

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра материаловедения, технологии  
и управления качеством

**МЕТОДЫ И СРЕДСТВА СТАТИСТИЧЕСКОГО  
МОДЕЛИРОВАНИЯ ОЭС (анализ надежности)**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 4 курса

по направлению 27.03.02 «Управление качеством»

факультета нано- и биомедицинских технологий

Нестеренко Валерии Андреевны

Научный руководитель  
доцент, к.ф.-м.н., доцент  
должность, уч. степень, уч. звание

\_\_\_\_\_

дата, подпись

Д.В.Герин  
инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_

должность, уч. степень, уч. звание

\_\_\_\_\_

дата, подпись

С.Б. Вениг  
инициалы, фамилия

**Введение.** В настоящее время метод статистического моделирования (или метод Монте-Карло) широко применяется в проектировании оптико-электронных систем (ОЭС) при автоматизации проектных процедур, в экспериментальных исследованиях ОЭС с использованием компьютерных моделей, тестировании надежности, автоматизированном управлении качеством при производстве ОЭС.

Статистическое моделирование – метод получения с помощью компьютерных моделей статистических данных о процессах, происходящих в изучаемой системе.

Фактически статистическое моделирование сводится к построению для процесса функционирования исследуемой системы  $S$  некоторого моделирующего алгоритма, который имитирует функционирование и взаимодействие элементов системы с учетом случайных входных воздействий, изменений параметров элементов, влияние факторов внешней среды  $E$  с последующей компьютерной реализацией этого алгоритма [1].

В результате статистического моделирования системы  $S$  получается набор значений искомых величин (например, определяющих надежность проектируемой системы) или функциональных зависимостей, последующая статистическая обработка которых позволяет получить сведения о поведении проектируемого объекта или процесса в произвольные моменты времени, при изменении параметров элементов, в случае возникновения ситуаций отказа. Если количество полученных значений  $N$  достаточно велико, то полученные результаты моделирования системы приобретают статистическую устойчивость и с достаточной точностью могут быть приняты в качестве оценок искомых характеристик функционирования или качества системы  $S$  [2].

Можно выделить следующие основные этапы статистического моделирования:

- генерирование  $N$  реализации случайной величины  $Y$  с требуемой функцией распределения, описывающий влияющий фактор или исследуемое взаимодействие между элементами ОЭС;
- преобразование значений полученной величины, определяемой математической моделью функционирования ОЭС;
- статистическая обработка реализации и получение искомой характеристики функционирования ОЭС.

Рассмотрим реализацию указанного алгоритма статистического моделирования на примере анализа надежности ОЭС. Модели систем будут выполняться в технологии MatLab [3].

Цели выпускной квалификационной работы: исследование методов и средств статистического моделирования на примере анализа надежности оптико-электронных систем.

Задачи выпускной квалификационной работы:

- изучить технологию MatLab;
- рассмотреть реализацию алгоритма статистического моделирования на примере анализа надежности охранной системы испытательного центра ФГБОУ ВО СГУ имени Н.Г.Чернышевского;
- рассмотреть реализацию алгоритма статистического моделирования на примере анализа надежности системы измерения дальности;
- исследовать среднее время безотказной работы  $t_m$  исследуемых систем для серии модельных вычислительных экспериментов;
- провести исследования функций вероятности безотказной работы  $P(t)$  от времени  $t$ , интенсивности отказов  $\lambda(t)$  и частоты отказов  $F_0(t)$  для серии модельных вычислительных экспериментов;

– выборочно провести статистическую обработку времени безотказной работы охранной системы для одной серии модельных вычислительных экспериментов;

– выборочно провести статистическую обработку времени безотказной работы системы измерения дальности для одной серии модельных вычислительных экспериментов.

**Основное содержание работы.** Во введении обоснована актуальность статистического моделирования, выделены основные этапы статистического моделирования, сформулирована цель и задачи.

В первом разделе выпускной квалификационной работы рассматривается методика построения моделей для расчета параметров и характеристик надежности [1]. Так же в этом разделе приводятся характеристики и параметры надежности (такие как интенсивность отказов, частота отказов, среднее время работы элемента, вероятность безотказной работы и т.д.) невосстанавливаемых элементов и приборов, то есть их использование прекращается после отказа. Ремонту, восстановлению функционирования эти элементы и приборы не подлежат по техническим или экономическим причинам [4]. Так же в этом разделе рассматривается экспериментальное определение параметров и характеристик невосстанавливаемых систем для последовательного, параллельного и смешанного соединения элементов, которое зависит от характера влияния отказа отдельного элемента на время работы системы. Так же приводится расчет надежности типологически сложных систем, так как система не всегда может состоять из совокупности фрагментов с последовательным или параллельным соединением элементов [5]. Так же в первом разделе работы приводятся основные законы распределения времени безотказной работы, которые использовались при моделировании, такие как:

- распределение Релея;
- нормальное распределение;

- распределение Вейбулла;
- экспоненциальное распределение [4].

