

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(Национальный исследовательский университет)
Высшая школа электроники и компьютерных наук
Кафедра «Инфокоммуникационные технологии»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Руководитель направления

_____ Ю.Т. Карманов
« _____ » _____ 2017 г.

Анализ телефонного трафика в чрезвычайных ситуациях

*Направление 11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии
и системы связи»*

*магистерская программа «Системы мобильной связи»
ЮУрГУ – М 11.04.02.2017.056.00 ПЗ*

Руководитель работы

Новиков В.В. _____

“ _____ ” _____ 2017г.

Автор работы

студент группы КТУР-457

Хисматуллина Ю.Р. _____

“ _____ ” _____ 2017г.

Нормоконтролер

Спицына В.Д. _____

“ _____ ” _____ 2017г.

Челябинск 2017

РЕФЕРАТ

Хисматуллина Ю.Р. Анализ телефонного трафика в чрезвычайных ситуациях. – Челябинск: ЮУрГУ, ВШЭ-иКН, 2017, 61 с., 23 илл., 73 табл., список использованных источников – 5 наим.

Ключевые слова: телефонный трафик, час наибольшей нагрузки (ЧНН), нагрузки на телефонную сеть

Объектом исследования является телефонный трафик. Предметом исследования является анализ телефонного трафика в чрезвычайных ситуациях. Целью исследования является определение характера изменения нагрузок на телефонные сети в наиболее загруженные периоды – в праздничные дни и в чрезвычайных ситуациях.

В практической части выпускной квалификационной работы на основании предоставленных оператором проводной связи и тремя операторами сотовой связи данных по количеству средних вызовов, был проведен расчет нагрузок на телефонную сеть при различных событиях.

Был проведен анализ изменения интенсивности нагрузки в зависимости от времени суток и дней недели, анализ изменения интенсивности нагрузки 1 января и 8 марта, а также анализ телефонного трафика в чрезвычайной ситуации.

Результаты данной выпускной квалификационной работы магистра могут применяться при расчете и прогнозировании нагрузок на телефонные сети.

					ЮУрГУ – М 11.04.02.2017.056.00 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Хисматуллина Ю.Р.			Анализ телефонного трафика в чрезвычайных ситуациях	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Новиков В.В.					5	61
Н.кон.		Спицына В.Д.				каф. ИКТ		
УТВ.		Карманов Ю.Т.						

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 Теоретические основы анализа трафика в телефонных сетях.....	8
1.1 Понятие трафика.....	8
1.1.1 Основные численные характеристики телефонного трафика.....	8
1.1.2 Численные и качественные значения средних нагрузок.....	10
1.2 Системы с потерями.....	11
1.2.1 Распределение моментов поступления вызовов.....	11
1.2.2 Вероятность занятости j приборов.....	12
1.2.3 Вероятность блокировки в системе с потерями.....	13
1.2.4 Эффективность использования приборов.....	15
1.2.5 Повторные вызовы.....	15
1.3 Системы с ожиданием.....	16
1.3.1 Нотация систем с ожиданием.....	17
1.3.2 Вероятность ожидания в системе M/G/N.....	17
1.3.3 Среднее время ожидания для системы.....	18
1.4 Большие и малые группы.....	19
1.5 Понятие статистического равновесия системы.....	21
1.6 Измерение и анализ трафика на ТфОП.....	21
2 Анализ телефонного трафика.....	24
2.1 Анализ изменения интенсивности нагрузки в зависимости от времени суток и дня недели.....	24
2.2 Анализ телефонного трафика 1 января.....	38
2.3 Анализ телефонного трафика 8 марта.....	45
2.4 Анализ телефонного трафика в чрезвычайной ситуации.....	52
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	60
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	61

ВВЕДЕНИЕ

Анализ телефонного трафика в чрезвычайных ситуациях является основной целью магистерской диссертации. Он позволяет определить источники опасностей, потенциальные сбои, последовательности развития событий, величину риска, величину последствий, пути предотвращения и смягчения последствий.

Сети связи (системы в теории трафика) подразделяются на системы с потерями и системы с ожиданием[1]. Принадлежность к соответствующей категории определяется методом обслуживания избыточного трафика, т.е. трафика, который в данный момент превышает возможности системы. В системе с потерями избыточный трафик исключается из обслуживания (блокируется), а в системе с ожиданием избыточный трафик ставится в очередь до тех пор, пока система не сможет обслужить его. Все АТС работают как системы с потерями. Сеть Интернет работает как система с ожиданием. Для анализа трафика используют различные методы для систем с потерями и систем с ожиданием. Случайный характер трафика сети является следствием двух случайных процессов: процесса поступления вызовов от абонентов (источников) и процесса соединения (длительность соединения в общем случае случайна).

Целью работы является анализ телефонного трафика в чрезвычайной ситуации. Достижение поставленной цели предполагает решение следующих задач:

- изучение основных методов анализа телефонного трафика в чрезвычайной ситуации;
- проведение анализа телефонного трафика в случае чрезвычайной ситуации.

1 Анализ трафика в телефонных сетях

1.1 Понятие трафика

Трафик – это количественная характеристика нагрузки, рассчитываемая по совокупности всех абонентских запросов, поступающих в сеть. Основная цель анализа трафика – определить оптимальную конфигурацию сети[2]. Под оптимальной конфигурацией сети понимают минимизацию объемов оборудования при заданном качестве обслуживания. В общем случае трафик сети имеет случайный характер. Если емкость сети составляет N абонентов, то есть очень малая вероятность того, что все N абонентов одновременно будут осуществлять вызов. Вероятность такого случая очень мала, но, тем не менее, она существует в любой сети. Для того чтобы обслужить все вызовы, в этом случае потребуется Y -ый объем оборудования на участках сети. Но все остальное время большая часть Y -ого объема оборудования будет простаивать. Поэтому оптимальным объемом оборудования будет объем, намного меньший объема Y . Такой объем позволит обслуживать абонентов с хорошим качеством большую часть времени работы сети. Стоимость инвестиций в сеть резко сократится, что позволит установить приемлемую плату за обслуживание.

1.1.1 Основные численные характеристики телефонного трафика

На сетях связи используют две основные численные характеристики трафика (или нагрузки).

Интенсивность нагрузки (или трафика), которая определяется как объем нагрузки за период времени. Пусть система состоит из 20 приборов и 40 источников, время наблюдения за системой составило 8 минут, за время наблюдения в системе были заняты 8 приборов в течение всех 8 минут, 4 прибора – по 5 минут. Тогда общий объем нагрузки, обслуженный системой, составил 84 минут за 8 минут наблюдения, а интенсивность нагрузки:

$$84 \text{ мин.} / 8 \text{ мин.} = 10,5.$$

Эту безразмерную величину принято выражать в Эрлангах (Эрл) в честь датского ученого А.К. Эрланга, разработавшего теорию телефонного трафика. В Северной Америке, иногда в Европе, эту величину выражают в гекто-секундо-занятиях или century call seconds, CCS. Если учесть, что 1 час=3600 сек., гекто – сто, то 1 Эрл=36 CCS. Как правило, общий объем нагрузки измеряют в течение 1 часа. Как правило, выбирают час наибольшей нагрузки ЧНН (за сутки, реже за месяц, еще реже за год). Если один прибор постоянно занят в течение одного часа, то интенсивность нагрузки равна 1 Эрл. Максимальная интенсивность нагрузки, которую может обработать один прибор, равна 1 Эрл.

Средняя нагрузка (средняя интенсивность нагрузки) A определяется по формуле:

$$A = \lambda \cdot t_m,$$

где λ – средняя интенсивность поступления вызовов вызовов/сек, t_m – средняя длительность занятия (средняя длительность одного вызова) сек/вызов, вызовов/сек·сек/вызов – получаем безразмерную величину, которую принято выражать в Эрлангах (Эрл).

Для определения уровня загрузки системы используется понятие «эффективность системы». Эффективность системы « ρ » рассчитывается по формуле:

$$\rho = (\text{количество завершенных вызовов}) / (\text{количество попыток вызовов}).$$

Под завершенными вызовами понимают вызова, которые завершились соединением. Попытки вызовов включают в себя завершенные вызова, необслуженные вызова, вызова, по которым нет ответа абонента В, и вызова, по которым абонент В занят:

$$\text{попытки вызовов} = \text{завершенные вызова} + \text{необслуженные вызова} + \\ \text{нет ответа абонента В} + \text{абонент В занят},$$

где всегда $\rho \leq 0,5 \dots 0,6$ при исправной работе системы, а в случае аварии $\rho \leq 0,3 \dots 0,4$.

Обслуженными считаются завершённые вызова, вызова, по которым нет ответа абонента В, и вызова, по которым абонент В занят. Поступающая на систему нагрузка определяется как сумма обслуженных и необслуженных вызовов.

1.1.2 Численные и качественные значения средних нагрузок

На телефонных сетях связи общеприняты некоторые количественные значения средних нагрузок для различных видов связи в ЧНН (таблица 1).

Таблица 1 – Некоторые значения средних нагрузок в Эрл на одного абонента

	Россия	Европейские страны и Северная Америка
Проводная связь (стационарные абоненты)	0,1÷0,15 2÷3 вызова в ЧНН со средней длительностью занятия – 3 мин.	0,05÷0,1 1÷2 вызова в ЧНН со средней длительностью занятия – 3,5 мин.
Сотовая связь (мобильные абоненты)	0,05	0,05

На рисунках 1 и 2 приведены качественные графики распределения нагрузок в течение суток и в течение недели.

На сетях связи России имеется два дня, для которых характерны ежегодные пиковые нагрузки: Новый Год с 00:00 часов до 04:00 часов и 8 марта с 09:00 часов до 13:00 часов. Нагрузка в Новый Год максимальна и может приводить к перегрузкам и, в неблагоприятных случаях, остановкам компонентов сетей связи.

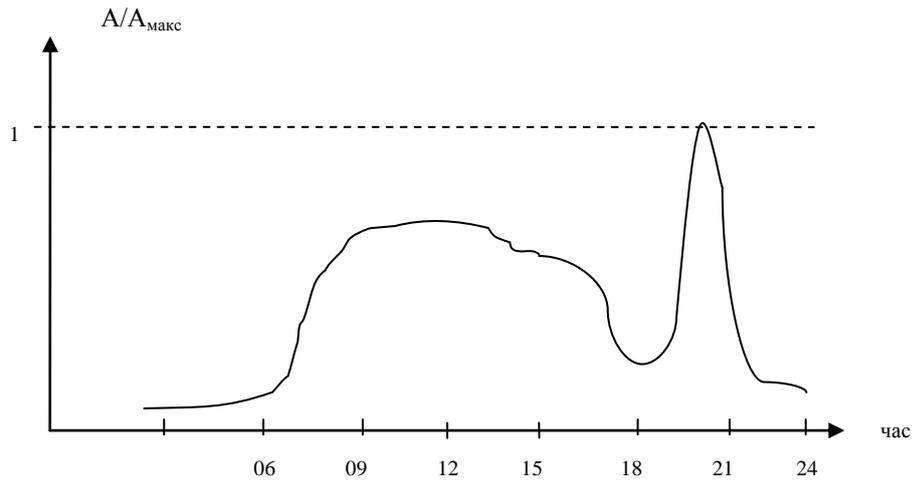


Рисунок 1 – Распределение нагрузки в течение суток

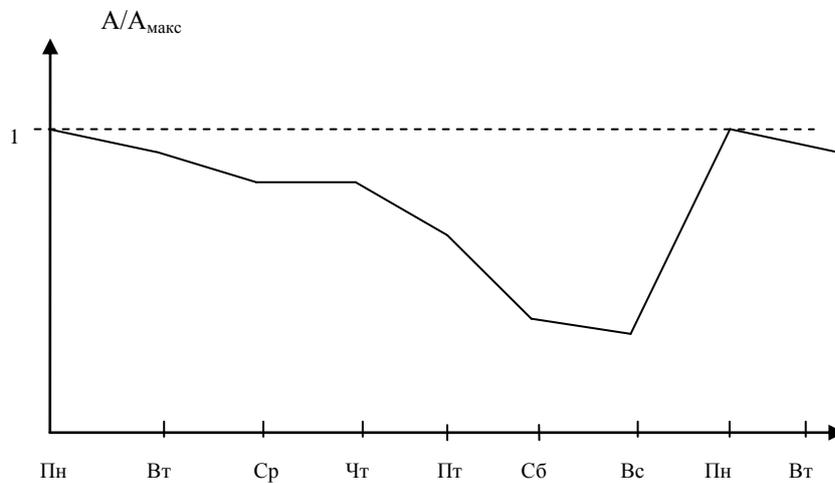


Рисунок 2 – Распределение нагрузки в течение недели

1.2 Системы с потерями

Простейшей системой с потерями является система с явными потерями, где не обслуженные вызовы покидают систему и никогда не возвращаются.

