Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики»

ОТЧЁТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №1

по дисциплине

«Теория функционирования распределённых вычислительных систем»

Выполнил:
Студент гр. ИВ-622
Тимофеев Д.А.

Проверила:
Ассистент Кафедры ВС
Ткачева Т.А.

Новосибирск 2020

СОДЕРЖАНИЕ:

1. Цель работы

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 *([λ] = 1/ч)*, *m* – количество восстанавливающих устройств восстанавливающей системы и μ – интенсивность потока восстановления элементарных машин одним восстанавливающим устройством *([μ] = 1/ч)*.

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

$$\theta = \int_0^\infty R(t)dt, \quad T = \int_0^\infty tdU(t),$$

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:

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

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

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

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.

2.1) Построить график зависимости Θ(n). Параметры: N = 65536; λ = 10-5; m = 1; n = 65527, 65528, …, 65536; μ ∈ {1, 10, 100, 1000}

2.2) Построить график зависимости Θ(n). Параметры: N = 65536; μ = 1; m = 1; n = 65527, 65528, …, 65536; λ ∈ {10-5, 10-6, 10-7, 10-8, 10-9}.

2.3) Построить график зависимости Θ(n). Параметры: N = 65536; μ = 1; λ = 10-5; n = 65527, 65528, …, 65536; m ∈ {1, 2, 3, 4}.

3) Построить графики зависимости значений показателя T от параметров λ, μ, m и n.

3.1) Построить график зависимости T(n). Параметры: N = 1000; λ = 10-3; m = 1; n = 900, 910, …, 1000; μ ∈ {1, 2, 4, 6}.

3.2) Построить график зависимости T(n). Параметры: N = 8192; μ = 1; m = 1; n = 8092, 8102, …, 8192; λ ∈ {10-5, 10-6, 10-7, 10-8, 10-9}.

3.3) Построить график зависимости T(n). Параметры: N = 8192; μ = 1; λ = 10-5; n = 8092, 8102, …, 8192; m ∈ {1, 2, 3, 4}.

2. Теория

2.1. Производительность

Современные высокопроизводительные средства обработки информации – распределенные ВС (distributed computer systems):

- Большемасштабность (large-scale), массовый параллелизм(число процессоров 10^6
- Программируемость структуры (structure programmability).
- Масштабируемость (scalability)
- Мультипрограммный режим.

2.2. Определения основных параметров и основные формулы

- λ – интенсивность потока отказов в любой из N машин.
- λ^{-1}- среднее время безотказной работы одной ЭМ
- m , 1≤m≤N – размер восстанавливающей подсистемы
- m- количество восстанавливающих устройств
- μ - интенсивность потока восстановления (1/μ - обнаружение + восстановление).
- Так же в инженерной практике наиболее употребительны не R(t) и U(t), а математическое ожидание времени безотказной работы (средняя наработка до отказа и среднее время восстановления:

$$\theta = \int_0^\infty R(t)dt$$

$$T = \int_0^\infty tdU(t)$$

- Ɛ(t) – число исправных машин в момент времени t
- $P_j(i,t)$- вероятность того, что в система начавшей функционировать в состоянии $i \epsilon E_0^N$ исправных машин
- R(t) – функция надежности
- U(t) – функция восстановимости
- S(t) – Функция готовности

- Среднее время безотказной работы ВС при n≠N и при n=N следующее:

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

Среднее время восстановления ВС при *n ≠ 1* и при *n = 1* , следующее

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

Из этих формул следует следующий вывод:

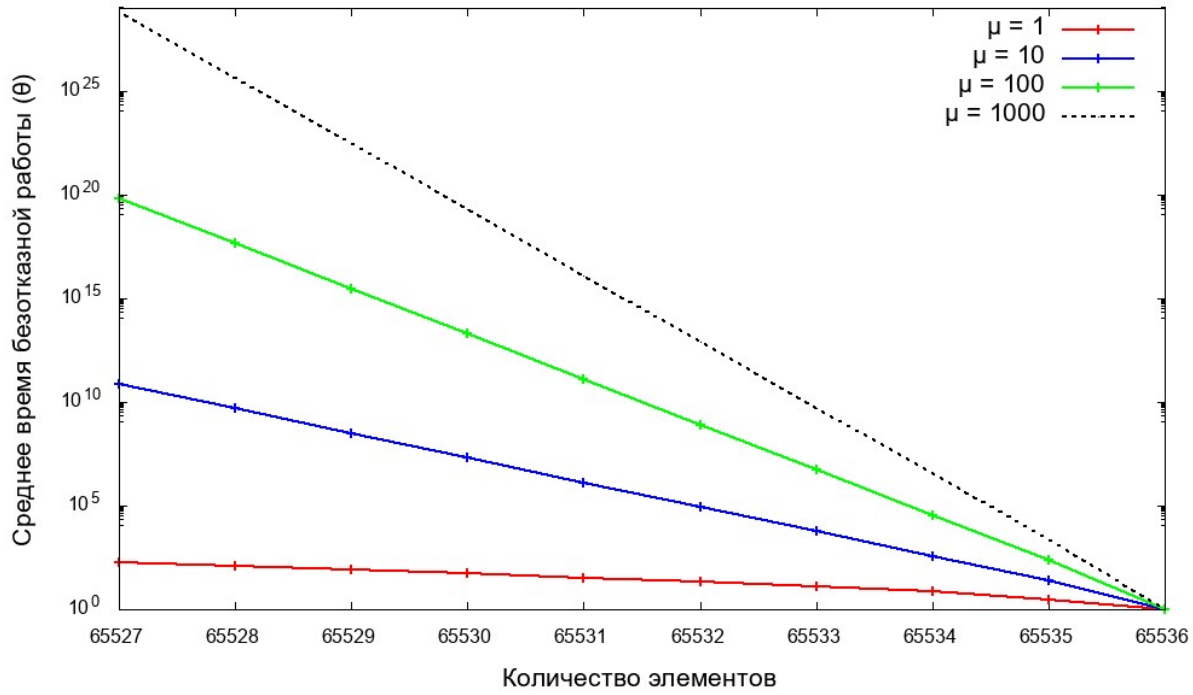
$$\mu_l = \begin{cases} (N-m)\mu, & (N-m) \le l \le N \\ m\mu, & 0 \le l < (N-m) \end{cases}$$

3. Ход работы

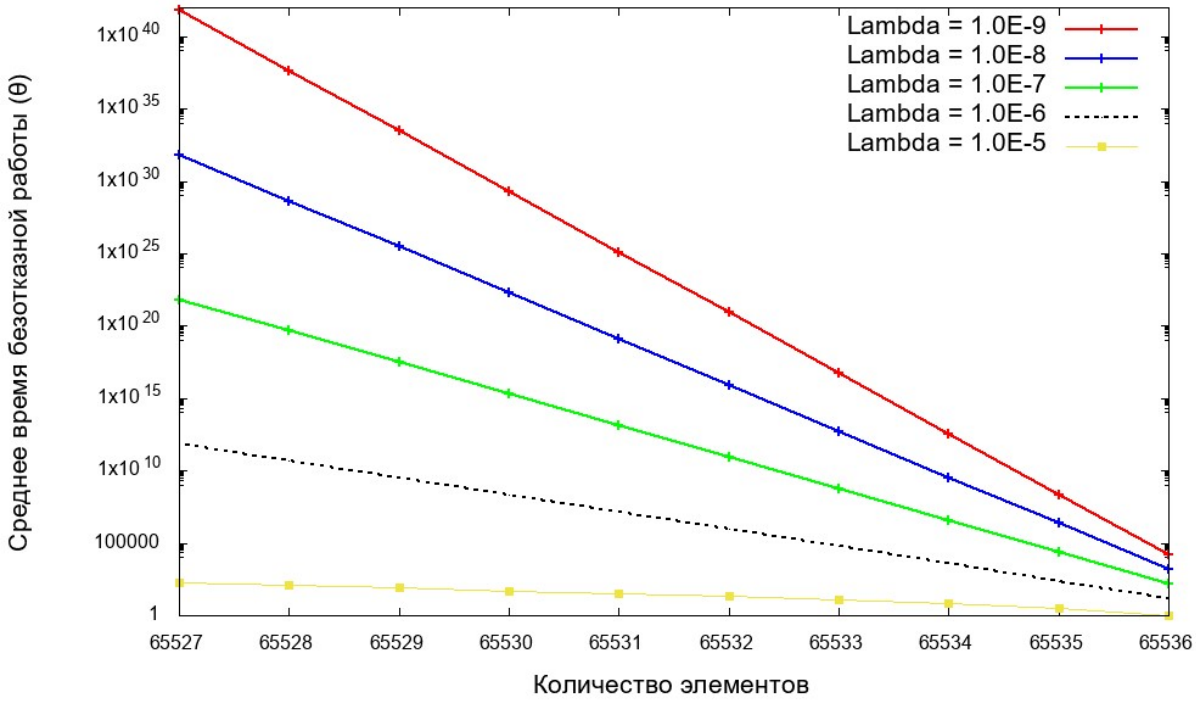
Написал программу.

Провел эксперименты из задания.

