Оглавление

[1. Предметы и задачи теории телетрафика 3](#_heading=h.gjdgxs)

[2. Классификация систем массового обслуживания 5](#_heading=h.30j0zll)

[3. Сети телекоммуникаций 6](#_heading=h.1fob9te)

[4. Эволюцияразвития сетей общего пользования 8](#_heading=h.3znysh7)

[5. Инфокоммуникационная сеть 9](#_heading=h.2et92p0)

[6. Детерминированный поток вызовов. Способы задания 10](#_heading=h.tyjcwt)

[7. Способы задания СПВ 11](#_heading=h.3dy6vkm)

[8. Свойства СПВ 12](#_heading=h.1t3h5sf)

[9. Классификация ПВ 13](#_heading=h.4d34og8)

[10. Характеристики СПВ 14](#_heading=h.2s8eyo1)

[11. Формула пуассона. ППВ. Примеры использования 16](#_heading=h.17dp8vu)

[12.  Характеристики ППВ 18](#_heading=h.3rdcrjn)

[13. числовые характеристики ППВ 19](#_heading=h.lnxbz9)

[14. свойства ППВ 20](#_heading=h.35nkun2)

[15. Нестационарный Пуассоновский поток 21](#_heading=h.1ksv4uv)

[16. Неординарный Пуассоновский поток 22](#_heading=h.44sinio)

[18. Примитивный ПВ, характеристики 24](#_heading=h.2jxsxqh)

[19. Поток с повт. вызовами 25](#_heading=h.3j2qqm3)

[20. Поток освобождения 26](#_heading=h.1y810tw)

[21. Поток с ограниченным последействием (поток Пальма) 28](#_heading=h.4i7ojhp)

[22. Поток с ограниченным ПОСЛЕДЕЙСТВИЕМ (поток Эрланга) 30](#_heading=h.2xcytpi)

# 1. Предметы и задачи теории телетрафика

ТТ – теоретические основы конструирования и эксплуатации систем массового обслуживания.

СМО (сис-ма массового обсл.) – система выполнения однотипных задач обслуживания.

Инфокоммуникационная система:

-сети электросвязи

-коммутатор, маршрутизатор

-станции комм-в

-коммутируемые блоки

СМО состоит:

-входящий поток вызова

-обслуживаемое устройство

-организация очереди

-поток обслуживаемых вызовов

СМО:

1) ↑ПВ – очереди, потери  
2) ↓ПВ - простой  
Цель ТТ - выработка рекомендаций по рациональному построению сетей массового обслуживания, регулирования вызов МО и эффективного функционирования СМО.

Для достижения целей ставятся 3 задачи:  
1) задача анализа – определение зависимости функционирования СМО от параметра и характеристи входящего потока, числа обслуживаемых устройств и правил работы  
2) задача синтеза – определение структуры и параметров СМО  
3) задача оптимизации – построение и расчет оптимальной инфокоммуникационной системы с заданными показателями QoS.  
Задачи и цели:   
-обеспечить измерение трафика в определенных единицах и получить соотношение между уровнем обслуживания и коммутационных систем.  
ТТ→изучается математическая модель СМО  
1)Модель ВХПВ:  
-свойства и параметры ПВ  
-виды передаваемых сообщений  
-форма представления сообщения  
2) Модель СО (систем обслуживания)   
-характеризуется структурой построения  
-параметрами  
3) Модель ДО (дисциплины обслуживания)  
-способы обслуживания

# 2. Классификация систем массового обслуживания

1. По количеству каналов

• Одноканальные

• Многоканальные

2. По ограничению потока заявок

• Открытые (Характеристики ВПВ не зависят от состояния)

• Закрытые (зависят, поток вызовов ограничен)

