

Лабораторная работа 1. Исследование среднего времени наработки до отказа и среднего времени восстановления распределенных вычислительных систем со структурной избыточностью

Имеется распределенная вычислительная система (ВС) укомплектованная N одинаковыми элементарными машинами (ЭМ). Основная подсистема (вычислительное ядро) ВС состоит из n ЭМ, $n - N$ элементарных машин составляют структурную избыточность. Заданы λ – интенсивность потока отказов любой из N элементарных машин ($[\lambda] = 1/\text{ч}$), m – количество восстанавливающих устройств восстанавливающей системы и μ – интенсивность потока восстановления элементарных машин одним восстанавливающим устройством ($[\mu] = 1/\text{ч}$).

В инженерной практике при анализе надежности ВС наиболее употребительны такие показатели как *математическое ожидание времени Θ безотказной работы* (средней наработки до отказа) и *среднего времени T восстановления ВС*, которые равны:

$$\Theta = \int_0^{\infty} R(t)dt, \quad T = \int_0^{\infty} t dU(t),$$

где $R(t)$ – функция надежности ВС, а $U(t)$ – функция восстановимости ВС.

Для распределенных ВС Θ и T допустимо рассчитывать “частотным” методом [1], который обеспечивает результаты хорошо согласующиеся с более точными вычислениями:

$$\Theta = \sum_{j=n+1}^N \frac{1}{j\lambda} \prod_{l=n}^{j-1} \frac{\mu_l}{l\lambda} + \frac{1}{n\lambda};$$

$$T = \frac{1}{\mu_0} \prod_{l=1}^{n-1} \frac{l\lambda}{\mu_l} + \sum_{j=1}^{n-1} \frac{1}{j\lambda} \prod_{l=j}^{n-1} \frac{l\lambda}{\mu_l}, \text{ при } n > 1; \quad T = \frac{1}{\mu_0}, \text{ при } n = 1,$$

$$\mu_l = \begin{cases} (N-l)\mu, & \text{если } (N-m) \leq l \leq N; \\ m\mu, & \text{если } 0 \leq l < (N-m). \end{cases}$$

В рамках лабораторной работы требуется выполнить нижеследующие задания.

1. Написать программу расчета частотным методом математического ожидания времени Θ безотказной работы и среднего времени T восстановления ВС со структурной избыточностью.

2. Построить графики зависимости значений показателя Θ от параметров λ , μ , m и n . Примерный вид графиков приведен на рис. 1 – 3.

2.1. Построить график зависимости $\Theta(n)$. Параметры: $N = 65536$; $\lambda = 10^{-5}$; $m = 1$; $n = 65527, 65528, \dots, 65536$; $\mu \in \{1, 10, 100, 1000\}$.

2.2. Построить график зависимости $\Theta(n)$. Параметры: $N = 65536$; $\mu = 1$; $m = 1$; $n = 65527, 65528, \dots, 65536$; $\lambda \in \{10^{-5}, 10^{-6}, 10^{-7}, 10^{-8}, 10^{-9}\}$.

2.3. Построить график зависимости $\Theta(n)$. Параметры: $N = 65536$; $\mu = 1$; $\lambda = 10^{-5}$; $n = 65527, 65528, \dots, 65536$; $m \in \{1, 2, 3, 4\}$.

3. Построить графики зависимости значений показателя T от параметров λ , μ , m и n . Примерный вид графиков приведен на рис. 4 – 6.

3.1. Построить график зависимости $T(n)$. Параметры: $N = 1000$; $\lambda = 10^{-3}$; $m = 1$; $n = 900, 910, \dots, 1000$; $\mu \in \{1, 2, 4, 6\}$.

3.2. Построить график зависимости $T(n)$. Параметры: $N = 8192$; $\mu = 1$; $m = 1$; $n = 8092, 8102, \dots, 8192$; $\lambda \in \{10^{-5}, 10^{-6}, 10^{-7}, 10^{-8}, 10^{-9}\}$.

3.3. Построить график зависимости $T(n)$. Параметры: $N = 8192$; $\mu = 1$; $\lambda = 10^{-5}$; $n = 8092, 8102, \dots, 8192$; $m \in \{1, 2, 3, 4\}$.

