

Сметанин И. Н.¹, Ложковский А. Г.², Пиза Д. М.³, Вербанов О. В.⁴

¹ Ст. преподаватель Запорожского национального технического университета

² Д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой Одесской национальной академии связи им. А. С. Попова

³ Д-р техн. наук, профессор Запорожского национального технического университета

⁴ Ст. преподаватель Одесской национальной академии связи им. А. С. Попова

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТРАФИКА УЧАСТКА СЕТИ GSM ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЛОКАЛЬНЫХ ПЕРЕГРУЗОК

В данной статье обосновывается необходимость проведения исследований параметров нагрузки для участков сотовой сети связи стандарта GSM, которые подвергаются локальным перегрузкам, приводятся результаты проведенных статистических измерений, и, на основе анализа полученных данных, сделаны выводы об отличии характера потока нагрузки, создаваемого различными видами соединений.

Ключевые слова: сотовая сеть, час наибольшей нагрузки, поток вызовов, длительность разговора, интенсивность нагрузки, число занятий, отказ в обслуживании, локальная перегрузка.

ВВЕДЕНИЕ

С ростом возможностей современных сотовых операторов и количества обслуживаемых ими абонентов, иногда возникают условия, при которых происходит превышение телефонной нагрузки в соте за счет увеличения нагрузки от некоторой части абонентов в этой соте, т. е. возникает локальная перегрузка. Максимальное количество абонентов, собранное в пределах одной соты, можно наблюдать в период проведения массовых мероприятий, таких как День города, концерты и т. д. При этом очень важно качественно обеспечить абонентов сети всеми заявленными услугами. Стабильная и высококачественная работа телекоммуникационной сети зависит от правильного ее проектирования и возможной реконфигурации при ее эксплуатации. Основной исследуемой характеристикой при этом является интенсивность телефонной нагрузки. Причем исходные величины для каждого случая определяются по-своему.

Выбор величины нагрузки при проектировании сети основывается на предполагаемых (прогнозируемых) данных, т. к. точные данные о телефонной нагрузке еще неизвестны. Для внесения изменений при эксплуатации в качестве исходных данных используются уже известные результаты измерений работающей сети. Однако,

и в первом и во втором случаях используются усредненные значения, которые получают при статистических наблюдениях за телефонной нагрузкой. При этом определяемые основные характеристики имеют первичные и вторичные параметры. К первичным можно отнести параметры, которые характеризуют нагрузку, создаваемую потоком вызовов, т. е. среднюю длительность разговора, интенсивность нагрузки и число занятий. В группу вторичных параметров, можно внести количество вызовов абонентов за промежуток времени, длительность паузы между вызовами и время обслуживания вызова. Эта группа параметров может помочь сделать правильный вывод о характеристиках исследуемого потока вызовов и подтвердить либо опровергнуть достоверность предположений о потоковой модели и виде закона распределения случайных величин.

Для этих параметров расчет необходимого объема оборудования, числа линий и каналов может производиться соответствующим методом. Если применить метод, который не будет учитывать реальный поток вызовов, а, следовательно, не отражает их реальную структуру, то точность полученных расчетов будет небольшой, что естественно скажется на качестве обслуживания абонентов и эффективности использования оборудования.

Поэтому возникает необходимость уточнения методики расчета основных характеристик, основанной на модели уже известного потока, с позиции разности между теоретическим и статистическим законами распределения. В результате, непосредственный расчет оборудования основывается на статистических наблюдениях, которые включают в себя измерения первичных параметров, а на измерениях вторичных параметров, основывается оценка модели потока вызовов и выбор либо коррекция соответствующего метода расчета.

Исследования характеристик сетей мобильной связи много раз проводились ранее. Однако они проводились либо для систем стандартов аналоговой транкинговой радиосвязи [1–2], либо исследовалась сеть GSM [2–6], но достаточно давно и не отражает современную реальность, приводящую к локальным перегрузкам на участках сети. Поэтому в условиях возможности локального кратковременного значительного возрастания количества абонентов уточнение методики расчета основных характеристик становится еще более актуальным.

ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА И ОБРАБОТКА СТАТИСТИЧЕСКИХ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Данная статья является результатом проведенной исследовательской работы на сотовой сети оператора мобильной связи стандарта GSM по изучению первичных параметров телефонной нагрузки в современных условиях. При этом исследовался характер всей телефонной нагрузки, обслуживаемой только одним центром мобильной коммутации (MSC). Для более полного отслеживания изменений телефонной нагрузки в сотовой сети, наблюдения проводились в соответствии с Рекомендациями Международного союза электросвязи (ITU-T) в течение 4-х месяцев с учетом концентрации нагрузки [7]. Указанное исследование производилось в г. Запорожье на площади Фестивальной в 2010–2011 годах. Этот район характеризуется как место с высокой плотностью административных, финансовых учреждений, деловых и культурных центров. Также в центральной части площади часто проводятся массовые мероприятия, при проведении которых количество абонентов может превышать пропускную способность соты. Площадь рассматриваемой части равна около $S = 320 \times 275 = 8800 \text{ м}^2$. Вокруг данного участка местности, на различных расстояниях, у оператора мобильной связи стандарта GSM размещено 15 базовых станций (BS), обслуживаемых одним MSC.

