**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «ЛЭТИ» ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)**

**Кафедра МО ЭВМ**

# ОТЧЕТ

**по лабораторной работе №5**

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

**Тема: «Оценка параметров надежности программ по временным моделям обнаружения ошибок»**

| | | |
|---|---|---|
| Студент гр. 8304 | ________________________ | Бутко А. М. |
| Преподаватель | ________________________ | Кирьянчиков В. А. |

Санкт-Петербург

2022

**Цель работы.**

Выполнить исследование показателей надежности программ, характеризуемых моделью обнаружения ошибок Джелинского-Моранды, для различных законов распределения времен обнаружения отказов и различного числа используемых для анализа данных.

**Ход работы.**

**Равномерный закон распределения.**

Был сгенерирован массив из 30-ти элементов, равномерно распределенных в интервале $[0,20]$. Массив был упорядочен по возрастанию. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Равномерное распределение, $n = 30$ (100%).

| $i$ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $X_i$ | 0.759 | 1.322 | 2.225 | 2.767 | 4.068 | 4.430 | 4.453 | 5.224 | 5.249 | 5.461 |
| $i$ | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| $X_i$ | 8.921 | 8.931 | 9.168 | 9.433 | 9.823 | 10.464 | 11.834 | 11.953 | 12.922 | 13.089 |
| $i$ | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| $X_i$ | 13.69 | 14.09 | 15.405 | 16.276 | 17.469 | 18.903 | 19.019 | 19.167 | 19.383 | 19.921 |

Формула коэффициента: $A = \frac{\sum_{i=1}^{n} iX_i}{\sum_{i=1}^{n} X_i} = 20.32$. Условие сходимости $A > \frac{n+1}{2}$ выполнено: $20.32 > 15.5$.

Были вычислены значения функций $f_n(m) = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{m-i}$ и $g(m, A) = \frac{n}{m-A}$. Результаты расчета приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Расчёт значений функций для равномерного распределения (100%).

| $m$ | 31 | 32 | 33 | 34 | **35** | 36 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $f_n(m)$ | 3.99499 | 3.02725 | 2.5585 | 2.25546 | **2.03488** | 1.86345 |
| $g(m, A)$ | 2.80977 | 2.56915 | 2.36649 | 2.19346 | **2.04401** | 1.91363 |
| $\lvert f_n(m) - g(m, A)\rvert$ | 1.18521 | 0.458096 | 0.192008 | 0.0620044 | **0.0091352** | 0.050181 |

Минимум разности достигается при $m = 35$. Первоначальное количество ошибок $B = m - 1 = 34$. Коэффициент $K = \frac{n}{(B+1)\sum_{i=1}^{n} X_i - \sum_{i=1}^{n} iX_i} = 0.0064719405$.

Было рассчитано среднее время обнаружения следующих ошибок $X_j = \frac{1}{K(B-j+1)}$, где $j = n+1, n+2 \dots, n+k$. Результат представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Расчет времени обнаружения следующих ошибок для равномерного распределения (100%).

| $j$ | 31 | 32 | 33 | 34 |
|---|---|---|---|---|
| $X_j$ (дней) | 38.6283 | 51.5044 | 77.2566 | 154.513 |

Было рассчитано время до завершения тестирования $t_k = 321.902$ дней.

Было рассчитано общее время тестирования $t_{общ} = 637.729$ дней.

**80% входных данных.**

Был сгенерирован массив из 24-ти элементов, равномерно распределенных в интервале [0,20]. Массив был упорядочен по возрастанию. Результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Равномерное распределение, $n = 24$ (80%).

| $i$ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $X_i$ | 0.262 | 0.933 | 1.629 | 3.009 | 4.506 | 5.042 | 5.231 | 6.131 |
| $i$ | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| $X_i$ | 6.342 | 6.564 | 8.053 | 9.3933 | 11.0004 | 14.9811 | 15.258 | 16.1871 |
| $i$ | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| $X_i$ | 17.4129 | 17.496 | 18.1876 | 18.3816 | 18.499 | 18.6764 | 19.439 | 19.7701 |

Формула коэффициента: $A = \frac{\sum_{i=1}^{n} iX_i}{\sum_{i=1}^{n} X_i} = 16.6$. Условие сходимости $A > \frac{n+1}{2}$ выполнено: $16.6 > 12.5$.

