

---

# Надежность

# Содержание

---

- 1 Основные понятия и показатели надежности программных средств
  - 1.1 Основные понятия надежности системы
  - 1.2 Показатели качества и надежности программных средств.
- 2 Дестабилизирующие факторы и методы обеспечения надежности функционирования программных средств
  - 2.1 Модель факторов, определяющих надежность программных средств
  - 2.2 Предупреждение ошибок
  - 2.3 Обнаружение ошибок
  - 2.4 Исправление ошибок
  - 2.5 Устойчивость к ошибкам
  - 2.6 Обработка сбоев аппаратуры
- 3 Модели надежности программного обеспечения
  - 3.1 Аналитические модели надежности
  - 3.2 Модель Шумана
  - 3.3 Модель Миллса.
- 4 Эмпирические модели надежности
  - 4.1 Модель сложности
  - 4.2 Модель, определяющая время доводки программ

# Основные понятия надежности системы

---

**Надежность**-свойство объекта выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, технического обслуживания, ремонта, хранения и транспортирования ( ГОСТ 13377-75 )

Факторы надежность технических систем:

▣ **Надежность компонентов**

▣ **Дефекты в конструкции**

# Основные понятия надежности системы

---

Особенности и отличия объектов от традиционных технических систем:

1. Не ко всем программам применимы понятия и методы теории надежности;
2. При оценке качества программных компонентов неприменимы понятия надежности функционирования
3. Доминирующие факторы, определяющие надежность программ - **дефекты и ошибки проектирования и разработки;**
4. Относительно редкое разрушение программных компонентов и необходимость их физической замены приводят к принципиальному изменению понятий сбоя и отказа программ и к разделению их по длительности восстановления относительно некоторого допустимого времени простоя, для функционирования информационной системы;

# Основные понятия надежности системы

---

5. Для повышения надежности комплексов программ являются **методы автоматического сокращения длительности восстановления и преобразования отказов в кратковременные сбои;**
6. Непредсказуемость места, времени и вероятности проявления дефектов и ошибок, редкое обнаружение при реальной эксплуатации достаточно надежных программных средств, не позволяют эффективно использовать традиционные методы априорного расчета показателей надежности;
7. Традиционные методы форсированных испытаний надежности систем путем физического воздействия на их компоненты неприменимы для программных средств,

# Основные понятия надежности системы

---

Задачи теории и анализа надежности сложных программных средств:

- формулирование основных понятий, используемых при исследовании и применении показателей надежности программных средств;
- выявление и исследование основных факторов, определяющих характеристики надежности сложных программных комплексов;
- выбор и обоснование критериев надежности для комплексов программ различного типа и назначения;
- исследование дефектов и ошибок, динамики их изменения при отладке и сопровождении, а также влияния на показатели надежности программных средств;

# Основные понятия надежности системы

---

- исследование и разработка методов структурного построения сложных ПС, обеспечивающих их необходимую надежность;
- исследование методов и средств контроля и защиты от искажений программ, вычислительного процесса и данных путем использования различных видов избыточности и помехозащиты;
- разработка методов и средств определения и прогнозирования характеристик надежности в жизненном цикле комплексов программ с учетом их функционального назначения, сложности, структурного построения и технологии разработки.

# Основные понятия надежности системы

---

Состояния объекта или системы:

- **Работоспособный**
- **Неработоспособный**

**Работоспособным** называется такое состояние объекта, при котором он способен выполнять заданные функции с параметрами, установленными технической документацией.

**Неработоспособный** – противоположное состояние работоспособному

Диагноз состояния системы:

- **Тестовый** (используются специально подготовленные исходные данные и эталонные результаты, которые позволяют проверять работоспособность определенных компонентов системы.)
- **Функциональный** (организуется на базе реальных исходных данных, поступающих в систему при ее использовании по прямому назначению )



