$$a \vee \bar{a} = 1$$

$$a \wedge \bar{a} = 0$$

$$\bar{\bar{a}} = a$$

Последовательность расчета:

1. сформулировать словесно условие работоспособности системы

2. на основании словесной формулировки записать логическую функцию работоспособности F

3. минимизировать эту функцию

4. в полученной функции заменить логические операции на арифметические

5. заменить простые события их вероятностями

6. в полученную формулу подставить числовые значения

Московская финансово-промышленная академия

20. Классификация методов резервирования.

Для сложных систем возможны 2 пути повыш над-ти: повышение надежности элем и изменение структ схемы. Изменение структуры понимается как введение в ТС дополнительных, избыточных элементов, включающихся в работу при отказе основных. Применение дополнительных средств и возможностей с целью сохранения работоспособного состояния объекта при отказе одного или нескольких его элементов называется **резервированием**.

Выделяют несколько видов резервирования (временное, информационное, функциональное и др.). для анализа структурной надежности ТС интерес представляет **структурное резервирование** - введение в структуру объекта дополнительных элементов, выполняющих функции основных элементов в случае их отказа.

Классификация различных способов структурного резервирования осуществляется по следующим признакам:

1) по схеме включения резерва:

- общее резервирование, при котором резервируется объект в целом;
- раздельное резервирование, при котором резервируются отдельные элементы или их группы;
- смешанное резервирование, при котором различные виды резервирования сочетаются в одном объекте;

2) по способу включения резерва:

- постоянное резервирование, без перестройки структуры объекта при возникновении отказа его элемента;
- динамическое резервирование, при котором при отказе элемента происходит перестройка структуры схемы. В свою очередь подразделяется на:

- а) резервирование замещением, при котором функции основного элемента передаются резервному только после отказа основного;
- б) скользящее резервирование, при котором несколько основных элементов резервируется одним или несколькими резервными, каждый из которых может заменить любой основной (те. группы основных и резервных элементов идентичны).

3) по состоянию резерва:

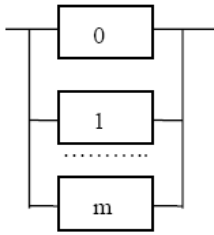
- нагруженное резервирование, при котором резервные элементы (или один из них) находятся в режиме основного элемента;
- облегченное резервирование, при котором резервные элементы (по крайней мере один из них) находятся в менее нагруженном режиме по сравнению с основными;
- ненагруж резерв, при котором резер элем до начала выполн ими функций наход в ненагруж режиме.

Осн характ структ резервирования явл **кратность резервирования** - отнош числа резервных элем к числу резервируемых ими осн элем, выраженное несокращаемой дробью (типа 2:3; 4:2 и т.д.). Резервирование одного основного элемента одним резервным (т.е. с кратностью 1:1) называется **дублированием**.

Московская финансово-промышленная академия

21. Расчет надежности системы с постоянным резервированием.

При постоянном резервировании резервные элементы 1, 2, ..., m соединены параллельно с основным (рабочим) элементом в течении всего периода работы системы. Все элементы соединены постоянно, перестройка схемы при отказах не происходит, отказавший элемент не отключается.



Определим вероятность отказа системы.

$$q_c(t) = \prod_{j=0}^m q_j(t)$$

Вероятность безотказной работы системы.

$$P_c(t) = 1 - q_c(t) = 1 - \prod_{j=0}^m [1 - P_j(t)].$$

Будем называть элементы системы равнонадёжными, если

$P_j(t) = P(t); j = 0, 1, \dots, m$. Для равнонадёжных элементов имеем

$$q_c(t) = q^{m+1}(t)$$

$$P_c(t) = 1 - [1 - P(t)]^{m+1}.$$

При экспоненциальном законе надёжности отдельных элементов имеем

$$P_j(t) = P(t) = e^{-\lambda t}.$$

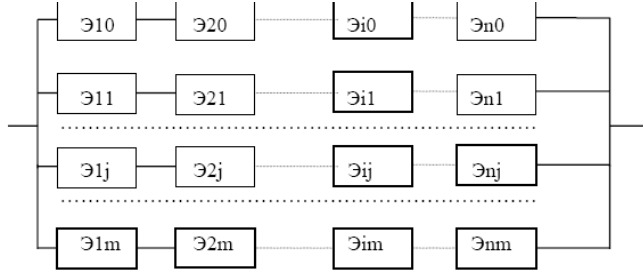
Определим среднее время безотказной работы резервированной системы

$$m_{tc} = \frac{1}{\lambda} \sum_{i=0}^m \frac{1}{1+i}$$

Московская финансово-промышленная академия

22. Расчет надежности системы с постоянным общим резервированием.

Резервирование называется общим, если резервируется вся система, состоящая из последовательного соединения n элементов.



Основная цепь содержит n элементов.

Число резервных цепей равно m , кратность резервирования равна m . Общее число резервных элементов равно mn .

Определим количественные характеристики надёжности в случае постоянного включения резервных цепей.

Введём обозначения

$(P_{i0} t)$, $i = 1, 2, \dots, n$ - вероятность безотказной работы элемента Э_{i0} ;

$(P_{ij} t)$, $j = 1, 2, \dots, m$; $i = 1, 2, \dots, n$ - вероятность безотказной работы элемента Э_{ij} .