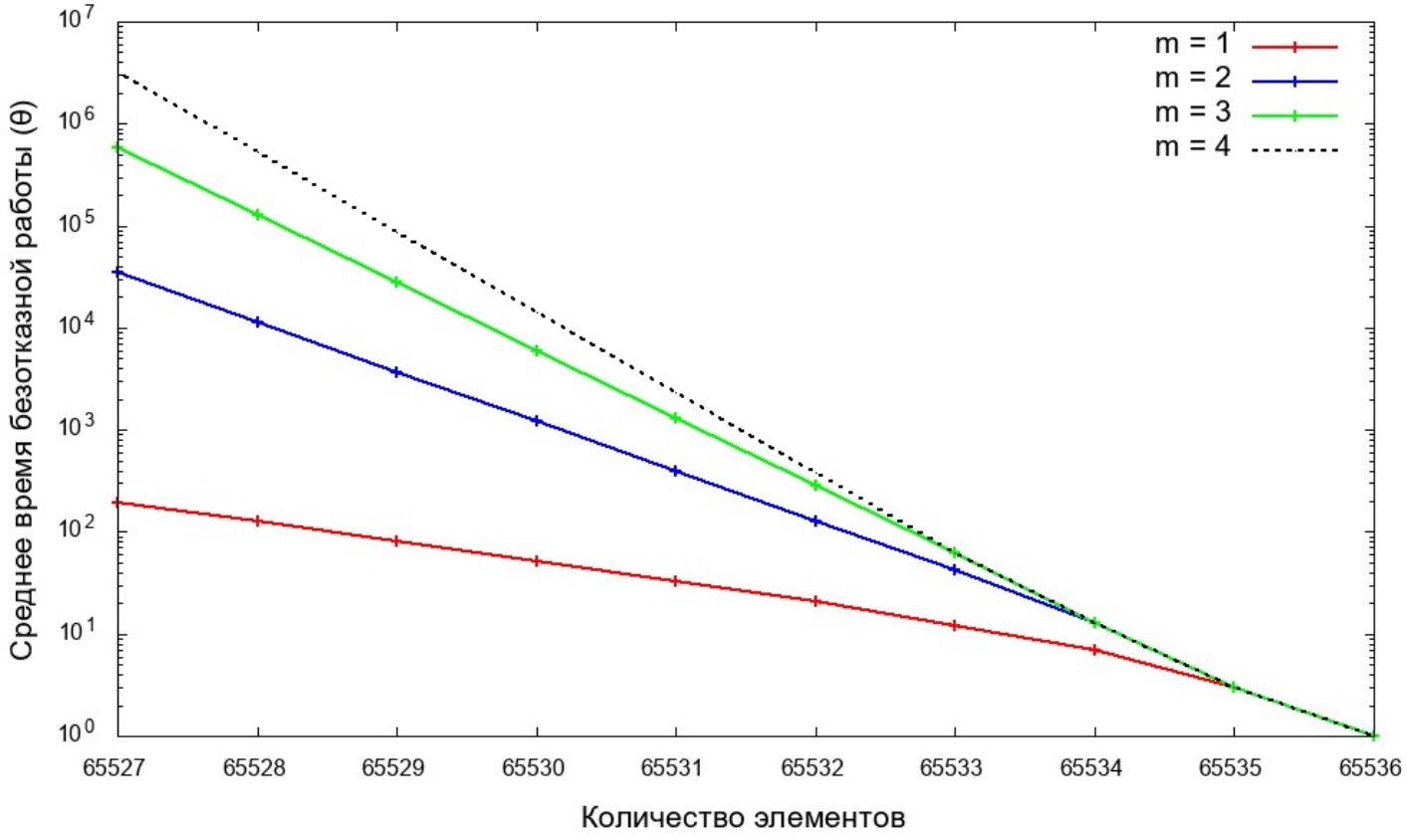
Задание №2.1



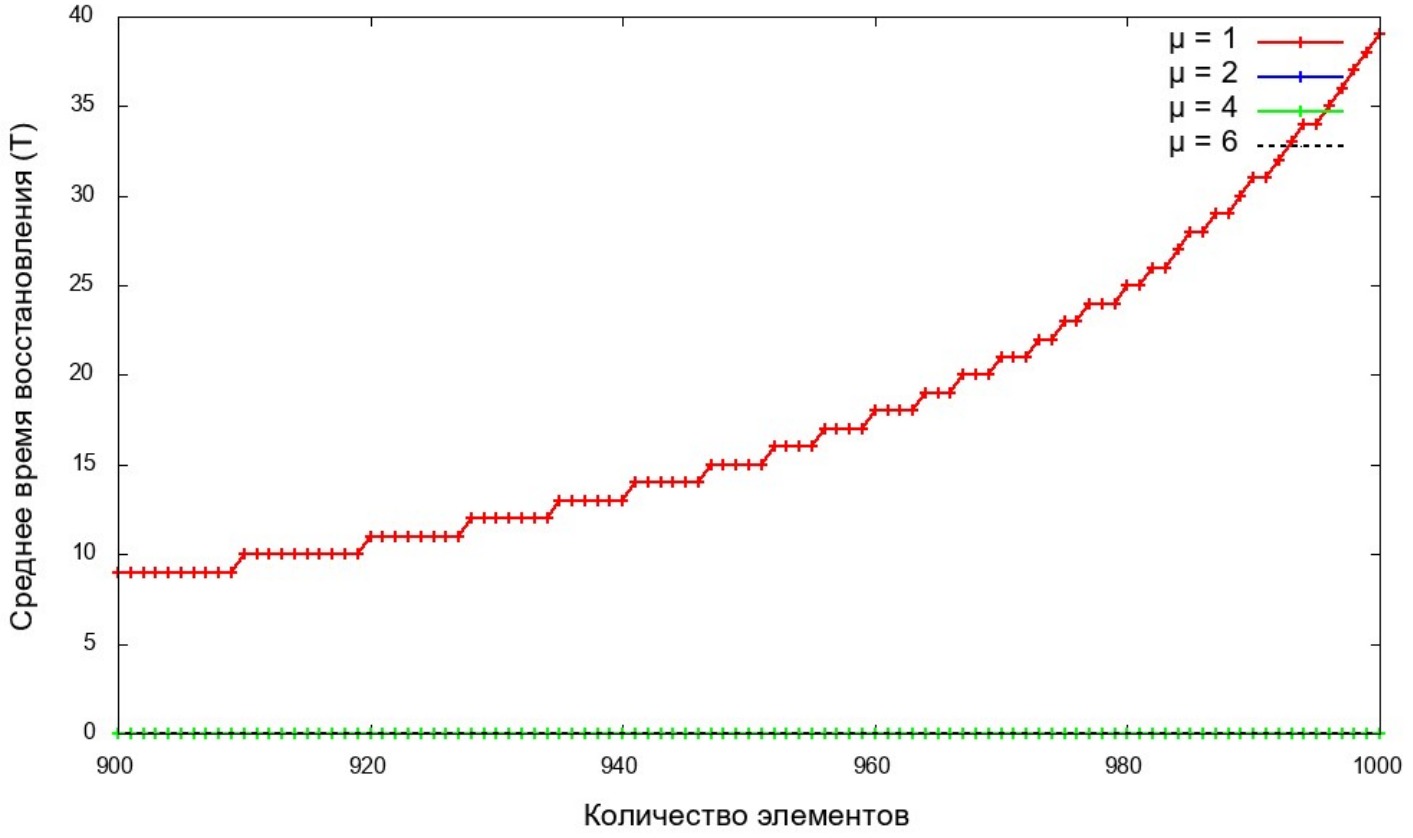
Задание №2.2



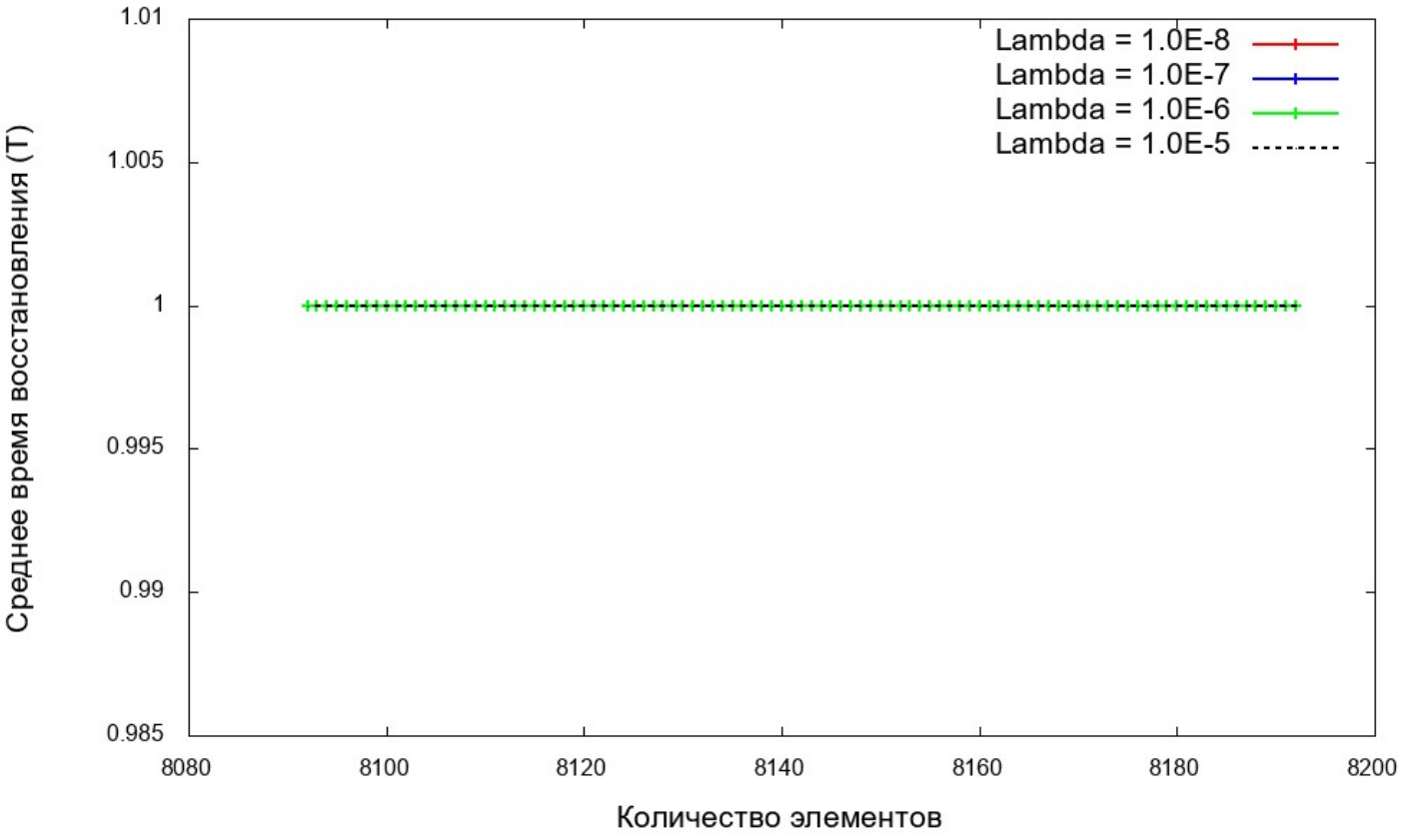
Задание №2.3



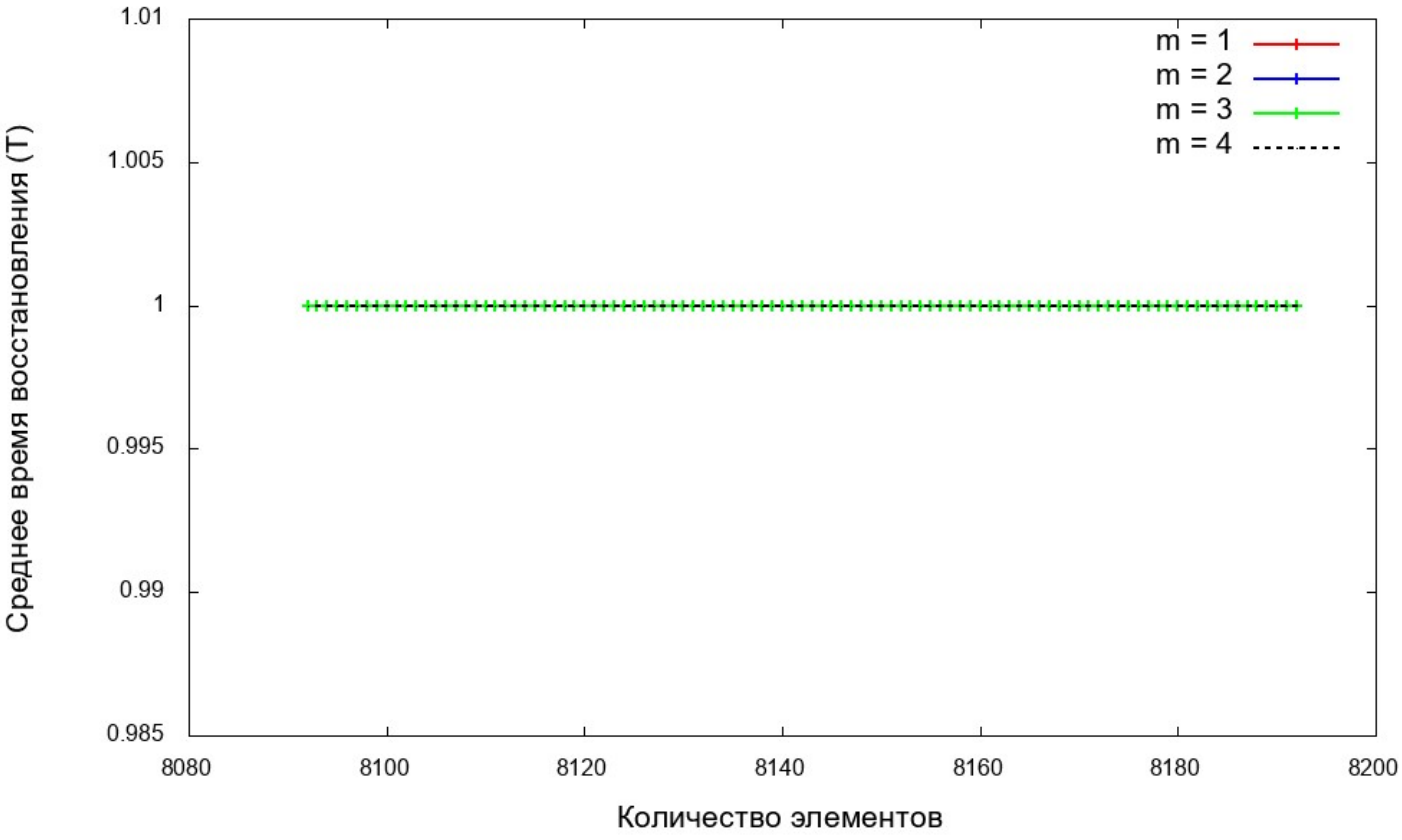
Задание №3.1



Задание №3.2



Задание №3.3



4. Вывод

Большинство параметров, в той или иной форме, связано логарифмической зависимостью (все кроме 3.2 и 3.3).

Следовательно, увеличение восстанавливающей способности системы после определенного количества становится малоэффективной, не рентабельной (это еще раз подтверждается графиками 3.2 и 3.3).

5. Листинг

GitHub
https://github.com/GeorgiaFrankinStain/SibGUTY_git/tree/master/4k2s/%D0%A2%D0%A4%D0%A0%D0%92%D0%A1/labs/out_data/lab_1

5.1. Main.java

```
package compiler.lab_1_usual;

import GFSLibrary.CombinatorCicleClass;
import GFSLibrary.ConditionsCicleFor;

import java.io.IOException;
import java.io.PrintWriter;
import java.util.Map;

public class Main {
    public static void main(String[] args) throws IOException {
        Lab1Grathics lab1GrathicsAverageUptimeTheta = new Lab1Grathics();
        lab1GrathicsAverageUptimeTheta.task2p1();
        lab1GrathicsAverageUptimeTheta.task2p2();
        lab1GrathicsAverageUptimeTheta.task2p3();
        lab1GrathicsAverageUptimeTheta.task3p1();
        lab1GrathicsAverageUptimeTheta.task3p2();
        lab1GrathicsAverageUptimeTheta.task3p3();



    }

}
```

