

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА (МИИТ)»
(РУТ (МИИТ))**

Одобрено кафедрой
«ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНАЯ АВТОМАТИКА ТЕЛЕМЕХАНИКА И СВЯЗЬ»

Протокол № ____ от _____ 201__ г.

Автор: _____

**ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ С МЕТОДИЧЕСКИМИ
УКАЗАНИЯМИ**

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

**«МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ В
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯХ»**

Уровень ВО: *Бакалавриат*

Форма обучения: *Заочная*

Курс: *3*

Специальность/Направление: *11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи (ИТб)*

Специализация/Профиль/Магистерская программа: *(ИТ) Оптические системы и сети связи*

Москва

Общие указания

Для успешного выполнения контрольной работы студент должен иметь представления о теории телетрафика, базирующейся на элементах теории массового обслуживания.

Прежде, чем приступить к выполнению контрольной работы "Методы решения прикладных задач в телекоммуникациях" студент должен изучить основные разделы приложения теории телетрафика с целью закрепления лекционного материала и накопление теоретических знаний для успешного решения поставленных задач.

Цель контрольной работы - дать навыки определения характеристик качества обслуживания в телекоммуникационных системах, управлять основными параметрами качества обслуживания реальных сетей и систем, умение предложить оптимальное техническое решение при проектировании новых сетей и систем.

Контрольная работа содержит задание, состоящие из нескольких взаимосвязанных задач.

Пояснительная записка должна содержать условие и исходные данные, согласно своему варианту. Ход решения поставленных задач должен сопровождаться краткими пояснениями с приложением необходимых графиков и таблиц с расчётными данными.

Под графиком должно стоять конкретное его наименование, оси координат должны быть промасштабированы и обозначены с указанием принятой размерности функции и аргумента. Приводимые формулы должны быть разборчивыми для чтения и пронумерованы. Сокращение слов в тексте не допускается. В конце пояснительной записки рекомендуется приводить список использованной литературы.

ЗАДАЧА 1

Определить вероятность поступления вызовов в линию. Поток вызовов будем называть последовательность вызовов, поступающих в некоторые моменты времени. Для задания случайных потоков используют две характеристики: параметр потока и интенсивность потока.

Параметром потока называют $\lambda(t)$ – плотность вероятности поступления одного или более вызовов в момент времени t . Однако, большая часть математических моделей теории телетрафика включает в себя так называемые стационарные потоки вызовов параметр которых $\lambda(t) = \lambda$ от времени не зависит. В этом случае работа системы рассматривается на относительно небольшом отрезке времени, на протяжении которого параметр потока максимален и не подвержен существенным изменениям. При таких условиях поток вызовов может считаться стационарным.

Параметр стационарного потока может интерпретироваться как математическое ожидание числа моментов поступления вызовов в единицу времени, здесь учитываются не сами вызовы, а моменты поступления вызовов.

Вторая характеристика поступающего потока вызовов – его интенсивность μ . Этот параметр, в отличие от параметра потока λ , связан именно с вызовами, а не с моментами их поступления.

Интенсивностью стационарного потока вызовов μ называется математическое ожидание числа вызовов, поступающих в единицу времени. Поскольку число вызовов всегда больше или равно числу моментов поступления этих вызовов, то справедливо неравенство

В системах связи чаще всего встречаются потоки, в которых одновременное поступление двух или более вызовов невозможно. Такие потоки называют ординарными. Для ординарных потоков имеет место равенство $\mu \geq \lambda$.

В системах связи чаще всего встречаются потоки, в которых одновременно поступление двух или более вызовов невозможно. Такие потоки называются ординарными. Для ординарных потоков имеет место равенство $\mu = \lambda$.

Наряду с тем, что поток вызовов может быть стационарным или нестационарным, ординарным или неординарным, его характер определяется так-же наличием или отсутствием последствия. В потоке без последствия поступления вызовов после произвольно выбранного момента времени не зависит от того, когда и в каком количестве вызовы поступали до этого момента.

Три описанных свойства потоков вызовов:

стационарность, ординарность и последствие являются основными классификационными признаками.

В математических моделях систем телефонной связи наиболее часто встречаются стационарные ординарные потоки с простым последствием или без последствия. К таким потокам относятся простейший и примитивный потоки, а также поток с повторными вызовами.

Простейшими называются стационарный ординарный поток вызовов без последствий.