Проведение измерений нагрузки осуществлялось в MSC сети путем снятия поступающей учетной информации по сигнализации ОКС-7. Эти данные отражают только ту часть вызовов, которые обслуживаются оператором. Однако, в случаях, когда абонент занят, либо он не отвечает, т.е. когда вызов не завершён тарифицированным разговором абонентов, то эта часть вызовов остается неучтенной. Таким образом, если сравнить

учтенную, т.е. обслуженную телефонную нагрузку, то она окажется меньше реально поступающей.

При возможности локальной перегрузки сети наиболее вероятны случаи получения отказа в обслуживании, когда сеть занята из-за отсутствия свободных каналов, (т.е. заняты все либо зарезервированы для хэндоверных абонентов). В этом случае поступивший вызов вообще останется незафиксированным даже с помощью программного обеспечения системы сигнализации. Для устранения этого недостатка можно предположить, что поступающий поток является простейшим. Тогда необходимо измерить общую длительность промежутков времени, когда заняты все радиоканалы. Теперь, если эту длительность отнести к интервалу времени, в котором проводятся измерения, то таким образом можно рассчитать вероятность потерь по времени P_t^1 . Применительно к простейшему потоку вызовов эта вероятность соответствует вероятности потерь по нагрузке P_n и по вызовам P_v . На основании того, что для простейшего потока потенциальная и поступающая нагрузки также равны, то их величина определяется по полученным значениям фактической обслуженной нагрузки и вероятности потерь из-за отсутствия свободных каналов.

Однако, такой подход правомерен лишь в случае, если поступающий поток абонентских вызовов описывается моделью простейшего потока. Формулы для расчета поступающего потока, который описывается другими моделями, могут быть другими. Так как основные соотношения параметров определены для известных моделей потоков вызовов, то очень важна их точная оценка.

В соответствии с архитектурой сети стандарта GSM MSC выполняет коммутацию между MSC и мобильными либо пользователями внешних сетей, а также управляет работой, связанной с перемещением абонента [8]. Взаимодействие MSC с BS осуществляется через контроллер базовых станций (BSC), по, так называемому, А-интерфейсу. В качестве пользователей внешних сетей к MSC могут быть подключены абоненты стационарной телефонной сети, а также цифровых сетей с интеграцией услуг (ISDN), сети пакетной коммутации (PSDN) и др.²

Из этого следует, что MSC системы стандарта GSM могут обслуживать потоки нагрузки в следующих направлениях связи:

- от пользователей мобильных терминалов к пользователям мобильных терминалов;
- от пользователей мобильных терминалов к пользователям ТФОП;
- от пользователей ТФОП к пользователям мобильных терминалов.

Реконструкция данных по прохождению всех вызовов через MSC в сети определяет множество сценариев устанавливаемых соединений, которые может зафиксировать программа учета нагрузки. Виды соединений, которые были наиболее часто зарегистрированы прог-

¹ Состояние, когда все каналы заняты, отражается в виде «пика» на обобщенной диаграмме нагрузки.

² Состояние, когда все каналы заняты, отражается в виде «пика» на обобщенной диаграмме нагрузки.

раммой, при обслуживании вызовов в MSC, и, являющиеся определяющими при формировании трафика, показаны на рис. 1. Остальные виды связи, (например, переадресация вызова на голосовую почту, звонок в Call-центр обслуживающего оператора сотовой связи) в силу своего крайне редкого использования и, не оказывающие значительного влияния на формирование нагрузки, не рассматривались.

При регистрации данных система сигнализации ОКС-7 позволяет учитывать номера BS, через которые осуществляются вызовы. Такая информация позволяет более

детально исследовать нагрузку на радиоканалы в период локальной перегрузки участка сети.

Все результаты измерений обрабатывались специально разработанной на языке Visual Basic 6 программой и в дальнейшем передавались в табличный редактор Excel пакета MS Office 2007 для построения диаграмм.

В качестве исследуемой BS по результатам полученных данных была выбрана BS-A1, которая работает с перегрузкой во время проведения массовых мероприятий (рис. 2) и исследована ее загруженность в течение 10 последовательных рабочих дней различных периодов года с учетом максимальной концентрации нагрузки³[9].