Были вычислены значения функций $f_n(m) = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{m-1}$ и $g(m, A) = \frac{n}{m-A}$. Результаты расчета приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Расчёт значений функций для равномерного распределения (80%).

| $m$ | 25 | 26 | **27** | 28 |
|---|---|---|---|---|
| $f_n(m)$ | 3.77596 | 2.81596 | **2.35442** | 2.05812 |
| $g(m, A)$ | 2.8723 | 2.56529 | **2.31757** | 2.11348 |
| $\lvert f_n(m) - g(m, A)\rvert$ | 0.903658 | 0.25067 | **0.0368493** | 0.0553578 |

Минимум разности достигается при $m = 27$. Первоначальное количество ошибок $B = m - 1 = 26$. Коэффициент $K = \frac{n}{(B+1)\sum_{i=1}^{n} X_i - \sum_{i=1}^{n} iX_i} = 0.00883275$

Было рассчитано среднее время обнаружения следующих ошибок $X_j = \frac{1}{K(B-j+1)}$, где $j = n+1, n+2 \dots, n+k$. Результат представлен в таблице 6.

Таблица 6 – Расчет времени обнаружения следующих ошибок для равномерного распределения (80%).

| $j$ | 25 | 26 |
|---|---|---|
| $X_j$ (дней) | 56.6075 | 113.215 |

Было рассчитано время до завершения тестирования $t_k = 169.823$ дней.

Было рассчитано общее время тестирования $t_{общ} = 432.206$ дней.

**60% входных данных.**

Был сгенерирован массив из 18-ти элементов, равномерно распределенных в интервале [0,20]. Массив был упорядочен по возрастанию. Результаты представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Равномерное распределение, $n = 18$ (60%).

| $\boldsymbol{i}$ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\boldsymbol{X_i}$ | 1.31749 | 3.53964 | 4.6963 | 6.629 | 7.002 | 9.217 | 10.470 | 12.814 | 12.814 |
| $\boldsymbol{i}$ | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| $\boldsymbol{X_i}$ | 13.1064 | 13.1199 | 13.6251 | 14.5197 | 15.5893 | 16.138 | 16.405 | 18.433 | 19.326 |

Формула коэффициента: $A = \frac{\sum_{i=1}^{n} iX_i}{\sum_{i=1}^{n} X_i} = 11.70$. Условие сходимости $A > \frac{n+1}{2}$ выполнено: $11.70 > 9.5$.

Были вычислены значения функций $f_n(m) = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{m-1}$ и $g(m, A) = \frac{n}{m-A}$. Результаты расчета приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Расчёт значений функций для равномерного распределения (60%).

| $m$ | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | **24** | 25 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $f_n(m)$ | 3.4951 | 2.5477 | 2.0977 | 1.8120 | 1.6075 | **1.4510** | 1.3260 |
| $g(m, A)$ | 2.46511 | 2.16818 | 1.93509 | 1.74725 | 1.59265 | **1.46319** | 1.35319 |
| $\lvert f_n(m) - g(m, A)\rvert$ | 1.03 | 0.379564 | 0.162653 | 0.064777 | 0.014829 | **0.012229** | 0.02723 |

Минимум разности достигается при $m = 24$. Первоначальное количество ошибок $B = m - 1 = 23$. Коэффициент $K = \frac{n}{(B+1)\sum_{i=1}^{n} X_i - \sum_{i=1}^{n} iX_i} = 0.007008913$.

Было рассчитано среднее время обнаружения следующих ошибок $X_j = \frac{1}{K(B-j+1)}$, где $j = n+1, n+2 \dots, n+k$. Результат представлен в таблице 9.

Таблица 9 – Расчет времени обнаружения следующих ошибок для равномерного распределения (60%).

| $j$ | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
|---|---|---|---|---|---|
| $X_j$ (дней) | 28.5351 | 35.6689 | 47.5585 | 71.3377 | 142.675 |

Было рассчитано время до завершения тестирования $t_k = 325.78$дней.