Во втором разделе выпускной квалификационной работы охарактеризована интерактивная программная среда для численного решения широкого круга научных и инженерных задач – система MATLAB, достоинством которой является развитая графическая подсистема, позволяющая выводить на экран двумерные и трехмерные графики и диаграммы, что упрощает восприятие информации [3].

Третий раздел посвящен обзору элементов и современных систем видеонаблюдения. Рассмотрены камеры видеонаблюдения их классификации и типы. Так же представлены основные технические характеристики и параметры, на которые следует обращать внимание при выборе камеры. Так же выделены некоторые тенденции, связанные с типом камер и их пользователями [6]. Представлен обзор камер модели Sarmatt SR-D80V2812IRD, которые уставновлены в испытательном центре Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н.Г. Чернышевского.

В четвертом разделе представлена общая методика определения параметров надежности по результатам эксперимента с компьютерной моделью. И рассмотрено применение указанной методики, то есть реализован алгоритм статистического моделирования на примере охранной системы испытательного центра ФГБОУ ВО СГУ имени Н.Г.Чернышевского и системы измерения дальности в системе MATLAB [1]. Проведено 12 серий модельных вычислительных экспериментов для каждой системы. Исследовано: среднее время безотказной работы  $t_m$  исследуемых систем для 12 серий модельных вычислительных экспериментов, функции вероятности безотказной работы  $P(t)$

от времени  $t$ , интенсивности отказов  $\lambda(t)$  и частоты отказов  $F_0(t)$  для 12 серий модельных вычислительных экспериментов каждой из систем.

Пятый раздел посвящен статистической обработке экспериментальных данных [7]. В этом разделе проведен статистический анализ времени безотказной работы охранной системы испытательного центра ФГБОУ ВО СГУ имени Н.Г.Чернышевского для 1 серии модельных вычислительных экспериментов; статистический анализ времени безотказной работы системы измерения дальности для 1 серии модельных вычислительных экспериментов.

**Заключение.** Рассмотренные в выпускной квалификационной работе методы построения моделей ориентированы на исследование характеристик надежности ОЭС. Однако аналогичным образом синтезируются модели для исследования процессов обработки сигналов, влияния шумов и фонов, параметрической чувствительности, а также модели для реализации проектных процедур.

Рассмотренные объекты системы MatLab используются не только для построения моделей отказовых ситуаций, но и для параметрического синтеза при компьютерном проектировании.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы было проведено исследование метода статистических испытаний и средств статистического моделирования на примере анализа надежности оптико-электронной системы, а также реализован алгоритм статистического моделирования на примере анализа надежности охранной системы испытательного центра ФГБОУ ВО СГУ имени Н.Г.Чернышевского в системе MATLAB.

Проведено моделирование функций вероятности безотказной работы  $P(t)$  от времени  $t$ , интенсивности отказов  $\lambda(t)$  и частоты отказов  $F_0(t)$  для 12 серий модельных вычислительных экспериментов. Вычислительный эксперимент показал, что вероятность безотказной работы охранной системы резко уменьшается после 1550 часов непрерывной работы исследуемых систем, при

этом интенсивность отказов и частота отказов резко возрастает в этом же временном диапазоне.

Проведено исследование среднего времени безотказной работы охранной системы  $t_m$  для 12 серий вычислительных экспериментов, состоящих из 100 модельных опытов. Среднее время безотказной работы составило 1274,7 часа, что коррелирует со средними временами безотказной работы реальных оптоэлектронных систем.

Статистическая обработка модельной выборки времени безотказной работы охранной системы для 1 серии модельных вычислительных экспериментов показала, что преобладающее время безотказной работы в данной серии экспериментов  $\sim 1530$  часов, что близко к значению выборочного среднего - 1604,98, вариационный ряд обладает пологой правосторонней асимметрией, а сам полигон обладает более крутой вершиной по сравнению с нормальной кривой.

Также в ходе выполнения дипломной работы был реализован алгоритм статистического моделирования на примере анализа надежности системы измерения дальности в системе MATLAB.

