



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Московский государственный технический  
университет имени Н.Э. Баумана»  
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

---

ФАКУЛЬТЕТ «Информатика и системы управления»

---

КАФЕДРА «Программное обеспечение ЭВМ и информационные технологии»

---

### Лабораторная работа №3

Дисциплина	Моделирование
Тема	Уравнения Колмогорова для конкретной системы.
Студент	Степанов Александр
Группа	ИУ7-73Б
Оценка (баллы)	
Преподаватель	Рудаков И.В.

Москва, 2020 г.

# 1 Условие

Необходимо для сложной системы  $S$ , имеющей не более 10 состояний, определить среднее время нахождения системы в предельных состояниях, то есть при установившемся режиме работы. На вход подается матрица, на пересечении строк и столбцов которой находится интенсивность перехода.

## 2 Теория

По модели из условия строятся уравнения Колмогорова: в левой части уравнений находится производная вероятности состояний, а правая часть содержит члены по количеству переходов, связанных с текущим состоянием. Если направление перехода в текущее состояние, то соответствующий член имеет знак минус, если направление из состояния, то плюс. Каждый член равен произведению плотности вероятности перехода на вероятность того состояния, из которого идет этот переход.

Поскольку модель имеет установившийся режим, то левые части уравнения будут равно нулю. Далее вводится уравнение нормировки и производится подсчет.

Получившиеся вероятности являются средним относительным временем пребывания системы в данном состоянии.

Среднее время находится по формуле 1

$$t_i = \frac{1 - p_i}{p_i \cdot \sum_{i \neq j} \lambda_{ij}} \quad (1)$$

## 3 Результаты

На рисунках 1, 2 и 3 представлены результаты работы для систем из 4, 5 и 6 состояний соответственно.

Удалить

Добавить

	1	2	3	4
1		1	1	1
2	1		1	1
3	1	1		1
4	1	1	1	

Отправить

Состояние	Среднее время пребывания
1	1.0
2	1.0
3	1.0
4	1.0

Рис. 1: 4 состояния

Удалить

Добавить

	1	2	3	4	5
1		1	1	2	
2	3			4	
3	1				3
4	1	1	3		
5	1			5	

Отправить

Состояние	Среднее время пребывания
1	0.8392
2	1.7919
3	0.6662
4	0.4961
5	1.0549

Рис. 2: 5 состояний

Удалить

Добавить

	1	2	3	4	5	6
1			7			5
2	3		3		3	
3	5				2	1
4	3		1			
5		4	2			
6	2			5	2	

Отправить

Состояние	Среднее время пребывания
1	0.3513
2	1.3667
3	0.3569
4	1.2278
5	0.8185
6	0.7099

Рис. 3: 6 состояний

## 4 Вывод

Была разработана программа, которая для сложной системы  $S$ , имеющей не более 10 состояний, определяет среднее время нахождения системы в предельных состояниях, то есть при установившемся режиме работы.