

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ**  
**ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**«ЛЭТИ» ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)**  
**Кафедра МО ЭВМ**

**ОТЧЕТ**

**по лабораторной работе №6**

**по дисциплине «Качество и метрология программного обеспечения»**

**Тема: «Оценка характеристик надежности программ по структурным  
схемам надежности»**

Студент гр. 8304

Чешуин Д. И.

Преподаватель

Кирияничков В. А.

Санкт-Петербург

2022

## **Цель работы.**

Выполнить расчет характеристик надежности вычислительной системы по структурной схеме надежности, выбранной из таблицы в соответствии с номером студента в списке группы.

## **Задание.**

В качестве оцениваемых характеристик следует рассматривать:

- 1) Вероятность безотказной работы системы в заданный момент времени;
- 2) Среднее время до отказа системы.

Выполнение расчетов следует производить двумя способами:

- 1) Расчетным способом;
- 2) Программным способом с помощью Анализатора структурных схем надежности RSSA (Reliability Structural Scheme Analyzer).

Для реализации расчетного способа следует получить аналитические выражения, позволяющие вычислить требуемые характеристики системы через характеристики надежности ее компонентов. Параметры надежности компонентов системы задаются в виде интенсивностей отказов  $\lambda_i$ , которые считаются постоянными и не зависят от времени. Кроме того, события, заключающиеся в отказе отдельных компонентов системы, следует считать независимыми.

При вычислении интегралов результаты следует получать аналитическим способом, а не с применением стандартных пакетов программ.

Интегралы следует вычислять в общем виде и привести выражения для вычисления МТТФ. И только затем подставлять числа – иначе проверить невозможно.

Для реализации программного способа следует:

- 1) Описать заданную структурную схему надежности (ССН) системы на XML.
- 2) Установить Java – машину версии 8 (при ее отсутствии – скачать из Интернета).
- 3) Скопировать каталог rssa в свой рабочий каталог.
- 4) Запустить программу Анализатор ССН с помощью файлов, указанных в файле readme.txt.

- 5) В главном окне программы с помощью меню выбрать файл с подготовленным описанием ССН и вычислить требуемые характеристики надежности (см. файл Описание анализатора ССН, содержащий краткое руководство пользователя).
- 6) Полученные с помощью программы RSSA значения характеристик надежности системы следует сравнить с характеристиками, вычисленными расчетным способом. В случае существенного отличия характеристик разобраться в причинах их расхождения.

### Ход работы.

Вариант 20. Данные представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные.

Вариант	$N_1$					$N_2$		$N_3$	
	комбинат. соединение	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$	$\lambda_4$	комб. соедин.	$\lambda$	комб. соедин.	$\lambda$
20	C(4)	2.8	4.0	2.2	3.8	(2,1)	1.8	(1,3)	2.8

Был построен граф надежности с двумя мнимыми вершинами для перехода от  $N_2$  к  $N_3$  и для создания конечной вершины. Результат представлен на рис. 1.