1.2.1 Распределение моментов поступления вызовов

Вероятность поступления в систему j вызовов за интервал времени t при средней интенсивности поступления вызовов λ определяется законом вероятности Пуассона (Пуассоновское распределение моментов поступления вызовов):

$$P_j(\lambda t) = \frac{(\lambda \cdot t)^j}{j!} e^{-\lambda t}$$

Эта формула верна при следующих допущениях: все вызовы независимы и поступают со средней интенсивностью λ , независимо от того, сколько вызовов уже поступило в систему. Таким образом, эту формулу можно использовать только в системах с большим количеством абонентов.

Вероятность поступления в систему j и более вызовов за интервал времени t определяется по формуле:

$$P_{\geq j}(\lambda t) = \sum_{i=j}^{\infty} P_i(\lambda t) = 1 - \sum_{i=0}^{j-1} P_i(\lambda t) = 1 - P_{< j}(\lambda t)$$

Пример: пусть есть узел коммутации (система), $\lambda=4$ вызовов/мин. Необходимо определить вероятность того, что за произвольные 30сек в систему поступят восемь или более вызовов.

Решение:

$\lambda \cdot t = 4 \cdot 30 / 60 = 2$ (минуты приводим к секундам: 4вызова/мин. = 4/60вызова/сек);

$$P_{\geq 8}(2) = \sum_{i=8}^{\infty} P_i(2) = 1 - \sum_{i=0}^7 P_i(2) = 1 - e^{-2} \cdot (1 + 2^1/1! + 2^2/2! + \dots + 2^7/7!) = 0,0011$$

Вероятность того, что за произвольные 30сек в систему поступят восемь или более вызовов равна 0,0011.

Вероятность того, что за промежуток времени t в систему не поступит ни одного вызова (в формуле 6.1 $j=0$) определяется по формуле:

$$P_0(\lambda t) = \frac{(\lambda \cdot t)^0}{0!} e^{-\lambda t} = e^{-\lambda t}$$

1.2.2 Вероятность занятости j приборов

Вероятность занятости j приборов в системе определяется по формуле:

$$P_j(\lambda t_m) = \frac{(\lambda \cdot t_m)^j}{j!} e^{-\lambda t_m} = P_j(A) = \frac{A^j}{j!} e^{-A},$$

где $A = \lambda \cdot t_m$ – средняя нагрузка.

Эта формула верна при следующих допущениях: имеет место Пуассоновское распределение вероятности поступления вызовов и все поступившие вызова немедленно обслуживаются (т.е. блокировки вызовов отсутствуют).

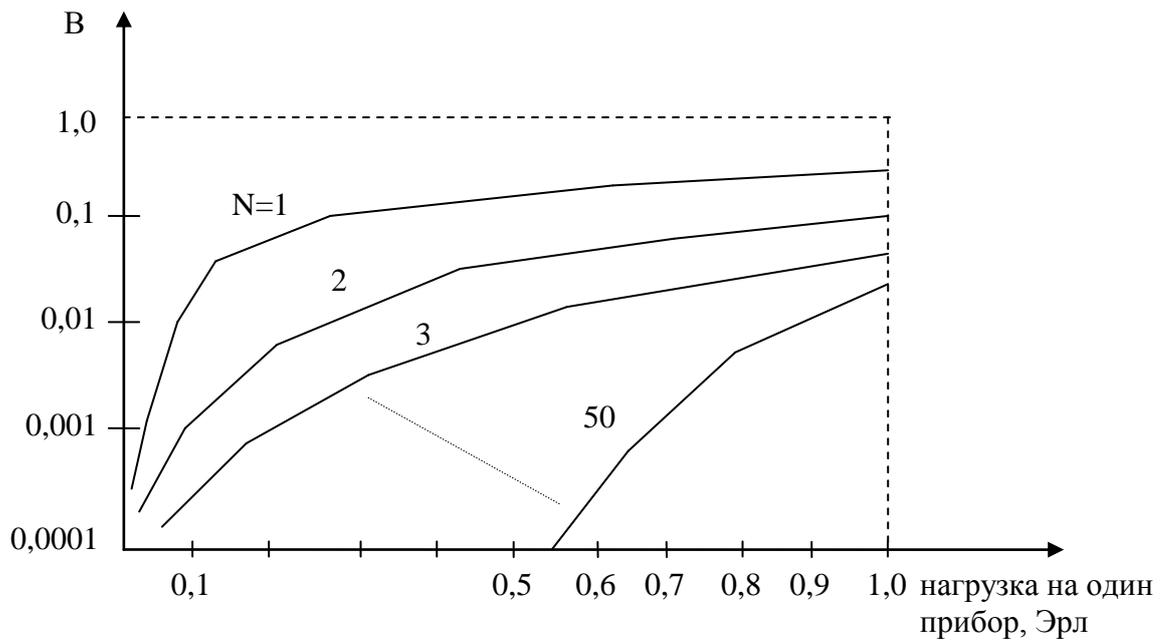
1.2.3 Вероятность блокировки в системе с потерями

Вероятность блокировки или поступления нового вызова, когда все приборы заняты, принято обозначать английской буквой «В». Численные значения вероятности блокировки приводят в процентах (от 0 до 100) или в абсолютных безразмерных единицах (от 0 до 1). Например, $B=0,05$ в абсолютных единицах или $B=5\%$. Для системы с Пуассоновским потоком вызовов и с произвольным распределением длительности занятия вероятность блокировки определяется по формуле:

$$B = \frac{A^N}{N! \cdot \sum_{i=0}^N \frac{A^i}{i!}}$$

где N – число приборов в системе, A – средняя интенсивность нагрузки в Эрл.

Эта формула была выведена А.К. Эрлангом в 1917 году и получила названия формула Эрланга первого рода, или В-формула Эрланга, или формула Эрланговских потерь. Проводить прямые расчеты по формуле достаточно трудоемко, поэтому на практике используют графики или таблицы, которые были составлены и построены в середине 20 века на основе расчетов по рассмотренной выше формуле. Один из упрощенных вариантов графиков приведен на рисунке 3, а фрагмент таблицы – на рисунке 4.



B – вероятность блокировки (логарифмическая шкала), N – число приборов.

Рисунок 3 – График зависимости вероятности блокировки от интенсивности нагрузки и числа приборов.

$N \backslash B$	0,01	0,05	0,1	0,5	...	30
1	A_{11}	A_{21}	A_{31}	A_{41}	...	A_{i1}
2	A_{12}	A_{22}	A_{32}	A_{42}	...	A_{i2}
3	A_{13}	A_{23}	A_{33}	A_{43}	...	A_{i3}
4	A_{14}	A_{24}	A_{34}	A_{44}	...	A_{i4}
...

B – вероятность блокировки в %, N – число приборов, A_{ij} – средняя интенсивность нагрузки в Эрл.

Рисунок 4 – Фрагмент таблицы для определения вероятности блокировки, числа приборов и интенсивности нагрузки

1.2.4 Эффективность использования приборов

Эффективность использования приборов системы обозначается греческой буквой « ρ » и определяется по формуле:

$$\rho = \frac{(1-B) \cdot A}{N}$$

где B – вероятность блокировки в абсолютных безразмерных единицах,
 N – число приборов в системе,

A – средняя интенсивность нагрузки в Эрл.

1.2.5 Повторные вызовы

В реальных системах блокированные вызова возвращаются в систему. Эти вызова называют повторными. Распределение и характеристики повторных вызовов подчиняются тем же законам, что и распределение и характеристики вызовов. Если допустить, что:

- все блокированные вызова возвращаются в систему и, в конечном счете, обслуживаются, даже если требуется многократное повторение;
- времена, прошедшие между возникновением блокировки и повторным вызовом, случайны и независимы;
- типичное время повторного вызова больше средней длительности занятия,

то общая интенсивность вызовов, включая повторные, определяется по формуле:

$$\lambda' = \lambda + B \cdot \lambda + B^2 \cdot \lambda + B^3 \cdot \lambda + \dots = \frac{\lambda}{1-B}$$

где B – вероятность блокировки в системе с потерями и средней интенсивностью нагрузки $A' = \lambda' \cdot t_m$.

Это выражение не может быть использовано для прямых вычислений, так как параметры выражения определяются друг через друга. Однако результат может быть получен методом итераций. Влияние повторной нагрузки несуществен-

но в системах с низкой вероятностью блокировки, и повторные вызовы обязательно необходимо учитывать в системах с высокой вероятностью блокировки.

1.3 Системы с ожиданием

Системы с ожиданием называют еще системами с задержкой или системами с очередями. Очереди организуются с системами хранения сообщений в узле коммутации или в источнике сообщения. Во втором случае в узле коммутации хранится только список источников (абонентов), ожидающих обслуживания.

Системы с ожиданием позволяют более эффективно использовать приборы: очередь ожидания сглаживает пиковые нагрузки, перераспределяя их в области меньшей активности источников сообщений. При характеристике систем с ожиданием используют значения:

- а) вероятность ожидания (вероятности события, что нагрузка превысит возможности системы);
 - б) вероятность превышения времени ожидания значения t ;
 - в) среднее время ожидания,
- которые зависят от:
- а) принятого распределения времени обслуживания сообщений;
 - б) средней интенсивности и распределения поступающей нагрузки;
 - в) числа приборов;
 - г) числа источников;
 - д) дисциплины (правил, способа) обслуживания очереди.

Распределение времени обслуживания бывает:

- а) отрицательное экспоненциальное – в этом случае сообщения имеют нефиксированную длину (частный случай: при передаче данных используются пакеты переменной длины);
- б) постоянное время обслуживания – все сообщения имеют постоянную одинаковую длину (частный случай: при передаче данных используются пакеты фиксированной длины);

в) произвольное время обслуживания – смешанные случаи, имеют характеристики, которые лежат в области между а) и б).

Дисциплины обслуживания очереди бывают:

- а) «первый вошел – первый обслужен» («First-Come-First-Served»=FCFS, «First-In-First-Out»=FIFO);
- б) циклический опрос;
- в) случайный выбор;
- г) выбор по приоритетам.

1.3.1 Нотация систем с ожиданием

Для упорядочивания и простоты классификации систем с ожиданием в 20 веке Д.Г. Кендалл предложил нотацию, которая получила широкое распространение. Нотация систем с ожиданием Кендалла представлена на рисунке 5.

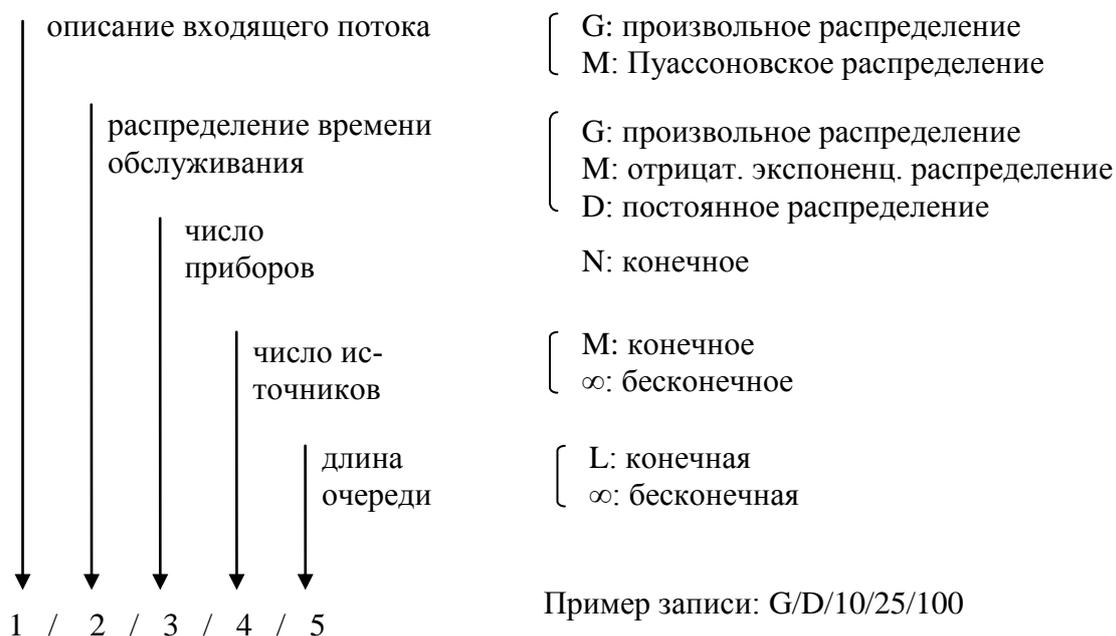


Рисунок 5 – Нотация систем с ожиданием

1.3.2 Вероятность ожидания в системе M/G/N

Вероятность ожидания в системе M/G/N/ ∞ / ∞ (или M/G/N, т.к. знак « ∞ », как правило, не указывается) определяется по формуле:

$$P(>0) = \frac{N \cdot B}{N - A \cdot (1 - B)}$$

где N – число приборов;

A – средняя интенсивность нагрузки;

B – вероятность блокировки.