Запишем вероятность безотказной работы j - ой цепи

$$P_j(t) = \prod_{i=1}^n P_{ij}(t); \quad j = 0, 1, \dots, m$$

Вероятность отказа j - ой цепи $q_j(t) = 1 - P_j(t) = 1 - \prod_{i=1}^n P_{ij}(t)$;

Определим вероятность безотказной работы системы

$$P_c(t) = 1 - q_c(t) = 1 - \prod_{j=0}^m \left[1 - \prod_{i=1}^n P_{ij}(t) \right].$$

При экспоненциальном законе:

$$\boxed{q_c(t) = (1 - e^{-\lambda_0 t})^{m+1}} \quad \boxed{P_c(t) = 1 - q_c(t) = 1 - (1 - e^{-\lambda_0 t})^{m+1}};$$

Интенсивность отказов системы:

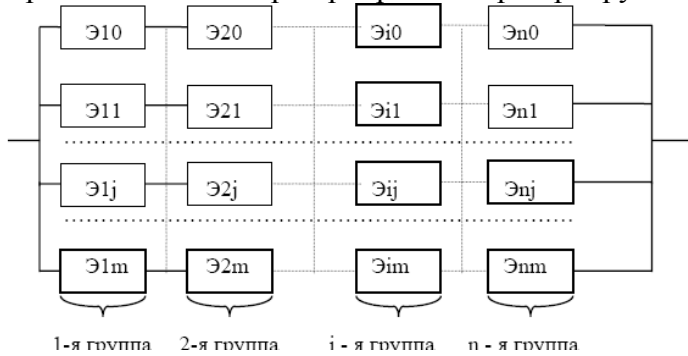
$$\boxed{\lambda_c(t) = \frac{\lambda_0 (m+1) e^{-\lambda_0 t} (1 - e^{-\lambda_0 t})^m}{1 - (1 - e^{-\lambda_0 t})^{m+1}}};$$

с увеличением кратности резервирования m среднее время безотказной работы растёт, но очень медленно. Наибольший прирост наблюдается при переходе от нерезервированной системы к резервированной с кратностью $m = 1$.

Московская финансово-промышленная академия

23. Расчет надежности системы с постоянным поэлементным резервированием.

При поэлементном резервировании резервируются отдельно элементы системы.



Определим количественные характеристики надёжности системы.

Введём обозначения:

$P_{i0}(t)$, $i = 1, 2, \dots, n$ - вероятность безотказной работы элемента $\text{Э}i0$ на интервале времени $(0, t)$;

$P_{ij}(t)$, $j = 1, 2, \dots, m$; $i = 1, 2, \dots, n$ - вероятность безотказной работы элемента $\text{Э}ij$ на интервале времени $(0, t)$.

Запишем вероятность отказа i - й группы.

$$q_i(t) = \prod_{j=0}^m q_{ij}(t), \quad i = 1, 2, \dots, n.$$

Запишем вероятность безотказной работы i - ой группы. Имеем

$$P_i(t) = 1 - q_i(t) = 1 - \prod_{j=0}^m [1 - P_{ij}(t)].$$

Запишем вероятность безотказной работы системы с поэлементным резервированием

$$P_c(t) = P_1(t) P_2(t) \dots P_n(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t)$$

$$P_c(t) = \prod_{i=1}^n \left\{ 1 - \prod_{j=0}^m [1 - P_{ij}(t)] \right\}$$

Московская финансово-промышленная академия

24. Режим облегченного резерва.

Облегченное резервирование используется при большой инерционности переходных процессов, происходящих в элементе при его переходе из резервного в основной режим, и нецелесообразности применения нагруженного резервирования из-за недостаточного выигрыша в надежности. Очевидно, облегченный резерв занимает промежуточное положение между нагруженным и ненагруженным.

В режиме облегченного резерва резервные элементы находятся в режиме недогрузки до момента их включения в работу. Пусть λ_1 - интенсивность отказа резервного элемента в режиме недогрузки до момента их включения в работу. λ_0 - интенсивность отказа резервного элемента в состоянии работы.

$$m_{tc} = \frac{1}{\lambda_0} \sum_{i=0}^m \frac{1}{1 + ik}; \quad \text{где } k = \frac{\lambda_1}{\lambda_0}.$$

$$\lambda_c(t) = \frac{f_c(t)}{P_c(t)} = \lambda_0 \left[1 - \frac{\lambda_1}{\lambda_0} e^{-\lambda_1 t} \frac{\sum_{i=1}^m \frac{a_i}{(i-1)!} (1 - e^{-\lambda_1 t})^{i-1}}{1 + \sum_{i=1}^m \frac{a_i}{i!} (1 - e^{-\lambda_1 t})^i} \right];$$

Точные выражения для расчета надежности систем при облегченном резервировании весьма громоздки и неоднозначны, однако при экспоненциальном распределении наработки справедлива приближенная формула

$$P = \frac{1}{(l+1)!} \lambda (\lambda + \lambda_0) (\lambda + 2\lambda_0) \dots [\lambda l \lambda_0] \cdot t^{l+1} = \frac{t^{l+1}}{(l+1)!} \prod_{i=0}^l (\lambda + i\lambda_0),$$

где λ_0 - интенсивность отказов элементов в облегченном режиме,

l – кратность резервирования.

Московская финансово-промышленная академия

25. Режим нагруженного резерва.

Расчет систем с **нагруженным резервированием** осуществляется по формулам последовательного и параллельного соединения элементов аналогично расчету комбинированных систем (п. 3.5). При этом считается, что резервные элементы работают в режиме основных как до, так и после их отказа, поэтому надежность резервных элементов не зависит от момента их перехода из резервного состояния в основное и равна надежности основных элементов.