3. По дисциплине обслуживания

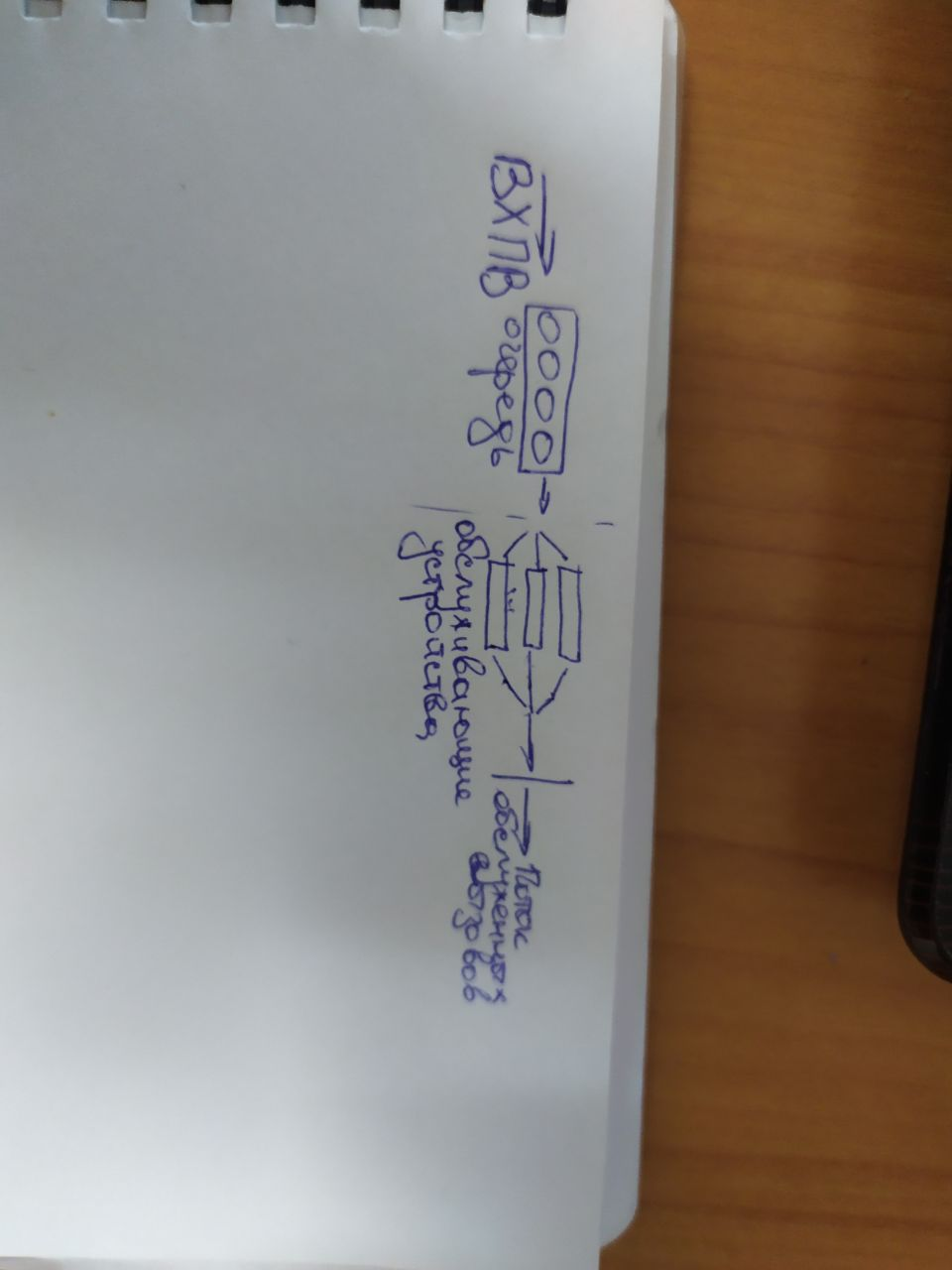
• С отказами (передача трафика – их вызов, абонент занят, вызов прерывается)

• С ожиданием (сообщения)

• Смешанные (call – центры: возможно ожидание, если нет места в очереди - отказ)

4. По количество этапов обслуживания

• Однофазные (однородны и выполняют одну и ту же дисциплину обслуживания)

• Многофазные (располагаются последовательно выполняют различные виды дисциплин обслуживания)

5. Обслуживание с приоритетом

• Относительный (заявки более высокого уровня обслуживаются ранее чем низкого)

• Абсолютный (заявки более высокого уровня вытесняют более низкого)

• Динамический

• Статический (в порядке очереди)

# 3. Сети телекоммуникаций

Признак: - сеть

Категория: -общего пользования;-выделенные;-технологические;-спец назначения;