Было рассчитано общее время тестирования $t_{общ} = 534.537$дней.

**Экспоненциальный закон распределения.**

Был сгенерирован массив из 30-ти элементов, распределенных по экспоненциальному закону с параметром $b = 0.1$. Значения случайной величины Y с экспоненциальным законом распределения с параметром «$b$» были получены по значениям случайной величины $t$, равномерно распределенной в интервале $[0,1]$, по формуле: $Y = -ln(t)/b$. Массив был упорядочен по возрастанию. Результаты представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Экспоненциальное распределение, $n = 30$ (100%).

| $i$ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $X_i$ | 0.01 | 0.53 | 0.71 | 0.72 | 1.20 | 1.26 | 1.84 | 2.28 | 2.68 | 2.76 |
| $i$ | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| $X_i$ | 3.37 | 3.91 | 4.57 | 5.42 | 5.66 | 6.41 | 7.96 | 9.24 | 9.90 | 9.97 |
| $i$ | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| $X_i$ | 10.25 | 10.49 | 11.07 | 11.78 | 11.784 | 12.69 | 18.33 | 22.87 | 24.43 | 25.33 |

Формула коэффициента: $A = \frac{\sum_{i=1}^{n} iX_i}{\sum_{i=1}^{n} X_i} = 22.59$. Условие сходимости $A > \frac{n+1}{2}$ выполнено: $22.59 > 15.5$.

Были вычислены значения функций $f_n(m) = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{m-1}$ и $g(m, A) = \frac{n}{m-A}$. Результаты расчета приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Расчёт значений функций для экспоненциального распределения (100%).

| $m$ | 31 | **32** | 33 |
|---|---|---|---|
| $f_n(m)$ | 3.995 | **3.027** | 2.5585 |
| $g(m, A)$ | 3.5693 | **3.18979** | 2.88323 |
| $\lvert f_n(m) - g(m, A)\rvert$ | 0.42569 | **0.162546** | 0.324733 |

Минимум разности достигается при $m = 32$. Первоначальное количество ошибок $B = m - 1 = 31$. Коэффициент $K = \frac{n}{(B+1)\sum_{i=1}^{n} X_i - \sum_{i=1}^{n} iX_i} = 0.0133216622$.

Было рассчитано среднее время обнаружения следующих ошибок $X_j = \frac{1}{K(B-j+1)}$, где $j = n+1, n+2 \dots, n+k$. Результат представлен в таблице 12. (В таблице представлен не все $X_j$, так как по условию нужно указать 5 первых)

Таблица 12 – Расчет времени обнаружения следующих ошибок для экспоненциального распределения (100%).

| $j$ | 31 |
|---|---|
| $X_j$ (дней) | 75.0657 |

Время было рассчитано на основе всех $X_j$, а не только первых 5.

Было рассчитано время до завершения тестирования $t_k = 75.0657$дней.

Было рассчитано общее время тестирования $t_{общ} = 314.5096$ дней.

**80% входных данных.**

Был сгенерирован массив из 24-ти элементов, распределенных по экспоненциальному закону с параметром $b = 0.1$. Массив был упорядочен по возрастанию. Результаты представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Экспоненциальное распределение, $n\ =\ 24$ (80%).

| $i$ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $X_i$ | 0.079 | 0.187 | 0.339 | 1.590 | 2.050 | 2.819 | 3.088 | 3.377 |
| $i$ | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| $X_i$ | 3.484 | 3.819 | 3.845 | 4.019 | 4.534 | 4.838 | 5.093 | 6.491 |
| $i$ | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| $X_i$ | 8.664 | 9.347 | 9.742 | 10.506 | 18.122 | 39.549 | 45.009 | 56.788 |

Формула коэффициента: $A = \frac{\sum_{i=1}^{n} iX_i}{\sum_{i=1}^{n} X_i} = 19.85$. Условие сходимости $A > \frac{n+1}{2}$ выполнено: $19.85 > 12.5$.