# Основные понятия надежности системы

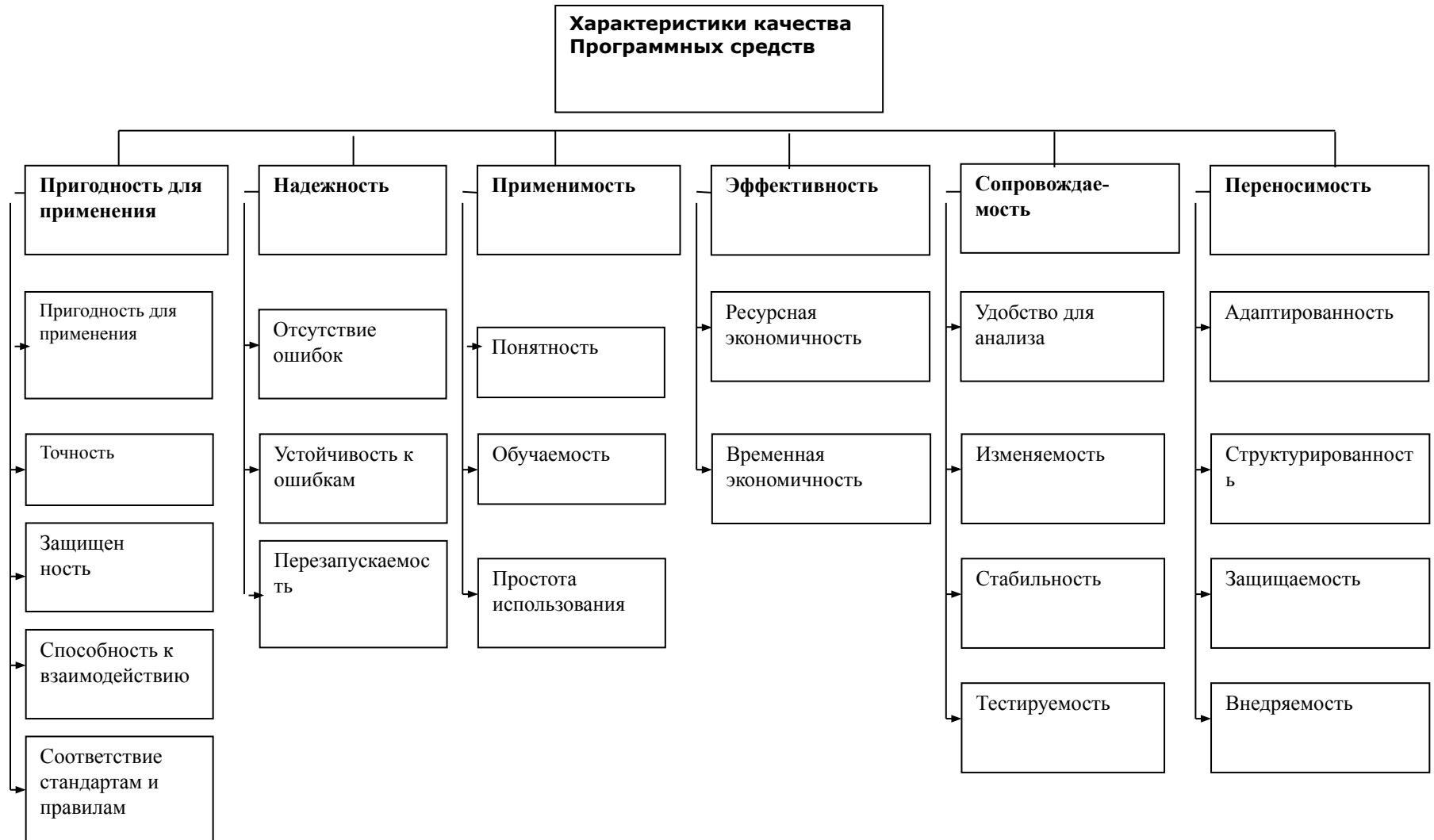
---

Задачи технической диагностики:

- контроль исправности системы и полного соответствия состояния и функций технической документации;
- проверка работоспособности системы и возможности выполнения всех функций в заданном режиме работы в любой момент времени с характеристиками, заданными технической документацией;
- поиск, выявление и локализацию источников и результатов сбоев, отказов и неисправностей в системе.

