

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

**ОТЧЁТ**  
**по лабораторной работе №6**  
**по дисциплине «Качество и метрология программного обеспечения»**  
**Тема: Оценка характеристик надежности программ по структурным**  
**схемам надежности**

Студент гр. 7304  
Преподаватель

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Моторин Е.В.  
Ефремов М.А.

Санкт-Петербург  
2021

## 1. Формулировка задания

Выполнить расчет характеристик надежности вычислительной системы по структурной схеме надежности, выбранной из таблицы 1 в соответствии с номером студента в списке группы.

В качестве оцениваемых характеристик следует рассматривать:

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

Выполнение расчётов следует производить двумя способами:

1. Расчётным 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  $i$ , которые считаются постоянными и не зависят от времени. Кроме того, события, заключающиеся в отказе отдельных компонентов системы, следует считать независимыми. Основные соотношения, позволяющие получить выражения для расчета характеристик заданной системы приведены в Приложении 1.

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

Для реализации программного способа следует:

1. Описать заданную структурную схему надежности (ССН) системы на XML в следующем виде:

```
1 <Schema> <!--Начало описания схемы-->
2   <graf> <!--Начало описания блоков-->
3     <Block> <!--Начало описания текущего блока-->
4       <Id>1</Id> <!-- id блока, уникально-->
5       <Id2>1</Id2> <!--id блока, используется для задания
6         ↳ совпадающих блоков при смешанной конфигурации-->
7       <failureRate>0</failureRate> <!--Интенсивность отказов-->
8       <name>1</name> <!--Имя блока-->
9       <quantity>1</quantity> <!--количество последовательно
10        ↳ соединенных одинаковых блоков-->
11     <list> <!--список блоков, исходящих из данного-->
12       <int>2</int>
```

```

11         <int>3</int>
12     </list>
13     <type> </type><!-- тип, простой (по умолчанию) или составной
        → (пока не используется)-->
14 </Block> <!--Конец описания текущего блока-->
15
16 <Block>
17     <Id>2</Id>
18     <Id2>2</Id2>
19     <failureRate>2.28E-5</failureRate>
20     <name>2</name>
21     <quantity>1</quantity>
22     <list>
23         <int>5</int>
24     </list>
25     <type> </type>
26 </Block>
27 </graf> <!--Конец описания блоков-->
28 <ListOfFlag/> <!--Служебные строки завершения-->
29 <listOfNode/> <!--описания схемы, в таком виде -->
30 <list/> <!-- должны использоваться для всех вариантов-->
31 </Schema> <!--Конец описания схемы-->

```

Примечание: подготовленный файл сохранить в формате xml.

2. Установить Java – машину версии 8 (при ее отсутствии – скачать из Интернета).
3. Скопировать каталог gssa 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.

Таблица 1. Исходные данные

Вариант	N1					N2		N3	
	КС	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$	$\lambda_4$	КС	$\lambda$	КС	$\lambda$
9	$C(3)$	2.85	4.0	3.8	—	(2,2)	2.8	(1,3)	2.2

## 2. Ход работы

### 2.1. Ручной расчёт

Полученный по заданию граф представлен на рис. 1.

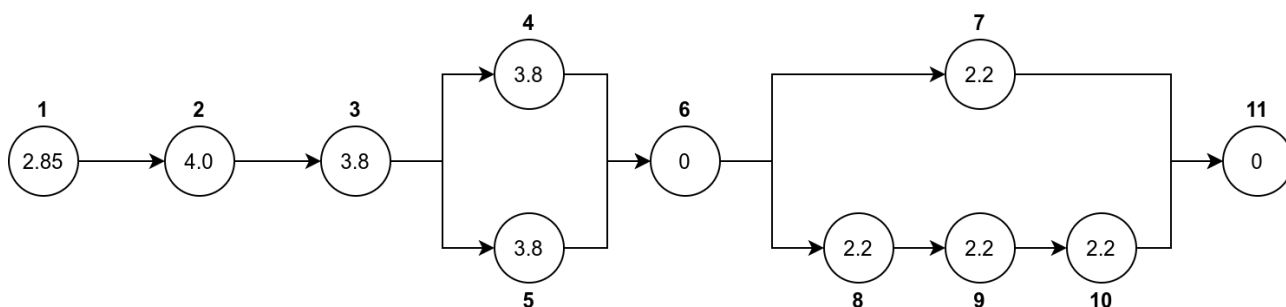


Рисунок 1 – Граф

Вероятности для участков графа представлены на уравнениях 2.1, 2.2, 2.3.