Эта формула была выведена А.К. Эрлангом и получила названия: формула Эрланга второго рода, или С-формула Эрланга, или формула ожидания Эрланга.

Вероятность того, что время ожидания превысит значение t в системе с дисциплиной обслуживания очереди FIFO, определяется по формуле:

$$P(>t) = P(>0) \cdot e^{-(N-t)/t_m}$$

где t_m – среднее время обслуживания.

1.3.3 Среднее время ожидания для системы

Среднее время ожидания для системы с отрицательным экспоненциальным временем обслуживания определяется по формуле:

$$t' = \frac{P(>0) \cdot t_m}{N - A}$$

Среднее время ожидания для системы с постоянным временем обслуживания определяется по формуле:

$$t' = \frac{P(>0) \cdot t_m}{2 \cdot (N - A)}$$

Сравнив данные формулы, можно уверенно говорить о том, что среднее время ожидания в системе, использующей пакеты фиксированной длины, при прочих равных условиях будет меньше, чем в системе с пакетами нефиксированной длины.

1.4 Большие и малые группы

Рассмотрим условную практическую задачу. Пусть есть 88 абонентов, каждый из которых подключен к одному из 4 абонентских модулей. Таким образом, к каждому абонентскому модулю подключено по 22 абонента. Каждый абонент создает среднюю нагрузку 0,1 Эрл. Необходимо обеспечить связь абонентов с центральным модулем, находящимся на удалении в несколько километров от абонентских модулей, с вероятностью блокировки не хуже 0,05 (или 5%).

Первый вариант организации связи – вариант малых групп – представлен на рисунке 6.

Второй вариант организации связи – вариант большой группы – представлен на рисунке 7.

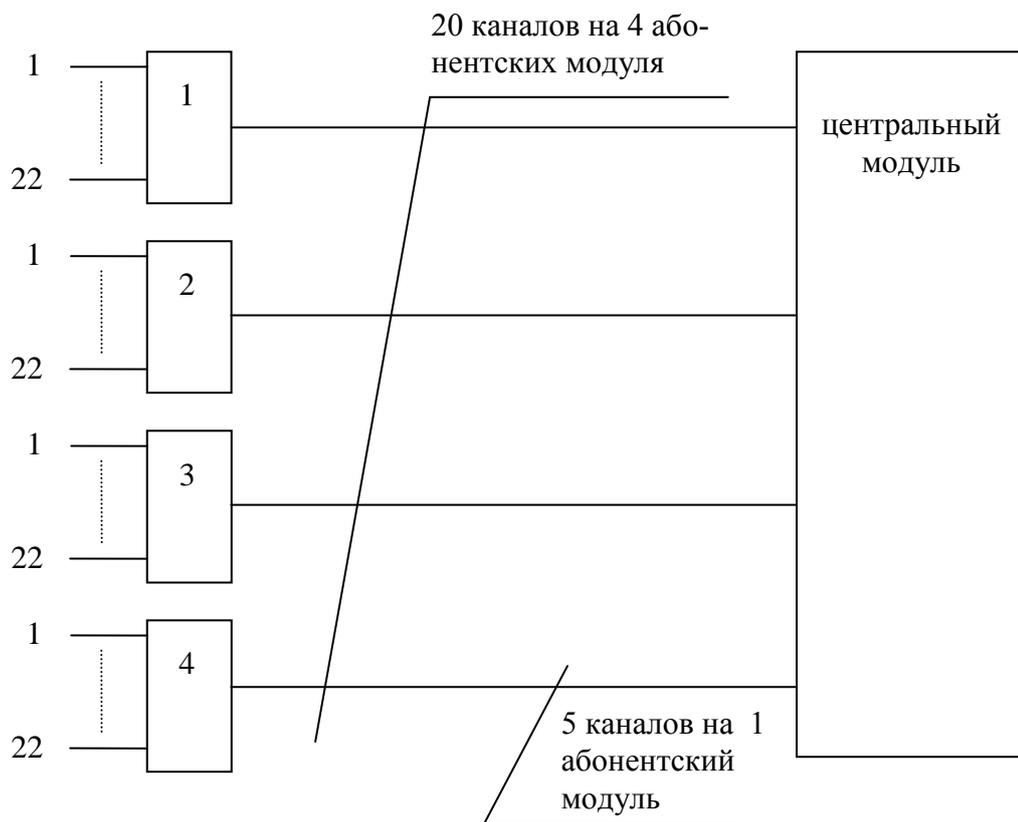


Рисунок 6 – Вариант малых групп

Количество каналов определяется по таблице вероятности блокировки (рисунок 17) для $V=5\%$. Средняя интенсивность нагрузки одного абонентского модуля $A_{ам}=22 \cdot 0,1=2,2$ Эрл.

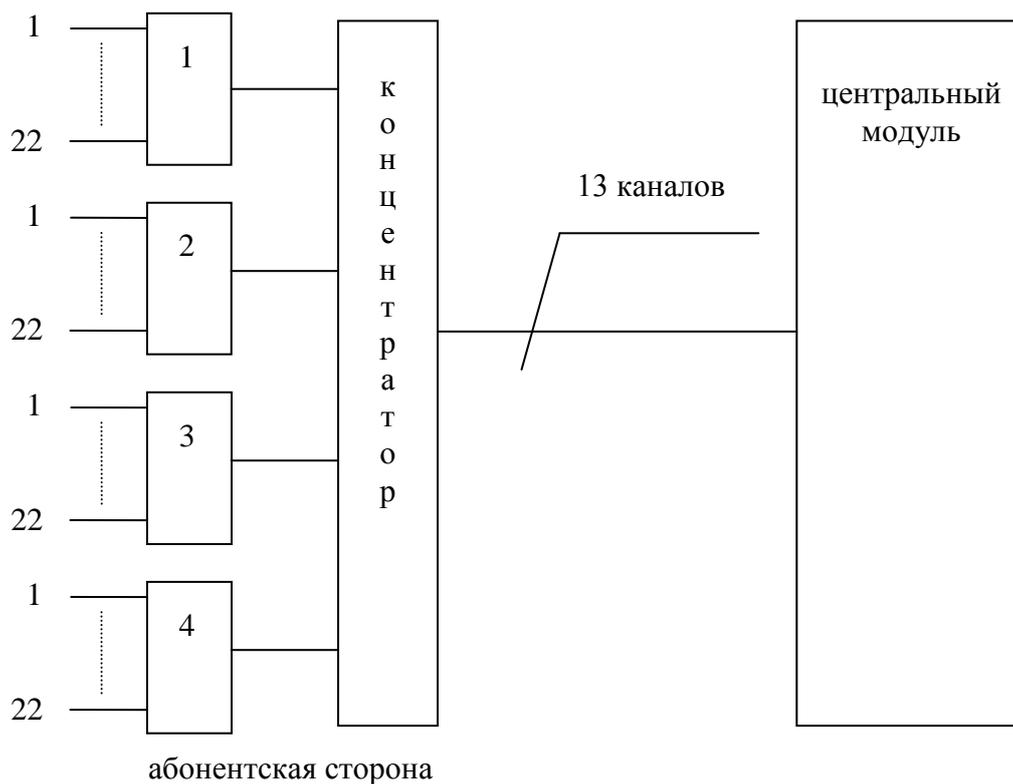


Рисунок 7 – Вариант большой группы

Количество каналов определяется по таблице вероятности блокировки (рисунок 17) для $V=5\%$. Средняя интенсивность нагрузки концентратора $A_{\text{конц}}=4 \cdot 2,2=8,8$ Эрл.

Если при каких-либо обстоятельствах средняя интенсивность нагрузки увеличиться на 50% (средняя нагрузка от одного абонента 0,15 Эрл), то:

- а) вариант малых групп – $A_{\text{ам}}=22 \cdot 0,15=3,3$ Эрл, тогда по формуле $V=0,14$ (14%), т.е. вероятность блокировки возрастает на 200%;
- б) вариант большой группы – $A_{\text{конц}}=4 \cdot 3,3=13,2$ Эрл, тогда $V=0,2$ (20%), т.е. вероятность блокировки возрастает на 300%.

Выводы:

- а) большие группы более эффективны (выгодно концентрировать нагрузку на периферии, где интенсивность отдельных источников низка);
- б) уязвимость большой группы выше, чем совокупности малых групп, или малые группы более устойчивы к форс-мажорным обстоятельствам.

1.5 Понятие статистического равновесия системы

Это понятие было введено А.К. Эрлангом и звучит следующим образом: вероятность системы пребывать в определенном состоянии не зависит от момента времени, в который исследуется данная система. «Пребывать в состоянии» подразумевает количество занятых в системе приборов. Для того чтобы вновь вводимая система перешла в состояние статистического равновесия, требуется некоторое время.

Если нагрузка на систему в данный момент времени $A=A_{\text{средняя}}$, где $A_{\text{среднее}}=\lambda \cdot t_m$, то вероятность поступления нового вызова равна вероятности завершения ранее поступившего (старого) вызова, и данное состояние для системы является наиболее вероятным и является состоянием статистического равновесия.

Если нагрузка на систему в данный момент времени $A>A_{\text{средняя}}$, то вероятность поступления нового вызова меньше вероятности завершения ранее поступившего (старого) вызова, и из данного состояния система стремится перейти в состояние 1) – состояние статистического равновесия[3].

Если нагрузка на систему в данный момент времени $A<A_{\text{средняя}}$, то вероятность поступления нового вызова больше вероятности завершения ранее поступившего (старого) вызова, и из данного состояния система стремится перейти в состояние 1) – состояние статистического равновесия.

1.6 Измерение и анализ трафика на ТфОП

Измеренный трафик на действующих телефонных сетях является основным показателем качества работы сети. Поэтому измерение трафика строго регламентировано и носит регулярный характер.

Измерение трафика производят:

- на ГТС и СТС (местных телефонных сетях) – один раз в месяц в самый нагруженный день недели (понедельник) в ЧНН;
- на МнТС и МгТС – один раз в неделю в среду в течение суток.

Измерения производятся на коммутационном оборудовании (АТС):

- электронного типа – встроенными средствами измерений, включая эффективность соединительных линий (СЛ) и количество заблокированных вызовов;
- механического типа – с помощью обработки данных повременного учета разговоров на компьютере.

Измеренный трафик анализируется, и, в случае ухудшения качественных показателей, служит основанием для устранения причин, вызвавших это ухудшение. В том числе, данные трафика могут служить основанием для увеличения/уменьшения количества каналов по направлениям[4]. На Российских сетях проводной связи принято включать по исходящим направлениям столько каналов, чтобы отказы (блокировки) вызовов отсутствовали.

Для расчета необходимого количества каналов в данном направлении при условии отсутствия отказов используют коэффициенты. Эти коэффициенты не имеют названия и были получены практическим путем в результате многолетней эксплуатации сетей телефонной связи. Значение коэффициентов зависит от типа коммутационного оборудования (АТС):

- для механических АТС коэффициент имеет значение 0,7;
- для электронных АТС – 0,8.

Если количество каналов между двумя электронными АТС равно Y , то по этим каналам можно без блокировок (отказов в обслуживании) пропустить трафик со средней интенсивностью нагрузки $0,8 \cdot Y$ Эрл[5]. Если средняя интенсивность нагрузки превысит это значение, то в данном направлении обязательно появятся потери.

Если средняя интенсивность нагрузки между электронной и механической АТС составляет X Эрл, то потребуется $X/0,7$ каналов, чтобы пропустить этот трафик без потерь.

Для механических АТС для пропуска того же самого объема трафика требуется большее число каналов, так как каналы в механических АТС недоступны

ные. Это значит, что каждая группа абонентов имеет доступ только к части каналов в данном направлении.

На направлении от АТС к УСС используется коэффициент $0,2 \dots 0,3$ (большое количество коротких по продолжительности вызовов).

При расширении сетей связи (например, увеличение емкости АТС на 5 тысяч абонентов) необходимое увеличение количества каналов рассчитывают по следующей схеме:

- а) снимают среднюю интенсивность нагрузки по всем направлениям действующей сети;
- б) определяют среднюю интенсивность нагрузки на одного абонента по каждому направлению;
- в) рассчитывают увеличение средней интенсивности нагрузки после расширения сети по каждому направлению (например, нагрузка на одного абонента в данном направлении умножить на 5 тысяч новых абонентов = Y Эрл.);
- г) рассчитывают среднюю интенсивность нагрузки по каждому направлению после расширения сети (действующая средняя интенсивность нагрузки + увеличение средней интенсивности нагрузки = X Эрл.);
- д) рассчитывают необходимое количество каналов по каждому направлению, используя коэффициенты;
- е) определяют необходимость увеличения числа каналов по каждому направлению.