Функционал: -доступа; -транспортные сети

Тип абонентских терминалов: -Фиксированной связи; -подвижной связи  
Способ организации каналов: -первичные; -вторичные  
Территориальное деление: -международные; междугородние; -зоновые; -местные  
Коды нумерации: Сети ABC (география); Сети кода OEF (без географии)  
Кол-во служб электросвязи:-моносервисные; -мультисервисные  
Вид коммутации: -коммутируемые;-некоммутируемые  
Метод коммутации: -каналов; -пакетов; -сообщений

**Первичная сеть** — совокупность сетевых станций, сетевых узлов и соединяющих их линий передачи, которая позволяет организовать сеть каналов передачи и групповых трактов, может состоять из следующих частей: местные, зоновые, магистральная

**Вторичная сеть** — совокупность технических средств, обеспечивающих передачу сообщений определенного вида, в состав которой входят: оконечные устр-ва, абон. и соед. линии, комм. станции. Могут быть: *телефонные, телеграфные, передачи данных, телевизионного вещания, звукового вещания.   
Цифровая сеть* связи подразделяется на:

1)транспортная сеть – часть сети связи, охват. магистральные узлы (МУ), международ. станции(МС), и соед. их каналы и узлы.   
2)сеть доступа – совокупность абон. линий и станций местной сети (СМС). Обеспечивает доступ к аб-их терминалов в транспортную сеть, и местную связь.

Вторичные сети **по сфере применения**:   
1) общего пользования (СОП) – любому пользователю, включает в себя комплекс сетей: для распространения программ ТВ, радиовещания.   
2) ограниченного (СОгП) – корпоративные клиенты, делятся на три вида:   
-технологические – производственная деятельность организаций, могут быть подсоединены к СОП.  
-выделенные – услуги для ограниченного числа пользователей, могут быть подсоединены к СОП.   
-сети связи спец назначения – обеспечение государственного управления, обороны, безопасности.

Методы коммутации:   
1) непосредственное соединение (коммутация каналов)   
показатель качества – вероятность потерь P = Cпот/Cпост  
(число потеряных/число поступивших).  
2) коммутация с запоминанием   
2.1) коммутация сообщений   
2.2) коммутация пакетов

# 4. Эволюцияразвития сетей общего пользования

1. автоматизация (телефонизация): появл. первых автоматических тел. станций: АТСШ, АТСК

2. циф-зация: появл. цифр.станций: АТСЭ, ЦСП, АТСЭ:

-цифровой абонент (В-разговорный, Д- сигнализация):   
2В+Д – базовый доступ  
30В+Д – первичный доступ

-аналоговый абонент

Сигнал до станции передается в цифре.  
ОЦК – 64 кбит/с  
Е1=32\*64=2048кбит/с=2Мбит/с-первичный поток – основная единица рассчета на сетях

Цифровизация: расширение транспортной сеть, дополнительные услуги

3. интеграция услуг: появление сетиISDN – ЦСиС, цифровые сети с интеграцией сетей  
Общий канал сигнализации ОКС№7

Раб между станциями, передача услуг – физический канал, сетевой уровень

4. Интеллектуализация: построение интеллектуальных платформ (IN-2000), телеголосование  
5. Конвертация сетей (IP-телефония)   
6. Переход к NGN 2011г.   
МСЭ переименовал NGN в концепцию умных всепроникающих сетей SUN

SUN:  
-NGN (SW, ISW)  
-IoT  
-USN (всепроникающие сенсорные сети)  
-VANET (авт. дороги)  
-наносети

# 5. Инфокоммуникационная сеть

МСЭ переименовал NGN в концепцию умных всепроникающих сетей SUN

SUN:  
-NGN (SW, ISW)  
-IoT  
-USN (всепроникающие сенсорные сети)  
-VANET (авт. дороги)  
-наносети  
Инфокоммуникационная сеть – технологичная система, которая включает в себя средства доставки, хранения, обработки, поиска информации и предназначен для обеспечения пользователя электросвязью к доступу услугами и информации.  
ТК сеть – сеть доставки и обработки информации