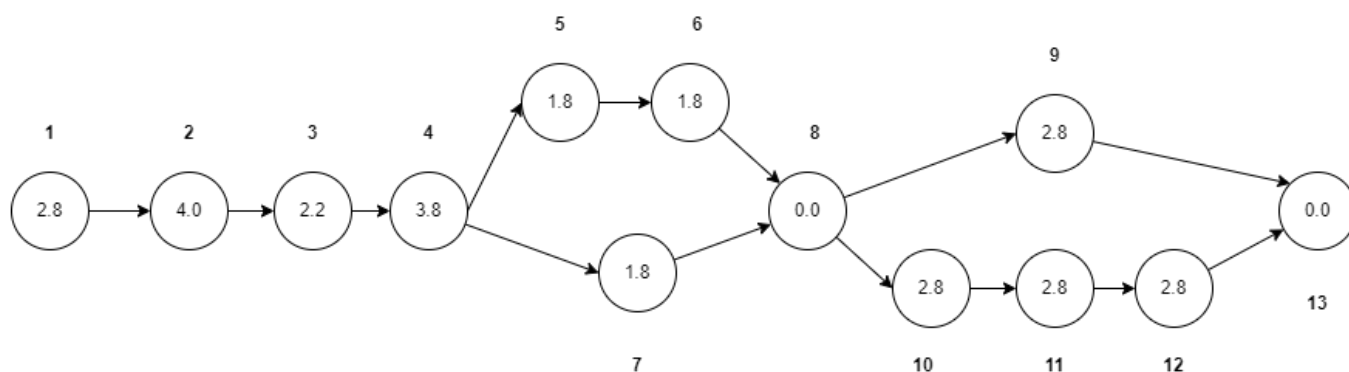


Рисунок 1 – Структурный граф

#### 1) Ручной расчет.

Был выполнен ручной расчет вероятностей для участков и для целого графа, а также среднее время работы до отказа для значения  $t = 2$ .

$$R_{N_1} = e^{-(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4)t} = e^{-12.8 * 2 * 10^{-5}} = 0.999744032765;$$

$$R_{N_2} = 1 - (1 - e^{-2\lambda_{5-7}t})(1 - e^{-\lambda_{5-7}t}) = e^{-2\lambda_{5-7}t} + e^{-\lambda_{5-7}t} - e^{-3\lambda_{5-7}t}$$

$$= 0.9999999974;$$

$$R_{N_3} = 1 - (1 - e^{-\lambda_{9-12}t})(1 - e^{-3\lambda_{9-12}t}) = e^{-\lambda_{9-12}t} + e^{-3\lambda_{9-12}t} - e^{-4\lambda_{9-12}t}$$

$$= 0.9999999937;$$

$$R_s = R_{N_1} * R_{N_2} * R_{N_3} \approx 0.999744;$$

$$\begin{aligned}
MTTF &= \int_0^\infty R_s(t) dt = \\
&= \int_0^\infty e^{-(\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3+\lambda_4)t} (e^{-2\lambda_{5-7}t} + e^{-\lambda_{5-7}t} - e^{-3\lambda_{5-7}t}) (e^{-\lambda_{9-12}t} + e^{-3\lambda_{9-12}t} \\
&\quad - e^{-4\lambda_{9-12}t}) dt = \\
&= \int_0^\infty (e^{-(\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3+\lambda_4+2\lambda_{5-7}+\lambda_{9-12})t} + e^{-(\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3+\lambda_4+2\lambda_{5-7}+3\lambda_{9-12})t} \\
&\quad - e^{-(\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3+\lambda_4+2\lambda_{5-7}+4\lambda_{9-12})t} + e^{-(\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3+\lambda_4+\lambda_{5-7}+\lambda_{9-12})t} \\
&\quad + e^{-(\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3+\lambda_4+\lambda_{5-7}+3\lambda_{9-12})t} - e^{-(\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3+\lambda_4+\lambda_{5-7}+4\lambda_{9-12})t} \\
&\quad - e^{-(\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3+\lambda_4+3\lambda_{5-7}+\lambda_{9-12})t} - e^{-(\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3+\lambda_4+3\lambda_{5-7}+3\lambda_{9-12})t} \\
&\quad + e^{-(\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3+\lambda_4+3\lambda_{5-7}+4\lambda_{9-12})t}) dt \\
&= \int_0^\infty e^{-(\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3+\lambda_4+2\lambda_{5-7}+\lambda_{9-12})t} dt + \int_0^\infty e^{-(\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3+\lambda_4+2\lambda_{5-7}+3\lambda_{9-12})t} dt \\
&\quad - \int_0^\infty e^{-(\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3+\lambda_4+2\lambda_{5-7}+4\lambda_{9-12})t} dt + \int_0^\infty e^{-(\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3+\lambda_4+\lambda_{5-7}+\lambda_{9-12})t} dt \\
&\quad + \int_0^\infty e^{-(\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3+\lambda_4+\lambda_{5-7}+3\lambda_{9-12})t} dt - \int_0^\infty e^{-(\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3+\lambda_4+\lambda_{5-7}+4\lambda_{9-12})t} dt \\
&\quad - \int_0^\infty e^{-(\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3+\lambda_4+3\lambda_{5-7}+\lambda_{9-12})t} dt - \int_0^\infty e^{-(\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3+\lambda_4+3\lambda_{5-7}+3\lambda_{9-12})t} dt \\
&\quad + \int_0^\infty e^{-(\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3+\lambda_4+3\lambda_{5-7}+4\lambda_{9-12})t} dt \\
&= \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + 2\lambda_{5-7} + \lambda_{9-12}} \\
&\quad + \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + 2\lambda_{5-7} + 3\lambda_{9-12}} \\
&\quad - \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + 2\lambda_{5-7} + 4\lambda_{9-12}} \\
&\quad + \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_{5-7} + \lambda_{9-12}} + \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_{5-7} + 3\lambda_{9-12}} \\
&\quad - \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_{5-7} + 4\lambda_{9-12}}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& - \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + 3\lambda_{5-7} + \lambda_{9-12}} \\
& - \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + 3\lambda_{5-7} + 3\lambda_{9-12}} \\
& + \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + 3\lambda_{5-7} + 4\lambda_{9-12}} = 6716.44
\end{aligned}$$