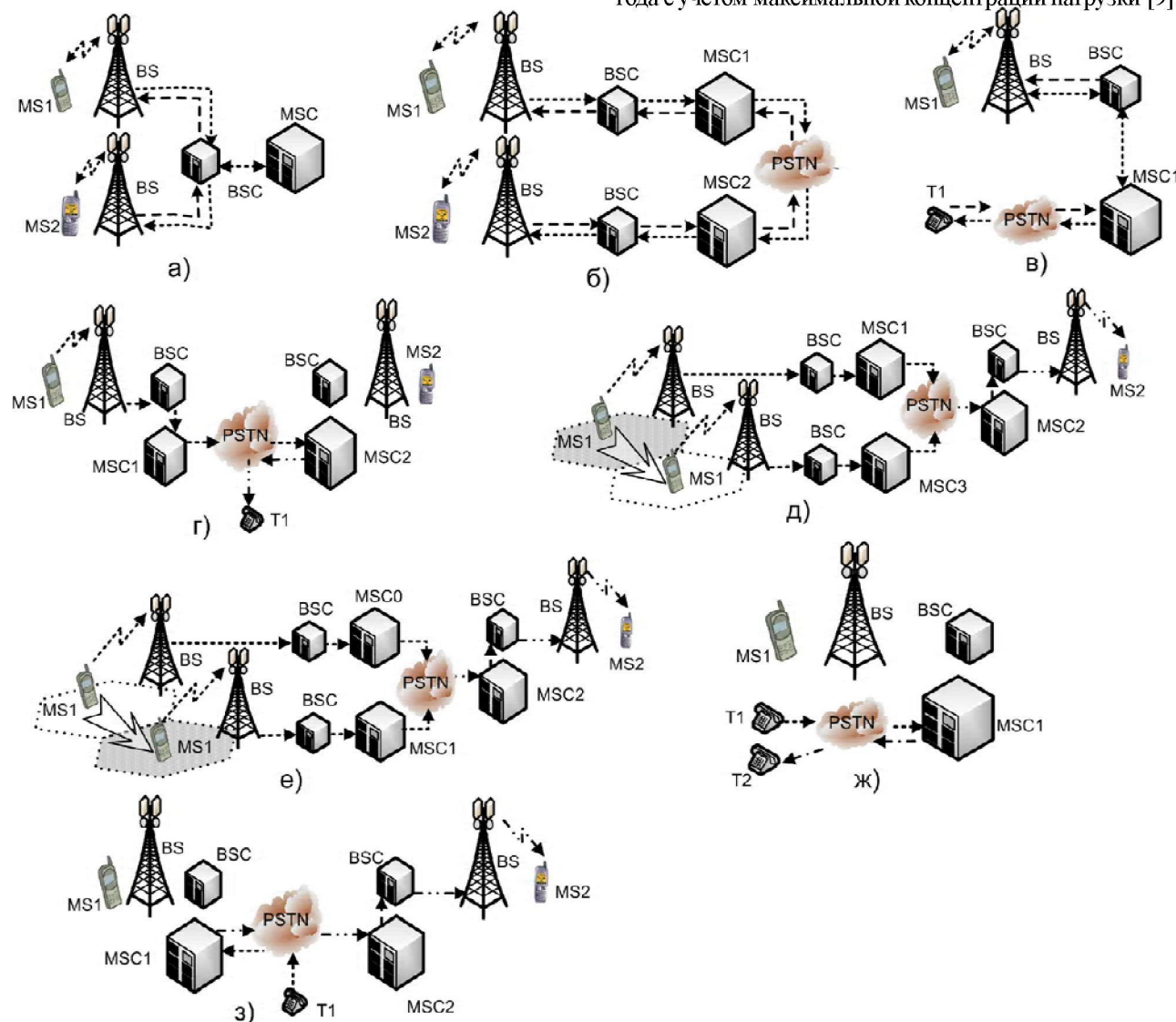


Рис. 1. Основные виды соединений, которые определяют нагрузку в MSC:

а) с MS1 на MS2 либо с MS2 на MS1 (оба абонента находятся в зоне обслуживания одного MSC); б) с MS1 на MS2 либо с MS2 на MS1 (абонент 2 находится в зоне обслуживания другого MSC при соединении MSC через ТфОП); в) с MS1 на терминал Т1 ТфОП либо с терминала Т1 ТфОП на MS1; г) с MS1 на MS2 (абонент 2 установил переадресацию вызова на терминал Т1 ТфОП); д) вызов с MS1 на MS2 с дальнейшим выходным хэндовером (абонент 1 осуществляет вызов абонента 2 из текущей ячейки, а затем перемещается в другую соту и при этом продолжает вести разговор); е) входящий хэндоверный разговор с MS1 на MS2 (когда абонент 1 перемещается в ячейку и продолжает вести разговор, который начал в предыдущей ячейке); ж) с терминала Т1 ТфОП на MS1 (абонент 1 установил переадресацию вызова на другой MS); з) с терминала Т1 ТфОП на MS1 (абонент 1 установил переадресацию вызова на терминал Т2 ТфОП)

³ Наибольшая нагрузка имеет место в феврале, марте, ноябре и декабре – поэтому целесообразно проводить измерения нагрузки именно в эти месяцы [9] гл.3 п.3.2.

На рис. 3 приведенные суточные диаграммы распределения нагрузки по 15-ти минутным интервалам. Полученные результаты исследований сезонной ежедневной загруженности BS показали (рис. 3), что нагрузка для повседневной деятельности в будние дни довольно стабильна и, в зависимости от месяца года, она изменяется незначительно. При этом на декабрь, приходится больше всего разговоров, чем в другие месяцы, а в феврале и марте – нагрузка почти одинакова. Превышение нагрузки в декабре может быть объяснено повышенной активностью абонентов в конце года.

