# Надёжность информационных систем. Лабораторная работа №5. Надёжность структурно сложных невосстанавливаемых резервированных систем

Макаров П. А.

## Содержание

**1 Введение** **1**

**2 Краткая теория** **2**

**3 Практическое задание** **2**
3.1 Системный анализ . . . . . 2
3.2 Аналитический расчёт . . . . . 2
3.3 Статистическое моделирование на Python . . . . . 3

**4 Требования к отчёту** **3**

**5 Контрольные вопросы** **4**

**Список источников** **4**

# 1 Введение

Структурно сложные резервированные системы широко применяются в информационных технологиях, телекоммуникациях и критической инфраструктуре, где простой системы недопустим, а восстановление отказавших элементов в процессе функционирования невозможно или экономически нецелесообразно (невосстанавливаемые системы). Анализ надёжности таких систем требует применения специализированных методов: от классических формул для последовательно-параллельных структур до булевых методов анализа минимальных путей и сечений, а также методов граничных оценок и статистического моделирования.

## Цель работы

1. Освоить основные аналитические методы анализа надёжности структурно сложных систем.
2. Научиться строить граничные оценки надёжности и определять их погрешность.
3. Изучить булевы методы анализа надёжности сложных структур.

4. Сравнить вычислительную сложность и точность различных методов.

5. Разработать программу на Python для моделирования отказов нескольких вариантов систем и эмпирической проверки теоретических формул методом Монте-Карло.

# 2 Краткая теория

Теоретические основы расчёта надёжности структурно сложных систем представлены в материалах Лекций 4 – 5 “Основные задачи и методы расчёта надёжности”, а также в Лекциях 7 – 9 конспекта [1].

# 3 Практическое задание

Задание включает системный анализ, аналитический расчёт и компьютерное моделирование структур, представленных на рис. 1.

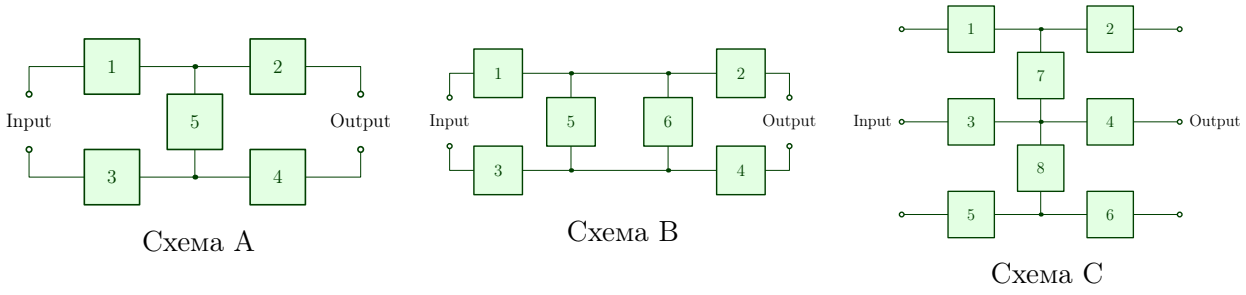



Рис. 1: Структурные схемы невосстанавливаемых резервированных систем

## 3.1 Системный анализ

Перед переходом к аналитическим расчётам необходимо выполнить формализацию каждой из структур (A – C):

1. Определить минимальные пути и минимальные сечения для обеспечения работоспособности каждой системы.

2. Записать булевы функции работоспособности для каждой структуры.

## 3.2 Аналитический расчёт

1. Реализовать аналитические расчёты ВБР для всех структур, представленных на рис. 1. Необходимо рассмотреть как случай экспоненциального распределения, так и распределения Вейбулла для ВБР отдельных элементов схемы. Дополнительно, для схем B и C необходимо исследовать ситуации, когда отдельные мостиковые элементы эксплуатируются в разных режимах.

2. Рассчитать нижнюю и верхнюю оценки ВБР для всех схем.

