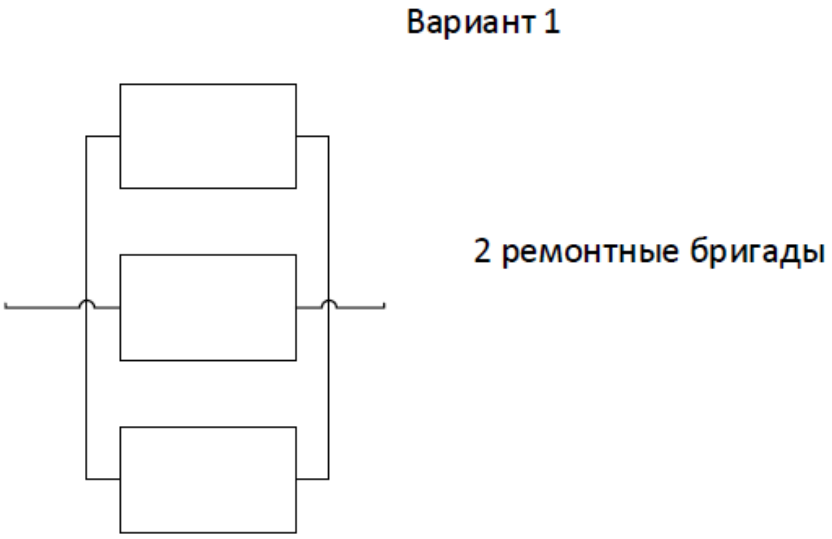
1. Цель работы

Исследовать коэффициент готовности для восстанавливаемых систем и провести имитационное моделирование функционирования системы со сложной схемой резервирования

2. Ход работы

Задание по варианту 1:



$\lambda = 1.2$ - коэффициент интенсивности отказов
$\mu = 1.1$ - коэффициент интенсивности восстановления

$K_{\Gamma}^{+} = 1 - (1 - K_{\Gamma_{1,1}})^3 = 1 - \left(1 - \frac{\mu}{\mu+\lambda}\right)^3 = 0.857976$ - верхняя оценка коэффициента готовности;

$K_{\Gamma_1}^{-} = K_{\Gamma_{1,1}} + K_{\Gamma_{2,1}} - K_{\Gamma_{1,1}} \cdot K_{\Gamma_{2,1}} = \frac{\mu}{\mu+\lambda} + \frac{2\mu\lambda+\mu^2}{2\lambda+2\mu\lambda+\mu^2} - \frac{\mu}{\mu+\lambda} * \frac{2\mu\lambda+\mu^2}{2\lambda+2\mu\lambda+\mu^2} =$
$= 0.776729$ - нижняя оценка коэффициента готовности первым способом (распределение бригады);

$K_{\Gamma_2}^{-} = 1 - (1 - K_{\Gamma_{1,1}})^2 = 1 - \left(1 - \frac{\mu}{\mu+\lambda}\right)^2 = 0.727788$ - нижняя оценка коэффициента готовности вторым способом (исключение дублирования системы).

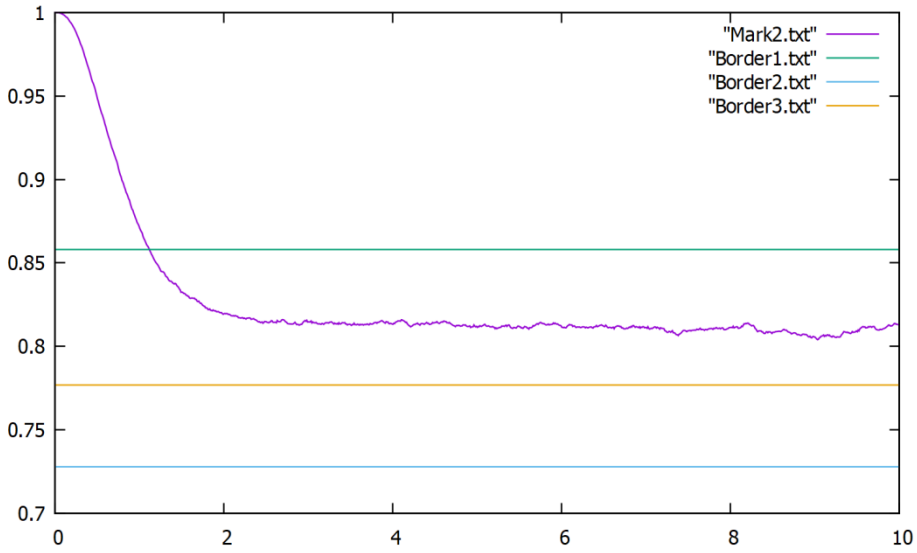


Рисунок 1 - график зависимости коэффициента готовности от времени

3. Вывод

В ходе данной лабораторной работы построен график зависимости коэффициента готовности от времени и его верхняя и нижние границы. По графикам видно, что коэффициент готовности, полученный эмпирическим путем, находится между нижней и верхней границами коэффициента готовности. Исходя из этого можно убедиться, что система реализована верно.