5.2. Lab1Grathics.java

```
package compiler.lab_1_usual;

import GFSLibrary.StepModificator;

import java.io.IOException;
import java.io.PrintWriter;

public class Lab1Grathics {

    public enum Formula {
        averageTimeRecoveryTau,
        averageUptimeTheta
    }


    private String outputFolderStandtart = "D:\\SibGUTY_git\\4k2s\\ТФРВС\\labs\\out_data\\lab_1\\";


    public void task2p1() throws IOException {


        int nFrom = 65527;
        int nTo = 65537;

        int muFromIntensityFloodRecovery = 1;
        int muTo = 1001;
        StepModificator stepModificator = (i) -> i * 10;
```

```
        int NAllCalculator = 65536;
        double lambdalambdaIntendityFloodFailuresMachine = 0.00001;
        int m = 1;


        String generalTitleFile = "outputAverageUptimeTheta_2.1";
        CreatorFormulaWriterFile creatorFormulaWriterFile = new
CreatorFormulaWriterFile(generalTitleFile);
        for (int mu = muFromIntensityFloodRecovery; mu < muTo; mu = stepModificator.next(mu)) {

            String titleLine = String.valueOf(mu);
            FormulaWriterFile formulaWriterFile =
                    creatorFormulaWriterFile.createThetaWriterInfrastructure(titleLine,
Formula.averageUptimeTheta);

            for (int n = nFrom; n < nTo; n++) {
                formulaWriterFile.print(lambdalambdaIntendityFloodFailuresMachine, mu, n, NAllCalculator,
m);
            }

            formulaWriterFile.close();
        }

    }

    public void task2p2() throws IOException {


        int nFrom = 65527;
        int nTo = 65537;

        int lambdaPowFrom = -9;
        int lambdaPowTo = -4;


        int N = 65536;
        int mu = 1;
        int m = 1;


        String generalTitleFile = "outputAverageUptimeTheta_2.2";
        CreatorFormulaWriterFile creatorFormulaWriterFile = new
CreatorFormulaWriterFile(generalTitleFile);
        for (int iPow = lambdaPowFrom; iPow < lambdaPowTo; iPow++) {

            double lambda = Math.pow(10, iPow);

            String titleLine = String.valueOf(lambda);
            FormulaWriterFile formulaWriterFile =
                    creatorFormulaWriterFile.createThetaWriterInfrastructure(titleLine,
Formula.averageUptimeTheta);

            for (int n = nFrom; n < nTo; n++) {
                formulaWriterFile.print(lambda, mu, n, N, m);
            }

            formulaWriterFile.close();
        }

    }

    public void task2p3() throws IOException {


        int nFrom = 65527;
        int nTo = 65537;

        int mFrom = 1;
        int mTo = 5;


        double lambda = Math.pow(10, -5);
        int N = 65536;
        int mu = 1;


        String generalTitleFile = "outputAverageUptimeTheta_2.3";
        CreatorFormulaWriterFile creatorFormulaWriterFile = new
CreatorFormulaWriterFile(generalTitleFile);
        for (int m = mFrom; m < mTo; m++) {
```

```
            String titleLine = Integer.toString(m);
            FormulaWriterFile formulaWriterFile =
                    creatorFormulaWriterFile.createThetaWriterInfrastructure(titleLine,
Formula.averageUptimeTheta);

            for (int n = nFrom; n < nTo; n++) {
                formulaWriterFile.print(lambda, mu, n, N, m);
            }

            formulaWriterFile.close();
        }

    }

    public void task3p1() throws IOException {
        int nFrom = 900;
        int nTo = 1001;

        int muFromIntensityFloodRecovery = 1;
        int muTo = 7;
        StepModificator stepModificator = (i) -> {
            if (i == 1)
                return i + 1;
            else
                return i + 2;
        };


        int NAllCalculator = 1000;
        double lambdalambdaIntendityFloodFailuresMachine = 0.001;
        int m = 1;


        String generalTitleFile = "outputAverageTimeRecoveryTau_3.1";
        CreatorFormulaWriterFile creatorFormulaWriterFile = new
CreatorFormulaWriterFile(generalTitleFile);
        for (int mu = muFromIntensityFloodRecovery; mu < muTo; mu = stepModificator.next(mu)) {

            String titleLine = String.valueOf(mu);