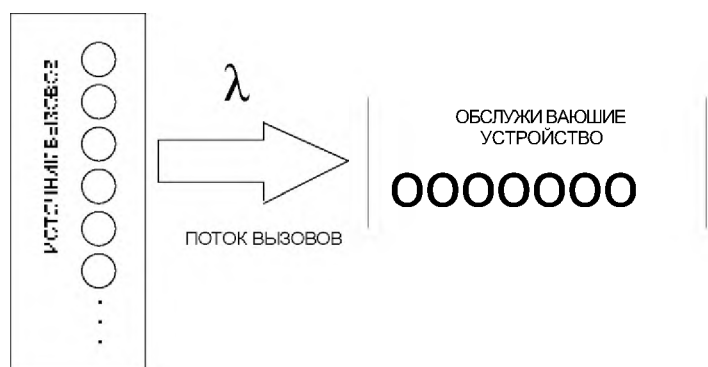


Рисунок 1. Простейший или пуассоновский поток вызовов

Для этого потока число источников вызовов не определено.

Считается, что параметр потока остается постоянным не зависимо от того, сколько вызовов уже находится на обслуживании. В действительности, если абонент телефонной сети разговаривает с другим абонентом, он не может послать новый вызов до тех пор, пока не даст отбой, т.е. пока не закончится обслуживание текущего вызова. Таким образом, в реальном потоке имеет место последствие: моменты поступления новых вызовов зависят от моментов поступления предыдущих вызовов, созданных таким же абонентами. Фактором, определяющим возможность пренебречь такими последствиями, являются соотношение между числом источников и количеством обслуживающих устройств. Если число источников вызовов настолько велико, что значение параметра потока в случаях занятости и свободности всех обслуживающих устройств практически одинаковы, то поток может считаться простейшим.

Из определения простейшего потока следует, что вероятность поступления ровно k вызовов за отрезок времени определяется формулой Пуассона:

$$P_k(0) = \frac{(Mt)^k}{k!} e^{-Mt}$$

[1]

В связи с этим, простейший поток называют также стационарным пуассоновским или просто пуассоновским. При построении графиков $P_k(t)$ видно, что с увеличением значения Xt кривые имеют все более симметричную форму, приближаясь к нормальному закону распределения случайной величины.

Математическое ожидание $M[K]$ числа вызовов простейшего потока, поступающих за время t , равно

$$M[K] = Xt = \mu t$$

μ - интенсивность потока вызовов.

В этом случае $X = \mu$, поскольку простейший поток является ординарным. Иными словами, за время t в среднем поступает $Xt = \mu t$ вызовов.

Одним из свойств простейшего потока является равенство математического ожидания и дисперсии числа вызовов:

$$M[K] = D[K] = \sigma^2[K],$$

где σ - среднее квадратичное отклонение

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Вероятность поступления k вызовов за отрезок времени определяется формулой Пуассона:

$$P_k = \frac{X^k}{k!} e^{-X}$$

где $X(t)$ - параметр потока или плотность вероятности поступления одного или более вызовов в момент времени t .

В случае стационарного потока вызовов $X(t) = X$ и от времени не зависит.

1. Решить уравнение Пуассона для различных значений X (от 1 до 10) в
2. Построить график распределения вероятностей поступления k вызовов за время t для различных значений X .

ЗАДАЧА 2

Анализ распределения интервалов времени между вызовами.

Вероятность отсутствия вызовов за время t для простейшего потока определяется выражением:

$$P_0 = e^{-Xt}$$

[3]

Видим, что распределение вероятностей $P(T_i \leq t)$ того, что очередной вызов поступит через время T_i не превышающее t , определяется показательным законом.

Показательный закон обладает свойством, которое применительно к распределению интервалов между вызовами, можно сформулировать так: если от момента поступления последнего вызова до момента начала наблюдения за потоком уже прошло некоторое время, то это время никак не влияет на вероятность распределения интервала времени от начала наблюдения до следующего вызова.