$$R_{N1}(t) = e^{(-2.85+4.0+3.8) \cdot 10^{-5} \cdot t}, \quad (2.1)$$

$$R_{N2}(t) = 1 - (1 - (e^{-2 \cdot 3.8 \cdot 10^{-5} \cdot t}))^2, \quad (2.2)$$

$$R_{N3}(t) = 1 - (1 - e^{-2.2 \cdot 10^{-5} \cdot t})(1 - (e^{-2.2 \cdot 3 \cdot 10^{-5} \cdot t})). \quad (2.3)$$

Итоговая вероятность:

$$R_s(t) = R_{N1}(t) \cdot R_{N2}(t) \cdot R_{N3}(t). \quad (2.4)$$

Значения для  $t = 2$ :

$$R_{N1}(2) \approx 0.9997870227,$$

$$R_{N2}(2) \approx 0.9999999769,$$

$$R_{N3}(2) \approx 0.9999999942,$$

$$R_s(2) \approx 0.9997869938.$$

Расчёт среднего времени до отказа системы представлен на 2.5.

$$\begin{aligned}
 MTTF &= \int_0^{\infty} R_s(t) dt = \\
 &= \int_0^{\infty} e^{(-2.85+4.0+3.8) \cdot 10^{-5} \cdot t} \cdot \left(1 - (1 - (e^{-2 \cdot 3.8 \cdot 10^{-5} \cdot t}))^2\right) \cdot \\
 &\cdot (1 - (1 - e^{-2.2 \cdot 10^{-5} \cdot t})(1 - (e^{-2.2 \cdot 3 \cdot 10^{-5} \cdot t}))) = \\
 &= \int_0^{\infty} \left( e^{-\frac{693}{2 \cdot 10^6} t} - e^{-\frac{649}{2 \cdot 10^6} t} - e^{-\frac{561}{2 \cdot 10^6} t} - 2e^{-\frac{541}{2 \cdot 10^6} t} + 2e^{-\frac{497}{2 \cdot 10^6} t} + 2e^{-\frac{409}{2 \cdot 10^6} t} \right) dt \\
 &= \left( -\frac{2 \cdot 10^6}{693} e^{-\frac{693}{2 \cdot 10^6} t} + \frac{2 \cdot 10^6}{649} e^{-\frac{649}{2 \cdot 10^6} t} + \frac{2 \cdot 10^6}{561} e^{-\frac{561}{2 \cdot 10^6} t} \right) \Big|_0^{\infty} + \\
 &+ \left( \frac{4 \cdot 10^6}{541} e^{-\frac{541}{2 \cdot 10^6} t} - \frac{4 \cdot 10^6}{497} e^{-\frac{497}{2 \cdot 10^6} t} - \frac{4 \cdot 10^6}{409} e^{-\frac{409}{2 \cdot 10^6} t} \right) \Big|_0^{\infty} = \\
 &= \frac{2 \cdot 10^6}{693} - \frac{2 \cdot 10^6}{649} - \frac{2 \cdot 10^6}{561} - \frac{4 \cdot 10^6}{541} + \frac{4 \cdot 10^6}{497} + \frac{4 \cdot 10^6}{409} \\
 &\approx 6673.802.
 \end{aligned}
 \tag{2.5}$$

## 2.2. Программный расчёт

Граф с рис. 1 записан в формате XML, результат в приложении А. Отображение графа в программе на рис. 2. Результаты работа на рис. 3

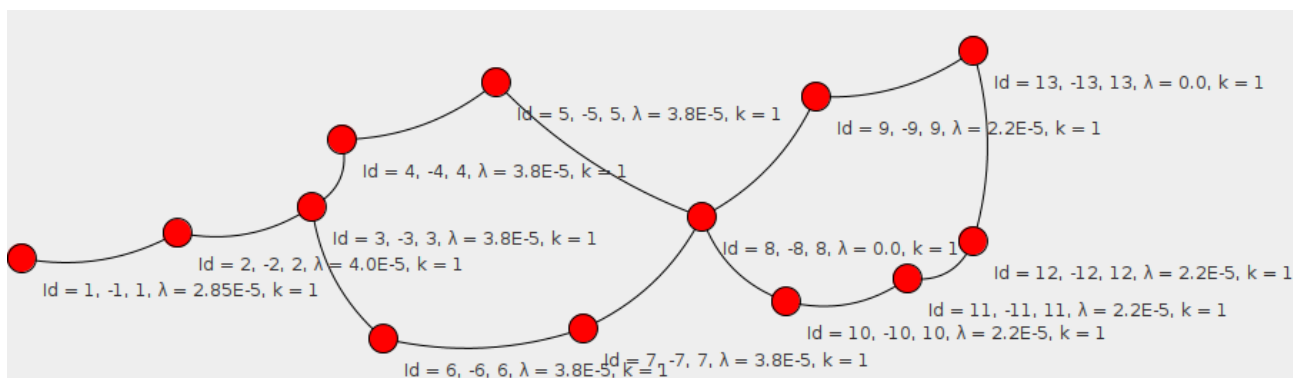


Рисунок 2 – Отображение графа в приложении

t	R	T
2.0	0.9997869937810687	6668.932919436252

Рисунок 3 – Результаты работы

Как видно, результаты работы программы получились близкими к расчётам в п. 2.1.