Для системы с последовательным соединением n элементов (рис. 2.1) при общем резервировании с кратностью l (рис. 4.1, а)

$$P_{об} = 1 - (1 - P)^{l+1} = 1 - (1 - \prod_{i=1}^n p_i)^{l+1}.$$

В частности, при дублировании ($l=1$)

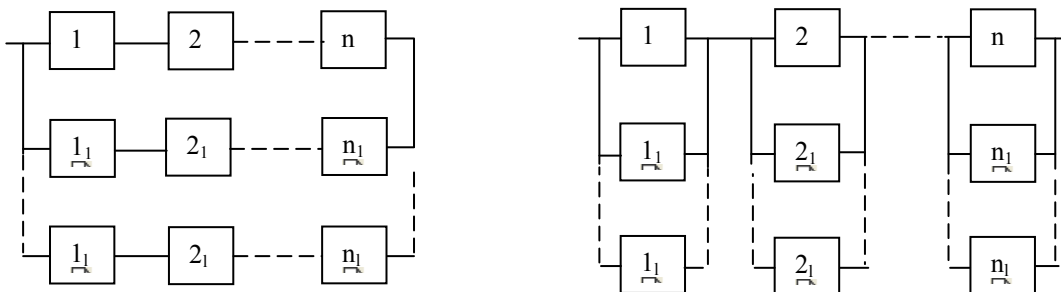
$$P_{об} = 1 - (1 - P)^2 = P(2 - P).$$

При раздельном резервировании (рис. 4.1, б)

$$P_{раз} = \prod_{i=1}^n [1 - (1 - p_i)^{l+1}],$$

а при раздельном дублировании ($l=1$)

$$P_{раз} = \prod_{i=1}^n [1 - (1 - p_i)^2] = \prod_{i=1}^n p_i(2 - p_i) = p \prod_{i=1}^n (2 - p_i).$$



а)

б)

Рис. 4.1. Общее (а) и раздельное (б) нагруженное резервирование

Тогда коэффициенты выигрыша надежности по вероятности безотказной работы при

дублирование $G_{об} = \frac{P_{об}}{P} = 2 - P, \quad G_{раз} = \frac{P_{раз}}{P} = \prod_{i=1}^n (2 - p_i), \quad (4.8)$

откуда следует, что раздельное резервирование эффективнее общего.

Московская финансово-промышленная академия

26. Режим ненагруженного резерва.

При *ненагруженном резервировании* резервные элементы последовательно включаются в работу при отказе основного, затем первого резервного и т.д. (рис.1), поэтому надежность резервных элементов зависит от момента их перехода в основное состояние. Такое резервирование в различных ТС встречается наиболее часто, т.к. оно по сути аналогично замене отказавших элементов и узлов на запасные.

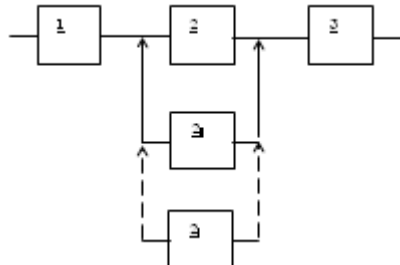


Рис.1. Ненагруженное резервирование

Если резервные элементы до их включения абсолютно надежны, то для системы с ненагруженным резервированием кратности l (всего элементов $l+1$)

$$Q = \frac{1}{(l+1)!} \prod_{i=1}^{l+1} q_i, \quad P = 1 - \frac{1}{(l+1)!} \prod_{i=1}^{l+1} (1 - p_i),$$

т.е. вероятность отказа в $(l+1)!$ раз меньше, чем при нагруженном (параллельном соединении, см.

формулу $Q = q_1 q_2 \dots q_n = \prod_{i=1}^n q_i = \prod_{i=1}^n (1 - p_i)$).

Для идентичных по надежности основного и резервного элементов

$$P = 1 - \frac{1}{(l+1)!} (1 - p)^{l+1}$$

При экспоненциальном распределении наработки (простейшем потоке отказов, см. 1.7) в случае $\lambda t \ll 1$ можно воспользоваться приближенной формулой

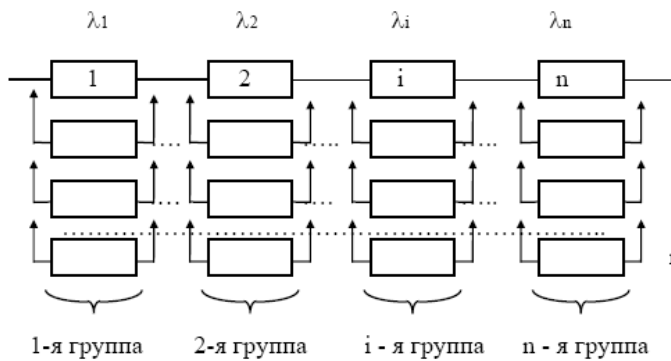
$$P \approx 1 - \frac{(\lambda t)^{l+1}}{(l+1)!}.$$

При ненагруженном резервировании средняя наработка на отказ

$$T = \sum_{i=1}^{l+1} T_{0i}, \text{ а для идентичных элементов } T_0 = n T_{0i}.$$

Московская финансово-промышленная академия

27. Основные количественные характеристики надежности при поэтапном резервировании замещением.



Здесь n - число элементов основной (резервируемой) системы; m - кратность резервирования; λ_i - интенсивность отказов элемента i - го типа основной системы. Вероятность безотказной работы системы вычисляется по формуле

$$P_c(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t);$$

где $P_i(t)$ - вероятность безотказной работы элемента i - го типа резервированного по способу замещения.

$$P_i(t) = e^{-\lambda_i t} \sum_{i=0}^m \frac{(\lambda_i t)^i}{i!}.$$

Холодный резерв

$$P_i(t) = e^{-\lambda_i t} \left[1 + \sum_{i=0}^m \frac{a_i}{i!} (1 - e^{-\lambda t})^i \right]; \quad a_i = \prod_{j=0}^{i-1} \left(j + \frac{\lambda_i}{\lambda} \right);$$

Тёплый резерв

Здесь λ - интенсивность отказа резервного элемента i - го типа в режиме недогрузки до момента включения его в работу:

$$P_c(t) = \prod_{i=1}^n \left[e^{-\lambda_i t} \sum_{i=0}^m \frac{(\lambda_i t)^i}{i!} \right];$$