2 Анализ телефонного трафика

2.1 Анализ изменения интенсивности нагрузки в зависимости от времени суток и дня недели

Проводной оператор связи

Для оценки загруженности сети проводного оператора связи проанализируем предоставленные данные по среднему количеству вызовов в час (таблицы 2.1, 2.2, 2.3). Период измерений – 1 час.

Таблица 2.1 – Среднее количество вызовов в час (промежуток 0...8 час.)

День	Среднее количество вызовов по 1-часовым интервалам							
	0:00-1:00	1:00-2:00	2:00-3:00	3:00-4:00	4:00-5:00	5:00-6:00	6:00-7:00	7:00-8:00
Пн	24701	9756	3746	1330	780	1015	1933	9291
Вт	24243	9197	3582	1211	723	907	1804	9378
Ср	24107	8905	3344	1134	726	841	1677	9032
Чт	23732	8560	3196	1018	603	713	1502	8749
Пт	23011	8141	2918	895	540	598	1212	8096
Сб	23589	9414	4020	1267	846	481	952	4646
Вс	19032	8201	3381	1070	783	302	726	3926

Таблица 2.2 – Среднее количество вызовов в час (промежуток 8...16 час.)

День	Среднее количество вызовов по 1-часовым интервалам							
	8:00-9:00	9:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00
Пн	26876	43111	33115	27249	18348	12698	17251	10723
Вт	25602	42159	32907	26740	18047	12193	16483	10373
Ср	25475	41964	32228	26398	17404	11867	16105	9910
Чт	25088	40477	30831	26162	16588	17151	15064	9635
Пт	23888	38984	28995	24248	15220	15665	13841	9145
Сб	12857	22130	15355	13422	10666	11002	9455	4473
Вс	11104	18943	12271	11363	9252	9502	8499	4092

Таблица 2.3 – Среднее количество вызовов в час (промежуток 16...24 час.)

День	Среднее количество вызовов по 1-часовым интервалам							
	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00	19:00-20:00	20:00-21:00	21:00-22:00	22:00-23:00	23:00-24:00
Пн	9116	17785	27546	49495	57494	59201	51565	37120
Вт	8991	17323	26456	48469	56546	58384	51052	36627
Ср	8751	16778	26171	47643	56316	58748	50007	35485
Чт	8286	16445	25791	47811	55944	57794	49434	34677
Пт	7470	15235	24662	46327	54372	56934	47865	33932
Сб	4043	5289	15396	31012	39932	41796	36584	25057
Вс	3610	4583	12148	30090	38874	38439	34862	24904

С учетом того, что средняя длительность занятия для рассматриваемого проводного оператора связи равна 3 минутам, получаем данные по нагрузкам в Эрлангах (таблицы 2.4, 2.5, 2.6).

Таблица 2.4 – Интенсивность нагрузки по 1-часовым интервалам (промежуток 0...8 час.)

День	Интенсивность нагрузки по 1-часовым интервалам							
	0:00-1:00	1:00-2:00	2:00-3:00	3:00-4:00	4:00-5:00	5:00-6:00	6:00-7:00	7:00-8:00
Пн	1243	487	188	66	39	51	97	464
Вт	1223	461	180	60	36	45	89	465
Ср	1207	442	169	57	36	42	84	459
Чт	1197	429	158	51	30	36	75	432
Пт	1165	412	148	45	27	30	60	404
Сб	1182	467	202	63	42	24	48	234
Вс	945	407	169	54	39	15	36	199

Таблица 2.5 – Интенсивность нагрузки по 1-часовым интервалам (промежуток 8...16 час.)

День	Интенсивность нагрузки по 1-часовым интервалам							
	8:00-9:00	9:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00
Пн	1347	2139	1656	1357	916	632	871	536
Вт	1300	2096	1645	1337	890	609	821	520
Ср	1266	2091	1613	1310	877	596	805	493
Чт	1230	2045	1539	1298	820	859	757	482
Пт	1188	1946	1445	1212	756	777	690	457
Сб	643	1111	773	666	524	549	476	224
Вс	554	939	621	569	462	480	422	203

Таблица 2.6 – Интенсивность нагрузки по 1-часовым интервалам (промежуток 16...24 час.)

День	Интенсивность нагрузки по 1-часовым интервалам							
	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00	19:00-20:00	20:00-21:00	21:00-22:00	22:00-23:00	23:00-24:00
Пн	456	887	1353	2439	2884	2986	2537	1833
Вт	449	860	1331	2387	2824	2926	2533	1797
Ср	438	846	1307	2369	2816	2902	2491	1765
Чт	413	818	1287	2353	2815	2922	2459	1755
Пт	377	757	1245	2311	2738	2817	2383	1717
Сб	203	266	767	1542	2025	2111	1855	1247
Вс	180	227	608	1509	1946	1922	1737	1243

Результаты анализа изменения интенсивности нагрузки в зависимости от времени суток и дня недели для проводного оператора связи приведены на рисунке 8.



Рисунок 8 – Результаты анализа изменения интенсивности нагрузки в зависимости от времени суток и дня недели для проводного оператора связи

Анализ показал, что пик по нагрузке, достигающий около 3000 Эрл, приходится на вечернее время – промежуток между 20:00 и 22:00 часами. Другой пик, равный около 2000 Эрл, наблюдается в 9 часов утра – в начале рабочего дня. Нагрузки максимальны в понедельник, снижаются в течение недели и минимальны в субботу и воскресенье.

Далее проведем аналогичный анализ для трех операторов сотовой связи.

Первый сотовый оператор

Для оценки загруженности сети первого сотового оператора связи проанализируем предоставленные данные по среднему количеству вызовов в час (таблицы 2.7, 2.8, 2.9). Период измерений – 1 час.

Таблица 2.7 – Среднее количество вызовов в час (промежуток 0...8 час.)

День	Среднее количество вызовов по 1-часовым интервалам							
	0:00- 1:00	1:00- 2:00	2:00- 3:00	3:00- 4:00	4:00- 5:00	5:00- 6:00	6:00- 7:00	7:00- 8:00
пн	16600	6480	2520	880	520	680	1280	6240
вт	16320	6160	2400	800	480	600	1200	6200
ср	16120	5880	2240	760	480	560	1120	6080
чт	15800	5680	2120	680	400	480	1000	5800
пт	15480	5480	1960	600	360	400	800	5360
сб	15800	6280	2680	840	560	320	640	3120
вс	12600	5440	2240	720	520	200	480	2640

Таблица 2.8 – Среднее количество вызовов в час (промежуток 8...16 час.)

День	Среднее количество вызовов по 1-часовым интервалам							
	8:00- 9:00	9:00- 10:00	10:00- 11:00	11:00- 12:00	12:00- 13:00	13:00- 14:00	14:00- 15:00	15:00- 16:00
пн	18080	28560	22240	18160	12240	8440	11520	7120
вт	17200	28200	21960	17880	11920	8200	11040	6920
ср	17000	27920	21400	17640	11720	7880	10680	6600
чт	16560	27120	20520	17280	11040	11400	10120	6400
пт	15920	26120	19440	16160	10120	10440	9200	6040
сб	8600	14680	10240	8880	7040	7320	6320	3000
вс	7440	12520	8200	7560	6160	6360	5640	2720

Таблица 2.9 – Среднее количество вызовов в час (промежуток 16...24 час.)

День	Среднее количество вызовов по 1-часовым интервалам							
	16:00- 17:00	17:00- 18:00	18:00- 19:00	19:00- 20:00	20:00- 21:00	21:00- 22:00	22:00- 23:00	23:00- 24:00
пн	6120	11920	18200	32800	38240	39520	34160	24640
вт	6040	11480	17720	32120	38040	39040	33720	24200
ср	5840	11200	17600	31720	37720	38880	33360	23720
чт	5520	10960	17240	31600	37160	38840	33000	23320
пт	5000	10160	16480	30680	36200	37880	31720	22720
сб	2680	3520	10240	20640	26800	27920	24520	16800
вс	2400	3040	8080	20040	26160	25720	23080	16720

С учетом того, что средняя длительность занятия для рассматриваемого со-
тового оператора связи равна 1,5 минутам, получаем данные по нагрузкам в Эр-
лангах (таблицы 2.10, 2.11, 2.12).

Таблица 2.10 – Интенсивность нагрузки по 1-часовым интервалам (проме-
жуток 0...8 час.)

День	Интенсивность нагрузки по 1-часовым интервалам							
	0:00- 1:00	1:00- 2:00	2:00- 3:00	3:00- 4:00	4:00- 5:00	5:00- 6:00	6:00- 7:00	7:00- 8:00
пн	415	162	63	22	13	17	32	156
вт	408	154	60	20	12	15	30	155
ср	403	147	56	19	12	14	28	152
чт	395	142	53	17	10	12	25	145
пт	387	137	49	15	9	10	20	134
сб	395	157	67	21	14	8	16	78
вс	315	136	56	18	13	5	12	66

Таблица 2.11 – Интенсивность нагрузки по 1-часовым интервалам (проме-
жуток 8...16 час.)

День	Интенсивность нагрузки по 1-часовым интервалам							
	8:00- 9:00	9:00- 10:00	10:00- 11:00	11:00- 12:00	12:00- 13:00	13:00- 14:00	14:00- 15:00	15:00- 16:00
пн	452	714	556	454	306	211	288	178
вт	430	705	549	447	298	205	276	173
ср	425	698	535	441	293	197	267	165
чт	414	678	513	432	276	285	253	160
пт	398	653	486	404	253	261	230	151
сб	215	367	256	222	176	183	158	75
вс	186	313	205	189	154	159	141	68

Таблица 2.12 – Интенсивность нагрузки по 1-часовым интервалам (промежуток 16...24 час.)

День	Интенсивность нагрузки по 1-часовым интервалам							
	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00	19:00-20:00	20:00-21:00	21:00-22:00	22:00-23:00	23:00-24:00
пн	153	298	455	820	956	988	854	616
вт	151	287	443	803	951	976	843	605
ср	146	280	440	793	943	972	834	593
чт	138	274	431	790	929	971	825	583
пт	125	254	412	767	905	947	793	568
сб	67	88	256	516	670	698	613	420
вс	60	76	202	501	654	643	577	418

Результаты анализа изменения интенсивности нагрузки в зависимости от времени суток и дня недели для первого сотового оператора связи приведены на рисунке 9.



Рисунок 9 – Результаты анализа изменения интенсивности нагрузки в зависимости от времени суток и дня недели для проводного оператора связи

Второй сотовый оператор

Для оценки загруженности сети второго сотового оператора связи проанализируем предоставленные данные по среднему количеству вызовов в час (таблицы 2.13, 2.14, 2.15). Период измерений – 1 час.

Таблица 2.13 – Среднее количество вызовов в час (промежуток 0...8 час.)

День	Среднее количество вызовов по 1-часовым интервалам							
	0:00- 1:00	1:00- 2:00	2:00- 3:00	3:00- 4:00	4:00- 5:00	5:00- 6:00	6:00- 7:00	7:00- 8:00
пн	15455	6059	2391	818	493	643	1206	5872
вт	15210	5852	2242	745	452	563	1118	5871
ср	15121	5562	2099	708	449	525	1044	5721
чт	14915	5311	1982	646	372	453	932	5429
пт	14706	5118	1838	569	342	377	755	5017
сб	14820	5941	2514	797	526	303	607	2933
вс	11945	5086	2117	681	491	189	447	2463

Таблица 2.14 – Среднее количество вызовов в час (промежуток 8...16 час.)

День	Среднее количество вызовов по 1-часовым интервалам							
	8:00- 9:00	9:00- 10:00	10:00- 11:00	11:00- 12:00	12:00- 13:00	13:00- 14:00	14:00- 15:00	15:00- 16:00
пн	17049	26761	20705	17052	11469	7934	10806	6650
вт	16254	26621	20642	16771	11133	7683	10322	6436
ср	15810	26245	20009	16458	10900	7360	10114	6191
чт	15484	25384	19309	16070	10389	10659	9543	6054
пт	15076	24631	18176	15190	9503	9741	8556	5672
сб	8058	13887	9626	8285	6554	6873	5878	2802
вс	7016	11869	7757	7053	5834	5966	5330	2530

Таблица 2.15 – Среднее количество вызовов в час (промежуток 16...24 час.)

День	Среднее количество вызовов по 1-часовым интервалам							
	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00	19:00-20:00	20:00-21:00	21:00-22:00	22:00-23:00	23:00-24:00
пн	5692	11181	17144	30701	36328	37465	31837	22915
вт	5629	10791	16675	30353	35529	37088	31629	22748
ср	5443	10562	16614	29753	35608	36158	31158	22368
чт	5134	10302	16292	29799	35228	36160	31086	21991
пт	4730	9530	15524	28594	34245	35721	29912	21220
сб	2543	3291	9677	19464	25433	26161	23294	15893
вс	2242	2861	7611	18838	24486	24383	21464	15616

С учетом того, что средняя длительность занятия для рассматриваемого со-
тового оператора связи равна 1,5 минутам, получаем данные по нагрузкам в Эр-
лангах (таблицы 2.16, 2.17, 2.18).