Почасовое суточное распределение нагрузки для рабочих дней, вполне отражает повседневный распорядок жизни. Из обобщенной диаграммы для всех видов связи на рис. 4 видно, как, начиная с 6:00 до 7:30, нагрузка возрастает плавно. Потом до 9:00 нагрузка увеличивается более интенсивно. Далее она снова плавно возрастает до 12:30. С 13:00 до 13:30 наблюдается некоторый спад активности абонентов, что может соответствовать времени обеденного перерыва.

Затем нагрузка нарастает и указывает на явно выраженный час наибольшей нагрузки (ЧНН), который для

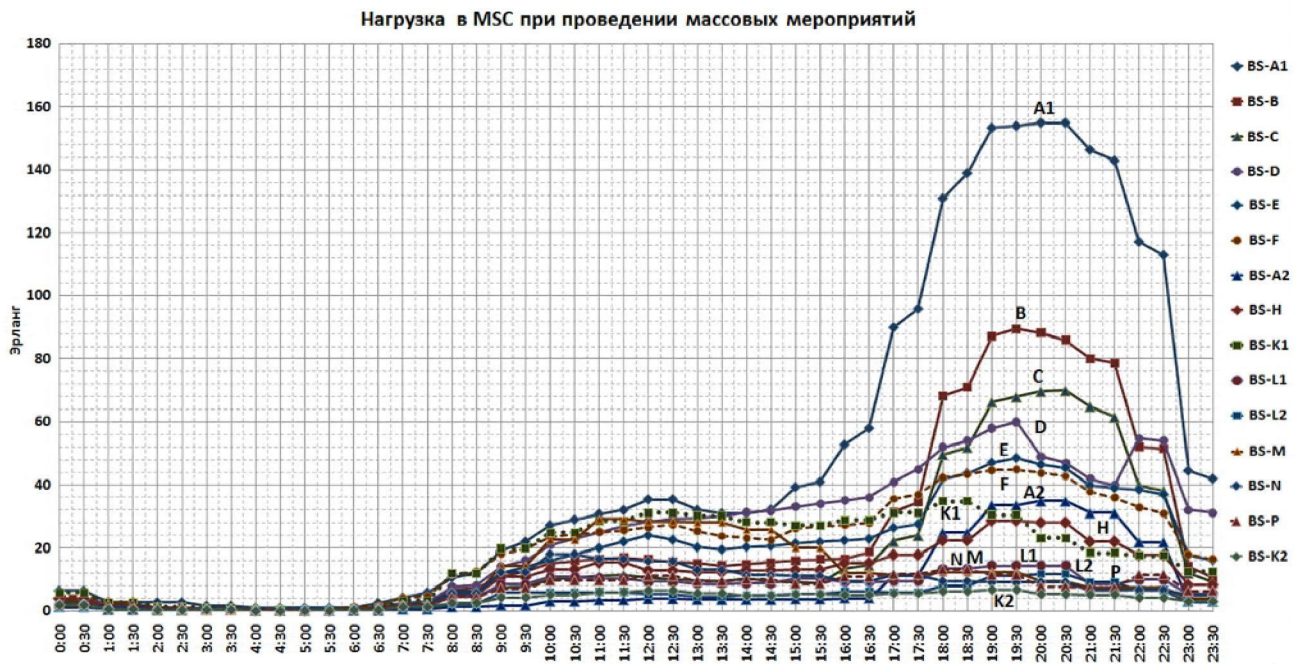


Рис. 2. Распределение нагрузки между BS одного MSC в период проведения массового мероприятия