# 6. Детерминированный поток вызовов. Способы задания

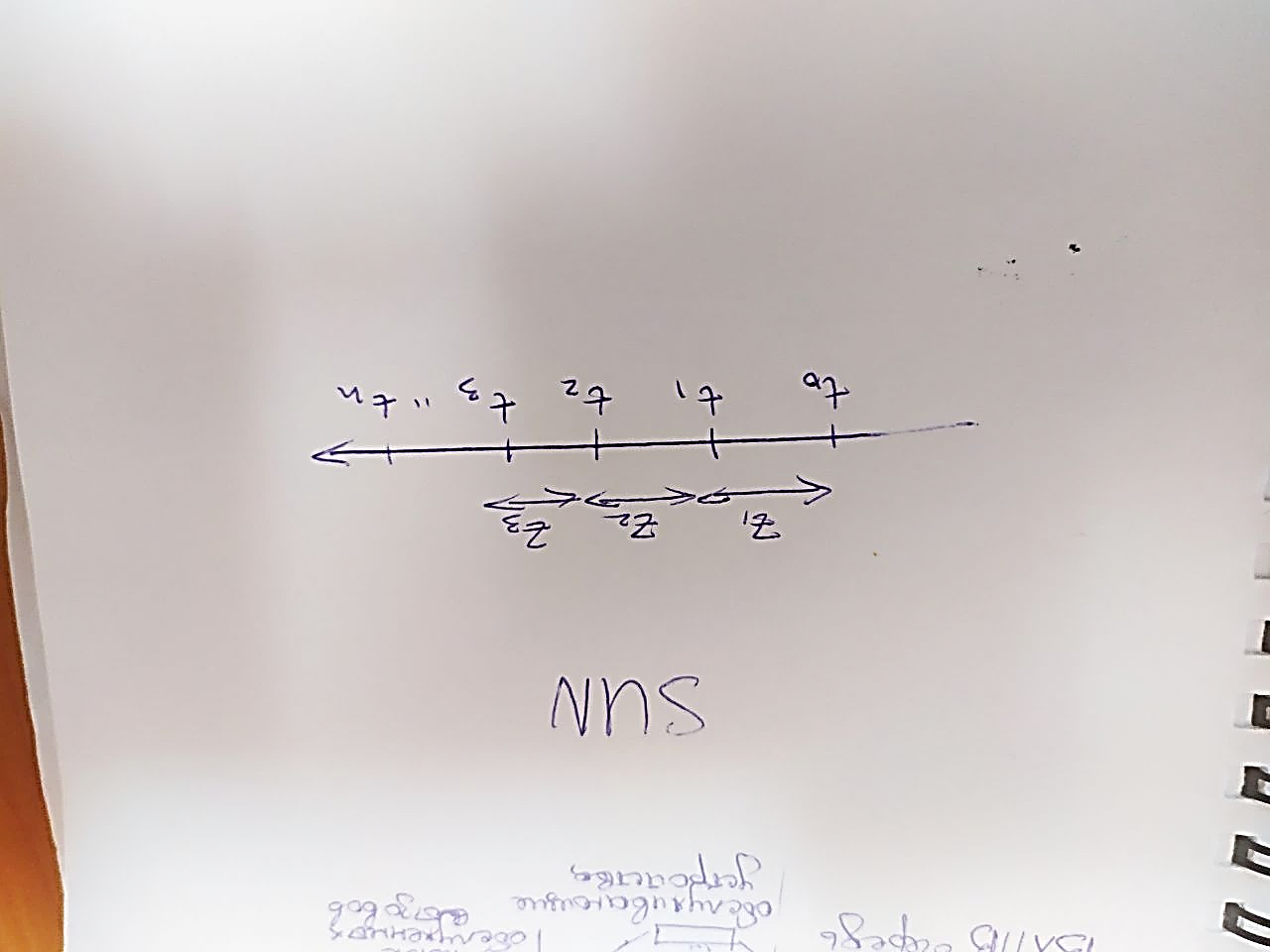
Вызов – требование источника на установление соединения для предоставления услуг.   
Множество последовательных моментов поступления вызовов образует ПВ.  
ПВ→ детерминированный, случайный

Детерминированный (ДПВ) - поток, у которого моменты поступления вызовов заранее известны