Таблица 2.16 – Интенсивность нагрузки по 1-часовым интервалам (проме-
жуток 0...8 час.)

День	Интенсивность нагрузки по 1-часовым интервалам							
	0:00-1:00	1:00-2:00	2:00-3:00	3:00-4:00	4:00-5:00	5:00-6:00	6:00-7:00	7:00-8:00
пн	386	151	60	20	12	16	30	147
вт	380	146	56	19	11	14	28	147
ср	378	139	52	18	11	13	26	143
чт	373	133	50	16	9	11	23	136
пт	368	128	46	14	9	9	19	125
сб	371	149	63	20	13	8	15	73
вс	299	127	53	17	12	5	11	62

Таблица 2.17 – Интенсивность нагрузки по 1-часовым интервалам (промежуток 8...16 час.)

День	Интенсивность нагрузки по 1-часовым интервалам							
	8:00-9:00	9:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00
пн	426	669	518	426	287	198	270	166
вт	406	666	516	419	278	192	258	161
ср	395	656	500	411	272	184	253	155
чт	387	635	483	402	260	266	239	151
пт	377	616	454	380	238	244	214	142
сб	201	347	241	207	164	172	147	70
вс	175	297	194	176	146	149	133	63

Таблица 2.18 – Интенсивность нагрузки по 1-часовым интервалам (промежуток 16...24 час.)

День	Интенсивность нагрузки по 1-часовым интервалам							
	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00	19:00-20:00	20:00-21:00	21:00-22:00	22:00-23:00	23:00-24:00
пн	142	280	429	768	908	937	796	573
вт	141	270	417	759	888	927	791	569
ср	136	264	415	744	890	904	779	559
чт	128	258	407	745	881	904	777	550
пт	118	238	388	715	856	893	748	531
сб	64	82	242	487	636	654	582	397
вс	56	72	190	471	612	610	537	390

Результаты анализа изменения интенсивности нагрузки в зависимости от времени суток и дня недели для второго сотового оператора связи приведены на рисунке 10.



Рисунок 10 – Результаты анализа изменения интенсивности нагрузки в зависимости от времени суток и дня недели для второго сотового оператора связи

Третий сотовый оператор

Для оценки загруженности сети третьего сотового оператора связи проанализируем предоставленные данные по среднему количеству вызовов в час (таблицы 2.19, 2.20, 2.21). Период измерений – 1 час.

Таблица 2.19 – Среднее количество вызовов в час (промежуток 0...8 час.)

День	Среднее количество вызовов по 1-часовым интервалам							
	0:00-1:00	1:00-2:00	2:00-3:00	3:00-4:00	4:00-5:00	5:00-6:00	6:00-7:00	7:00-8:00
пн	17098	6798	2596	906	545	704	1327	6452
вт	16842	6382	2506	834	501	621	1252	6498
ср	16636	6092	2341	793	499	584	1160	6360
чт	16274	5936	2184	710	415	495	1037	6084
пт	16223	5743	2023	628	372	420	825	5623
сб	16479	6519	2779	879	584	331	664	3226
вс	13003	5614	2339	749	540	207	497	2727

Таблица 2.20 – Среднее количество вызовов в час (промежуток 8...16 час.)

День	Среднее количество вызовов по 1-часовым интервалам							
	8:00-9:00	9:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00
пн	18731	29474	23196	18777	12791	8710	12084	7412
вт	17940	29300	22794	18595	12301	8487	11515	7252
ср	17714	28925	22149	18487	12294	8266	11064	6844
чт	17189	28259	21402	18023	11437	11902	10575	6688
пт	16445	26982	20218	16758	10464	10858	9586	6324
сб	8892	15297	10619	9253	7279	7598	6585	3123
вс	7738	13021	8462	7885	6456	6627	5905	2845

Таблица 2.21 – Среднее количество вызовов в час (промежуток 16...24 час.)

День	Среднее количество вызовов по 1-часовым интервалам							
	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00	19:00-20:00	20:00-21:00	21:00-22:00	22:00-23:00	23:00-24:00
пн	6383	12301	18855	34309	39425	41377	35458	25823
вт	6221	11859	18376	33308	39790	40211	35372	25168
ср	6132	11637	18445	32735	39493	40046	34394	24479
чт	5752	11431	17861	32990	38275	40044	34254	24229
пт	5165	10617	17189	31877	37648	39282	33116	23538
сб	2787	3643	10578	21259	27952	28953	25476	17304
вс	2503	3177	8476	20922	27416	26929	24142	17523

С учетом того, что средняя длительность занятия для рассматриваемого сотового оператора связи равна 1,5 минутам, получаем данные по нагрузкам в Эрлангах (таблицы 2.22, 2.23, 2.24).

Таблица 2.22 – Интенсивность нагрузки по 1-часовым интервалам (промежуток 0...8 час.)

День	Интенсивность нагрузки по 1-часовым интервалам							
	0:00-1:00	1:00-2:00	2:00-3:00	3:00-4:00	4:00-5:00	5:00-6:00	6:00-7:00	7:00-8:00
пн	386	151	60	20	12	16	30	147
вт	380	146	56	19	11	14	28	147
ср	378	139	52	18	11	13	26	143
чт	373	133	50	16	9	11	23	136
пт	368	128	46	14	9	9	19	125
сб	371	149	63	20	13	8	15	73
вс	299	127	53	17	12	5	11	62

Таблица 2.23 – Интенсивность нагрузки по 1-часовым интервалам (промежуток 8...16 час.)

День	Интенсивность нагрузки по 1-часовым интервалам							
	8:00-9:00	9:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00
пн	426	669	518	426	287	198	270	166
вт	406	666	516	419	278	192	258	161
ср	395	656	500	411	272	184	253	155
чт	387	635	483	402	260	266	239	151
пт	377	616	454	380	238	244	214	142
сб	201	347	241	207	164	172	147	70
вс	175	297	194	176	146	149	133	63

Таблица 2.24 – Интенсивность нагрузки по 1-часовым интервалам (промежуток 16...24 час.)

День	Интенсивность нагрузки по 1-часовым интервалам							
	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00	19:00-20:00	20:00-21:00	21:00-22:00	22:00-23:00	23:00-24:00
пн	142	280	429	768	908	937	796	573
вт	141	270	417	759	888	927	791	569
ср	136	264	415	744	890	904	779	559
чт	128	258	407	745	881	904	777	550
пт	118	238	388	715	856	893	748	531
сб	64	82	242	487	636	654	582	397
вс	56	72	190	471	612	610	537	390

Результаты анализа изменения интенсивности нагрузки в зависимости от времени суток и дня недели для третьего сотового оператора связи приведены на рисунке 11.



Рисунок 11 – Результаты анализа изменения интенсивности нагрузки в зависимости от времени суток и дня недели для третьего сотового оператора связи

Анализ для сотовых операторов связи показал, что пик по нагрузке, достигающий около 1000 Эрл, приходится на вечернее время – промежуток между 20:00 и 22:00 часами. Другой пик, равный около 750 Эрл, наблюдается в 9 часов утра – в начале рабочего дня. Нагрузки максимальны в понедельник, снижаются в течение недели и минимальны в субботу и воскресенье.

2.2 Анализ телефонного трафика 1 января

Проводной оператор

Измерения проводились 1 января в промежутке от полуночи до четырех часов утра, с периодом в 15 минут (таблицы 3.1, 3.2).

Таблица 3.1 – Среднее количество вызовов 15-часовым интервалам (промежуток 0...2 час.)

День	Среднее количество вызовов по 15-часовым интервалам							
	0:00-00:15	0:15-00:30	0:30-00:45	0:45-01:00	01:00-01:15	01:15-01:30	01:30-01:45	01:45-02:00
1 января	179560	150620	126500	97840	75040	65780	57740	50960

Таблица 3.2 – Среднее количество вызовов 15-часовым интервалам (промежуток 2...4 час.)

День	Среднее количество вызовов по 15-часовым интервалам							
	02:00-02:15	02:15-02:30	02:30-02:45	02:45-03:00	03:00-03:15	03:15-03:30	03:30-03:45	03:45-04:00
1 января	55300	39740	34900	29640	27080	24820	22060	21000

С учетом того, что средняя длительность занятия для рассматриваемого проводного оператора связи равна 3 минутам, получаем данные по нагрузкам в Эрлангах (таблицы 3.3, 3.4).

Таблица 3.3 – Интенсивность нагрузки по 15-минутным интервала (промежуток 0...2 час.)

День	Интенсивность нагрузки по 15-минутным интервалам							
	0:00-00:15	0:15-00:30	0:30-00:45	0:45-01:00	01:00-01:15	01:15-01:30	01:30-01:45	01:45-02:00
1 января	8978	7531	6325	4892	3752	3289	2887	2548

Таблица 3.4 – Интенсивность нагрузки по 15-минутным интервала (промежуток 2...4 час.)

День	Интенсивность нагрузки по 15-минутным интервалам							
	02:00-02:15	02:15-02:30	02:30-02:45	02:45-03:00	03:00-03:15	03:15-03:30	03:30-03:45	03:45-04:00
1 января	2765	1987	1745	1482	1354	1241	1103	1050

Результаты анализа изменения интенсивности нагрузки 1 января для проводного оператора связи приведены на рисунке 12.



Рисунок 12 – Результаты анализа изменения интенсивности нагрузки 1 января для проводного оператора связи

Проведем аналогичный анализ для трех операторов сотовой связи

Первый сотовый оператор

Измерения проводились 1 января в промежутке от полуночи до четырех часов утра, с периодом в 15 минут (таблицы 3.5, 3.6).

Таблица 3.5 – Среднее количество вызовов 15-часовым интервалам (промежутки 0...2 час.)

День	Среднее количество вызовов по 15-часовым интервалам							
	0:00-00:15	0:15-00:30	0:30-00:45	0:45-01:00	01:00-01:15	01:15-01:30	01:30-01:45	01:45-02:00
1 января	129523	106438	90405	70836	53028	46397	41650	36929

Таблица 3.6 – Среднее количество вызовов 15-часовым интервалам (промежутки 2...4 час.)

День	Среднее количество вызовов по 15-часовым интервалам							
	02:00-02:15	02:15-02:30	02:30-02:45	02:45-03:00	03:00-03:15	03:15-03:30	03:30-03:45	03:45-04:00
1 января	38000	28613	25035	21380	19064	17937	15971	14882

С учетом того, что средняя длительность занятия для рассматриваемого сотового оператора связи равна 1,5 минутам, получаем данные по нагрузкам в Эрлангах (таблицы 3.7, 3.8).

Таблица 3.7 – Интенсивность нагрузки по 15-минутным интервалам (промежутки 0...2 час.)

День	Интенсивность нагрузки по 15-минутным интервалам							
	0:00-00:15	0:15-00:30	0:30-00:45	0:45-01:00	01:00-01:15	01:15-01:30	01:30-01:45	01:45-02:00
1 января	3145	2679	2285	1722	1318	1193	1014	910

Таблица 3.8 – Интенсивность нагрузки по 15-минутным интервалам (промежуток 2...4 час.)

День	Интенсивность нагрузки по 15-минутным интервалам							
	02:00-02:15	02:15-02:30	02:30-02:45	02:45-03:00	03:00-03:15	03:15-03:30	03:30-03:45	03:45-04:00
1 января	950	703	616	533	492	445	393	374

Результаты анализа изменения интенсивности нагрузки 1 января для первого сотового оператора связи приведены на рисунке 13.



Рисунок 13 – Результаты анализа изменения интенсивности нагрузки 1 января для первого сотового оператора связи

Второй сотовый оператор

Измерения проводились 1 января в промежутке от полуночи до четырех часов утра, с периодом в 15 минут (таблицы 3.9, 3.10).

Таблица 3.9 – Среднее количество вызовов 15-часовым интервалам (промежуток 0...2 час.)

День	Среднее количество вызовов по 15-часовым интервалам							
	0:00-00:15	0:15-00:30	0:30-00:45	0:45-01:00	01:00-01:15	01:15-01:30	01:30-01:45	01:45-02:00
1 января	112045	96096	80370	60791	46875	41573	36800	32105

Таблица 3.10 – Среднее количество вызовов 15-часовым интервалам (промежуток 2...4 час.)

День	Среднее количество вызовов по 15-часовым интервалам							
	02:00-02:15	02:15-02:30	02:30-02:45	02:45-03:00	03:00-03:15	03:15-03:30	03:30-03:45	03:45-04:00
1 января	32920	25434	22266	18930	16844	15885	13751	13384

С учетом того, что средняя длительность занятия для рассматриваемого сотового оператора связи равна 1,5 минутам, получаем данные по нагрузкам в Эрлангах (таблицы 3.11, 3.12).

Таблица 3.11 – Интенсивность нагрузки по 15-минутным интервалам (промежуток 0...2 час.)