Холодный резерв

$$P_c(t) = \prod_{i=1}^n \left\{ e^{-\lambda_i t} \left[1 + \sum_{i=0}^m \frac{a_i}{i!} (1 - e^{-\lambda t})^i \right] \right\}.$$

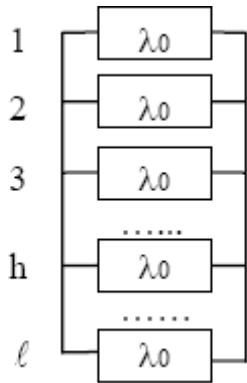
Тёплый резерв

Московская финансово-промышленная академия

28. Анализ надёжности систем при резервировании с дробной кратностью и постоянно включенным резервом.

Определим количественные характеристики надёжности при постоянно включенном резерве. Резервированная система состоит из l отдельных систем. Для её нормальной работы необходимо, чтобы исправными были не менее чем h систем. Кратность резервирования такой системы равна:

$$m = \frac{l - h}{h}$$



Допущения:

- 1) Отказы элементов удовлетворяют условиям простейшего потока случайных событий;
- 2) Переключающие устройства идеальны.

- 3) Основные и все резервные системы равнонадёжны.

Эти допущения означают, что для любой отдельно взятой системы справедлив

экспоненциальный закон надёжности, причём все резервные элементы находятся в рабочем

состоянии с момента включения резервированной системы в работу.

Резервированная указанным способом система будет работать нормально

при следующих возможных ситуациях:

- ни одна из систем не отказала, - отказала одна система, - отказали две системы,, - отказали $l - h$ систем

Принимая указанные ситуации за гипотезы, вероятность безотказной работы можно записать в виде

$$P_c = \sum_{i=0}^{l-h} P(H_i);$$

где H_i - гипотеза, заключающаяся в том, что резервированная система работает исправно при отказе i - любых систем; $P(H_i)$ - вероятность появления гипотезы H_i ; $l - h$ - число резервных систем.

Отказы отдельных систем являются событиями независимыми, происходящими при одинаковых условиях работы отдельных систем. В этом случае к приведённым гипотезам применима частная теорема о повторении опытов, и вероятности гипотез подчинены биномиальному распределению:

$$P(H_i) = C_l^i P_0^{\ell-i} q_0^i; \quad C_l^i = \frac{l!}{i!(l-i)!},$$

где P_0 - вероятность безотказной работы одной системы; q_0 - вероятность отказа одной системы.

При принятых допущениях $P_0(t) = e^{-\lambda_0 t}$, где λ_0 - интенсивность отказов любой одной из l систем.

Московская финансово-промышленная академия

29. Надёжность ПО.

Исследования в области программной надёжности находятся на начальном этапе своего развития. Целесообразно выделить две стороны программного обеспечения объекта: программную надёжность объекта - свойство объекта выполнять заданные функции, обусловленные качеством программного обеспечения; надёжность программного обеспечения – свойство программного обеспечения выполнять предписанные ему требования.

Программная надёжность изделия проявляется при совместной работе аппаратуры и программы. Она характеризует способность изделия выполнять заданные функции при условии, что программа будет находиться в том или другом состоянии.

Надёжность программного обеспечения характеризует качественное состояние программы. Её иногда называют правильностью программы, корректностью программы, надёжностью программы.

Программная надёжность объекта - это то, что интересует его потребителя. Для её обеспечения необходимо, чтобы программа была “правильной”, “корректной”, “надёжной”, т.е. чтобы она не содержала ошибок. Может оказаться, что некоторые из ошибок совсем не проявятся при работе объекта или, наоборот, при работе объекта обнаружатся дополнительные несовершенства (“ошибки”) программы. Однако очевидно, что необходимым условием надёжной работы объекта является “корректность” программ, т.е. отсутствие в них ошибок.

Можно выделить следующие характеристики и количественные показатели надёжности ПО:

1. **Безотказность.** -способность ПО выполнять заданные функции в заданных условиях эксплуатации технической системы. Будем считать, что отказ программы - это результат проявления скрытой ошибки. Следует иметь в виду, что входные данные и данные создаваемые программой, не являются элементами ПО, поскольку их надёжность связана с работой внешних устройств и аппаратной части системы. Только константы, вводимые программистом, считаются частью ПО.
2. **Устойчивость.** -определяет способность системы выполнять заданные функции в условиях действия помех (ошибок, сбоев, отказов), возникающих во внепрограммных источниках (техническое обеспечение, исходные данные). При оценке устойчивости ПО должны быть заданы параметры окружающей среды, по отношению к которой оценивается устойчивость программ.
3. **Корректируемость.** Этот показатель надёжности ПО аналогичен показателю ремонтпригодности радиоэлектронной аппаратуры, характеризует приспособленность ПО к поиску и устранению ошибок и внесению в него изменений в ходе эксплуатации. Он используется для характеристики восстанавливаемых в ходе эксплуатации программ. Показатели корректируемости: время корректировки T_k , вероятность корректировки программы за заданное время $P_k(t)$, коэффициент готовности $kГ$, параметр потока корректировок $\omega_k(t)$.
4. **Защищённость и долговечность.** Дополнительными характеристиками надёжности ПО являются: показатель защищённости от посторонних вмешательств в работу ПО и показатель долговечности, характеризующий свойства программ избегать морального старения при длительном использовании. Защищённость характеризуется вероятностью внесения искажений при постороннем вмешательстве, а долговечность - временем отказа ПО вследствие морального старения.

Московская финансово-промышленная академия

30. Критерии надёжности сложных комплексов программ.