            FormulaWriterFile formulaWriterFile =
                    creatorFormulaWriterFile.createThetaWriterInfrastructure(titleLine,
Formula.averageTimeRecoveryTau);

            for (int n = nFrom; n < nTo; n++) {
                formulaWriterFile.print(lambdalambdaIntendityFloodFailuresMachine, mu, n, NAllCalculator,
m);
            }

            formulaWriterFile.close();
        }

    }


    public void task3p2() throws IOException {
        int nFrom = 8092;
        int nTo = 8193;

        int lambdaPowFrom = -8;
        int lambdaPowTo = -4;
        StepModificator stepModificator = (i) -> i + 1;


        int mu = 1;
        int NAllCalculator = 8192;
        int m = 1;


        String generalTitleFile = "outputAverageTimeRecoveryTau_3.2";
        CreatorFormulaWriterFile creatorFormulaWriterFile = new
CreatorFormulaWriterFile(generalTitleFile);
        for (int lambdaPow = lambdaPowFrom; lambdaPow < lambdaPowTo; lambdaPow =
stepModificator.next(lambdaPow)) {

            double lambdalambdaIntendityFloodFailuresMachine = Math.pow(10, lambdaPow);
            String titleLine = String.valueOf(lambdalambdaIntendityFloodFailuresMachine);
            FormulaWriterFile formulaWriterFile =
                    creatorFormulaWriterFile.createThetaWriterInfrastructure(titleLine,
```

```
Formula.averageTimeRecoveryTau);

            for (int n = nFrom; n < nTo; n++) {
                formulaWriterFile.print(lambdalambdaIntendityFloodFailuresMachine, mu, n, NAllCalculator,
m);
            }

            formulaWriterFile.close();
        }

    }


    public void task3p3() throws IOException {
        int nFrom = 8092;
        int nTo = 8193;

        int mFrom = 1;
        int mTo = 5;


        double lambda = Math.pow(10, -5);
        int N = 8192;
        int mu = 1;


        String generalTitleFile = "outputAverageTimeRecoveryTau_3.3";
        CreatorFormulaWriterFile creatorFormulaWriterFile = new
CreatorFormulaWriterFile(generalTitleFile);
        for (int m = mFrom; m < mTo; m++) {


            String titleLine = Integer.toString(m);
            FormulaWriterFile formulaWriterFile =
                    creatorFormulaWriterFile.createThetaWriterInfrastructure(titleLine,
Formula.averageTimeRecoveryTau);

            for (int n = nFrom; n < nTo; n++) {
                formulaWriterFile.print(lambda, mu, n, N, m);
            }

            formulaWriterFile.close();
        }

    }

    // <start> <private_methods>
    private class CreatorFormulaWriterFile {
        private int numberLine = 1;
        private String generalTitleFile;

        public CreatorFormulaWriterFile(String generalTitleFile) {
            this.generalTitleFile = generalTitleFile;
        }


        public FormulaWriterFile createThetaWriterInfrastructure(String titleLine, Formula formula) throws
IOException {
            PrintWriter output = createFile(generalTitleFile + "-" + numberLine + ".txt");
            FormulaWriterFile formulaWriterFile = new FormulaWriterFile(output, titleLine, formula);

            this.numberLine++;

            return formulaWriterFile;
        }
    }


    private class FormulaWriterFile {
        private PrintWriter output;
        Formula formula;


        public FormulaWriterFile(PrintWriter output) {
            this.output = output;
            this.formula = Formula.averageUptimeTheta;
        }


        public FormulaWriterFile(PrintWriter output, String title, Formula formula) {
```

```
            this.output = output;
            this.formula = formula;

            this.output.println(title);
        }

        public void print(double lambda, double mu, int n, int N, int m) {


            double result;
            if (this.formula == Formula.averageUptimeTheta)
                result = averageUptimeTheta(lambda, mu, n, N, m);
            else if (this.formula == Formula.averageTimeRecoveryTau)
                result = averageTimeRecoveryTau(lambda, mu, n, N, m);
            else {
                assert (false);