Приложение А

Листинг программы

```
import java.io.IOException;
import java.util.ArrayList;

public class Second {
    private ArrayList<Integer> model3on2(ArrayList<Double> t, double lambda,
double myu) {
        ArrayList<Integer> res = new ArrayList<>();
        int numberOfBlocks = 3;
        int numOfWorkers = 2;
        int freeWorkers = numOfWorkers;

        ArrayList<Boolean> workingBlocks = new ArrayList<>();
        ArrayList<Boolean> repairingNow = new ArrayList<>();
        ArrayList<Integer> queue = new ArrayList<>();

        for (int i = 0; i < numberOfBlocks; i++) {
            workingBlocks.add(true);
            repairingNow.add(false);
        }

        ArrayList<Double> T = new ArrayList<>();
        for (int i = 0; i < numberOfBlocks; i++) {
            T.add(-Math.log(Math.random()) / lambda);
        }

        for (int step = 0; step < t.size(); step++) {
            ArrayList<Integer> removeFromQueue = new ArrayList<>();
            for (int i = 0; i < T.size(); i++) {
                if (T.get(i) < t.get(step)) {
                    workingBlocks.set(i, false);
                    if (!queue.contains(i)) {
                        if (!repairingNow.get(i)) {
                            queue.add(i);
                        }
                        else {
                            freeWorkers += 1;
                            double tmp = -Math.log(Math.random()) / lambda;
                            T.set(i, T.get(i) + tmp);
                            repairingNow.set(i, false);
                            workingBlocks.set(i, true);
                        }
                    }
                    if (queue.contains(i)) {
                        if (queue.indexOf(i) < freeWorkers) {
                            double tmp = -Math.log(Math.random()) / myu;
                            T.set(i, T.get(i) + tmp);
                            repairingNow.set(i, true);
                            removeFromQueue.add(i);
                        }
                    }
                }
            }

            freeWorkers -= removeFromQueue.size();
            for (int r : removeFromQueue) {
                queue.remove((Integer) r);
            }
            if (workingBlocks.get(0) || workingBlocks.get(1) ||
```

```
workingBlocks.get(2)) {
                res.add(1);
            }
            else {
                res.add(0);
            }
        }
        return res;
    }

    public Second(double lambda, double myu) throws IOException {
        int N = 50000;
        double dt = 0.01;
        ArrayList<Double> t = fillP(10, dt);

        double min1 = (1 - pow2(1 - (myu / (myu + lambda))));
        System.out.println(min1);

        double min2 = (myu / (myu + lambda)) +
                (2 * myu * lambda + pow2(myu)) / (2 * pow2(lambda) + 2 * myu
* lambda + pow2(myu)) -
                (myu / (myu + lambda)) * (2 * myu * lambda + pow2(myu)) / (2
* pow2(lambda) + 2 * myu * lambda + pow2(myu));
        System.out.println(min2);

        double max = (1 - Math.pow(1 - (myu / (myu + lambda)), 3));
        System.out.println(max);


        ArrayList<Double> experiment = fillNulls(t.size());
        ArrayList<Integer> exp;
        for (int n = 0; n < N; n++) {
            exp = model3on2(t, lambda, myu);
            for (int i = 0; i < experiment.size(); i++) {
                experiment.set(i, experiment.get(i) + exp.get(i));
            }
        }

        for (int i = 0; i < experiment.size(); i++) {
            experiment.set(i, experiment.get(i) / N);
        }
        Files files = new Files();
        files.graphFiles(2, experiment, dt);
        files.graphFileForNum(1, experiment.size(), max, dt);
        files.graphFileForNum(2, experiment.size(), min1, dt);
        files.graphFileForNum(3, experiment.size(), min2, dt);
    }

    public static double pow2(double num) {
        return Math.pow(num, 2);
    }

    private ArrayList<Double> fillNulls(int num) {
        ArrayList<Double> res = new ArrayList<>();
        for (int i = 0; i < num; i++) {
            res.add(0.0);
        }
        return res;
    }

    private ArrayList<Integer> fillNullsInt(int num) {
        ArrayList<Integer> res = new ArrayList<>();
        for (int i = 0; i < num; i++) {
            res.add(0);
```

```
        }
        return res;
    }

    private ArrayList<Double> fillP(int end, double dt) {
        ArrayList<Double> res = new ArrayList<>();
        int size = (int) (end / dt);
        for (int i = 0; i < size; i++) {
            res.add(dt * i);
        }
        return res;
    }
}
```