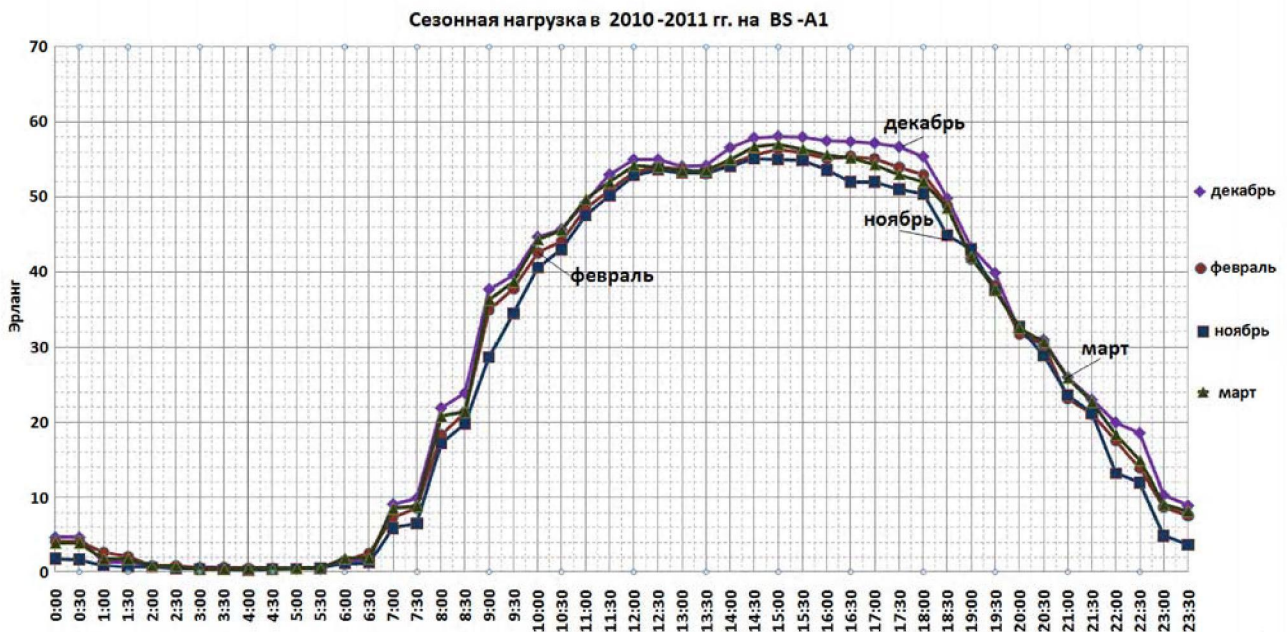


Рис. 3. Суточное распределение ежедневной нагрузки на исследуемой BS по периодам года

всех видов связи приходится на период с 14:30 до 15:30 и его значение достигает величины 56,6 Эрл. (Обобщенные данные распределения нагрузки в ЧНН сведены в табл. 1). В дальнейшем обобщенная нагрузка несколько снижается, а по окончании рабочего дня с 18:00, стабильно убывает.

Анализ результатов исследования нагрузки по направлениям связи показал, что основную загруженность почти в равных долях создают входящие (47,6 % от всей) и исходящие (47,2 %) вызовы. И лишь минимальную часть (1,7 %) от общей нагрузки составляют транзитные для MSC вызовы.

Более детальный анализ суточного распределения ежедневной нагрузки по видам соединений показывает, что нагрузки всех видов связи достаточно равномерно распределены в течение рабочего дня и вечернего времени (рис. 5). Наибольшую долю нагрузки в ЧНН (70 %) образуют соединения, осуществляемые между мобильными терминалами, которые обслуживаются только одним MSC (38,2 %) и несколькими MSC (31,8 %). Так, входящие соединения с MS2 на MS1 в пределах одного MSC (рис. 1, а) в ЧНН с 203 вызовами создают нагрузку в 11,38 Эрл при средней длительности занятия $T = 201,8$ сек., а исходящие с MS1 на MS2 в пределах одного MSC со 191 вызовом создают нагрузку в 11,04 Эрл при средней длительности занятия $T = 208,1$ сек. При этом входящих через несколько MSC соединений на MS1 (рис. 1, б) больше на 1,37 Эрл., чем исходящих от MS1 через ТфОП на MS2. Средняя длительность занятия для перечисленных видов соединений соответствует наличию на территории обслуживаемой BS государственных и деловых организаций, для которых приемлемым можно считать интервал от 120 до 240 секунд [10]⁴.