День	Интенсивность нагрузки по 15-минутным интервалам							
	0:00-00:15	0:15-00:30	0:30-00:45	0:45-01:00	01:00-01:15	01:15-01:30	01:30-01:45	01:45-02:00
1 января	2783	2372	1967	1548	1163	1047	899	814

Таблица 3.12 – Интенсивность нагрузки по 15-минутным интервалам (промежуток 2...4 час.)

День	Интенсивность нагрузки по 15-минутным интервалам							
	02:00-02:15	02:15-02:30	02:30-02:45	02:45-03:00	03:00-03:15	03:15-03:30	03:30-03:45	03:45-04:00
1 января	823	631	551	472	426	396	353	326

Результаты анализа изменения интенсивности нагрузки 1 января для второго сотового оператора связи приведены на рисунке 14.



Рисунок 14 – Результаты анализа изменения интенсивности нагрузки 1 января для второго сотового оператора связи

Третий сотовый оператор

Измерения проводились 1 января в промежутке от полуночи до четырех часов утра, с периодом в 15 минут (таблицы 3.13, 3.14).

Таблица 3.13 – Среднее количество вызовов 15-часовым интервалам (промежуток 0...2 час.)

День	Среднее количество вызовов по 15-часовым интервалам							
	0:00-00:15	0:15-00:30	0:30-00:45	0:45-01:00	01:00-01:15	01:15-01:30	01:30-01:45	01:45-02:00
1 января	108694	89569	76069	59943	45924	39336	35298	30576

Таблица 3.14 – Среднее количество вызовов 15-часовым интервалам (промежуток 2...4 час.)

День	Среднее количество вызовов по 15-часовым интервалам							
	02:00-02:15	02:15-02:30	02:30-02:45	02:45-03:00	03:00-03:15	03:15-03:30	03:30-03:45	03:45-04:00
1 января	31760	23923	20777	17922	16248	14776	13457	12838

С учетом того, что средняя длительность занятия для рассматриваемого сотового оператора связи равна 1,5 минутам, получаем данные по нагрузкам в Эрлангах (таблицы 3.15, 3.16).

Таблица 3.15 – Интенсивность нагрузки по 15-минутным интервалам (промежуток 0...2 час.)

День	Интенсивность нагрузки по 15-минутным интервалам							
	0:00-00:15	0:15-00:30	0:30-00:45	0:45-01:00	01:00-01:15	01:15-01:30	01:30-01:45	01:45-02:00
1 января	2753	2302	1900	1456	1133	997	878	773

Таблица 3.16 – Интенсивность нагрузки по 15-минутным интервалам (промежуток 2...4 час.)

День	Интенсивность нагрузки по 15-минутным интервалам							
	02:00-02:15	02:15-02:30	02:30-02:45	02:45-03:00	03:00-03:15	03:15-03:30	03:30-03:45	03:45-04:00
1 января	794	600	529	451	415	368	331	318

Результаты анализа изменения интенсивности нагрузки 1 января для третьего сотового оператора связи приведены на рисунке 15.

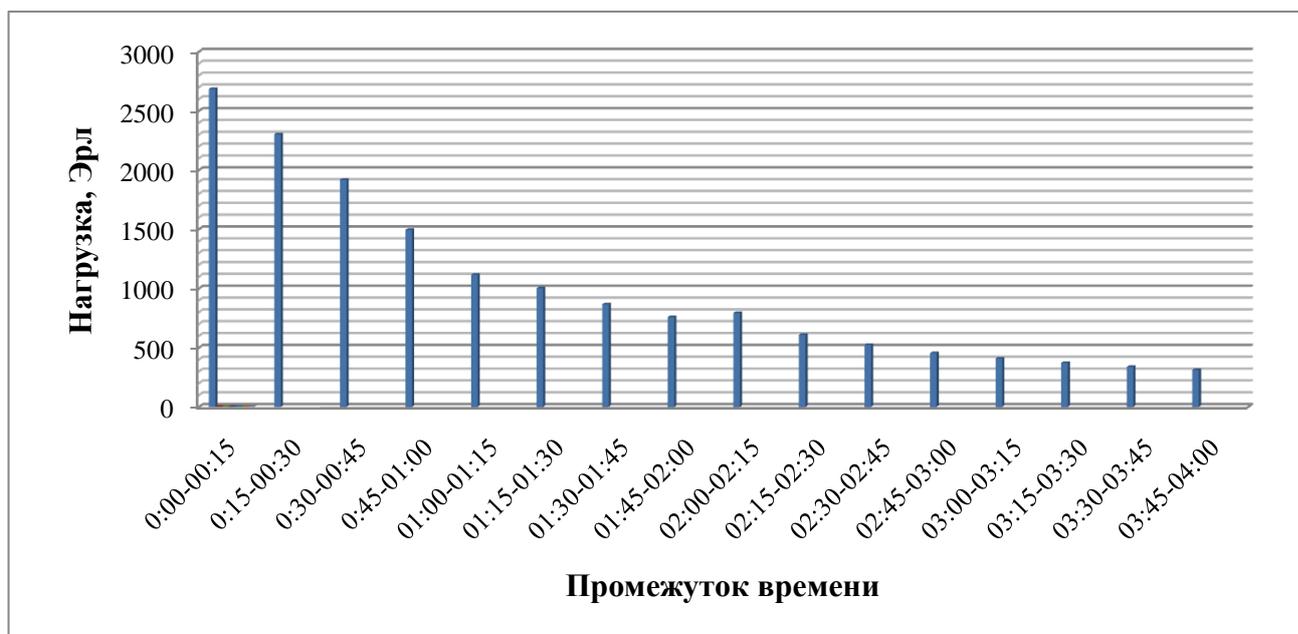


Рисунок 15 – Результаты анализа изменения интенсивности нагрузки 1 января для третьего сотового оператора связи

Анализ показал, что пик по нагрузке, достигающий около 9000 Эрл для проводного и около 2500...3000 Эрл для сотовых операторов, приходится на промежуток 00:00...01:00 часов, сразу после наступления Нового года. Небольшое увеличение нагрузки наблюдается в 2 часа ночи (полночь по московскому времени). Средние значения нагрузок выше примерно в 3 раза по сравнению с будним днем.

2.3 Анализ телефонного трафика 8 марта

Проводной оператор

Измерения проводились 8 марта в промежутке от 9 до 13 часов, с периодом в 15 минут. Проанализируем данные по количеству вызовов для проводного оператора связи (таблицы 4.1, 4.2).

Таблица 4.1 – Среднее количество вызовов 15-часовым интервалам (промежуток 9...11 час.)

День	Среднее количество вызовов по 15-часовым интервалам							
	09:00-09:15	09:15-09:30	09:30-09:45	09:45-10:00	10:00-10:15	10:15-10:30	10:30-10:45	10:45-11:00
8 марта	60840	59080	55880	51440	49060	44900	41160	39260

Таблица 4.2 – Среднее количество вызовов 15-часовым интервалам (промежуток 11...13 час.)

День	Среднее количество вызовов по 15-часовым интервалам							
	11:00-11:15	11:15-11:30	11:30-11:45	11:45-12:00	12:00-12:15	12:15-12:30	12:30-12:45	12:45-13:00
8 марта	36820	33960	30940	28520	27180	24960	26900	27480

С учетом того, что средняя длительность занятия для рассматриваемого проводного оператора связи равна 3 минутам, получаем данные по нагрузкам в Эрлангах (таблицы 4.3, 4.4).

Таблица 4.3 – Интенсивность нагрузки по 15-минутным интервалам (промежутки 9...11 час.)

День	Интенсивность нагрузки по 15-минутным интервалам							
	09:00-09:15	09:15-09:30	09:30-09:45	09:45-10:00	10:00-10:15	10:15-10:30	10:30-10:45	10:45-11:00
8 марта	3042	2954	2794	2572	2453	2245	2058	1963

Таблица 4.4 – Интенсивность нагрузки по 15-минутным интервалам (промежутки 9...11 час.)

День	Интенсивность нагрузки по 15-минутным интервалам							
	11:00-11:15	11:15-11:30	11:30-11:45	11:45-12:00	12:00-12:15	12:15-12:30	12:30-12:45	12:45-13:00
8 марта	1841	1698	1547	1426	1359	1248	1345	1374

Результаты анализа изменения интенсивности нагрузки 8 марта для проводного оператора связи приведены на рисунке 16.



Рисунок 16 – Результаты анализа изменения интенсивности нагрузки 8 марта для проводного оператора связи

Проведем аналогичный анализ для трех операторов сотовой связи.

Первый сотовый оператор

Измерения проводились 8 марта в промежутке от 9 до 13 часов, с периодом в 15 минут. Проанализируем данные по количеству вызовов для первого сотового оператора связи (таблицы 4.5, 4.6).

Таблица 4.5 – Среднее количество вызовов 15-часовым интервалам (промежуток 9...11 час.)

День	Среднее количество вызовов по 15-часовым интервалам							
	09:00-09:15	09:15-09:30	09:30-09:45	09:45-10:00	10:00-10:15	10:15-10:30	10:30-10:45	10:45-11:00
8 марта	41814	39452	37757	35269	32948	30195	28289	25770

Таблица 4.6 – Среднее количество вызовов 15-часовым интервалам (промежуток 11...13 час.)

День	Среднее количество вызовов по 15-часовым интервалам							
	11:00-11:15	11:15-11:30	11:30-11:45	11:45-12:00	12:00-12:15	12:15-12:30	12:30-12:45	12:45-13:00
8 марта	24571	22475	20613	18776	18390	16394	17768	18906

С учетом того, что средняя длительность занятия для рассматриваемого сотового оператора связи равна 1,5 минутам, получаем данные по нагрузкам в Эрлангах (таблицы 4.7, 4.8).

Таблица 4.7 – Интенсивность нагрузки по 15-минутным интервалам (промежуток 9...11 час.)

День	Интенсивность нагрузки по 15-минутным интервалам							
	09:00-09:15	09:15-09:30	09:30-09:45	09:45-10:00	10:00-10:15	10:15-10:30	10:30-10:45	10:45-11:00
8 марта	1026	977	951	833	841	755	678	637

Таблица 4.8 – Интенсивность нагрузки по 15-минутным интервалам (промежутки 11...13 час.)

День	Интенсивность нагрузки по 15-минутным интервалам							
	11:00-11:15	11:15-11:30	11:30-11:45	11:45-12:00	12:00-12:15	12:15-12:30	12:30-12:45	12:45-13:00
8 марта	618	574	516	463	459	410	438	445

Результаты анализа изменения интенсивности нагрузки 8 марта для первого сотового оператора связи приведены на рисунке 17.



Рисунок 17 – Результаты анализа изменения интенсивности нагрузки 8 марта для первого сотового оператора связи

Второй сотовый оператор

Измерения проводились 8 марта в промежутке от 9 до 13 часов, с периодом в 15 минут. Проанализируем данные по количеству вызовов для второго сотового оператора связи (таблицы 4.9, 4.10).

Таблица 4.9 – Среднее количество вызовов 15-часовым интервалам (промежуток 9...11 час.)

День	Среднее количество вызовов по 15-часовым интервалам							
	09:00-09:15	09:15-09:30	09:30-09:45	09:45-10:00	10:00-10:15	10:15-10:30	10:30-10:45	10:45-11:00
8 марта	43426	39811	38209	35041	34081	30806	29140	28013

Таблица 4.10 – Среднее количество вызовов 15-часовым интервалам (промежуток 11...13 час.)

День	Среднее количество вызовов по 15-часовым интервалам							
	11:00-11:15	11:15-11:30	11:30-11:45	11:45-12:00	12:00-12:15	12:15-12:30	12:30-12:45	12:45-13:00
8 марта	25667	24051	21134	19806	18725	17376	18997	18764

С учетом того, что средняя длительность занятия для рассматриваемого сотового оператора связи равна 1,5 минутам, получаем данные по нагрузкам в Эрлангах (таблицы 4.11, 4.12).

Таблица 4.11 – Интенсивность нагрузки по 15-минутным интервалам (промежуток 9...11 час.)

День	Интенсивность нагрузки по 15-минутным интервалам							
	09:00-09:15	09:15-09:30	09:30-09:45	09:45-10:00	10:00-10:15	10:15-10:30	10:30-10:45	10:45-11:00
8 марта	1042	993	983	902	845	760	688	679

Таблица 4.12 – Интенсивность нагрузки по 15-минутным интервалам (промежуток 11...13 час.)

День	Интенсивность нагрузки по 15-минутным интервалам							
	11:00-11:15	11:15-11:30	11:30-11:45	11:45-12:00	12:00-12:15	12:15-12:30	12:30-12:45	12:45-13:00
8 марта	637	583	539	501	469	445	451	469

Результаты анализа изменения интенсивности нагрузки 8 марта для второго сотового оператора связи приведены на рисунке 18.