Для построения графиков использовать пакет `gnuplot`.

4. Выполнить нижеследующие задания.

1. Дать определение ВС со структурной избыточностью.

2. Описать стохастическую модель функционирования ВС со структурной избыточностью (трехпараметрическая модель: λ , μ , ν).

3. Дать определение основных показателей надежности ВС в переходном режиме функционирования.

4. Дать определение основных показателей надежности ВС в стационарном режиме функционирования.

5. По построенным графикам определить какое количество ЭМ достаточно иметь в подчиненной подсистеме (резерве) для обеспечения среднего времени наработки до отказа ВС не ниже времени наработки до отказа одной ЭМ.

6. Варьирование каких параметров позволяет увеличить значение показателя Θ и уменьшить значение T ?

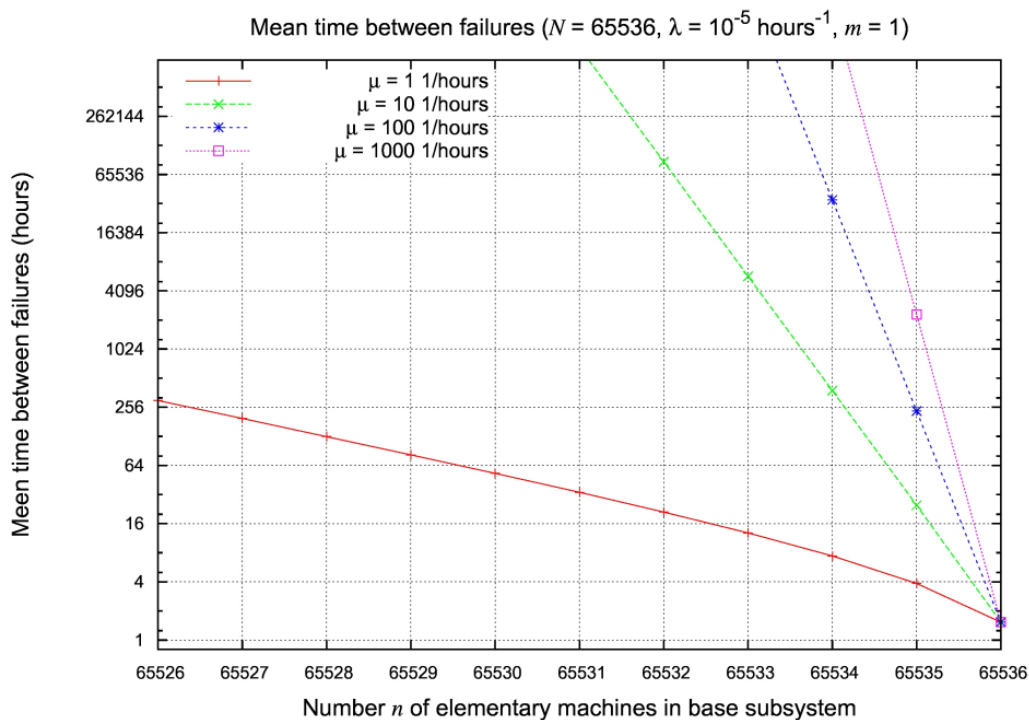


Рис. 1. Зависимость $\Theta(n)$ для различных значений параметра μ

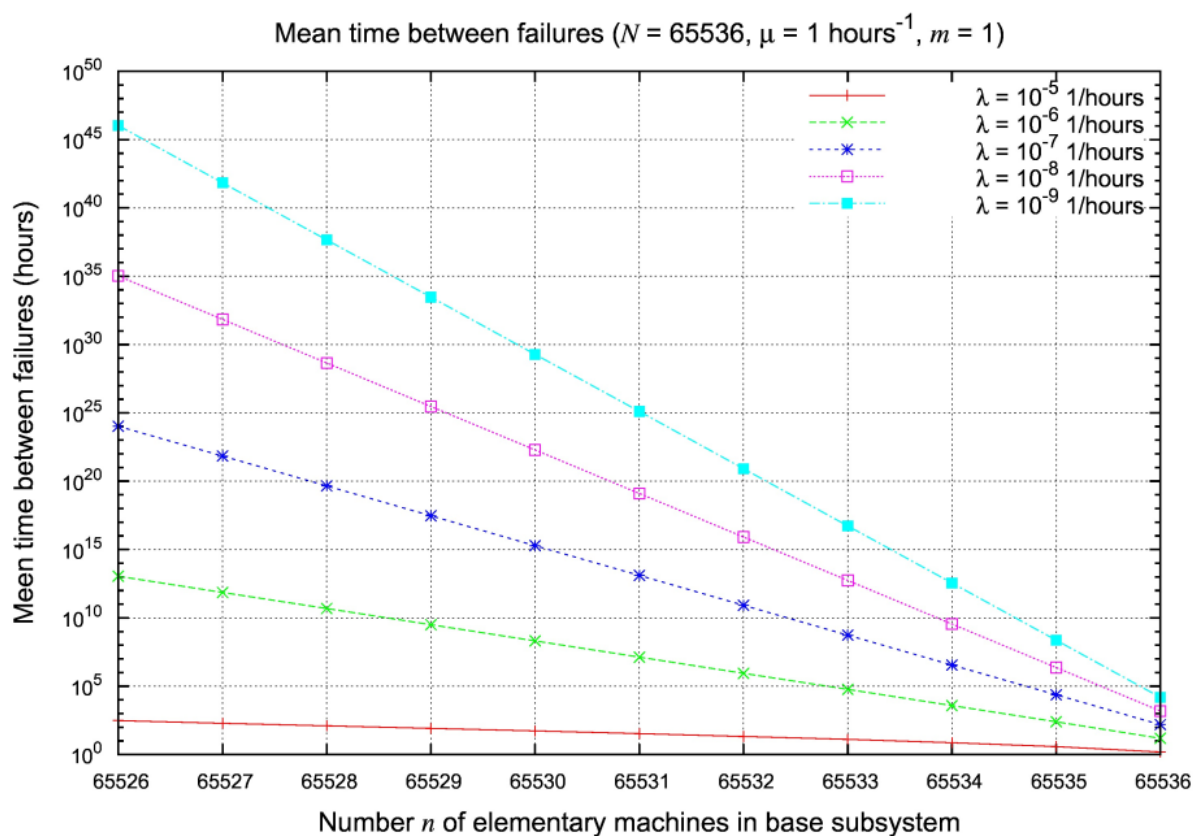


Рис. 2. Зависимость $\Theta(n)$ для различных значений параметра λ