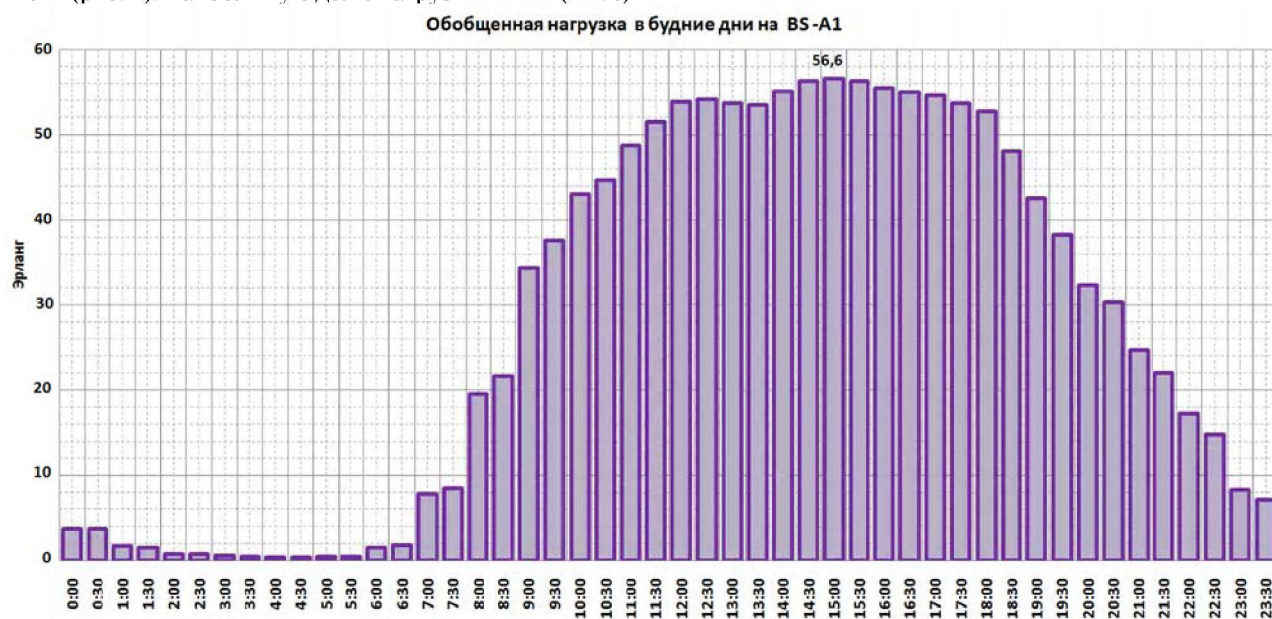


Рис. 4. Обобщенное суточное распределение ежедневной нагрузки BS-A1

Таблица 1. Распределение нагрузки в ЧНН по направлениям и видам связи

Вид нагрузки	исходящая					входящая				транзитная	
Вид соединения	MS1–MS2 один MSC	MS1–MS2 через ТфОП	MS1 на Т1 ТфОП	с MS1 на MS2 переадресация на Т1 ТфОП	хэндовер MS1 на MS2 на другой MSC	MS2–MS1 один MSC	MS2–MS1 через ТфОП	Т1 ТфОП на MS1	хэндовер MS1 на MS2 с другого MSC	с Т1 ТфОП на MS1 переадресация на MS2	Т1 ТфОП на MS1 переадресация Т2 ТфОП
Позиция на рис. 5	а)	б)	в)	г)	д)	е)	ж)	з)	и)	к)	л)
Число вызовов	191	152	59	6	125	203	179	55	112	13	19
Средняя длительность, с	208,1	204,2	100,2	93,6	179	201,8	201	199,64	112,37	108,4	118,7
Нагрузка, Эрл	11,04	8,62	1,64	0,16	6,22	11,38	9,99	3,05	3,48	0,39	0,63
Нагрузка в % к общей	18,8	14,7	2,8	0,3	10,6	19,4	17,0	5,2	6,0	0,7	1,1
Нагрузка по направлениям, Эрл	27,68					27,93				1,02	
Нагрузка по направлениям, в % к общей	47,2					47,6				1,7	

⁴ [10] Приложение А, рисунок А.

Превышение хэндоверных исходящих (рис. 1, *д*) разговоров над входящими (рис. 1, *е*) составляет 1,78 раза. Входящие вызовы с терминала T1 ТфОП на MS1 (рис. 1, *е*) в период ЧНН достигают величины 3,05 Эрл., а к окончанию рабочего дня значительно уменьшается и к 18:30 не превышает 0,91 Эрл., при возросшем до 67 по сравнению с ЧНН количеством вызовов.

Почти 35-ю часть от общей по всем видам связи нагрузки составляют исходящие разговоры с MS1 на терминалы ТфОП (рис. 1, *е*) с показателем 1,64 Эрл. в ЧНН.

Остальные виды соединений не превышают 0,63 Эрл.

Очевидно, что дополнительно требуют отдельных исследований работы BS с перегрузкой, т.к. в эти периоды нагрузка возрастает в 3 раза (достигая во время пика проведения массовых мероприятий 155 Эрл. рис. 2), что имеет очень важное значение для качества обслуживания абонентов.

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ДОСТОВЕРНОСТИ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

В соответствии с Рекомендациями ИТУ-T высокая точность измерений нагрузки на сети достигается проведением достаточно частых измерений. Поскольку в данном исследовании измерения производились выборочно, то с целью учета реального колебания нагрузки результаты этих измерений подверглись статистической обработке и при этом оценена степень точности полученных данных. Для этого были определены среднее значение ($\bar{x}$) или математическое ожидание (M_x) измеряемой случайной величины (x) [11]

$$M_x \cong \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (1)$$

где n – объем выборки.

Также был определен разброс отдельных значений случайной величины относительно среднего значения, оцениваемый величиной среднеквадратического отклонения (δ). Именно по величине δ на основе теоремы Чебышева – Ляпунова можно оценить точность произведенных статистических выборочных наблюдений.

Очевидно, что чем больше проведено измерений, тем ближе к средним значениям основной совокупности, будут располагаться средние значения выборки. Учитывая, что данные измерения были выборочны, то ошибка выборки будет меньше тогда, когда меньшим будет среднеквадратическое отклонение, т.е. в меньшей степени будет колебаться изучаемый параметр.

Так как в данном случае используется среднеквадратическое отклонение не сплошного, а выборочного наблюдения, то приближенно величину средней ошибки выборки можно определить из соотношения [12]:

$$\mu_x \approx \sqrt{\frac{\delta^2}{n}}, \quad (2)$$

где δ – среднеквадратическое отклонение.

В соответствии с теоремой Чебышева-Ляпунова может быть рассчитано значение предельной ошибки выборки (Δ_x). Эта величина, с определенной долей вероятности, отражает то, что отклонения выборки не превысят заданного значения. Численно определить предельную ошибку выборки можно из соотношения [12]:

$$\Delta_x = z\mu_x = \frac{z\delta}{\sqrt{n}}, \quad (3)$$

здесь z – поправочный коэффициент, который зависит от величины вероятности, с которой гарантируется определенное значение предельной ошибки. Так, например, для вероятности $P(z) = 0,99$ коэффициент $z = 2,6$. С возрастанием z величина вероятности $P(z)$ приближается к единице.