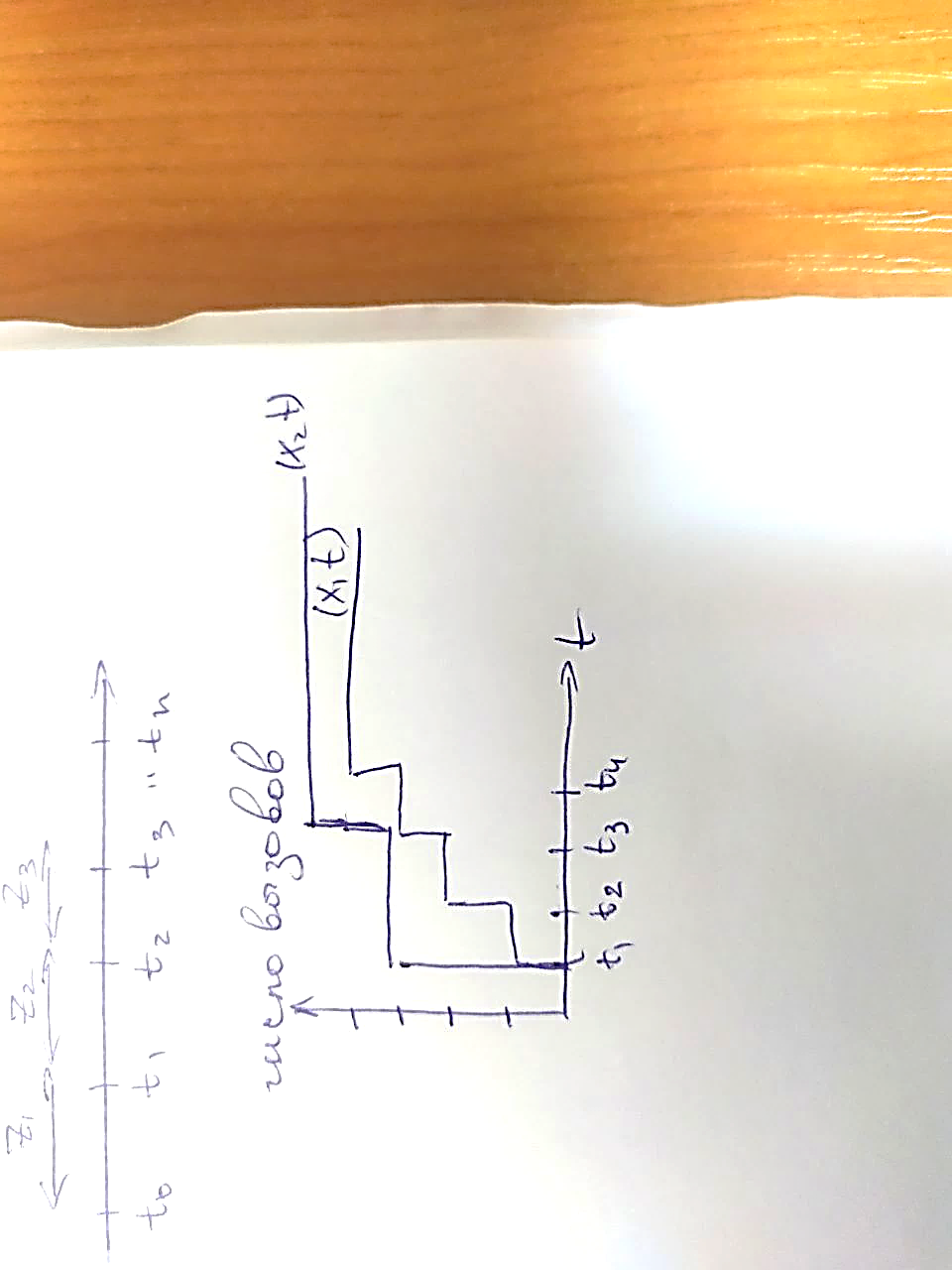
Случайный (СПВ) - момент пост-я вызовов случайны

Способы задания ДПВ

1. последовательностью моментов поступления вызовов



2. Последовательность промежутков между вызовами: Zn=tn-tn-1

3. МО числа вызовов в промежутке:  


x1(t)-ординарный ПВ

х2(t)-неординарный ПВ

Вызывающий момент – момент поступления некольких вызовов

Неординарный ПВ – поток вызывающий моментов.