Проведено моделирование функций вероятности безотказной работы  $P(t)$  от времени  $t$ , интенсивности отказов  $\lambda(t)$  и частоты отказов  $F_0(t)$  для 12 серий модельных вычислительных экспериментов. Вычислительный эксперимент показал, что вероятность безотказной работы системы измерения дальности плавно уменьшается в течении всего времени непрерывной работы исследуемых систем, при этом интенсивность отказов и частота отказов то резко возрастает то уменьшается в течении всего времени непрерывной работы исследуемых систем.

Проведено исследование среднего времени безотказной работы системы измерения дальности  $t_m$  для 12 серий вычислительных экспериментов, состоящих из 100 модельных опытов. Среднее время безотказной работы составило 4825,5 часа, что коррелирует со средними временами безотказной

работы реальных оптико-электронных систем.

Статистическая обработка модельной выборки времени безотказной работы системы измерения дальности для 1 серии модельных вычислительных экспериментов показала, что имеется два превалирующего времени безотказной работы в данной серии экспериментов  $\sim 2630$  и  $5022$  часов, а значение выборочного среднего –  $4675,96$ , вариационный ряд обладает пологой правосторонней асимметрией, а сам полигон обладает более крутой вершиной по сравнению с нормальной кривой.

Приложение А содержит графики функции вероятности безотказной работы  $P(t)$  охранной системы для 12 серий модельных вычислительных экспериментов. В приложение Б представлены графики функции интенсивности отказов  $\lambda(t)$  охранной системы от времени безотказной работы для 12 серий модельных вычислительных экспериментов. Приложение В содержит графики функции частоты отказов  $F_0(t)$  охранной системы от времени безотказной работы для 12 серий модельных вычислительных экспериментов. Приложение Г содержит графики функции интенсивности отказов  $\lambda(t)$  от времени безотказной работы охранной системы в полупологарифмическом масштабе по оси ординат для 12 серий модельных вычислительных экспериментов. В приложении Д представлены графики функции времени безотказной работы охранной системы для серий экспериментов из 100 опытов из 12 серий модельных вычислительных экспериментов. Приложение Ж содержит графики функции частоты отказов  $F_0(t)$  от времени безотказной работы охранной системы в полупологарифмическом масштабе по оси ординат для 12 серий модельных вычислительных экспериментов. Приложение И содержит код программы для моделирования работы охранной системы. Приложение К содержит графики функции вероятности безотказной работы  $P(t)$  системы измерения дальности для 12 серий модельных вычислительных экспериментов. В приложении Л представлены графики функции интенсивности отказов  $\lambda(t)$  системы измерения дальности от времени безотказной работы для 12 серий модельных

вычислительных экспериментов. Приложение М содержит графики функций частоты отказов  $F_0(t)$  системы измерения дальности от времени безотказной работы для 12 серий модельных вычислительных экспериментов. Приложение Н содержит графики функции интенсивности отказов  $\lambda(t)$  от времени безотказной работы системы измерения дальности в полупологарифмическом масштабе по оси ординат для 12 серий модельных вычислительных экспериментов. В приложении П представлены графики функции времени безотказной работы системы измерения дальности для 12 серий экспериментов из 100 опытов. Приложение Р содержит графики функции частоты отказов  $F_0(t)$  от времени безотказной работы системы измерения дальности в полупологарифмическом масштабе по оси ординат для 12 серий модельных вычислительных экспериментов. В приложении С представлен код программы для моделирования работы системы измерения дальности.

## **Список использованных источников в автореферате**

1 Коняхин, И. А. Процедуры автоматизированного проектирования ОЭС: учебное пособие / И. А. Коняхин. СПб. : ИТМО, 2000. 59 с.

2 Кудрявцев, В. Н. Математические методы анализа производительности и надежности САПР / В. Н. Кудрявцев, П. Н. Шкатов. М : 1990. 50 с.

3 Потемкин, В. Г. Система MATLAB / В. Г. Потемкин. М. : ДИАЛОГ – МИФИ, 1999. 350 с.

4 Основные законы распределения случайных величин [Электронный ресурс] // Математический форум Math Help Planet [Электронный ресурс] : [сайт]. URL: <http://mathhelpplanet.com/> (дата обращения 25.02.2017). Загл. с экрана. Яз. рус.

5 Стрельников, В. П. Оценка и прогнозирование надежности электронных элементов и систем / В. П. Стрельников, А. В. Федухин. Киев : Логос, 2002. 486 с.

6 Оборудование [Электронный ресурс] // Профессиональное оборудование для видеонаблюдения [Электронный ресурс] : [сайт]. URL: <http://sarmatt.ru/> (дата обращения 20.04.2017). Загл. с экрана. Яз. рус.

7 Светозаров, В. В. Основы статистической обработки результатов измерений: учебное пособие / В. В. Светозаров. М. : МИФИ, 2005. 3-27 с.