Приведенное соотношение свидетельствует о том, что уменьшение отклонения выборочной средней от основной генеральной средней (т.е. уменьшение предельной ошибки измерений Δ), возможно при уменьшении среднеквадратического отклонения δ либо с увеличением объема произведенной выборки n . Исходя из этого следует: чтобы обеспечить удовлетворительное значение отклонения результатов выборочных измерений от результатов сплошного наблюдения, достаточно меньшего объема выборки n , который уменьшается вместе со среднеквадратическим отклонением. Это стало основой определения предельной ошибки статистических данных.

В результате, для расчета предельной ошибки регистрации статистических данных о нагрузке и количестве вызовов со всех видов и направлений связи с вероятностью $P(z) = 0,99$ оказалась необходимой и достаточной выборка в ЧНН ежедневно четырех 15-ти минутных интервалов в течение 10 рабочих дней, что соответствует 40 замерам. Однако, такой же подход оказывается не приемлемым для расчетов по длительности занятия, т.к. в ЧНН объектом исследования является не средняя длительность занятия на указанных временных интервалах, а каждый отдельный вызов. Поэтому определение предельной ошибки длительности занятия от всех видов вызовов требует большего объема выборки.

Для примера результаты погрешностей расчетов для видов соединений, определяющих основную нагрузку, приведены в табл. 2.

Достоверность полученных результатов подтверждает относительная погрешность расчетов предельной ошибки измерений, которая определена с вероятностью $P(z) = 0,99$ соотношением:

$$\beta = \frac{\Delta_x}{M_x}, \quad (4)$$

и величина которой, ни в одном из направлений и видов связи не превысила 5 %.

Таблица 2. Результаты расчетов погрешности для определяющих видов соединений в ЧНН

Направление	Вид соединения	Параметр	Среднее значение, M_x	Отклонение, δ	Объем выборки, n	Предельная ошибка, Δ	Относительная ошибка, в %
исходящая	MS1–MS2 один MSC	Нагрузка по 15 мин. интервалам, (Эрл.)	11,04	1,19	40	0,49	4,4%
		Число вызовов по 15 мин. интервалам	47,75	5,47	40	2,25	4,7%
		Длительность занятия, (сек)	208,14	240,88	9900	6,29	3,0%
	MS1–MS2 через ТФОП	Нагрузка по 15 мин. интервалам, Эрл	8,62	1,01	40	0,42	4,8%
		Число вызовов по 15 мин. интервалам	38	4,47	40	1,84	4,8%
		Длительность занятия, сек	204,2	238,88	9900	6,24	3,1%
	хэндоверный MS1 на MS2 на другой MSC	Нагрузка по 15 мин. интервалам, Эрл	6,22	0,7	40	0,29	4,6%
		Число вызовов по 15 мин. интервалам	31,25	3,43	40	1,41	4,5%
		Длительность занятия, сек	179	198,96	9900	5,20	2,9%
входящая	MS2–MS1 один MSC	Нагрузка по 15 мин. интервалам, Эрл	11,38	1,28	40	0,53	4,6%
		Число вызовов по 15 мин. интервалам	50,75	5,49	40	2,26	4,4%
		Длительность занятия, сек	201,8	205,87	9900	5,38	2,7%
	MS2–MS1 через ТФОП	Нагрузка по 15 мин. интервалам, Эрл	9,99	1,16	40	0,48	4,8%
		Число вызовов по 15 мин. интервалам	44,75	5,24	40	2,15	4,8%
		Длительность занятия, сек	201	210,62	9900	5,50	2,7%
	Хэндоверный MS1 на MS2 с другого MSC	Нагрузка по 15 мин. интервалам, Эрл	3,48	0,41	40	0,17	4,8%
		Число вызовов по 15 мин. интервалам	28	3,12	40	1,28	4,6%
		Длительность занятия, сек	112,37	127,88	9900	3,34	3,0%

ВЫВОДЫ

Обработанные результаты измерений, после проверки погрешности и всестороннего анализа позволяют сделать определенные выводы:

1. В отличие от более ранних исследований, в которых по типам направлений входящая нагрузка преобладала над исходящей, нынешняя входящая нагрузка к мобильным абонентам (47,2 %) практически такая же, как и исходящая от них (47,6 %), и эти два типа составляют почти всю нагрузку. Доля транзитной нагрузки в общей сравнительно мала (1,7 %).

2. Развитие и улучшение работы сетей сотовой связи стандарта GSM и изменения в тарифной политике операторов мобильной связи, в районах концентрации государственных учреждений, деловых и культурных центров, привели к увеличению длительности ведения разговоров почти до 3,5÷4 минут. При этом для связи между мобильными абонентами длительность входящих (201÷201,8 секунды) и исходящих (204,2÷208,1 секунды) вызовов почти одинакова.