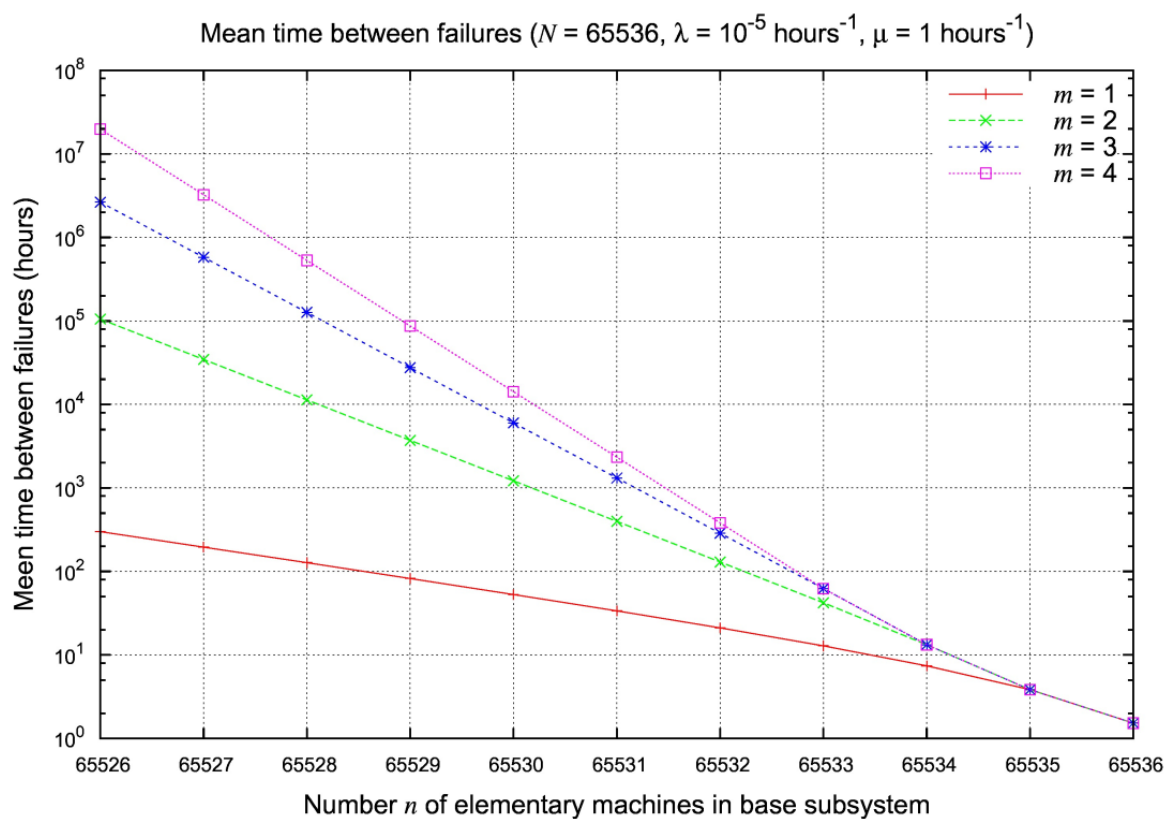


Рис. 3. Зависимость $\Theta(n)$ для различных значений параметра m

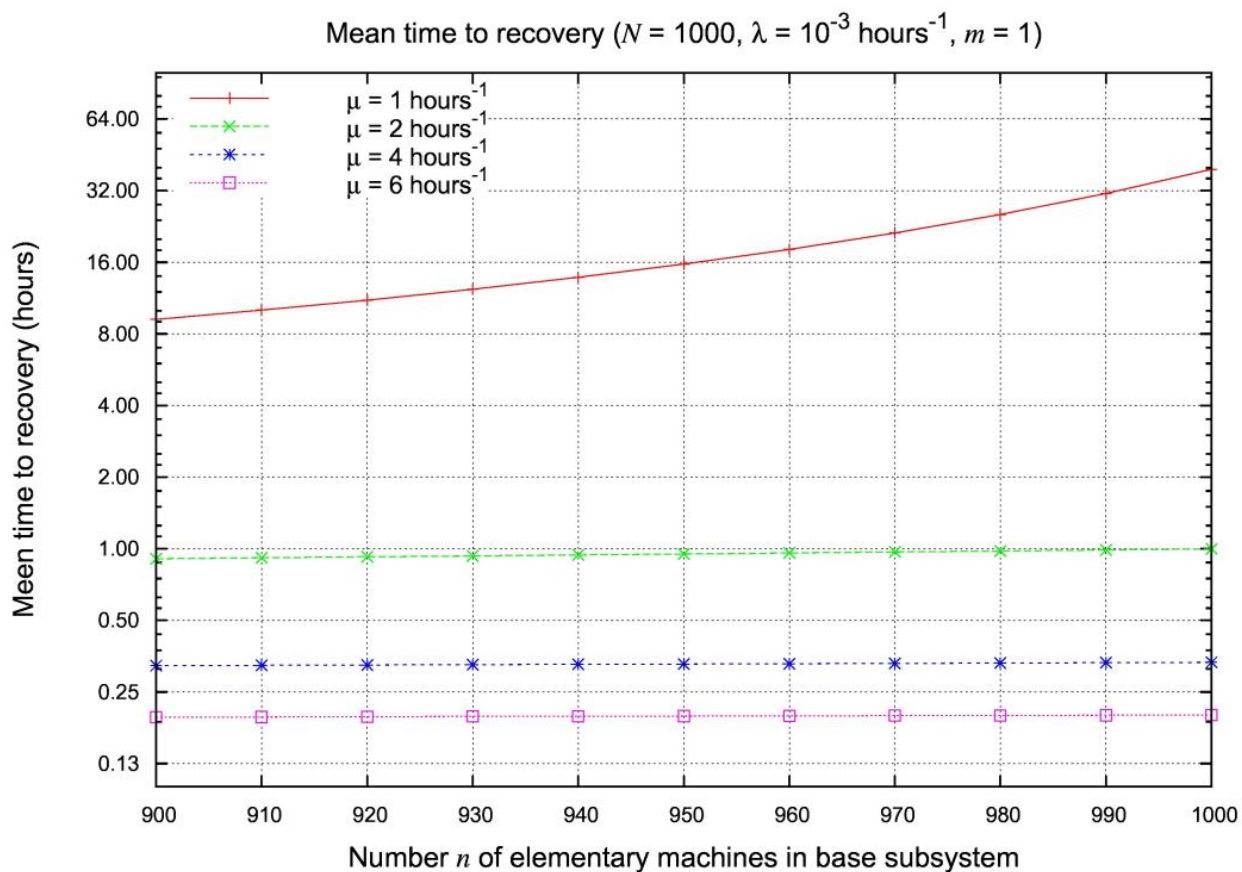


Рис. 4. Зависимость $T(n)$ для различных значений параметра μ

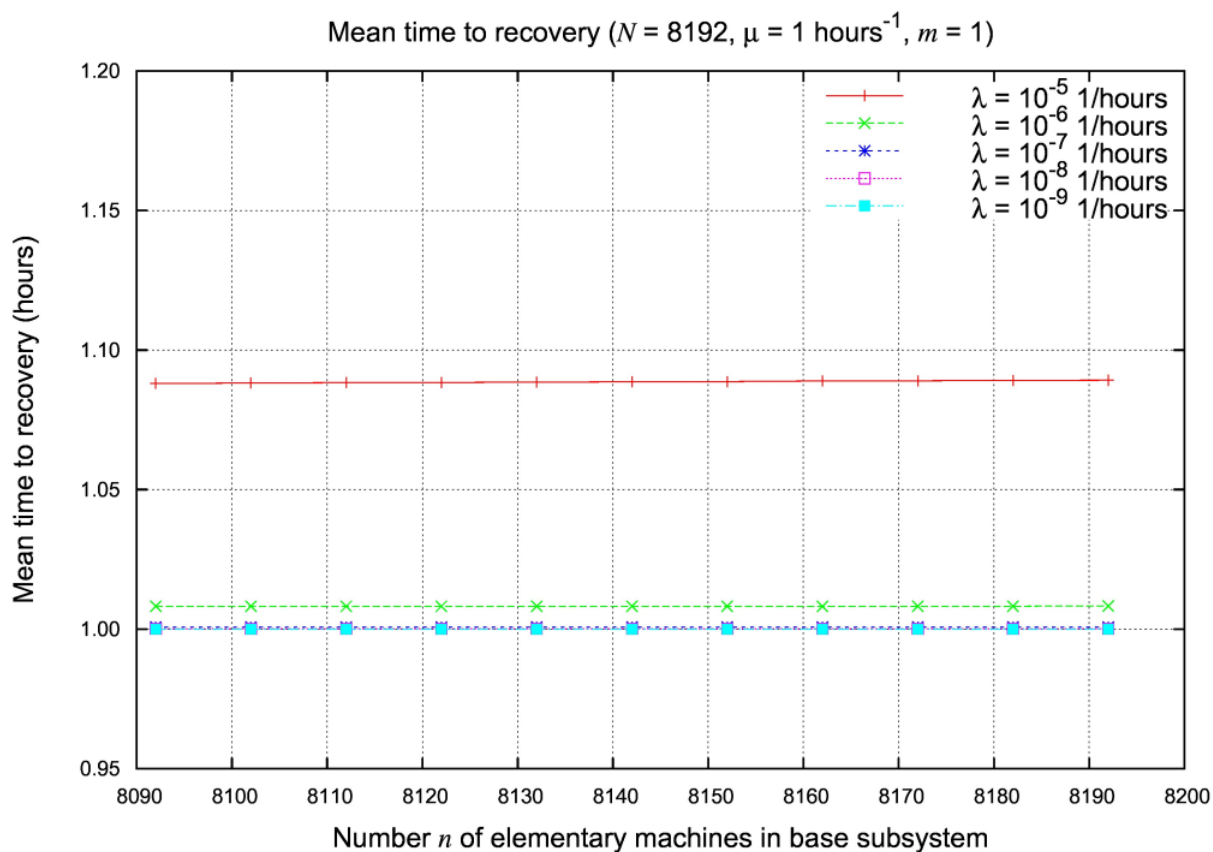


Рис. 5. Зависимость $T(n)$ для различных значений параметра λ