В результате вычислений получили, что вероятность безотказной работы системы в заданный момент времени равна 0.999744, а среднее время до отказа системы 6716.44 часа.

## 2) Программный расчет.

Был выполнен программный расчет. XML-описание графа представлено в приложении А. Построенная схема представлена на рисунке 2. Схема соответствует изначально построенному графу.

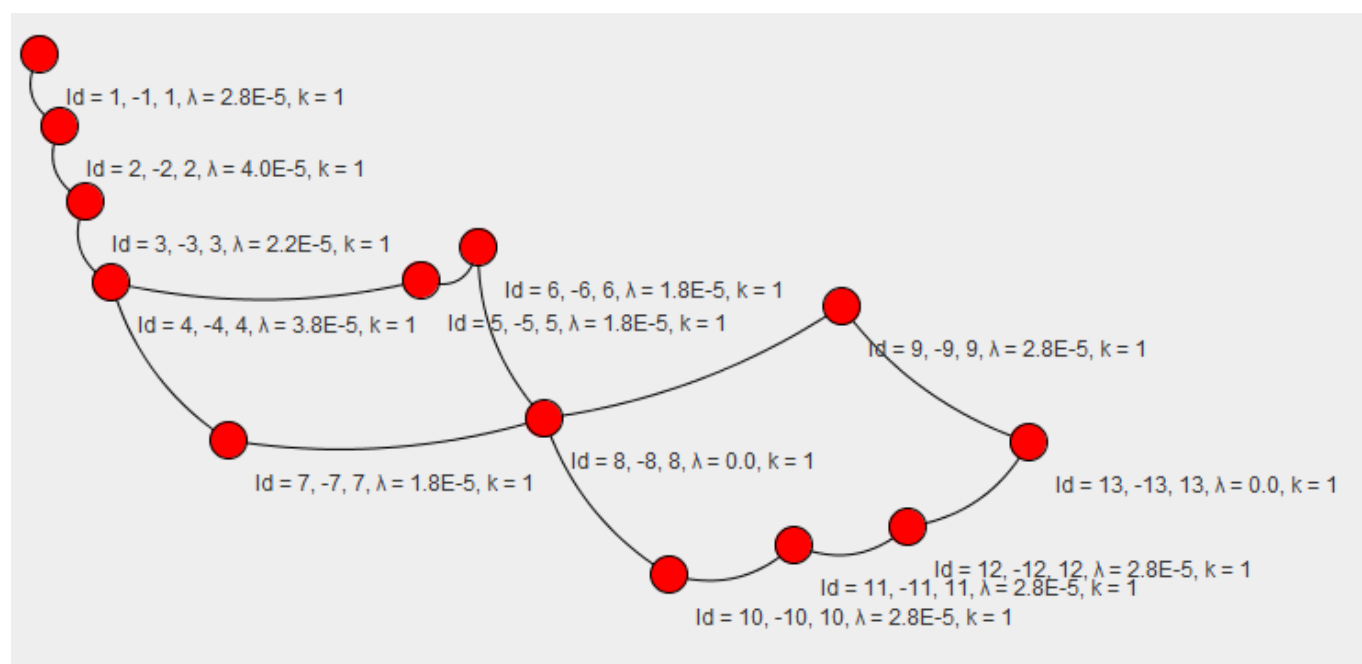


Рисунок 2 – Программное построение графа

Результаты вычисления надежности и среднего времени безотказной работы представлены на рисунке 3.

t	R	T
2.0	0.9997440207694689	6710.797990255096

Рисунок 3 – Программный расчет надежности и времени

## **Выводы.**

В ходе выполнения данной работы была выполнена оценка характеристик надежности программ по структурным схемам надежности.