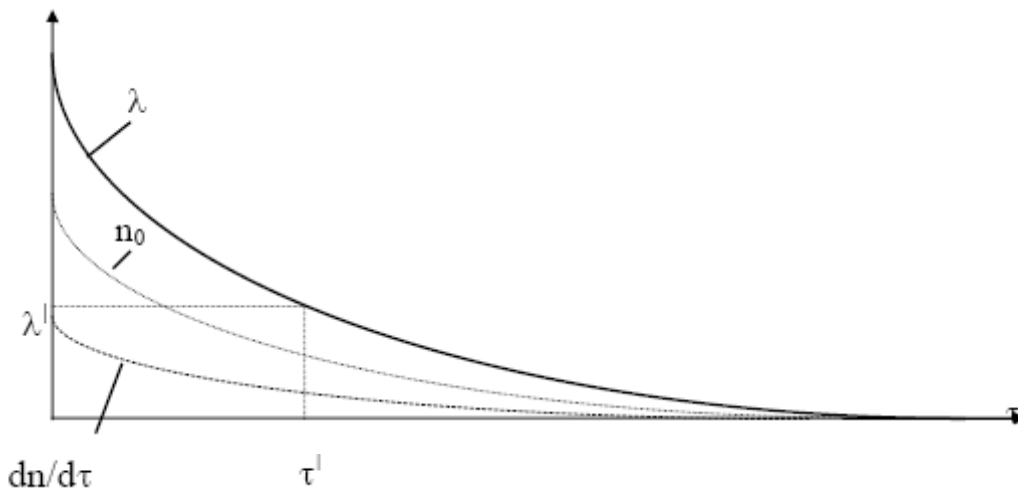
Для оценки надёжности программ, как и при исследовании характеристик аппаратуры, как правило, приходится ограничиваться интегральными показателями наработки на отказ и средним временем восстановления. Определение остальных показателей сопряжено с большими трудностями, которые обусловлены тем, что для определения показателей надёжности комплексов программ необходимы длительные эксперименты или сложные расчёты при определённых исходных данных.

Оценка достоверности результатов и надёжности функционирования комплекса программ представляет собой сложную задачу из-за “проклятия размерности”. Естественным становится статистический подход к анализу надёжности функционирования и статистическая оценка достоверности результатов. Качество отладки определяется интенсивностью (частотой) отказов и значениями ошибок в выходных результатах, полученными за счёт невыявленных ошибок в программах и искажений исходных данных.

Интенсивность (частота) отказов в комплексе программ иначе называется как частота проявления ошибок в комплексе программ. Точное определение полного количества ошибок в программе прямыми методами измерения невозможно. Имеются только косвенные пути статистической оценки их полного количества. Такие оценки базируются на построении математических моделей в предположении жёсткой корреляции между общим количеством и проявлениями ошибок в комплексе программ после его отладки в течении времени τ , т.е. между следующими параметрами:

- суммарным количеством ошибок n_0 в комплексе программ,
- количеством ошибок, выявляемых в единицу времени $dn/d\tau$ в процессе тестирования и отладки при постоянных усилиях на их проведение;
- интенсивностью отказов λ или числом искажений результатов на выходе комплекса программ вследствие невыявленных ошибок при нормальном функционировании системы в единицу времени.

На рис. показаны зависимости n_0 , $dn/d\tau$ и λ от времени отладки (масштабы по оси ординат не совпадают)



Московская финансово-промышленная академия

31. Контроль и диагностика информационных систем. Общие положения.

Контроль ИС-процессы, обеспечивающие обнаружение ошибок в их функционировании, вызванные отказами аппаратуры, ошибками программ и другими причинами.

Ошибки проектирования:

- программные-порождаемые неправильным использованием команд, операторов, адресации.
- алгоритмические-возникают из-за неадекватности модели реальному процессу, неправильному выбору численного метода решения задачи.
- системные-появляются вследствие неправильного взаимодействия алгоритмов друг с другом при функционировании системы.

Ошибки проектирования. К ним относят ошибки в документации, аппаратуре или программном обеспечении.

Ошибки операторов возникают вследствие плохой организации технической эксплуатации.

Ошибки исходных данных возникают в ИС, гад большое кол-во исходной инф-и подготавливается вручную.

Средства контроля ИС: программные, аппаратные, смешанные.

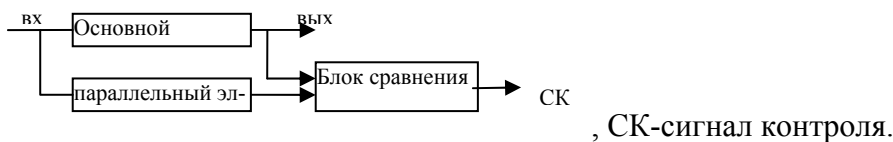
Характеризуются 3 параметрами:

- 1)полнота. Оценивается как доля отказов, обнаруживаемых в результате контроля, от общего числа отказов.
- 2)время обнаружения ошибки. Определяется как интервал времени от момента возникновения до момента ее обнаружения.
- 3)сложность средств контроля характеризуется массой, размерами, стоимостью потребляемой энергии, памятью и др. параметрами ап-х средств.

По характеру контроль бывает: оперативный и тестовый. Оперативный – осуществляется в процессе работы. Тестовый – осуществляется в специально отведенные промежутки времени.

По способу организации: прямой, обратный, смешанный.

1.Прямой контроль:



Недостатки: -необходимость дополнительного аппаратного обеспечения

-если оба элемента работают неверно, они могут выдать одинаковый неверный результат

2.Обратный контроль:



Недостатки: - дополнительная ап.часть

-по времени выполняется дольше

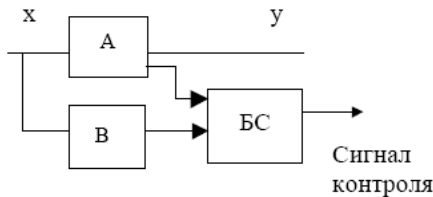
-ограниченность по классу решаемых задач.