Рисунок 18 – Результаты анализа изменения интенсивности нагрузки 8 марта для второго сотового оператора связи

Третий оператор

Измерения проводились 8 марта в промежутке от 9 до 13 часов, с периодом в 15 минут. Проанализируем данные по количеству вызовов для третьего сотового оператора связи (таблицы 4.13, 4.14).

Таблица 4.13 – Среднее количество вызовов 15-часовым интервалам (промежуток 9...11 час.)

День	Среднее количество вызовов по 15-часовым интервалам							
	0:00-00:15	0:15-00:30	0:30-00:45	0:45-01:00	01:00-01:15	01:15-01:30	01:30-01:45	01:45-02:00
8 марта	38519	37006	35913	33965	32181	29033	26589	24614

Таблица 4.14 – Среднее количество вызовов 15-часовым интервалам (промежуток 11...13 час.)

День	Среднее количество вызовов по 15-часовым интервалам							
	02:00-02:15	02:15-02:30	02:30-02:45	02:45-03:00	03:00-03:15	03:15-03:30	03:30-03:45	03:45-04:00
8 марта	24530	22625	19720	17903	17003	15823	17310	17278

С учетом того, что средняя длительность занятия для рассматриваемого сотового оператора связи равна 1,5 минутам, получаем данные по нагрузкам в Эрлангах (таблицы 4.15, 4.16).

Таблица 4.15 – Интенсивность нагрузки по 15-минутным интервалам (промежуток 9...11 час.)

День	Интенсивность нагрузки по 15-минутным интервалам							
	09:00-09:15	09:15-09:30	09:30-09:45	09:45-10:00	10:00-10:15	10:15-10:30	10:30-10:45	10:45-11:00
8 марта	969	929	898	823	776	739	660	622

Таблица 4.16 – Интенсивность нагрузки по 15-минутным интервалам (промежуток 11...13 час.)

День	Интенсивность нагрузки по 15-минутным интервалам							
	11:00-11:15	11:15-11:30	11:30-11:45	11:45-12:00	12:00-12:15	12:15-12:30	12:30-12:45	12:45-13:00
8 марта	583	553	488	460	440	390	434	437

Результаты анализа изменения интенсивности нагрузки 8 марта для третьего сотового оператора связи приведены на рисунке 19.

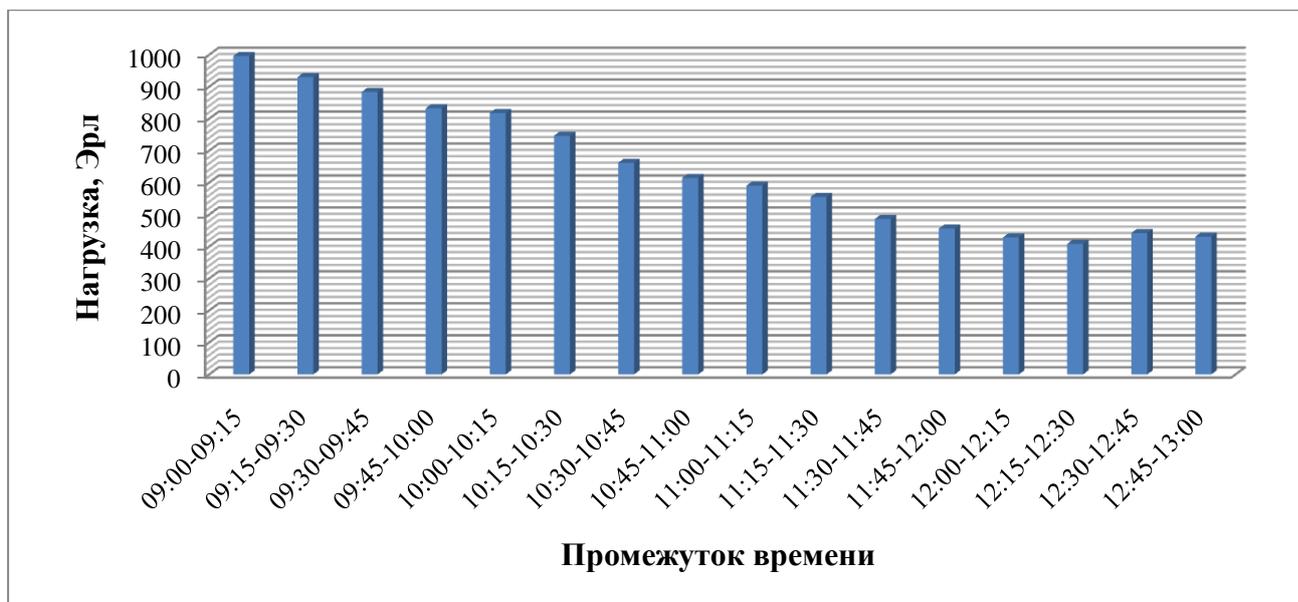


Рисунок 19 – Результаты анализа изменения интенсивности нагрузки 8 марта для третьего сотового оператора связи

Анализ показал, что пик по нагрузке, достигающий около 3000 Эрл для проводного оператора и около 1000 Эрл для сотовых операторов, приходится на утреннее время – с 9:00 до 10:00. Средние значения нагрузок выше в 1,3...1,5 раза по сравнению с будним днем.

2.4 Анализ телефонного трафика в чрезвычайной ситуации

Проведем анализ нагрузки на телефонную сеть при чрезвычайной ситуации. Продолжительность измерений – 20 минут, с шагом в 1 минуту.

Проводной оператор

Среднее количество вызовов по 1-минутным интервалам для проводного оператора связи представлено в таблицах 5.1 и 5.2.

Таблица 5.1 – Среднее количество вызовов по 1-минутным интервалам (промежуток 9:20...9:30 час.)

День	Среднее количество вызовов по 1-минутным интервалам									
	9:20-9:21	9:21-9:22	9:22-9:23	9:23-9:24	9:24-9:25	9:25-9:26	9:26-9:27	9:27-9:28	9:28-9:29	9:29-9:30
День с ЧС	41826	42733	44844	46000	46248	47580	47463	47184	47799	47104

Таблица 5.2 – Среднее количество вызовов по 1-минутным интервалам (промежуток 9:30...9:40 час.)

День	Среднее количество вызовов по 1-минутным интервалам									
	9:30-9:31	9:31-9:32	9:32-9:33	9:33-9:34	9:34-9:35	9:35-9:36	9:36-9:37	9:37-9:38	9:38-9:39	9:39-9:40
День с ЧС	47460	47791	47930	47071	47122	47698	47212	47258	47515	47082

С учетом того, что средняя длительность занятия для рассматриваемого проводного оператора связи равна 3 минутам, получаем данные по нагрузкам в Эрлангах (таблицы 5.3 и 5.4).

Таблица 5.3 – Интенсивность нагрузки по 1-минутным интервалам (промежуток 9:20...9:30 час.)

День	Интенсивность нагрузки по 1-минутным интервалам									
	9:20-9:21	9:21-9:22	9:22-9:23	9:23-9:24	9:24-9:25	9:25-9:26	9:26-9:27	9:27-9:28	9:28-9:29	9:29-9:30
День с ЧС	2071	2145	2201	2300	2337	2366	2378	2384	2372	2353

Таблица 5.4 – Интенсивность нагрузки по 1-минутным интервалам (промежуток 9:30...9:40 час.)

День	Интенсивность нагрузки по 1-минутным интервалам									
	9:30-9:31	9:31-9:32	9:32-9:33	9:33-9:34	9:34-9:35	9:35-9:36	9:36-9:37	9:37-9:38	9:38-9:39	9:39-9:40
День с ЧС	2398	2354	2364	2363	2376	2389	2388	2384	2380	2390

Результаты анализа изменения интенсивности нагрузки в чрезвычайной ситуации для проводного оператора связи приведены на рисунке 20. Можно заметить, что интенсивность нагрузки возрастает по закону $\log(t)$.



Рисунок 20 – Результаты анализа изменения интенсивности нагрузки в чрезвычайной ситуации для проводного оператора связи

Первый сотовый оператор

Среднее количество вызовов по 1-минутным интервалам для первого сотового оператора связи представлено в таблицах 5.5 и 5.6.

Таблица 5.5 – Среднее количество вызовов по 1-минутным интервалам (промежуток 9:20...9:30 час.)

День	Среднее количество вызовов по 1-минутным интервалам									
	9:20-9:21	9:21-9:22	9:22-9:23	9:23-9:24	9:24-9:25	9:25-9:26	9:26-9:27	9:27-9:28	9:28-9:29	9:29-9:30
День с ЧС	27717	26081	53279	112543	127609	137676	137140	135663	132337	139823

Таблица 5.6 – Среднее количество вызовов по 1-минутным интервалам (промежуток 9:30...9:40 час.)

День	Среднее количество вызовов по 1-минутным интервалам									
	9:30-9:31	9:31-9:32	9:32-9:33	9:33-9:34	9:34-9:35	9:35-9:36	9:36-9:37	9:37-9:38	9:38-9:39	9:39-9:40
День с ЧС	132390	139275	137780	136873	130601	128124	127947	127233	121404	118854

С учетом того, что средняя длительность занятия для рассматриваемого сотового оператора связи равна 1,5 минутам, получаем данные по нагрузкам в Эрлангах (таблицы 5.7 и 5.8).

Таблица 5.7 – Интенсивность нагрузки по 1-минутным интервалам (промежуток 9:20...9:30 час.)

День	Интенсивность нагрузки по 1-минутным интервалам									
	9:20-9:21	9:21-9:22	9:22-9:23	9:23-9:24	9:24-9:25	9:25-9:26	9:26-9:27	9:27-9:28	9:28-9:29	9:29-9:30
День с ЧС	679	658	1307	2566	3241	3307	3478	3395	3495	3354

Таблица 5.8 – Интенсивность нагрузки по 1-минутным интервалам (промежуток 9:30...9:40 час.)

День	Интенсивность нагрузки по 1-минутным интервалам									
	9:30-9:31	9:31-9:32	9:32-9:33	9:33-9:34	9:34-9:35	9:35-9:36	9:36-9:37	9:37-9:38	9:38-9:39	9:39-9:40
День с ЧС	3424	3352	3489	3441	3288	3235	3193	3171	3021	2959

Результаты анализа изменения интенсивности нагрузки в чрезвычайной ситуации для первого сотового оператора связи приведены на рисунке 21. Можно заметить, что интенсивность нагрузки возрастает по закону e^t .

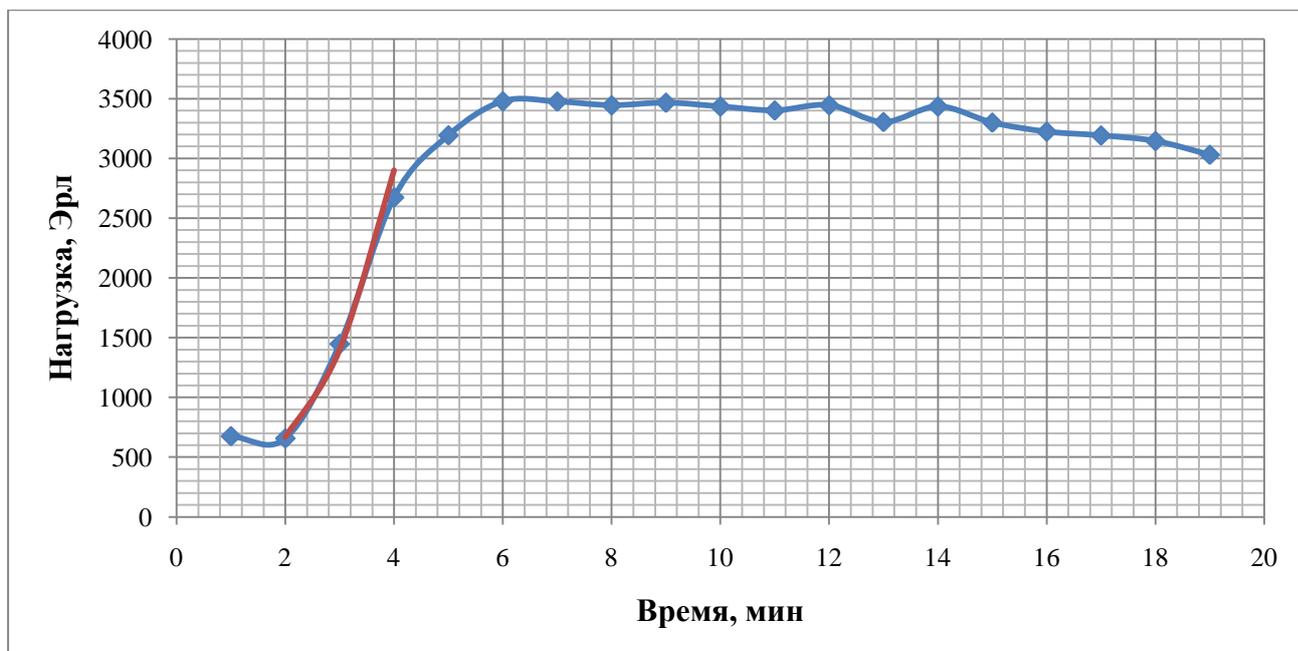


Рисунок 21 – Результаты анализа изменения интенсивности нагрузки в чрезвычайной ситуации для первого сотового оператора связи

Второй сотовый оператор

Среднее количество вызовов по 1-минутным интервалам для второго сотового оператора связи представлено в таблицах 5.9 и 5.10.