# 7. Способы задания СПВ

(задается с исп-м законов распределения)

1 Момент поступления вызовов

P(ik =t k;1<=k<=n)=P(i1=t1,i2=t2, …, in=tn)

2. Промежутки МВ

P(zk =t k;1<=k<=n)=P(z1<t1,z2<t2, …, zn<tn)

3. [x(0;t)=i]=Pi(0,t)

# 8. Свойства СПВ

-ординарность

-стационарность

-последействия

ординарность - вероятность поступления 2-х и более вызовов за малый промежуток времени есть величина бесконечно малая - невозможность группового поступления вызовов; в сетях ТК поток вызовов (ПВ) считается ординарным  
Стационарность-независимость вероятностных характеристик от времени. Независимо от того, где на оси времени расположен промежуток вероятность вызовов одинакова; вероятность ПВ, вероятность поступления некоторого числа вызова зависит от длины промежутка, но не зависит от расположения его на временной оси). В сетях ТК СПВ является нестационарным, что усложняет решение задач проектирования, поэтому был выбран инт-л 1 называемой часов наибольшей нагрузки (ЧНН), когда число поступаемся вызовов постоянно, принята единица измерения интенсивности нагрузки Эрланг

Последействие - зависимость вероятностных характеристик от предыдущих событий

Без последействия - ПВ от больших пользователей

# 9. Классификация ПВ

1. детерминированный

2. случайный

• без последействия

ППВ

• с последействием

|  |  |
| --- | --- |
| простое | ограниченное |
| - поток Энгсета  - сглаженный поток  - симметричный поток  - поток повторяющихся вызовов | - поток Эрланга  - поток Пальма  - поток Бернулли |

Простое последействие - ординарный, для которого в каждый момент времен существует конечный параметр 𝜆(t) зависит от состояния системы в момент поступления вызова и не зависит от параметра обслуживания.  
Поток с ограниченным последействием - поток с независимыми промежутками между вызовами (будущее не зависит от прошлого), и всё последействие ограниченно на расстоянии одного промежутка от момента поступления вызова

# 10. Характеристики СПВ

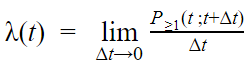
1. Параметр потока 𝜆(t)

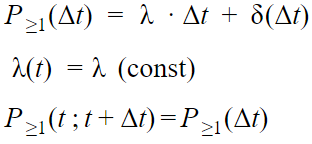
2. Интенсивность потока μ(t)

3. Ведущая функция x(q,t)

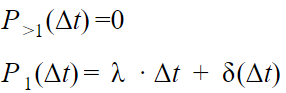
Параметры определяют плотность вероятности поступления потока в момент t. Характеризуются поступлением хотя бы 1 вызова в бесконечно малом промежутке времени.

- бесконечно малая величина



Для стационарного:  


Для стационарного ординарного:



3) x(0,t) - математическое ожидание числа вызовов в промежутке (0;t)

2) μ (t) - среднее число вызовов в промежутке

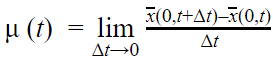


Для нестационарного потока

-средняя интенсивность 

-мгновенная интенсивность

средняя: 

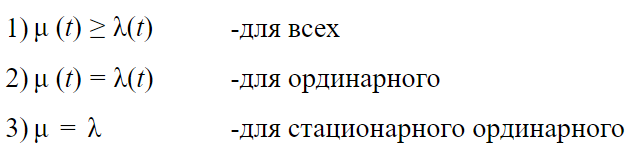
мгновенная: 

мгновенная характеризует ПВ, а  - поток вызывающих моментов.

1) (t)(t)  -для всех

2) (t)=(t) -для ординарного

3) = -для стационарного ординарного



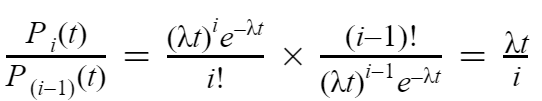
# 11. Формула пуассона. ППВ. Примеры использования

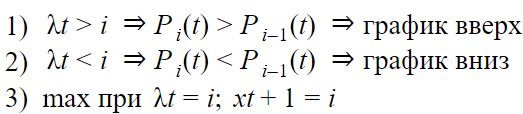
ППВ – ординарный, стационарный, без последействия, задается Pi(t).

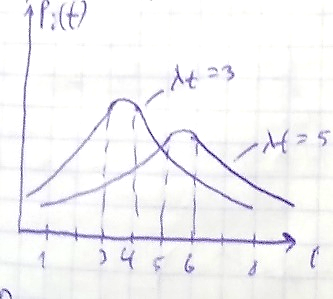
– вероятность построения i вызова за промежуток t.