Московская финансово-промышленная академия

32. Методы аппаратного контроля (Контроль дублированием, по модулю, хранения или передачи числа)

При аппаратном контроле в состав узла или устройства вводится избыточная (контрольная) аппаратура, которая функционирует одновременно с основной. Сигналы, возникающие в процессе работы основной и контрольной аппаратуры, по определенным законам сравниваются между собой. В результате этого сопоставления вырабатывается информация о правильности функционирования контролируемого узла или устройства.

Контроль дублированием. Контроль дублированием является наиболее простым способом аппаратного контроля. Суть метода состоит в том, что два одинаковых операционных устройства A и B работают синхронно при одинаковых исходных данных. В случае возникновения ошибки в одном из них, результаты на выходах A и B будут различаться, что фиксируется устройством сравнения.



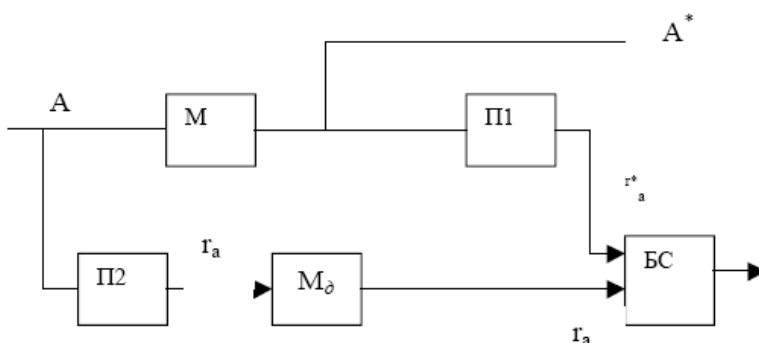
Полнота контроля дублированием приближается к единице. Необнаружение ошибки может произойти по двум причинам: а) если в устройствах A и B одновременно возникнут одинаковые ошибки; б) если откажет устройство сравнения.

Недостатком контроля дублированием является большое количество необходимой аппаратуры, а также то, что сравнение сигналов на выходе устройств позволяет обнаруживать ошибку не сразу, а только при появлении ошибочных результатов на выходе.

Контроль по модулю. Основан на группировании чисел в классы эквивалентности. Если в случае возникновения ошибки число переходит в другой класс эквивалентности, то такая ошибка обнаруживается простыми средствами. В противоположном случае ошибка не обнаруживается. В один и тот же класс эквивалентности входят числа, сравнимые по модулю. В случае, когда числа A_1 и A_2 имеют одинаковые остатки $ra_1=ra_2$, то говорят, что A_1 и A_2 сравнимы по модулю q . С каждым остатком по модулю q сравнимо некоторое множество чисел. Все они называются сравнимыми между собой по модулю q и составляют класс чисел, сравнимых по модулю q .

Таким образом, разбив все кодовые слова на классы, можно параллельно с основной операцией в контролируемом устройстве выполнять в контролирующем устройстве аналогичную операцию над их остатками. Результаты, полученные в этих устройствах, будут принадлежать к одному классу.

Контроль хранения или передачи числа. Пусть число A передается по каналу связи или записывается на магнитный носитель M . Тогда при помощи преобразователя $П2$ образуется остаток ra , который передается дополнительным каналом связи (или записывается в дополнительное запоминающее устройство M_d). Пропускная способность дополнительного канала (или объем памяти дополнительного ЗУ) при этом значительно меньше тех же характеристик основного канала или ЗУ, т.к. разрядность остатка ra намного меньше разрядности числа A . Принятое(или считанное) число A^* , которое, возможно, содержит искажения, подвергается также преобразованию $П1$ с образованием остатка ra^* , который затем сравнивается с остатком ra . При несовпадении формируется соответствующий сигнал контроля.





Московская финансово-промышленная академия

33.Методы аппаратного контроля (числовой контроль арифметических операций)

Московская финансово-промышленная академия

34. Программно-логические методы контроля (алгоритмический и логический контроль)

Необходимость программного контроля обусловлена недостатками существующих аппаратных методов контроля: недостаточными полнотой охвата и глубиной контроля всех устройств, большими затратами оборудования и, как следствие, большой стоимостью.

Алгоритмическим контролем называются специальные программные методы проверки правильности реализации с помощью ЭВМ алгоритмов обработки информации и управления. Под реализацией алгоритмов понимается как процесс вычислений, так и преобразование потока информации в требуемую форму для последующей обработки или передачи потребителю. Алгоритмический контроль предназначен для обнаружения и исправления случайных сбоев. При этом виде контроля задача

решается дважды: один раз по усеченному (упрощенному) алгоритму, а второй раз - по основному.

Полученные результаты сравниваются между собой по формуле $|X_{i0} - X_{iy}| \leq \Delta X_i$.

где x_{i0} - результаты решения задачи по основному алгоритму в i -м цикле вычислений; x_{iy} - то же, но по усеченному алгоритму; $i \Delta X$ - величина невязки, в пределах которой расхождения между x_{i0} и x_{iy} в i -м цикле считаются допустимыми.

Под усеченным алгоритмом понимают такой алгоритм, который позволяет рассчитать те же параметры, что и основной алгоритм, но за более короткое время с использованием специальных логических приемов и с учетом особенностей построения алгоритма.

Логический контроль основан на избыточности исходной, промежуточной и результирующей информации, используемой при вычислениях. Наличие избыточности позволяет в ряде случаев находить определенные *контрольные соотношения*, при помощи которых можно обнаружить грубые ошибки.