# Показатели качества и надежности программных средств

6 основных характеристик качества ПС, каждая из которых детализируется несколькими (всего 21) субхарактеристиками (ISO 9126:1991 )



# Показатели качества и надежности программных средств

---

- **Функциональная**
- **Надежность**
- **Применимость**
- **Эффективность**
- **Сопровождаемость**
- **Переносимость**

# Показатели качества и надежности программных средств

---



**Надежность** – способность ПС осуществлять безотказную работу в определенный промежуток времени

# Показатели качества и надежности программных средств

---

Модель факторов, определяющих надежность программных средств.(см. дальше)

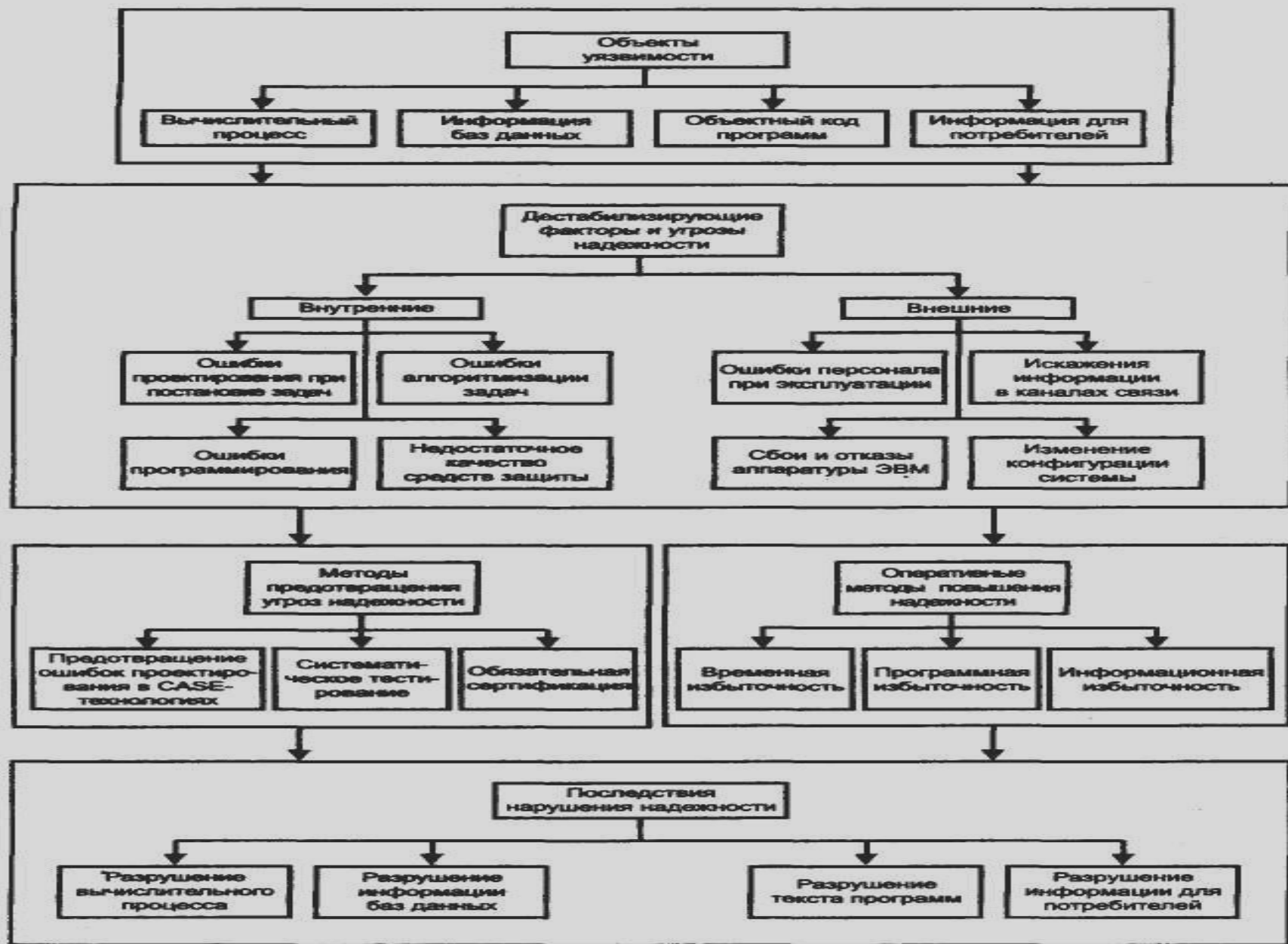


Схема модели анализа надежности программных средств