Были вычислены значения функций $f_n(m) = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{m-1}$ и $g(m, A) = \frac{n}{m-A}$. Результаты расчета приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Расчёт значений функций для экспоненциального распределения (80%).

| $m$ | **25** | 26 |
|---|---|---|
| $f_n(m)$ | **3.776** | 2.816 |
| $g(m, A)$ | **4.65895** | 3.90157 |
| $\lvert f_n(m) - g(m, A)\rvert$ | **0.882995** | 1.08561 |

Минимум разности достигается при $m\ = 25$. Первоначальное количество ошибок $B\ =\ m - 1\ = 24$. Коэффициент $K\ = \frac{n}{(B+1)\sum_{i=1}^{n} X_i - \sum_{i=1}^{n} iX_i} = 0.01883339$.

Было рассчитано общее время тестирования $t_{\text{общ}}\ = 247.377$дней.

Условие $B\ >\ n$ не выполняется.

**60% входных данных.**

Был сгенерирован массив из 18-ти элементов, распределенных по экспоненциальному закону с параметром $b = 0.1$. Массив был упорядочен по возрастанию. Результаты представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Экспоненциальное распределение, $n = 18$ (60%).

| $\boldsymbol{i}$ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\boldsymbol{X_i}$ | 0.575 | 1.259 | 2.085 | 2.271 | 2.603 | 3.609 | 5.450 | 5.901 | 6.279 |
| $\boldsymbol{i}$ | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| $\boldsymbol{X_i}$ | 8.160 | 9.351 | 12.473 | 16.862 | 17.839 | 21.145 | 28.099 | 29.212 | 59.509 |

Формула коэффициента: $A = \frac{\sum_{i=1}^{n} iX_i}{\sum_{i=1}^{n} X_i} = 14.32$. Условие сходимости $A > \frac{n+1}{2}$ выполнено: $14.32 > 9.5$.

Были вычислены значения функций $f_n(m) = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{m-1}$ и $g(m, A) = \frac{n}{m-A}$. Результаты расчета приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Расчёт значений функций для экспоненциального распределения (60%).

| $m$ | **19** | 20 |
|---|---|---|
| $f_n(m)$ | **3.495** | 2.547 |
| $g(m, A)$ | **3.84821** | 3.17041 |
| $\lvert f_n(m) - g(m, A)\rvert$ | **0.353098** | 0.622668 |

Минимум разности достигается при $m = 19$. Первоначальное количество ошибок $B = m - 1 = 18$. Коэффициент $K = \frac{n}{(B+1)\sum_{i=1}^{n} X_i - \sum_{i=1}^{n} iX_i} = 0.016538$.

Условие $B > n$ не выполняется.

Было рассчитано общее время тестирования $t_{\text{общ}} = 232.682$ дней.

**Релеевский закон распределения.**

**100% входных данных.**

Был сгенерирован массив из 30-ти элементов, распределенных по релеевскому закону с параметром $c = 8.0$. Значения случайной величины $Y$ с релеевским законом распределения с параметром «с» были получены по значениям случайной величины $t$, равномерно распределенной в интервале $[0,1]$, по формуле: $Y = c * sqrt(-2 * ln(t))$. Массив был упорядочен по возрастанию. Результаты представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Релеевское распределение, $n = 30$ (100%).

| $i$ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $X_i$ | 0.956 | 1.625 | 2.201 | 2.394 | 2.690 | 2.917 | 3.697 | 3.846 | 4.444 | 4.669 |
| $i$ | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| $X_i$ | 4.818 | 5.448 | 6.366 | 6.512 | 6.713 | 7.115 | 7.440 | 7.539 | 8.193 | 8.445 |
| $i$ | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| $X_i$ | 9.318 | 9.770 | 9.983 | 10.086 | 10.932 | 11.331 | 13.388 | 17.191 | 18.016 | 18.504 |

Формула коэффициента: $A = \frac{\sum_{i=1}^{n} iX_i}{\sum_{i=1}^{n} X_i} = 20.56$. Условие сходимости $A > \frac{n+1}{2}$ выполнено: $20.56 > 15.5$.

Были вычислены значения функций $f_n(m) = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{m-1}$ и $g(m, A) = \frac{n}{m-A}$. Результаты расчета приведены в таблице 18.