Приведём график зависимости $P(T_i \leq t)$ и $P_0(t)$

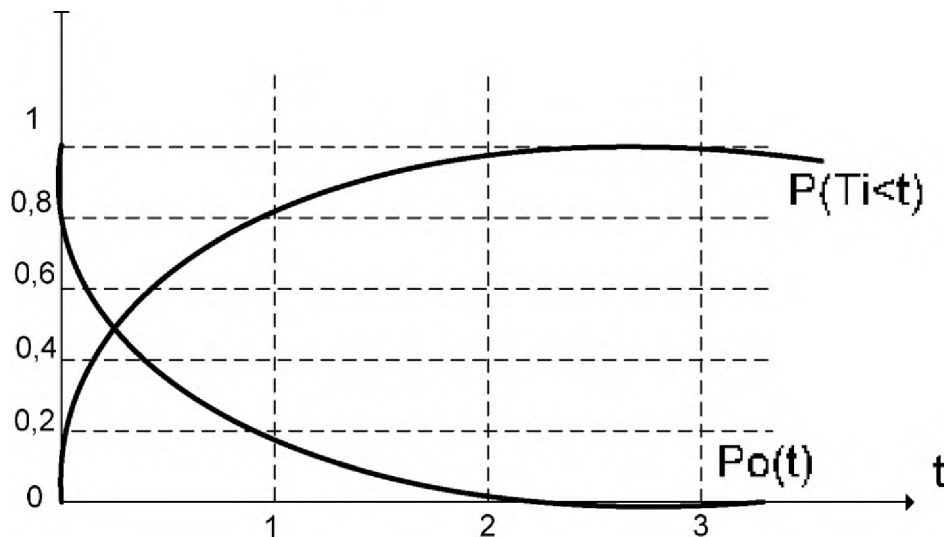


Рисунок 2-Вероятности отсутствия вызовов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ Из выражения [1] следует, что вероятность отсутствия вызовов за время t для простейшего потока определяется, как

$$P_0(t) = e^{-\lambda t}$$

эту величину можно истолковать так же, как вероятность того, что длительность интервала между вызовами будет больше t , тогда функция распределения длительностей интервалов между вызовами простейшего потока определится как

$$P(T, ut) = 1 - e^{-\lambda t}$$

1. Построить графики вероятности отсутствия вызовов $P_0(t)$ при условии изменения λ (от 1 до 10).
2. Построить графики распределения длительности интервалов между вызовами простейшего потока при условии изменения λ (от 1 до 10)

ЗАДАЧА 3

Определение длительности занятия или обслуживания линии вызовов, поступающий в систему распределения информации, занимает обслуживающее устройство на некоторое время, называемое длительностью занятия или длительностью обслуживания. Эта длительность может быть постоянной или случайной величиной. Например, длительности занятия управляющих устройств чаще бывают постоянными, поскольку для установления каждого соединения требуется одно и то же фиксированное время. Линии связи занимаются на случайное время, которое определяется продолжительностью разговора двух абонентов.

Распределение случайных длительностей занятия для систем связи хорошо описывается показательным законом:

$$P(T, < t) = 1 - e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$P(r < 0)$ где τ - средняя длительность занятия (математическое ожидания длительности занятия).
 τ - средняя длительность занятия (математическое ожидания длительности занятия).

Целью большинства расчётов, выполняемых средствами теории телетрафика, является определение величин, не имеющих размерности: значение вероятностей, количества обслуживающих устройств. Потому, для упрощения расчётных формул, средняя длительность занятия часто принимается за единицу измерения времени.

В теории телетрафика используются так же понятия потока освобождений или потока вызовов, покидающих систему распределения информации после окончания обслуживания. Параметр этого потока равен

$$X = \frac{I}{T}$$

где i - число вызовов, находящихся на обслуживании, или число занятых обслуживающих устройств.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Распределение случайных длительностей занятия систем связи описывается показательным законом:

$$P(r, < t) = 1 - e^{-\frac{t}{\tau}}$$

где τ - средняя длительность занятия;
 τ_i - длительность занятия устройств.

Функция распределения непрерывной случайной величины τ_i или вероятность того, что время занятия будет не больше t и если τ принять за единицу отсчета текущего времени, t , примет вид:

$$P(m, < t) = 1 - e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Если поток вызовов простейший, для которого промежутки между вызовами и длительность занятий распределены экспоненциально, то поток окончаний занятий, так же будет случайной величиной, распределённое экспоненциально.

При экспоненциальном распределении закон распределения случайной величины не зависит от времени. Это значит, что вероятность того, что исследуемая случайная величина, т.е. время не превысит значений не зависит от того, сколько это время уже длилось от начала его отчета до рассматриваемого момента.

Построить и привести анализ распределения случайных занятий связи, учитывая, что τ - единица измерения величины, τ (мин) - последняя цифра.

ЗАДАЧА 4

Радиосвязь с подвижными объектами имеет свои сложности и особого внимания требует вопросы, связанные с интенсивностью сигнала.

Интенсивность сигнала между базовой станцией и мобильным устройством должна быть достаточно высокой, чтобы поддерживать качество сигнала на приемнике, но при этом не

слишком высокой, чтобы не создавать сильной интерференции с каналами других ячеек, которые используют ту же полосу частот. Ситуацию дополнительно усложняют несколько фактов. Уровень искусственного шума бывает очень разным в разных местах. Поэтому интенсивность сигнала является переменной величиной и ведёт себя как функция расстояния от базовой станции до точки в пределах ячейки. Кроме того, интенсивность сигнала динамически меняется по мере движения мобильного устройства.