# Показатели качества и надежности программных средств



# Модель факторов, определяющих надежность программных средств

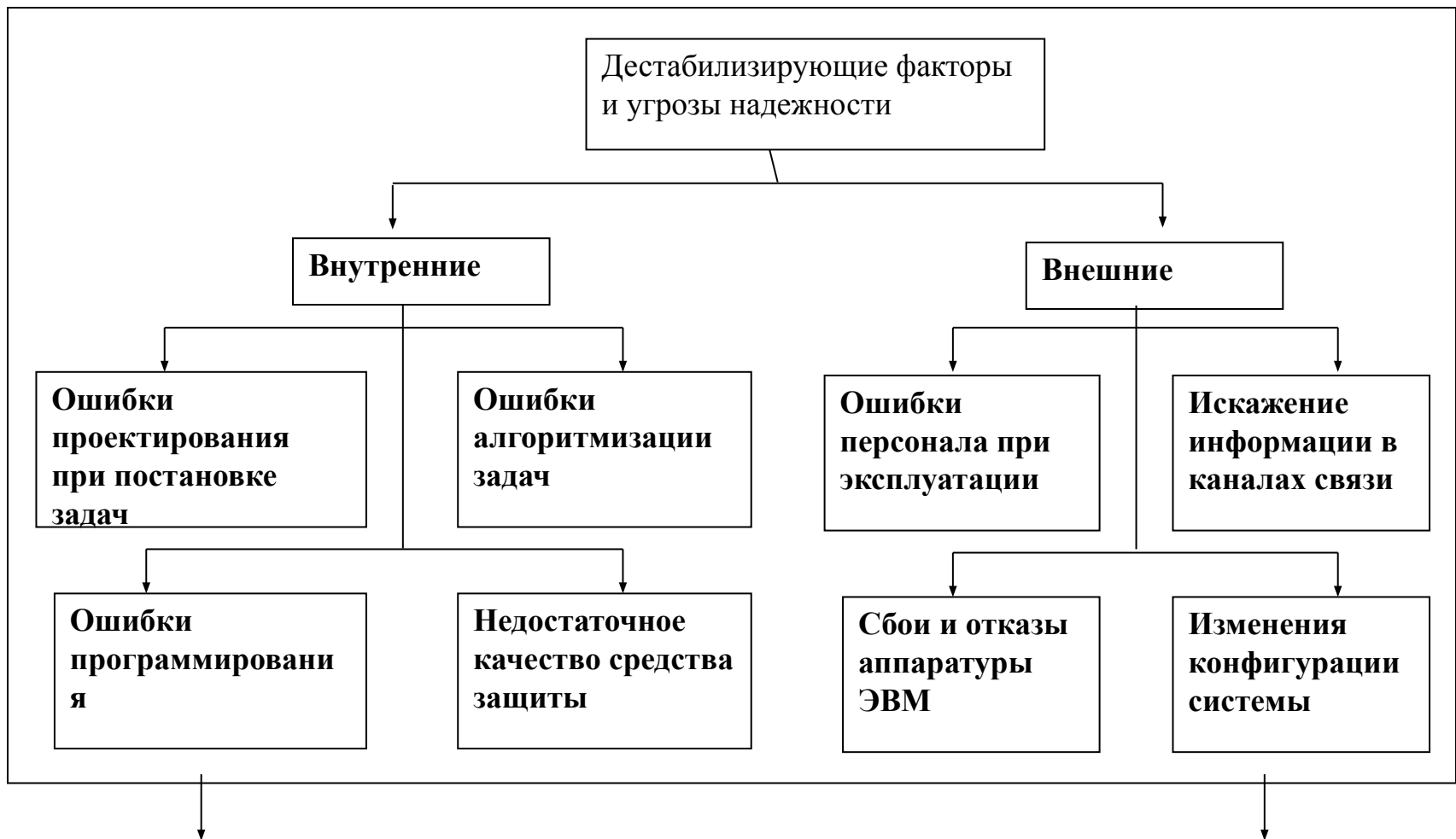
---

Объектами уязвимости, влияющими на надежность ПС, являются:

- динамический вычислительный процесс обработки данных, автоматизированной подготовки решений и выработки управляющих воздействий;
- информация, накопленная в базах данных, отражающая объекты внешней среды, и процессы ее обработки;
- объектный код программ, исполняемых вычислительными средствами в процессе функционирования ПС;
- информация, выдаваемая потребителям и на исполнительные механизмы, являющаяся результатом обработки исходных данных и информации, накопленной в базе данных.