Таблица 18 – Расчёт значений функций для релеевского распределения (100%).

| $m$ | 31 | 32 | 33 | **34** | 35 |
|---|---|---|---|---|---|
| $f_n(m)$ | 3.99 | 3.02 | 2.55 | **2.25** | 2.035 |
| $g(m, A)$ | 2.87484 | 2.62344 | 2.41248 | **2.23292** | 2.07823 |
| $\lvert f_n(m) - g(m, A)\rvert$ | 1.12014 | 0.403801 | 0.146018 | **0.0225497** | 0.0433547 |

Минимум разности достигается при $m = 34$. Первоначальное количество ошибок $B = m - 1 = 33$. Коэффициент $K = \frac{n}{(B+1)\sum_{i=1}^{n} X_i - \sum_{i=1}^{n} iX_i} = 0.009856$.

Было рассчитано среднее время обнаружения следующих ошибок $X_j = \frac{1}{K(B-j+1)}$, где $j = n+1, n+2 \dots, n+k$. Результат представлен в таблице 19.

Таблица 19 – Расчет времени обнаружения следующих ошибок для релеевского распределения (100%).

| $j$ | 31 | 32 | 33 |
|---|---|---|---|
| $X_j$ (дней) | 33.8189 | 50.7283 | 101.457 |

Было рассчитано время до завершения тестирования $t_k = 186.004$ дней.

Было рассчитано общее время тестирования $t_{общ} = 412.548$ дней.

**80% входных данных.**

Был сгенерирован массив из 24-ти элементов, распределенных по релеевскому закону с параметром с $= 8.0$. Массив был упорядочен по возрастанию. Результаты представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Релеевское распределение, $n = 24$ (80%).

| $i$ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $X_i$ | 0.540 | 3.619 | 4.793 | 5.507 | 5.791 | 5.896 | 6.043 | 6.454 |
| $i$ | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| $X_i$ | 6.564 | 7.393 | 7.756 | 9.309 | 10.167 | 10.277 | 10.641 | 11.154 |
| $i$ | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| $X_i$ | 12.344 | 12.752 | 14.085 | 14.476 | 16.521 | 16.602 | 17.535 | 19.408 |

Формула коэффициента: $A = \frac{\sum_{i=1}^{n} iX_i}{\sum_{i=1}^{n} X_i} = 15.80$. Условие сходимости $A > \frac{n+1}{2}$ выполнено: $15.80 > 12.5$.

Были вычислены значения функций $f_n(m) = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{m-1}$ и $g(m, A) = \frac{n}{m-A}$. Результаты расчета приведены в таблице 21.

Таблица 21 – Расчёт значений функций для релеевского распределения (80%).

| $m$ | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | **30** | 31 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $f_n(m)$ | 3.776 | 2.816 | 2.354 | 2.058 | 1.844 | **1.678** | 1.545 |
| $g(m, A)$ | 2.6105 | 2.354 | 2.144 | 1.968 | 1.819 | **1.691** | 1.580 |
| $\lvert f_n(m) - g(m, A)\rvert$ | 1.1655 | 0.462 | 0.210 | 0.090 | 0.024 | **0.013** | 0.035 |

Минимум разности достигается при $m = 30$. Первоначальное количество ошибок $B = m - 1 = 29$. Коэффициент $K = \frac{n}{(B+1)\sum_{i=1}^{n} X_i - \sum_{i=1}^{n} iX_i} = 0.00717615147$.

Было рассчитано среднее время обнаружения следующих ошибок $X_j = \frac{1}{K(B-j+1)}$, где $j = n+1, n+2 \dots, n+k$. Результат представлен в таблице 22.

Таблица 22 – Расчет времени обнаружения следующих ошибок для релеевского распределения (80%).

| $j$ | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
|---|---|---|---|---|---|
| $X_j$ (дней) | 27.8701 | 34.8376 | 46.4502 | 69.6752 | 139.35 |

Было рассчитано время до завершения тестирования $t_k = 318.184$ дней.

Было рассчитано общее время тестирования $t_{общ} = 553.8107$ дней.