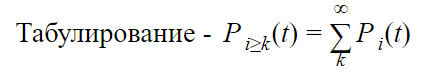
𝜆 – параметр потока

i=0 – в промежутке длиной t не поступил ни один вызов









Пример:

P5, P>5, P<5. t=180c. 𝜆=160выз/ч  
𝜆 t=(180\*160)/3600=8  
P≥5=0.9004

P≥6=0.8088

P5=P≥5-P≥6=0.0916

P<5=1-P≥5=1-0.9004=0.0996

# 12.  Характеристики ППВ

1. Числовые

2. Распределение промежутков между вызовами

3. МО и D промежутков между вызовами

1. МО и дисперсия

;

ППВ Mi=Di=

;

2. Функция распределения промежутков между вызовами:

- плотность вероятности распред. промежутков м/д вызовами. Если ПВ имеет показательное распределение, то данный ПВ является простейшим

3.

# 13. числовые характеристики ППВ

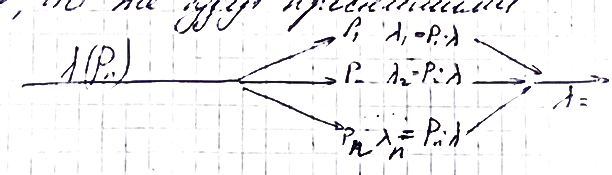
1. МО и дисперсия

ППВ Mi=Di=

# 14. свойства ППВ

1. При объединении нескольких простейших потоков с интенсивностями  образуется простейший поток с интенсивностью .

2. ППВ с параметром разделяется на n направлений, так что он с вероятностью Pn попадает на каждое направление так, что те будут простейшими



# 15. Нестационарный Пуассоновский поток

Ординарный; без последействия; для которого в любой момент времени каждый существует конечный параметр:

:ступенчатый или непрерывный

Поток: переменный или случайный параметр

1) Поток с переменным параметром задается семейством вероятности формулы Пауссона:

2)

3) если поток стационарен

4) данный поток описывает реальный ПВ поступающих на коммутатор

# 16. Неординарный Пуассоновский поток

1) стационарный

2) без последействия

3) одновременно могут поступать L заявок

вызывающие моменты образуют ППВ с параметром

L : постоянные или случайные

1) L – постоянное

2) L – переменное

Неординарный пуассоновский поток – сумма k независимых, неординарных пуассоновских потоков.

Параметр — интенсивность групповых вызовов с l вызовами в каждой группе

Данный поток характеризует трафик обслуживания вызовов, который проходит через несколько станций

17. Потоки с простым последействием. сглаженные, симметричные ПВ

ПВ – параметр которого зависит от состояния системы распределения информации

Состояние — набор переменных, которые отражают процессы происходящие в системе; поступление пакетов на интерфейсы, занятость коммутационной матрицы, количество свободных и занятых мест в очередях

Состояние системы оказывает влияние на вход ПВ

СРИ (система распределения информации):

Нестационарный ПВ - изменение параметров связано со состоянием системы

— ординарный

\* симметричный ПВ

\*: с простым последействием, параметр в каждый момент времени определяется числом обслуживающих вызовов и не зависит от других характеристик, описывающих состояние системы

\* Сглаженный ПВ

\*: ординарный, нестационарный, с простым последействием, проходящий через несколько ступеней искания, сглаживанию поток подвергается в моменты большой нагрузки

, где N-число Е1

# 18. Примитивный ПВ, характеристики

1) примитивный поток: ординарный нестационар-ный с простым последействием. Параметр которого пропорционален числу свободных источников, где n – общее число источников I - занятых, -параметр одного источника в свободном состоянии, (n-i) — свободных

Занятый источник произвести вызовов не может

**Характеристики**

1. i-го состояния
2. Занятый источник вызова не производит
3. Функция распределения длительности свободного состояния источника

Длительность распределена по показательному закону. Свойство показательного закона — независимость моментов поступления вызовов от обслуживания и поступления других вызовов

1. Модель примитивного потока более общая чем ППВ

– не зависит от состояния системы

6) поток Энгстета используется для описания для описания абонентской нагрузки, поступившей на станции из сетей с КК