# Модель факторов, определяющих надежность программных средств



# Дестабилизирующие факторы

---

**Внутренними источниками угроз** считаются дефекты программ:

- системные ошибки при постановке целей и задач создания ПС. при формулировке требований к функциям и характеристикам решения задач, определении условий и параметров внешней среды, в которой предстоит применять ПС;
- алгоритмические ошибки разработки при непосредственной спецификации функций программных средств, при определении структуры и взаимодействия компонентов комплексов программ, а также при использовании информации баз данных;
- ошибки программирования в текстах программ и описаниях данных, в исходной и результирующей документации на компоненты и ПС в целом;
- недостаточная эффективность используемых методов и средств оперативной защиты программ и данных от сбоев и отказов и обеспечения надежности функционирования ПС в условиях случайных негативных воздействий.

# Дестабилизирующие факторы

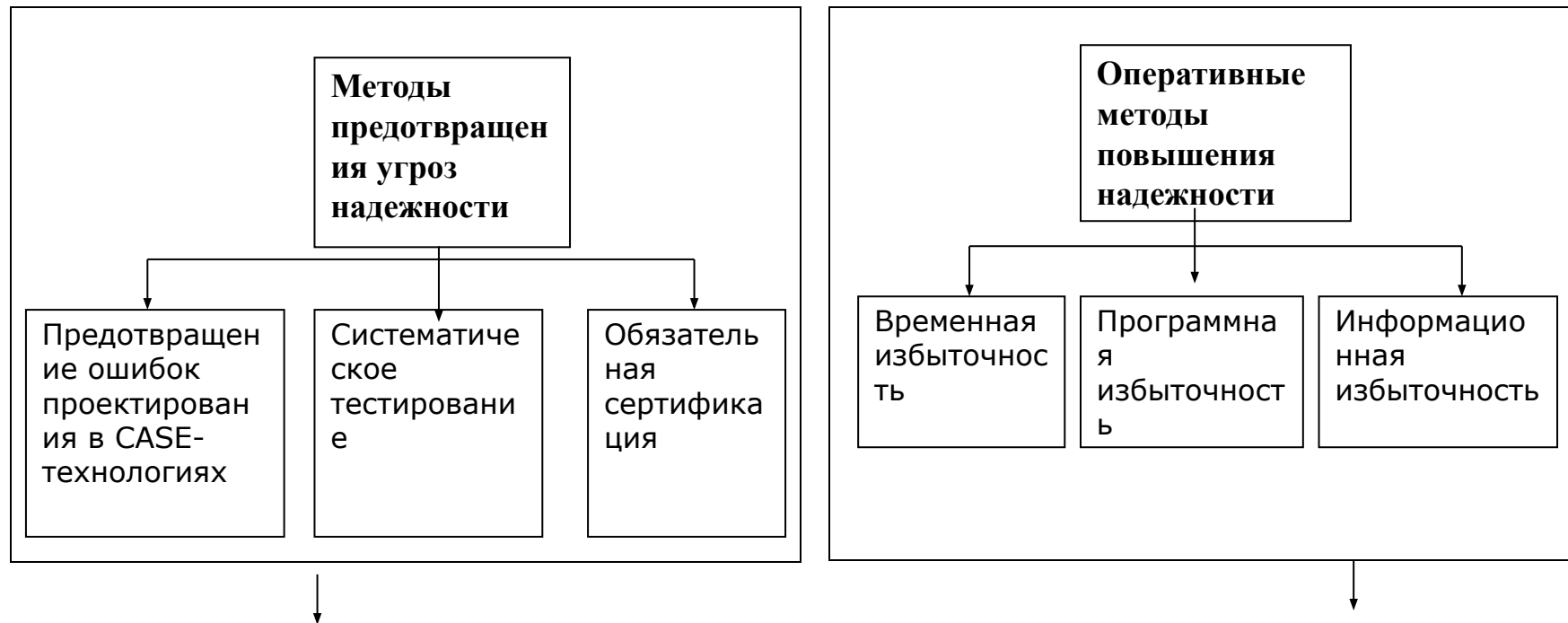
---

## Внешние дестабилизирующие факторы

- ошибки оперативного и обслуживающего персонала в процессе эксплуатации ПС;
- искажения в каналах телекоммуникации информации, поступающей от внешних источников и передаваемой потребителям, а также недопустимые для конкретной информационной системы характеристики потоков внешней информации;
- сбои и отказы в аппаратуре вычислительных средств;
- изменения состава и конфигурации комплекса взаимодействующей аппаратуры информационной системы за пределы, проверенные при испытаниях или сертификации и отраженные в эксплуатационной документации.

# Модель факторов, определяющих надежность программных средств

---



# Модель факторов, определяющих надежность программных средств.

---

Методы обеспечения надежности программных средств:

- **создание программных модулей и функциональных компонентов высокого, гарантированного качества;**
- **предотвращение дефектов проектирования;**
- **обнаружение и устранение различных дефектов и ошибок;**
- **удостоверение достигнутого качества и надежности функционирования**
- **оперативное выявление последствий дефектов программ и данных**

# Модель факторов, определяющих надежность программных средств.

---

Принципы и методы обеспечения надежности :

- Предупреждение ошибок
- Обнаружение ошибок
- Исправление ошибок
- Обеспечение устойчивости к ошибкам

# Предупреждение ошибок

---