                result = -13;
            }


            output.printf(
                    "%7d %40.4f ",
                    n,
                    result
            );
            output.println();
        }

        public void close() {
            this.output.close();
        }
    }


    private double averageUptimeTheta(
            double lambdaIntendityFloodFailuresMachine,
            double muIntensityFloodRecovery,
            int nCountCalculator,
            int NAllCalculator,
            int mCountReserverCalculator
    ) {
        double totalSum = 0.0f;
        double totalMultiplication = 1.0f;
        for (int j = nCountCalculator + 1; j <= NAllCalculator; ++j) {
            double multiplication;


            boolean jMinus1IncludedInTheRange =
                    NAllCalculator - mCountReserverCalculator <= j - 1 && j - 1 <= NAllCalculator;
            if (jMinus1IncludedInTheRange) {
                multiplication = (NAllCalculator - (j - 1)) * muIntensityFloodRecovery;
            } else {
                multiplication = mCountReserverCalculator * muIntensityFloodRecovery;
            }
            totalMultiplication *= multiplication / ((j - 1) * lambdaIntendityFloodFailuresMachine);
            totalSum += totalMultiplication / (j * lambdaIntendityFloodFailuresMachine);
        }
        return totalSum + 1 / (nCountCalculator * lambdaIntendityFloodFailuresMachine);
    }

    private double averageTimeRecoveryTau(double lambda, double mu, int n, int N, int m) {
        if (n == 1)
            return m * mu;

        double firstItemMultiplicable = 1 / mu;
        for (int l = 1; l < n; l++) {
            firstItemMultiplicable *= lambda / mu;
        }


        double totalSumSecondItem = 0;
        for (int j = 1; j < n; j++) {
            double multiplicable = 1 / (j * lambda);

            for (int l = j; l < n; l++)
                multiplicable *= l * lambda / mu;


            totalSumSecondItem += multiplicable;
        }
```

```
        return firstItemMultiplicable + totalSumSecondItem;



/*        if (n == 1)
            return m * mu;

        double totalMul = 1.0f;
        for (int l = 1; l <= n - 1; ++l)
            totalMul *= l * lambda / (mu * l);

        double totalSum = 0.0f;
        for (int j = 1; j <= n - 1; ++j) {
            double totalMul2 = 1.0f;
            for (int l = j; l <= n - 1; ++l) {
                double mul = (l >= N - m && l <= N) ? (N - l) * mu : m * mu;
                totalMul2 *= l * lambda / mul;
            }
            totalSum += totalMul2 / (j * lambda);
        }
        return totalMul + totalSum;*/

/*        if (nCountCalculator == 1)
            return mCountReserverCalculator * muIntensityFloodRecovery;

        double totalMul = 1.0f;
        for (int l = 1; l <= nCountCalculator - 1; ++l)
            totalMul *= l * lambdaIntendityFloodFailuresMachine / (muIntensityFloodRecovery * l);

        double totalSum = 0.0f;
        for (int j = 1; j <= nCountCalculator - 1; ++j) {
            double totalMultiplicable = 1.0f;
            for (int l = j; l <= nCountCalculator - 1; ++l) {
                boolean oneInludedInTheRange = NAllCalculator - mCountReserverCalculator <= l && l <=
NAllCalculator;
                double multiplicate;
                if (oneInludedInTheRange) {
                    multiplicate = (NAllCalculator - l) * muIntensityFloodRecovery;
                } else {
                    multiplicate = mCountReserverCalculator * muIntensityFloodRecovery;
                }

                totalMultiplicable *= l * lambdaIntendityFloodFailuresMachine / multiplicate;
            }
            totalSum += totalMultiplicable / (j * lambdaIntendityFloodFailuresMachine);
        }
        return totalMul + totalSum;*/
    }

    private PrintWriter createFile(String path) throws IOException {

        PrintWriter f = new PrintWriter(this.outputFolderStandtart + path, "UTF-8");

        return f;
    }
    // <end> <private_methods>
}
```