а). Контроль по предельным значениям вычисляемых параметров.

Этот вид контроля состоит в проверке ряда условий, которые определяются физической сущностью контролируемого параметра или математическими соотношениями.

Например, правильность вычисления значений вероятностей различных событий контролируется по выполнению соотношения $0 \leq P \leq 1$.

Если вычисляются углы A, B, C треугольника, то правильность их определения можно проконтролировать по выполнению равенства

$$A + B + C - \pi = 0.$$

Одним из частных случаев этого метода контроля является контроль скорости изменения переменных. Он применяется для контроля переменных x_i , имеющих некоторый физический смысл и являющихся непрерывными функциями

времени. Сущность контроля заключается в том, что определяется скорость изменения переменной

$$\frac{dx_i}{dt} \approx \frac{x_i(t) - x_i(t + \Delta t)}{\Delta t}$$

и проверяется условие $x_i \min \leq x_i \leq x_i \max$.

Московская финансово-промышленная академия

35. Программно-логические методы контроля (с использованием дополнительных переменных, контроль обратным пересчетом и контроль повторным счетом).

Контрольные соотношения с использованием дополнительных переменных.

Метод состоит во введении искусственных переменных, которые либо связаны известными соотношениями с основными переменными, либо значения этих переменных при определенных условиях известны заранее.

Пусть решается алгебраическое уравнение

$$P_n(x) = a_0x^n + a_1x^{n-1} + \dots + a_{n-1}x + a_n = 0$$

корни которого $X(k=1,2,\dots,n)$.

Перейдем к новому уравнению $P_{n+1}(x) = (x-a) \cdot P_n(x) = 0$

корни которого обозначим $X(l=1,2,\dots,n,n+1)$. Первые n корней вспомогательного уравнения совпадают с корнями исходного, а последний $(n+1)$ -й корень равен a . Тогда алгоритм контроля правильности функционирования программы решения алгебраического уравнения будет состоять в следующем:

- перейти от исходного уравнения к вспомогательному;
- найти все корни x_l вспомогательно уравнения;
- для каждого полученного значения корня осуществить проверку $|x_l - a| < \varepsilon$.

Если хотя бы для одного из корней неравенство выполняется, считается, что уравнение решено верно.

Метод находит ограниченное применение, так как в общем случае отыскиваются не все корни уравнения.

Контроль обратным просчетом.

В данном методе по полученному результату находят исходные данные (аргументы) и сравнивают их с начальными исходными данными. Если они совпадают (с заданной точностью), то полученный результат считается верным.

Например, выполняется контроль правильности работы подпрограммы, вычисляющей $y = \sqrt[3]{x}$.

Для этого можно возвести в куб результат и предусмотреть проверку условия: $|y^3 - x| \leq \varepsilon$

При выполнении этого условия делается вывод о правильности работы подпрограммы.

Достоинство этого метода состоит в том, что он обнаруживает ошибки, возникшие как в результате сбоев, так и отказов.

Контроль повторным счетом.

Сущность метода заключается в том, что отдельные действия по передаче данных, переработке информации и т.д. повторяются многократно. Полученные при этом результаты сравниваются между собой. Правильным считается тот, который дает наибольшее количество совпадений.

Контроль повторным счетом позволяет с вероятностью, равной единице, обнаруживать ошибки, возникающие в результате сбоев, и практически не обнаруживает ошибок, возникающих в результате отказов аппаратуры.

Московская финансово-промышленная академия

36. Тестовый контроль.

На вход системы подается специально подобранная информация. Сравнивается реакция устройства с эталонными значениями. Тестовый контроль позволяет определять работоспособность только в заданный момент времени. Он не может быть использован для проверки состояния устройств в процессе выполнения ими основной задачи, но может применяться периодически в процессе функционирования ЭВМ между решениями основных задач.

Тестовый контроль устройств ЭВМ осуществляется при помощи специальных тест-программ, составленных из отдельных блоков. Все блоки построены по единому принципу: вначале осуществляется подача на вход устройства входного слова, затем происходит сравнение выходного слова с эталоном. Если они совпали, переходят к выполнению следующего блока, если не совпали, то автоматическая проверка прекращается.

Различают два вида контроля:

1) проверка на постоянных словах. Входные слова (данные) подбираются заблаговременно, в процессе контроля не меняются.

+малое время выполнения

+ Обеспечивается максимальный охват проверяемых элементов.

- занимает большой объем памяти. Требуются большие затраты времени на их построение.

2) проверка на переменных словах. Входные слова формируются по случайному закону, сравнение с эталоном осуществляется косвенным образом. Позволяет провести проверки с большой глубиной.

Проверка на постоянных словах производится со специально подобранными словами, при работе с которыми все отказы проявляются в виде искажений заранее известных выходных слов.

Проверка на переменных словах производится следующим образом. При помощи генератора случайных слов формируются несколько случайных операндов a , b , c , d , над которыми производятся либо две одинаковые операции и результаты сравниваются, либо две взаимно-обратные операции и результаты сравниваются с нулем.

Затем формируются новые случайные операнды и вновь производятся те же операции. После многократного повторения данного участка тест-программы переходят к следующему участку. При достаточно большом количестве повторений каждого участка получают весьма высокую вероятность обнаружения отказа в аппаратуре.

Московская финансово-промышленная академия

37. Основные задачи создания отказоустойчивых систем.

При создании новых систем для обработки информации перед разработчиками стоят две основные задачи: а) достижение высокой производительности; б) обеспечение высокой надежности:

-Предотвращение отказов системы реализуется путем повышения технологического уровня изготовления компонентов ИС, минимизации ошибок разработчиков, программистов, операторов.

-Создание отказоустойчивых систем.