### 3. Выводы

Произведена оценка характеристик надежности программ по структурной схеме надежности.

Установлено, что для экспериментальной схемы последовательные структуры вносят больший вклад в вероятность отказа системы, чем параллельные.

Результаты ручного и программного расчёта признаны близкими.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Граф в формате XML

```
1  <Schema>
2    <graf>
3      <Block>
4        <Id>1</Id>
5        <Id2>1</Id2>
6        <failureRate>2.85E-5</failureRate>
7        <name>1</name>
8        <quantity>1</quantity>
9        <list>
10          <int>2</int>
11        </list>
12        <type />
13      </Block>
14      <Block>
15        <Id>2</Id>
16        <Id2>2</Id2>
17        <failureRate>4E-5</failureRate>
18        <name>2</name>
19        <quantity>1</quantity>
20        <list>
21          <int>3</int>
22        </list>
23        <type />
24      </Block>
25      <Block>
26        <Id>3</Id>
27        <Id2>3</Id2>
28        <failureRate>3.8E-5</failureRate>
29        <name>3</name>
30        <quantity>1</quantity>
31        <list>
32          <int>4</int>
```

```

33         <int>6</int>
34     </list>
35     <type />
36 </Block>
37 <Block>
38     <Id>4</Id>
39     <Id2>4</Id2>
40     <failureRate>3.8E-5</failureRate>
41     <name>4</name>
42     <quantity>1</quantity>
43     <list>
44         <int>5</int>
45     </list>
46     <type />
47 </Block>
48 <Block>
49     <Id>5</Id>
50     <Id2>5</Id2>
51     <failureRate>3.8E-5</failureRate>
52     <name>5</name>
53     <quantity>1</quantity>
54     <list>
55         <int>8</int>
56     </list>
57     <type />
58 </Block>
59 <Block>
60     <Id>6</Id>
61     <Id2>6</Id2>
62     <failureRate>3.8E-5</failureRate>
63     <name>6</name>
64     <quantity>1</quantity>
65     <list>
66         <int>7</int>

```



```

67         </list>
68         <type />
69     </Block>
70     <Block>
71         <Id>7</Id>
72         <Id2>7</Id2>
73         <failureRate>3.8E-5</failureRate>
74         <name>7</name>
75         <quantity>1</quantity>
76         <list>
77             <int>8</int>
78         </list>
79         <type />
80     </Block>
81     <Block>
82         <Id>8</Id>
83         <Id2>8</Id2>
84         <failureRate>0</failureRate>
85         <name>8</name>
86         <quantity>1</quantity>
87         <list>
88             <int>9</int>
89             <int>10</int>
90         </list>
91         <type />
92     </Block>
93     <Block>
94         <Id>9</Id>
95         <Id2>9</Id2>
96         <failureRate>2.2E-5</failureRate>
97         <name>9</name>
98         <quantity>1</quantity>
99         <list>
100             <int>13</int>

```

```

101         </list>
102         <type />
103     </Block>
104     <Block>
105         <Id>10</Id>
106         <Id2>10</Id2>
107         <failureRate>2.2E-5</failureRate>
108         <name>10</name>
109         <quantity>1</quantity>
110         <list>
111             <int>11</int>
112         </list>
113         <type />
114     </Block>
115     <Block>
116         <Id>11</Id>
117         <Id2>11</Id2>
118         <failureRate>2.2E-5</failureRate>
119         <name>11</name>
120         <quantity>1</quantity>
121         <list>
122             <int>12</int>
123         </list>
124         <type />
125     </Block>
126     <Block>
127         <Id>12</Id>
128         <Id2>12</Id2>
129         <failureRate>2.2E-5</failureRate>
130         <name>12</name>
131         <quantity>1</quantity>
132         <list>
133             <int>13</int>
134         </list>

```

```
135         <type />
136     </Block>
137     <Block>
138         <Id>13</Id>
139         <Id2>13</Id2>
140         <failureRate>0</failureRate>
141         <name>13</name>
142         <quantity>1</quantity>
143         <list />
144         <type />
145     </Block>
146 </graf>
147 <ListOfFlag/>
148 <listOfNode/>
149 <list/>
150 </Schema>
```