При проектировании сотовой сети необходимо учитывать различные эффекты распространения сигнала, желаемый уровень мощности передачи на базовой станции и на мобильном устройстве, обычную характерную высоту антенны базовой станции. На основе этих факторов и определяются размеры отдельной ячейки. Однако, эффекты распространения являются динамическими и их трудно предсказать. Поэтому следует разработать модель основываясь на опытных данных, и применив эту модель к данной окружающей среде, определяют размеры ячейки. Одна из широко используемых моделей была представлена Окумуры и усовершенствована Хатой.

В качестве исходных данных был принят подробный анализ района Токио и получена информация о потерях на тракте для городской среды.

Модель Окумуры-Хаты является обобщением опытных фактов, в котором учтено много условий и типов сред.

В городской среде предлагается следующее выражение для потерь в тракте.

$$L_{\text{дБ}} = 69,55 + 26,16 \lg f_c - 13,82 \lg h_t - A(h_2) + (44,9 - 6,55 \lg h_t) \cdot \lg d \quad [5]$$

где: f_c - частота несущей в мегагерцах (от 150-1500 МГц);

h_t - высота передающей антенны (базовой станции) в метрах (30-300м);

h_r - высота принимающей антенны (мобильного устройства) в метрах (от 1-10м)

d - расстояние между антеннами в километрах (1-20 км)

$A(h_2)$ - поправочный коэффициент для высоты мобильной антенны.

Для небольших и средних городов поправочный коэффициент вычисляется по формуле:

$$A(h_2) = (1,1 \lg f_c - 0,7)h_2 - (1,56 \lg f_c - 0,8) \text{ дБ};$$

Для больших городов поправочный коэффициент вычисляется по формуле:

$$A(h_2) = 8,29[\lg(1,54h_2)]^2 - 1,1 \text{ дБ для } f_c \leq 300 \text{ МГц}; A(h_2) = 3,2[\lg(11,75h_2)]^2 - 4,97 \text{ дБ для } f_c \geq 300 \text{ МГц};$$

Чтобы оценить потери на тракте для пригорода формулу потерь для городской среды [5] следует изменить следующим образом:

$$L_{\text{дБ пригор}} = L_{\text{дБ гор}} - 2[\lg(f_c/28)]^2 - 5,4$$

Для потерь на открытом пространстве формула выглядит следующим образом:

$$L_{\text{дБ открытой местности}} = L_{\text{дБ гор}} - 4,78 \lg(f_c)^2 - 18,733 (\lg f_c) - 40,98$$

Модель Окумуры-Хаты считается одной из лучших по точности предсказания потерь на тракте и представляет собой практический способ оценки потерь на тракте множества ситуаций.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Пример решения задач Окумуры-Хаты.

Дано: $f_c=900$ МГц; $h_t=40$ м; $h_r=5$ м; $d=10$ км.

Необходимо оценить потери на тракте для города средней величины.

$$A(h_2) = (1,1 \lg 900 - 0,7) \cdot 5 - (1,56 \lg 900 - 0,8) \text{ дБ} = 8,95 \text{ дБ}$$

$$L_{\text{дБ}} = 69,55 + 26,16 \lg 900 - 13,82 \lg 900 - 8,95 + (44,9 - 6,55 \lg 40) \cdot \lg 10 = 69,55 + 77,28 - 22,14 - 8,95 + 34,4 = 150,14 \text{ дБ.}$$

Последняя цифра шифра	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
f_c [МГц]	1000	800	500	1100	900	600	1200	1000	700	1300
h_t [м]	100	40	30	110	50	40	120	60	50	150

Последняя цифра шифра	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
h_r [м]	9	5	4	10	6	3	8	5	4	9
d [км]	20	15	10	15	13	8	20	14	9	15
Тип местности										

Определить потери в тракте по заданному варианту используя модель Окумуры-Хаты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Крылов В.В., Самохвалова С.С. Теория телетрафика и её приложение. - СПб.: БхВ-Петербург, 2005.
2. Лебединский А.К., Павловский А.А., Юркин Ю.В. Автоматическая телефонная связь на железнодорожном транспорте: Учебник для вузов ж.-д. транспорта. - М.: ГОУ, 2008.

Дополнительная

1. Крылов В.В. Теория телетрафика (Основы теории системы массового обслуживания для задач телекоммуникаций) - Н.Новгород: НГТУ, 2006.
2. Лебединский А.К., Павловский А.А., Юркин Ю.В. Системы телефонной коммуникации, - М.: маршрут, 2003.