Результаты вычисления надежности и среднего времени безотказной работы ручным способом практически совпали с результатами, полученными с помощью программы.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А.

### XML-ОПИСАНИЕ.

```
<Schema>
  <graf>
    <Block>
      <Id>1</Id>
      <Id2>1</Id2>
      <failureRate>2.8E-5</failureRate>
      <name>1</name>
      <quantity>1</quantity>
      <list>
        <int>2</int>
      </list>
      <type></type>
    </Block>
    <Block>
      <Id>2</Id>
      <Id2>2</Id2>
      <failureRate>4.0E-5</failureRate>
      <name>2</name>
      <quantity>1</quantity>
      <list>
        <int>3</int>
      </list>
      <type></type>
    </Block>
    <Block>
      <Id>3</Id>
      <Id2>3</Id2>
      <failureRate>2.2E-5</failureRate>
      <name>3</name>
      <quantity>1</quantity>
      <list>
        <int>4</int>
      </list>
      <type></type>
    </Block>
    <Block>
      <Id>4</Id>
      <Id2>4</Id2>
      <failureRate>3.8E-5</failureRate>
      <name>4</name>
      <quantity>1</quantity>
      <list>
        <int>5</int>
        <int>7</int>
      </list>
    </Block>
  </graf>
</Schema>
```



```

        </list>
        <type></type>
</Block>
<Block>
    <Id>5</Id>
    <Id2>5</Id2>
    <failureRate>1.8E-5</failureRate>
    <name>5</name>
    <quantity>1</quantity>
    <list>
        <int>6</int>
    </list>
    <type></type>
</Block>
<Block>
    <Id>6</Id>
    <Id2>6</Id2>
    <failureRate>1.8E-5</failureRate>
    <name>6</name>
    <quantity>1</quantity>
    <list>
        <int>8</int>
    </list>
    <type></type>
</Block>
<Block>
    <Id>7</Id>
    <Id2>7</Id2>
    <failureRate>1.8E-5</failureRate>
    <name>7</name>
    <quantity>1</quantity>
    <list>
        <int>8</int>
    </list>
    <type></type>
</Block>
<Block>
    <Id>8</Id>
    <Id2>8</Id2>
    <failureRate>0.0</failureRate>
    <name>8</name>
    <quantity>1</quantity>
    <list>
        <int>9</int>
        <int>10</int>
    </list>
    <type></type>
</Block>

```

```

<Block>
  <Id>9</Id>
  <Id2>9</Id2>
  <failureRate>2.8E-5</failureRate>
  <name>9</name>
  <quantity>1</quantity>
  <list>
    <int>13</int>
  </list>
  <type></type>
</Block>
<Block>
  <Id>10</Id>
  <Id2>10</Id2>
  <failureRate>2.8E-5</failureRate>
  <name>10</name>
  <quantity>1</quantity>
  <list>
    <int>11</int>
  </list>
  <type></type>
</Block>
<Block>
  <Id>11</Id>
  <Id2>11</Id2>
  <failureRate>2.8E-5</failureRate>
  <name>11</name>
  <quantity>1</quantity>
  <list>
    <int>12</int>
  </list>
  <type></type>
</Block>
<Block>
  <Id>12</Id>
  <Id2>12</Id2>
  <failureRate>2.8E-5</failureRate>
  <name>12</name>
  <quantity>1</quantity>
  <list>
    <int>13</int>
  </list>
  <type></type>
</Block>
<Block>
  <Id>13</Id>
  <Id2>13</Id2>
  <failureRate>0</failureRate>

```

```
        <name>13</name>
        <quantity>1</quantity>
        <list/>
        <type></type>
    </Block>
</graf>
<ListOfFlag/>
<listOfNode/>
<list/>
</Schema>
```