**60% входных данных.**

Был сгенерирован массив из 18-ти элементов, распределенных по релеевскому закону с параметром $c = 8.0$. Массив был упорядочен по возрастанию. Результаты представлены в таблице 23.

Таблица 23 – Релеевское распределение, $n = 18$ (60%).

| $\boldsymbol{i}$ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\boldsymbol{X_i}$ | 2.392 | 3.469 | 4.471 | 4.969 | 5.692 | 6.207 | 6.235 | 6.251 | 6.258 |
| $\boldsymbol{i}$ | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| $\boldsymbol{X_i}$ | 6.753 | 8.269 | 8.478 | 8.687 | 8.841 | 10.618 | 11.635 | 16.640 | 16.938 |

Формула коэффициента: $A = \frac{\sum_{i=1}^{n} iX_i}{\sum_{i=1}^{n} X_i} = 11.82$. Условие сходимости $A > \frac{n+1}{2}$ выполнено: $11.82 > 9.5$.

Были вычислены значения функций $f_n(m) = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{m-1}$ и $g(m, A) = \frac{n}{m-A}$. Результаты расчета приведены в таблице 24.

Таблица 24 – Расчёт значений функций для релеевского распределения (60%).

| $m$ | 19 | 20 | 21 | 22 | **23** | 24 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $f_n(m)$ | 3.495 | 2.548 | 2.098 | 1.812 | **1.607** | 1.451 |
| $g(m, A)$ | 2.508 | 2.201 | 1.962 | 1.769 | **1.611** | 1.478 |
| $\lvert f_n(m) - g(m, A)\rvert$ | 0.987 | 0.346 | 0.136 | 0.043 | **0.003** | 0.0272 |

Минимум разности достигается при $m = 23$. Первоначальное количество ошибок $B = m - 1 = 22$. Коэффициент $K = \frac{n}{(B+1)\sum_{i=1}^{n} X_i - \sum_{i=1}^{n} iX_i} = 0.01127794$.

Было рассчитано среднее время обнаружения следующих ошибок $X_j = \frac{1}{K(B-j+1)}$, где $j = n+1, n+2 \dots, n+k$. Результат представлен в таблице 25.

Таблица 25 – Расчет времени обнаружения следующих ошибок для релеевского распределения (60%).

| $m$ | 19 | 20 | 21 | 22 |
|---|---|---|---|---|
| $X_j$ (дней) | 22.1672 | 29.5562 | 44.3343 | 88.6686 |

Было рассчитано время до завершения тестирования $t_k = 184.726$ дней.

Было рассчитано общее время тестирования $t_{\text{общ}} = 327.5279$ дней.

**Результаты расчетов.**

В таблицах 26 и 27 представлены сводные результаты оценки первоначального числа ошибок и полного времени проведения тестирования соответственно.

Таблица 26 – Оценка первоначального числа ошибок.

| $n$ | Входные данные, % | Распределение | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Равномерное | Экспоненциальное | Релеевское |
| 30 | 100 | 33 | 31 | 33 |
| 24 | 80 | 26 | 24 | 29 |
| 18 | 60 | 23 | 18 | 22 |

Таблица 27 – Оценка полного времени проведения тестирования.

| $n$ | Входные данные, % | Распределение | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Равномерное | Экспоненциальное | Релеевское |
| 30 | 100 | 637.7 | 314.5 | 412.5 |
| 24 | 80 | 432.2 | 247.4 | 553.8 |
| 18 | 60 | 534.5 | 232.7 | 327.5 |

Результаты при экспоненциальном распределении лучше, чем при равномерном или релеевском. Это связано с тем, что модель Джелинского-Моранды основана на предположении о том, что время до следующего отказа программы распределено экспоненциально. Относительно равномерного распределения, релеевское показывает лучшие результаты.

**Выводы.**

В ходе выполнения данной работы было выполнено исследование показателей надежности программ, характеризуемых моделью обнаружения ошибок Джелински-Морданы, для различных законов распределения времен обнаружения отказов и различного числа используемых для анализа данных.

Как можно отметить, исходя из результатов исследования, лучшие результаты показал экспоненциальный закон распределения, что подтверждает предположению модели Джелински-Морданы о том, что время до следующего отказа программы распределено экспоненциально.