Отказоустойчивость – свойство архитектуры ИС, обеспечивающее выполнение заданных функций в случаях, когда в аппаратных и программных средствах системы возникают отказы.

По способу реализации отказоустойчивость подразделяется на активную и пассивную. *Активная отказоустойчивость*: Отказы обнаруживаются средствами контроля, локализуются при помощи средств диагностики и устраняются автоматической реконфигурацией системы.

Пассивная отказоустойчивость связана с увеличением количества аппаратуры в несколько раз; она применяется обычно тогда, когда недопустимы даже кратковременные перерывы в работе ИС. Отказ маскируется системой.

Отказоустойчивость системы обеспечивается введением избыточности.

Параметрическая избыточность выражается в облегчении режимов работы элементов и узлов аппаратуры с целью повышения их надежности.

Временная избыточность заключается в наличии дополнительного времени для решения задачи, с тем, чтобы в случае возникновения сбоев можно было исправлять их путем повторной обработки данных.

Алгоритмическая избыточность заключается в применении таких алгоритмов, которые обеспечивают удовлетворительные результаты в случае наличия или возникновения ошибок в процессе обработки информации. Алгоритмическая избыточность предполагает наличие временной избыточности и является средством ее реализации.

Структурная избыточность является наиболее эффективным видом избыточности. Она выражается в наличии дополнительных элементов, узлов, устройств в структуре системы, предназначенных для автоматической замены отказавших компонентов.

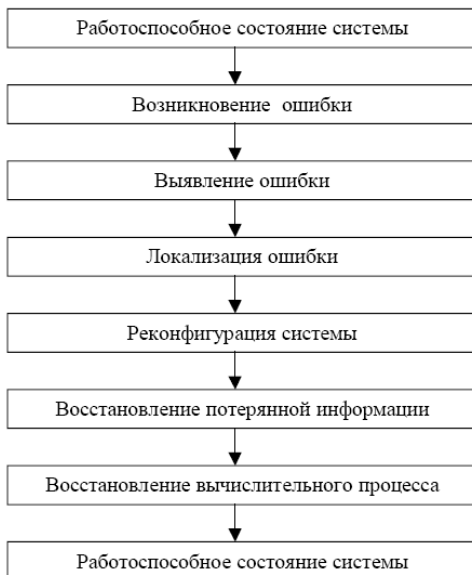


Рис. 6.1. Последовательность состояний ИС.

Московская финансово-промышленная академия

38. Способы и средства устранения последствий ошибок и отказов в ИС

два основных способа устранения последствий отказов и ошибок в работе ИС:

- маскирование ошибочных действий;
- реконфигурация системы.



Суть первого способа состоит в том, что избыточная информация скрывает действие ошибочной информации за счет особенностей схемных решений и организации процесса обработки данных. При этом используются средства устранения последствий ошибок – *средства маскирования*, которые делятся по принципу действия на следующие группы:

- *корректирующие коды* (коды Хэмминга, итеративные коды, AN-коды);
- *логика с переплетениями*;
- *схемы с голосованием*.

В последнем случае используется нечетное число блоков, выполняющих одни и те же вычислительные операции, и большинством «голосов» определяется правильный набор выходных данных.

Реконфигурация системы заключается в изменении состава средств обработки информации или способа их взаимодействия. Реконфигурация производится после выявления отказа. Этот способ устранения последствий ошибок и отказов включает:- статическую реконфигурацию;- динамическую реконфигурацию.

Статическая реконфигурация системы осуществляется путем отключения отказавших компонентов. При этом система делится на две части: активную, участвующую в работе, и пассивную, охватывающую неработоспособные компоненты системы и отключенные в ходе реконфигурации.

Динамическая реконфигурация по принципу проведения делится на следующие виды:

- *замещение* (поддержка запасом);
- *дублирование*;
- *постепенная деградация* системы (снижение функциональных способностей).

Московская финансово-промышленная академия

39. Способы восстановления отказоустойчивой ИС

Восстановление системы происходит на двух уровнях



пользуют два способа:

- *автоматическое восстановление*, реализуемое путем дополнительной реконфигурации системы. При этом предполагается, что в системе имеется ряд запасных блоков, благодаря которым она возвращается в работоспособное состояние. Производительность системы либо сохраняется, либо несколько снижается;

- *ремонт (восстановление вручную)*. В этом случае отказавший блок выводится из системы, и она либо продолжает работать с меньшей производительностью, либо приостанавливается до возвращения отремонтированного блока в активную часть ИС.

Программный уровень. Здесь осуществляется восстановление информации о состоянии системы, необходимой для продолжения ее работы. В зависимости от нарушений в работе системы (от количества ошибочной информации) можно выделить следующие способы восстановления:

- *повторение операции* на различных уровнях (команд или микрокоманд).

Повторное выполнение некоторых операций может дать правильный результат, если связанная с ними ошибка является случайной или временной (ошибка исчезает в процессе восстановления);

- *возвращение к контрольной точке*. Контрольной точкой называется некоторый этап процесса обработки информации, для которого зафиксированы (в запоминающем устройстве) промежуточные результаты и информация о состоянии системы, позволяющая возобновить обработку данных. При обнаружении ошибки система возвращается к контрольной точке, предшествующей моменту возникновения отказа, и продолжает свою работу, используя данную точку в качестве исходной;

- *повторное выполнение программы*. При этом способе восстановления все незавершенные (до возникновения отказа) программы выполняются с самого начала. Это необходимо, когда в системе разрушено такое количество информации, что восстановление путем повторного выполнения отдельных операций или участков программ невозможно. Данный способ применяется в случаях:

- если последствия отказа успели отразиться на большей части системы;
- если возможно восстановление только части вычислительных процессов;
- если продолжение работы системы при использовании других способов восстановления сопряжено с трудностями и большими затратами времени.