**Цель** : Не допустить появления ошибок в готовой программе

Категории методов концентрирующиеся на отдельных процессах перевода и направленные на предупреждение ошибок в процессах:

- методы, позволяющие справиться со сложностью, свести ее к минимуму;**
- методы достижения большей точности при переводе;**
- методы улучшения обмена информацией;**
- методы немедленного обнаружения и устранения ошибок.**

# Обнаружение ошибок

---

Меры по обнаружению ошибок:

**Пассивные**

**Активные**

## **Пассивные**

Разрабатывая меры по обнаружению ошибок, опираются :

Взаимное недоверие

Немедленное обнаружение

Избыточность.



# Обнаружение ошибок

---

## **Активные:**

**средствами активного обнаружения ошибок** – дополнительные проверки, если спроектировать специальные программные средства для активного поиска признаков ошибок в системе.

Активные средства обнаружения ошибок объединяются в **диагностический монитор**: параллельный процесс, который периодически анализирует состояние системы с целью обнаружить ошибку.

# Исправление ошибок

---

После обнаружения ошибки, либо она сама, либо ее последствия должны быть исправлены программным обеспечением.

**Исправление ошибок самой системой** — плодотворный метод проектирования надежных систем аппаратного обеспечения.

# Устойчивость к ошибкам

---

**Цель** :Обеспечить функционирование программной системы при наличии в ней ошибок.

**Методы:**

**□** **Метод голосования (при динамической избыточности)**

**□** **Методы отступления**

**□** **Методы изоляции ошибок**

# Обработка сбоев аппаратуры

---

Возможности необходимые в программных системах для борьбы со сбоями аппаратуры:

- Повторное выполнение операций**
- Восстановление памяти**
- Динамическое изменение конфигурации**
- Восстановление файлов**
- Контрольная точка/рестарт**
- Предупреждение отказов питания**
- Регистрация ошибок**

# Модели надежности программного обеспечения

---

**Модель надежности программного обеспечения** относится к математической модели, построенной для оценки зависимости надежности программного обеспечения от некоторых определенных параметров.

Виды модели надежности программного обеспечения:

- **Феноменологическая** (измеряющие и оценивающие модели).
- **Эмпирическая** (базируются на анализе структурных особенностей программ)

# Модели надежности программного обеспечения

---

Модели надежности программных средств (МНПС) подразделяются:

## Аналитические:

 **Динамические модели**

 **Статические модели**

## Эмпирические

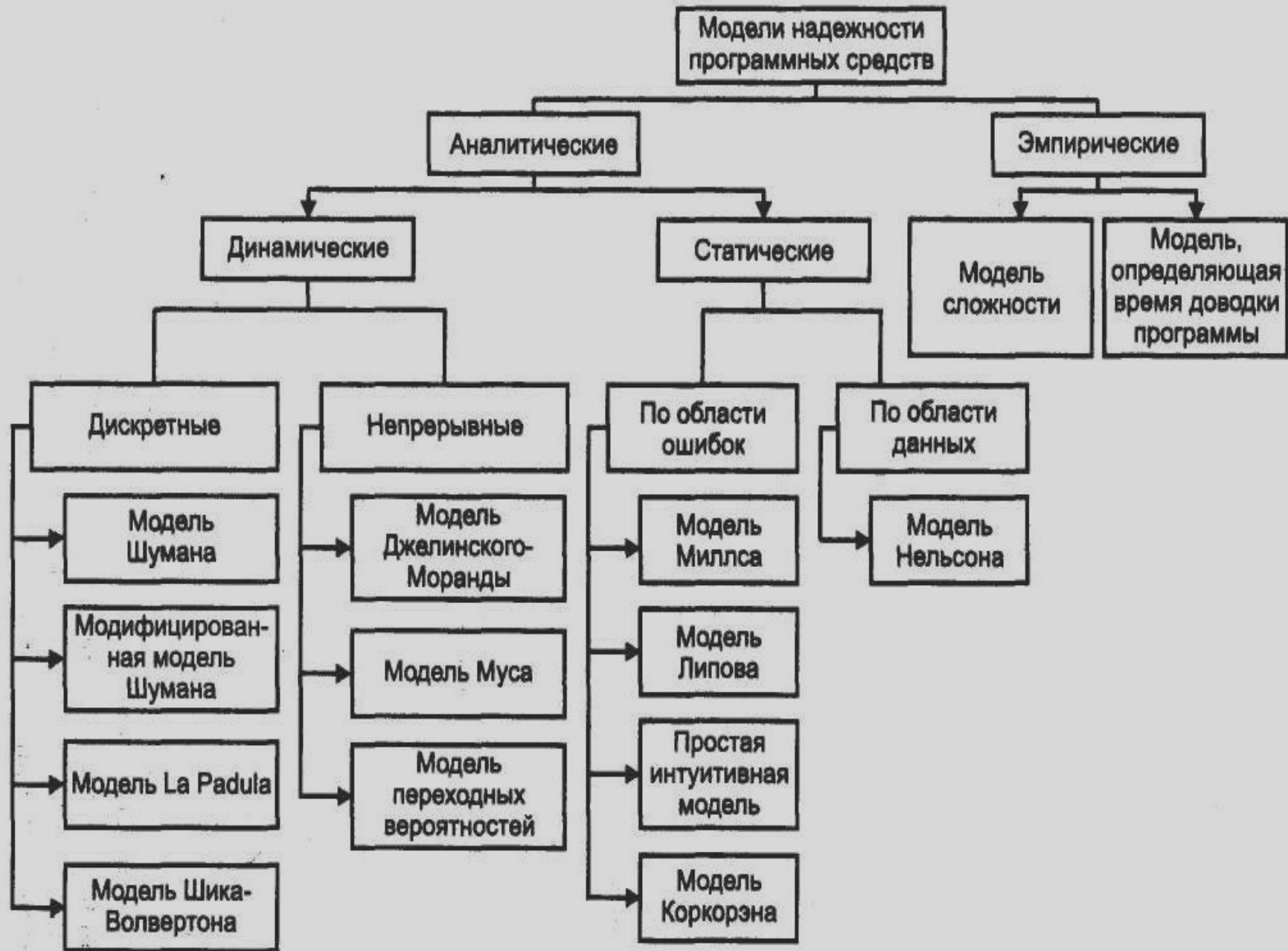


Рис. 4.3. Классификационная схема моделей надежности ПС

# Модели надежности программного обеспечения

## Аналитические

### Динамические

#### Дискретные

Модель Шумана

Модифицированная модель Шумана

Модель La Padula

Модель Шика-Вольвертона

#### Непрерывные

Модель Желинского-Моранды

Модель Муса

Модель переходных вероятностей

### Статические

#### По области ошибок

Модель Миллса

Модель Липова

Простая интуитивная модель

Модель Коркорэна

#### По области данных

Модель Нельсона



# Аналитические модели надежности

---

**Аналитические модели надежности** — дают вероятность рассчитать показатели надежности, основываясь на данных о поведении программы в процессе тестирования.