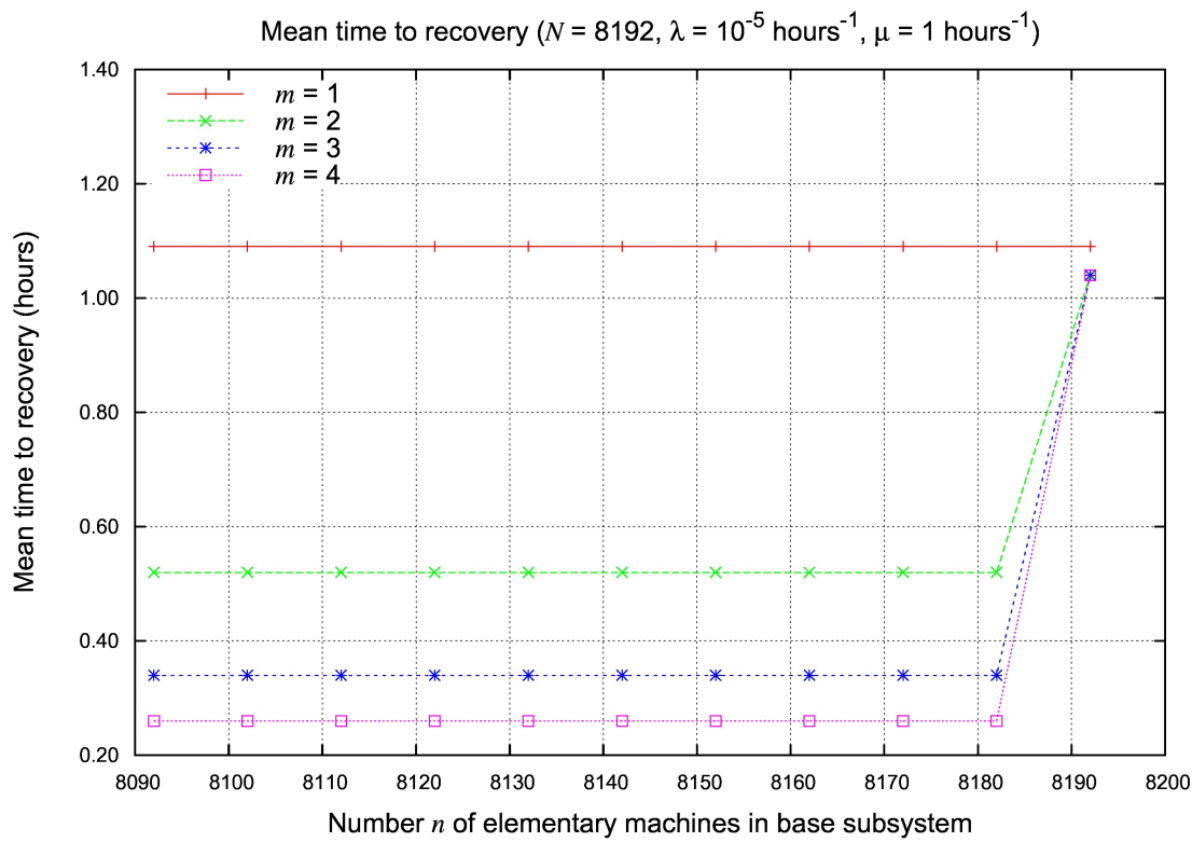


Рис. 6. Зависимость $T(n)$ для различных значений параметра m

Литература

1. Хорошевский В. Г. Архитектура вычислительных систем. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 520 с.
2. Евреинов Э.В., Хорошевский В.Г. Однородные вычислительные системы. – Новосибирск: Наука, СО РАН, 1978. – 319 с.