Таблица 5.9 – Среднее количество вызовов по 1-минутным интервалам (промежуток 9:20...9:30 час.)

День	Среднее количество вызовов по 1-минутным интервалам									
	9:20-9:21	9:21-9:22	9:22-9:23	9:23-9:24	9:24-9:25	9:25-9:26	9:26-9:27	9:27-9:28	9:28-9:29	9:29-9:30
День с ЧС	27252	26289	54480	100254	129029	136526	134639	134659	133860	133381

Таблица 5.10 – Среднее количество вызовов по 1-минутным интервалам (промежуток 9:30...9:40 час.)

День	Среднее количество вызовов по 1-минутным интервалам									
	9:30-9:31	9:31-9:32	9:32-9:33	9:33-9:34	9:34-9:35	9:35-9:36	9:36-9:37	9:37-9:38	9:38-9:39	9:39-9:40
День с ЧС	137326	135801	136669	137315	131595	128677	126277	127490	120061	117977

С учетом того, что средняя длительность занятия для рассматриваемого сотового оператора связи равна 1,5 минутам, получаем данные по нагрузкам в Эрлангах (таблицы 5.11 и 5.12).

Таблица 5.11 – Интенсивность нагрузки по 1-минутным интервалам (промежуток 9:20...9:30 час.)

День	Интенсивность нагрузки по 1-минутным интервалам									
	9:20-9:21	9:21-9:22	9:22-9:23	9:23-9:24	9:24-9:25	9:25-9:26	9:26-9:27	9:27-9:28	9:28-9:29	9:29-9:30
День с ЧС	704	659	1344	2760	3244	3334	3425	3424	3408	3427

Таблица 5.12 – Интенсивность нагрузки по 1-минутным интервалам (промежуток 9:30...9:40 час.)

День	Интенсивность нагрузки по 1-минутным интервалам									
	9:30-9:31	9:31-9:32	9:32-9:33	9:33-9:34	9:34-9:35	9:35-9:36	9:36-9:37	9:37-9:38	9:38-9:39	9:39-9:40
День с ЧС	3490	3341	3488	3292	3276	3245	3165	3195	3045	2998

Результаты анализа изменения интенсивности нагрузки в чрезвычайной ситуации для второго сотового оператора связи приведены на рисунке 22. Можно заметить, что интенсивность нагрузки возрастает по закону e^t .

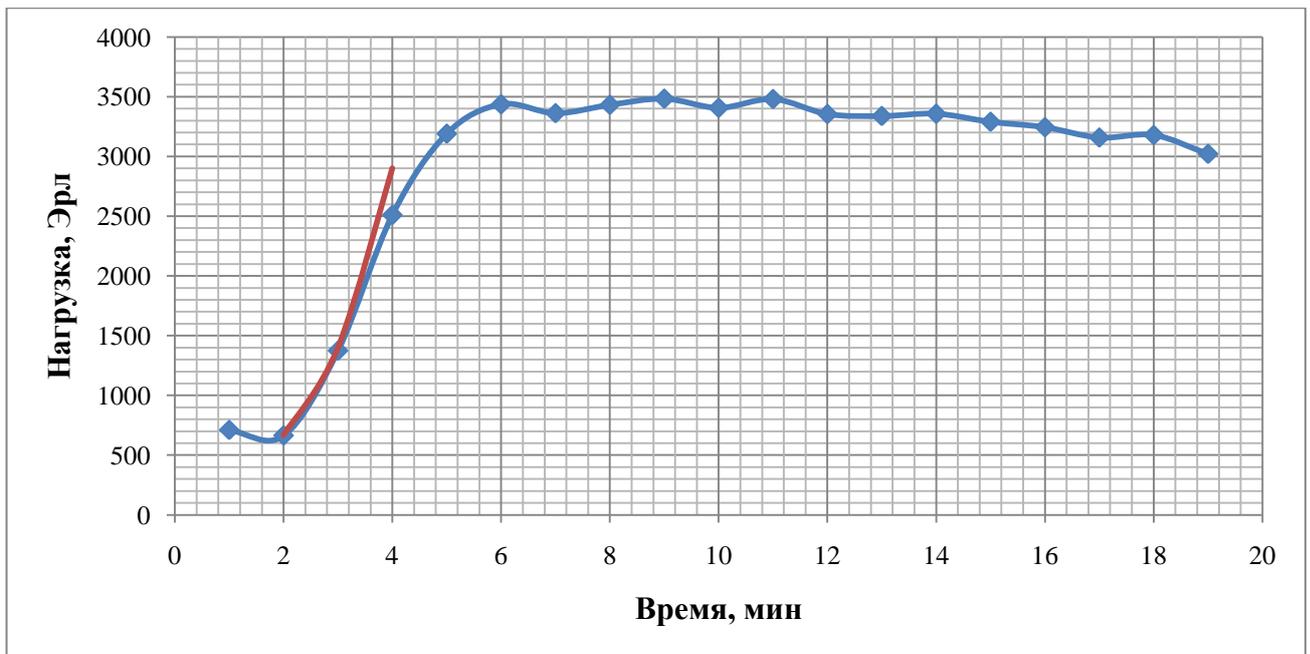


Рисунок 22 – Результаты анализа изменения интенсивности нагрузки в чрезвычайной ситуации для второго сотового оператора связи

Третий сотовый оператор

Среднее количество вызовов по 1-минутным интервалам для третьего сотового оператора связи представлено в таблицах 5.13 и 5.14.

Таблица 5.13 – Среднее количество вызовов по 1-минутным интервалам (промежуток 9:20...9:30 час.)

День	Среднее количество вызовов по 1-минутным интервалам									
	9:20-9:21	9:21-9:22	9:22-9:23	9:23-9:24	9:24-9:25	9:25-9:26	9:26-9:27	9:27-9:28	9:28-9:29	9:29-9:30
День с ЧС	27640	26392	52374	105497	124491	132076	135341	137199	138513	136969

Таблица 5.14 – Среднее количество вызовов по 1-минутным интервалам (промежуток 9:30...9:40 час.)

День	Среднее количество вызовов по 1-минутным интервалам									
	9:30-9:31	9:31-9:32	9:32-9:33	9:33-9:34	9:34-9:35	9:35-9:36	9:36-9:37	9:37-9:38	9:38-9:39	9:39-9:40
День с ЧС	132755	133207	137815	132310	133457	128762	126680	124927	120484	118030

С учетом того, что средняя длительность занятия для рассматриваемого сотового оператора связи равна 1,5 минутам, получаем данные по нагрузкам в Эрлангах (таблицы 5.15 и 5.16).

Таблица 5.15 – Интенсивность нагрузки по 1-минутным интервалам (промежуток 9:20...9:30 час.)

День	Интенсивность нагрузки по 1-минутным интервалам									
	9:20-9:21	9:21-9:22	9:22-9:23	9:23-9:24	9:24-9:25	9:25-9:26	9:26-9:27	9:27-9:28	9:28-9:29	9:29-9:30
День с ЧС	705	652	1490	2673	3165	3431	3360	3447	3404	3446

Таблица 5.16 – Интенсивность нагрузки по 1-минутным интервалам (промежуток 9:30...9:40 час.)

День	Интенсивность нагрузки по 1-минутным интервалам									
	9:30-9:31	9:31-9:32	9:32-9:33	9:33-9:34	9:34-9:35	9:35-9:36	9:36-9:37	9:37-9:38	9:38-9:39	9:39-9:40
День с ЧС	3484	3454	3470	3418	3285	3241	3173	3182	3010	2929

Результаты анализа изменения интенсивности нагрузки в чрезвычайной ситуации для третьего сотового оператора связи приведены на рисунке 23. Можно заметить, что интенсивность нагрузки возрастает по закону e^t .

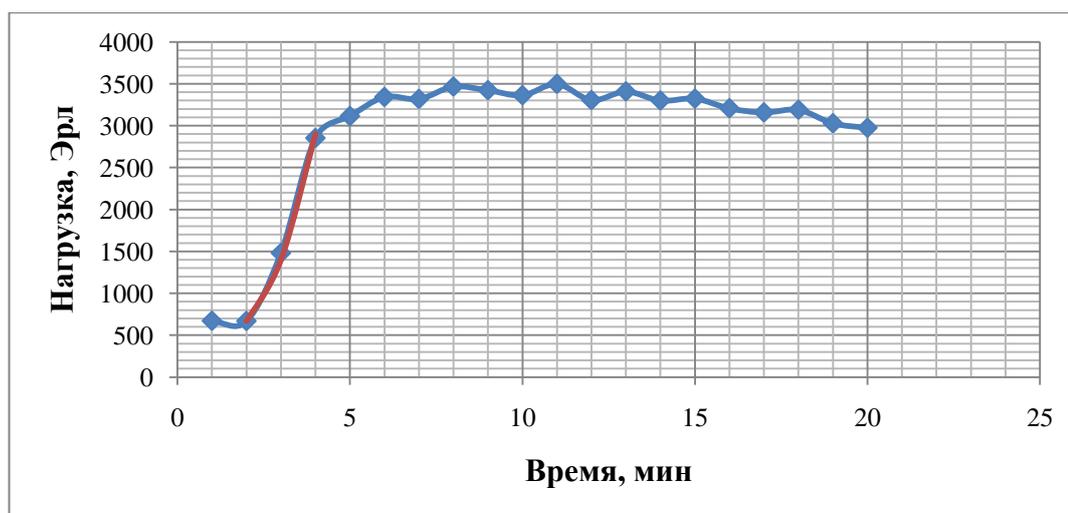


Рисунок 23 – Результаты анализа изменения интенсивности нагрузки в чрезвычайной ситуации для третьего сотового оператора связи

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения научно-исследовательской работы были изучены основные численные характеристики трафика, численные и качественные значения средних нагрузок на телефонных сетях связи, системы с потерями, системы с ожиданием, понятие статистического равновесия системы, а также исследованы методики измерения и анализа трафика на ТфОП.

Во второй главе на основании предоставленных оператором проводной связи и тремя операторами сотовой связи данных по количеству средних вызовов, был проведен расчет нагрузок на телефонную сеть при различных событиях. В первую очередь, был проведен анализ изменения интенсивности нагрузки в зависимости от времени суток и дней недели. Для всех операторов связи наблюдался пик нагрузок в районе 21...22 часов вечера. Также можно было установлено, что наибольшие нагрузки на сеть приходятся в понедельник, постепенно снижаются к выходным и показывают минимальный уровень в воскресенье.

Анализ изменения интенсивности нагрузки 1 января показал, что пик нагрузок приходится на полночь – сразу после наступления Нового года. Незначительное возрастание наблюдается в 2 часа ночи, когда Новый год наступает по московскому времени. 1 января значения нагрузок более чем в 3 раза превышают средние показатели и являются максимальными для всех праздничных дней в году, что может приводить к перегрузкам и, в неблагоприятных случаях, остановкам компонентов сетей связи.

8 марта наблюдается превышение средних значений нагрузок в 1,3...1,5 раз. Пик наблюдается в 9 утра, далее нагрузка плавно спадает, незначительно возрастая в районе 12 часов.

В конце практической части был проведен анализ телефонного трафика в чрезвычайной ситуации. В данном случае характер изменения нагрузок для проводного и сотовых операторов связи отличается. В первом случае, нагрузка возрастает не более чем на 20% по закону $\log(t)$, и сеть не испытывает сильных перегрузок. Во втором случае значения нагрузок возрастают в 3,5...4 раза по закону e^t .

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. А.Б. Гольдштейн Устройства управления мультисервисными сетями / Санкт Петербург: Издательство Вестник связи, 2002.
2. В.А. Ершов Мультисервисные телекоммуникационные сети / В.А. Ершов, Н.А. Кузнецов - Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003.
3. Б.С. Гольдштейн SoftSwitch / Б.С. Гольдштейн, А.Б. Гольдштейн - Санкт Петербург: Издательство БВХ-Санкт-Петербург, 2006.
4. М. Кульгин Технология корпоративных сетей. Энциклопедия/ М. Кульгин - Санкт-Петербург: Издательство Питер-пресс, 2001.
5. СТО ЮУрГУ 21 2008 Курсовая и выпускная квалификационная работа. Требования к содержанию и оформлению. Введен 01.09.2008 –Челябинск.: Изд-во ОУрГУ,2008. – 55 с.