Измерение и определение количественных показателей надежности:

- **Эмпирические** – базируется на анализе структурных особенностей программы (линейные разветвления программы);
- **Динамические** – появление отказов программных средств рассматривается во времени;
- **Статистические** – учитывает зависимость количества ошибок от числа тестовых прогонов или от характеристики входных данных;
- **Непрерывные** – фиксируют число отказов за произвольный интервал времени;

# Аналитические модели надежности

---

## Шаги аналитической модели надежности :

- 1) Определение предположений, связанных с процедурой тестирования ПС;
- 2) Разработка или выбор аналитической модели, базирующейся на предположениях о процедуре тестирования;
- 3) Выбор параметров моделей с использованием полученных данных;
- 4) Применение модели — расчет количественных показателей надежности по модели.

# Аналитические модели надежности

---

Модели:

- Модель Шумана
- Модель La Padula
- Модель Джелинского - Моранды
- Модель Шика - Волвертона
- Модель Муса
- Модель переходных вероятностей.
- Статические модели надежности.
- Модель Миллса.
- Модель Липова.

# Модель Шумана

---

$E_t$  - количество ошибок

$I_t$  - общее число машинных команд, которое предполагается постоянным в рамках этапа тестирования.

Определяем количество ошибок на одну команду:

$I_t$

$$\varepsilon_r(\tau) = \frac{E_T}{I_t} \cdot \varepsilon_c(\tau)$$

Значение функции частоты отказов  $Z(t)$  пропорционально числу ошибок, оставшихся в ПС после израсходованного на тестирование времени  $\tau$ :

$$Z(t) = C_{\varepsilon_T}(\tau)$$

$C$  — некоторая константа;

$t$  — время работы ПС без отказа

# Модель Шумана

---

Интенсивность отказа в промежуток времени:

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^k A_i}{\tau}$$

$A_i$  — количество ошибок на  $i$ -м прогоне;  
 $\tau$  - время за которое проведено тестирование

Количество ошибок в системе:

$$E_T = \frac{E_T [\lambda \tau_b / \lambda \tau_A \varepsilon_c(\tau_A) - \varepsilon_c(\tau_b)]}{(\lambda \tau_b / \lambda \tau_A) - 1}$$

Коэффициент связности:

$$C = \frac{\lambda \tau_A}{[E_T / I_T - \varepsilon_c(\tau_A)]}$$

# Модель Миллса.

---

$$N = \frac{S * n}{V}$$

**N** — первоначальное число ошибок в программе.

**S** — количество искусственно внесенных ошибок

**n** — число найденных собственных ошибок

**V** — число обнаруженных к моменту оценки искусственных ошибок

# Модель Миллса.

---

Вторая часть заключается в определении вероятности того, что в результате тестирования обнаружены все ошибки, если обнаружены все искусственные ошибки.

$$C = \begin{cases} 1, & \text{если } \_n > K; \\ \frac{S}{S + K + 1}, & \text{если } \_n \leq K \end{cases}$$

Величина  $C$  является мерой доверия к модели и показывает вероятность того, насколько правильно найдено значение  $N$ .

# Эмпирические модели надежности

---





# Эмпирические модели надежности

---

## Модель сложности

В качестве структурных характеристик модуля ПС используются:

- отношение действительного числа дуг к максимально возможному числу дуг, получаемому искусственным соединением каждого узла с любым другим узлом дугой;
- отношение числа узлов к числу дуг;
- отношение числа петель к общему числу дуг.
- оценки показателей надежности по имитационной модели, создаваемой на основе анализа структуры будущего реального ПС, заключаются в следующем:
- модель позволяет на этапе проектирования ПС принимать оптимальные проектные решения, опираясь на характеристики ошибок, оцениваемые с помощью имитационной модели;
- модель позволяет прогнозировать требуемые ресурсы тестирования;
-

# Эмпирические модели надежности

---

## Модель, определяющая время доводки программ

Стратегии корректировки ошибок:

- фиксировать все ошибки в одном выбранном модуле и устранить все побочные эффекты, вызванные изменениями этого модуля, отработывая последовательно все модули;
- фиксировать все ошибки нулевого порядка в каждом модуле, затем фиксировать все ошибки первого порядка и т.д.