N = 100 Энгстет; N>300 -> ППВ

# 19. Поток с повт. вызовами

Состоит из перыичных и повторяющихся

j- число источников повторного вызова

b – параметр источника

— параетр одного источника в свободном состоянии

Данный поток обладает большим количеством коротких промежутков между вызовами

ПВ: собственные (с одного абонентского модуля) или проходящие (нет свободных линий к другой станции)

# 20. Поток освобождения

Последовательность моментов окончания обслуживания

Зависит от входного потока, QoS, закона распределения времени обслуживания

Время ослуживания: детерминированное или случайное

— длительность обслуживания Kвыз (для детерминированного)

поток освобождения совпадает по характеристиам с ВПВ, но со сдвигом на время обслуживания

— случайное время освобождения

— среднее время обслуживания

-свойства потоков входящего потока обслуживания не совпадает со свойствами ВПВ

Если в системе занято k-линий, то вероятность освобождения i за время t определяется формулой Бернулли

P — вероятность освоьождения i-линий за время t

(1 - p) — вероятность не совпадений

Вероятность что не освободится ни одна линия

Параметры потока освобождений

Ординарный или нестационарный

— параметр освобождений

поток ординарный

Поток освобождения подобен симметричному ПВ, так как параметр его прямо пропорционален числу занятых источников ; k— число занятых источников

Если в коммутационной системе освобождается линия и тут же занимается, то поток освобождений будет иметь постоянный параметр и по своим свойствам будет подобен ППВ, тогда

# 21. Поток с ограниченным последействием (поток Пальма)

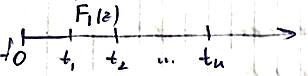
Ординарный — последовательность промежутков между вызовами может иметь любые функции распределения

Свойство ограниченности последействия — независимость интервалов между вызовами, поэтому они описывают семейство функции распределения, будущее не зависит от прошлого, все последействие ограничено длиной промежутков между вызовами

Рекуррентные потоки — у которых все промежутки между вызовами одинаково распределены

Рекуррентные с запаздывание — у которого 1й промежуток имеет отличное распределение от всех остальных

F1 — характеризует поступление вызова от начала отсчета



**Поток Пальма**

Ординарный, стационарный или рекуррентный с запозданием. Задается условной вероятностью , вызовов в промежутке t, если в начальный момент времени поступил вызов

, k=1

при

Поток Пальма описывает поток необслуженных вызовов

Теорема п. Пальма

Если на каждую систему с потерями поступает поток Пальма, tобс распределение по показательному закону, то поток необсл. вызовов есть поток Пальма; используется для расчета сетей с обходным путем (междугор, междунар) многоступенчатых систем.

Свойства

1) при объединении 2х и более независимых потоков Пальма, общий поток не будет потоком Пальма

2) при разъединении потока Пальма на несколько направлений, так что с Pi вызов попадает на i-ое направление, то в каждом i-м направлении будет поток Пальма

# 22. Поток с ограниченным ПОСЛЕДЕЙСТВИЕМ (поток Эрланга)

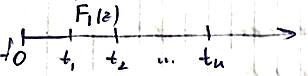
Ординарный — последовательность промежутков между вызовами может иметь любые функции распределения

Свойство ограниченности последействия — независимость интервалов между вызовами, поэтому они описывают семейство функции распределения, будущее не зависит от прошлого, все последействие ограничено длиной промежутков между вызовами

Рекуррентные потоки — у которых все промежутки между вызовами одинаково распределены

Рекуррентные с запаздывание — у которого 1й промежуток имеет отличное распределение от всех остальных

F1 — характеризует поступление вызова от начала отсчета



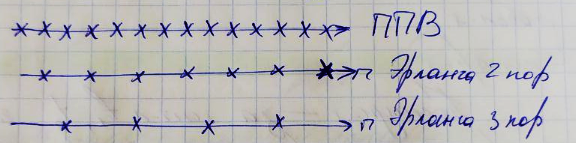
**Поток Эрланга**

Один из приеров потока Палмы, образован просеиванием ППВ

Рассмотрим 2 случая рассеивания:

1) ППВ рекуррентная операция просеивания создает ППВ с

Поток Эрланга «m» - порядка — ППВ с сохранением «m» вызова



МО между вызовами

,

Промежутки между вызовами независимы и одинаково распределены

2) процедура просеивания, когда потока вызова будет меняться