3. Также отразившаяся на тарифной политике и конкурентная борьба за абонентов, привела к значительно уменьшению количества и длительности разговоров между пользователями мобильной и фиксированной связи. Таким образом, появилась значительная разница в длительности ведения разговора (почти 100 секунд) между исходящими вызовами мобильных абонентов к абонентам фиксированной связи (93,6 секунды при количестве вызовов 6) и входящими от абонентов фикси-

рованной связи к абонентам стандарта GSM (199,64 секунды с числом вызовов 55).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Barcely, F.* Idle and Inter-arrival Time Statistics in Public Access Mobile Radio (PAMR) Systems / F. Barcely, S. Bueno // Proc of the IEEE GLOBECOM 97. –Nov. 98. –Pp. 126–130.
2. *Jordan, J.* Statistical Modelling of Channel Occupancy in Trunked PAMR Systems / J. Jordan, F. Barcelo // 15th International Teletraffic Congress (ITC15) V. Ramaswami and P.E. Wirth (Editors), Elsevier Science B. V., June 1997. – Pp. 1169–1178.
3. *Khedher, H.* Traffic Characterization for Mobile Networks / H. Khedher, S. Tabbane, F. Valois // In Vehicular Technology Conference (VTC'2002-Fall 2002), September 2002. – Vancouver, British Columbia, Canada. – Pp. 1485–1489.
4. *Boggia, G.* Modelling of call dropping in well-established cellular networks In EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking. [Электронный ресурс] / G. Boggia, P. Camarda, A. D'Alconzo. – Vol. 2007 Article ID 17826, 11 pages, 2007. doi:10.1155/2007/17826 – Режим доступа к журн. <http://www.hindawi.com/journals/wcn/2007/017826/abs/>
5. *Bregni, S.* WLC09-1 : An Empirical Study on Statistical Properties of GSM Telephone Call Arrivals / S. Bregni, R. Cioffi, M. Decina // In Proceedings of IEEE Global Telecommunications Conference (GLOBECOM '06). – San Francisco, Calif, USA, November-December 2006. – Pp. 1–5.
6. *Bregni, S.* An Empirical Study on Time-Correlation of GSM Telephone Traffic / S. Bregni, R. Cioffi, M. Decina // Wireless Communications, IEEE Transactions on. – September 2008. – vol. 7, no. 9. – Pp. 3428–3435.

7. ITU-T : Recommendation No. E.500 (11/98) : Traffic intensity Measurement Principles. – Geneva, 1998. – 16 p.
8. Берлин, А. Н. Цифровые сотовые системы связи / Берлин А. Н. – М. : Эко-Трендз, 2007. – 296 с.
9. Лившиц, Б. С. Теория телетрафика: Учебник для институтов связи / Б. С. Лившиц, А. П. Пшеничников, А. Д. Харкевич. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Связь, 1979. – 224 с.
10. Системы измерения длительности соединений СИДС подсистем коммутации MSC и IN-платформ сотовой подвижной связи стандарта GSM 900/1800. Методика поверки : МИ 2994-2006 ГСИ – Офиц. изд. – М. : ФГУП «ВНИИФТРИ», 2006. – 18 с. – (Нормативный документ Комитета Российской Федерации по стандартизации, метрологии и сертификации).
11. Гмурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика : учеб. пособие для вузов / Гмурман В. Е. – 9-е изд., стер. – М. : Высш. шк., 2003. – 479 с.
12. Максимов, Г. З. Телефонная нагрузка местных сетей связи. учеб. пособие / Г. З. Максимов, А. П. Пшеничников. – М. : Связь, 1969. – 152 с.

Стаття надійшла до редакції 20.05.2011.

Сметанін І. М., Ложковський А. Г., Піза Д. М., Вербанов О. В.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ТРАФІКУ ДІЛЯНКИ МЕРЕЖІ GSM ПІД ВПЛИВОМ ЛОКАЛЬНИХ ПЕРЕВАНТАЖЕНЬ

У даній статті обґрунтовується необхідність проведення досліджень параметрів навантаження для ділянок стільникової мережі зв'язку стандарту GSM, які піддаються локальним перевантаженням, наводяться результати проведених статистичних вимірів, і, на основі аналізу отриманих даних, зроблені висновки про відмінність характеру потоку навантаження, який створюється різними видами з'єднань.

Ключові слова: стільникова мережа, година найбільшого навантаження, потік викликів, тривалість розмови, інтенсивність навантаження, число занять, відмова в обслуговуванні, локальне перевантаження.

Smetanin I. N., Lozhkovsky A. G., Pisa D. M., Verbanov O. V.

RESEARCH OF PARAMETERS OF THE TRAFFIC OF A SECTION OF NETWORK GSM AT INFLUENCE OF LOCAL OVERLOADS

In given article necessity of carrying out of researches of parameters of loading for sections of a cellular network of communication of standard GSM which are exposed to local overloads is justified, results of the led statistical measurements, and, on the basis of the analysis of data retrieveds are resulted, outputs are drawn on difference of character of a flow of the loading created by various types of connections.

Keywords: a cellular network, busy hour, a flow of calls, a conversation time, intensity of loading, number of occupations, a failure in service, a local overload.