3. Обосновать выбор значений параметров всех используемых распределений, так чтобы полученные результаты были максимально наглядными при исследовании надёжности на интервале наработки $t = 8\,760$ ч. При выборе

параметров распределений руководствуйтесь физической природой элементов ИС. Например, экспоненциальное распределение ($\lambda = \text{const}$) целесообразно применить для моделирования отказов сложных электронных узлов (серверов, сетевых коммутаторов) на участке нормальной эксплуатации. Распределение Вейбулла ($\beta > 1$) следует использовать для элементов, подверженных износу (накопители на HDD, вентиляторы охлаждения, блоки питания).

4. Построить графики зависимости $P_{\text{sys}}(t)$ при значениях параметров, оценённых на предыдущем этапе, для разных сценариев эксплуатации на всём интервале наработки.

5. Предположим, что стоимость базовых элементов 1, 2 и резервирующих элементов 3, 4 (а также 5, 6 в схеме C) составляет $S_1$ условных единиц, а стоимость перемычек 5 – 8 (в зависимости от схемы) равна $S_2$. Оцените суммарную «стоимость» реализации каждой схемы (A, B, C) и постройте графики зависимости приведённой надёжности "$P_{\text{sys}}(t = 8760)$ / Стоимость" от отношения $S_2/S_1$ на интервале $[0.01, 100]$ в логарифмическом масштабе. Какая из схем является наиболее экономически эффективной?

### 3.3 Статистическое моделирование на Python

Необходимо написать скрипт на Python, который методом Монте-Карло моделирует эксплуатацию систем A – C и сравнивает эмпирическую ВБР с теоретической.

#### Требования к скрипту

- Реализовать функции расчёта теоретической ВБР для схем A – C.
- Провести $N = 10\,000$ испытаний для каждой схемы: генерировать времена отказов всех элементов (экспоненциальное распределение и распределение Вейбулла) и определять, не отказала ли система к моменту $t = 8\,760$ ч.
- Рассчитать эмпирическую ВБР $\widehat{P}_{\text{sys}}$ и доверительный интервал (95%).
- Построить график сравнения теоретических и эмпирических значений ВБР для всех трёх схем.
- Построить график зависимости $P_{\text{sys}}(t)$ от наработки $t \in [0,\, 8\,760]$ ч.

## 4 Требования к отчёту

Отчёт должен содержать:

1. Титульный лист, цель работы и краткие теоретические положения.
2. Результаты аналитических расчётов надёжности по схемам A – C с подробными выкладками и сравнительной таблицей.
3. Листинг программного кода с комментариями.
4. Графики, сгенерированные скриптом:
   - динамика $P_{\text{sys}}(t)$ для схем A – C.

- сопоставление теоретической и эмпирической (Монте-Карло) ВБР для всех схем с доверительными интервалами;

5. Выводы о том, какие схемы резервирования в каких условиях более оптимальны исходя из соотношения надёжность/стоимость.

# 5 Контрольные вопросы

1. В чём заключается принципиальное различие между восстанавливаемыми и невосстанавливаемыми системами? Как это влияет на выбор показателей надёжности?

2. Что такое минимальные пути и минимальные сечения структуры? Как они используются для расчёта ВБР сложной системы?

3. Как формируются нижняя и верхняя граничные оценки ВБР структурно сложных систем? В каких случаях они дают точное значение, а в каких — лишь приближение?

4. В чём заключаются преимущества и недостатки метода Монте-Карло по сравнению с аналитическими и булевыми методами расчёта надёжности?

5. Как рассчитать доверительный интервал для эмпирической ВБР, полученной методом статистического моделирования?

6. Чем принципиально отличаются экспоненциальное распределение и распределение Вейбулла при моделировании времени безотказной работы элементов ИС? В каких случаях целесообразно применять каждое из них?

7. Как наличие и характеристики «мостиковых» элементов (перемычек) влияют на общую надёжность и стоимость системы?

# Список источников

## Книги и учебные пособия

1. *Расулова С. С.* Надёжность информационных систем. — Ташкент : Ташкентский университет информационных технологий, 2007. — С. 118.