

УДК 621.396.218:614.89.086.5

ВЛИЯНИЕ УДЕЛЬНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ТРАФИКА В ПЕРИОДЫ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ НА БЕЗОПАСНЫЙ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ ОБЪЕМ РАДИОЧАСТОТНОГО РЕСУРСА В СЕТЯХ GSM

В.И. МОРДАЧЕВ, А.С. СВИСТУНОВ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровка, 6, Минск, 220013, Беларусь

Поступила в редакцию 14 апреля 2011

Приведены оценки предельно допустимого объема радиочастотного ресурса, выделяемого сотовой радиосети стандарта GSM 900/1800, при котором обеспечиваются безопасные уровни электромагнитного излучения сотовых телефонов при различных чувствительности радиоприема в сети, размерности кластера частотного планирования и удельной интенсивности трафика.

Ключевые слова: радиочастотный ресурс, сотовая связь, электромагнитное излучение, сотовый телефон, безопасность, удельная интенсивность трафика.

Введение

В последние годы наблюдается устойчивая тенденция к увеличению удельной интенсивности трафика (удельной абонентской нагрузки) в сетях сотовой радиосвязи. Это обусловлено рядом факторов: снижением тарифов на услуги сотовой связи в сочетании с предоставлением абонентам сотовой связи достаточно больших объемов бесплатного трафика, перераспределением трафика между проводными и сотовыми сетями в силу принципиальных удобств мобильной связи, все более глубокой интеграцией последней во все области информационного обслуживания современного общества. Если на начальной стадии развития сотовой связи второго поколения при проектировании сетей GSM 900/1800 ожидаемая средняя удельная абонентская нагрузка в часы наибольшей интенсивности трафика принималась равной 0,015–0,025 эрл., то сегодня во многих сотовых сетях она составляет 0,03–0,04 эрл. с тенденцией к дальнейшему росту до уровня 0,05–0,08 эрл., характерного для проводных сетей связи.

Рост удельной интенсивности трафика в сотовой сети, спроектированной без учета данного фактора, приводит к ухудшению качества связи и к необходимости либо уменьшения размеров сайтов с сопутствующим увеличением пространственной плотности базовых станций и затрат на развитие инфраструктуры сети, либо к увеличению объема используемого сетью радиочастотного ресурса (числа частотных каналов). Если начальный объем используемого сетью радиочастотного ресурса (РЧР) выделен с учетом ограничений [1–4] по обеспечению ее электромагнитной безопасности, по мере роста удельной средней интенсивности трафика данные ограничения могут быть ослаблены с учетом следующих обстоятельств.

1. Безопасный уровень электромагнитного излучения (ЭМИ) при разговоре по сотовому телефону в сети GSM при высоком качестве связи (вероятность отказов в обслуживании не выше 2–3%) практически не зависит от нагрузки в сети. Этот уровень ЭМИ согласно [1–4] определяется некоторым предельно допустимым значением радиуса сайта R_{\max} , зависящим от уровня реальной чувствительности радиоприема в сети (уровнем внутрисетевых помех, определяемым качеством частотно-территориального планирования сети) и предельно допустимой мощностью ЭМИ абонентской станции (АС). Этот радиус должен выбираться таким образом, чтобы на удалении R_{\max} от базовой станции (БС) мощность ЭМИ АС не превышала допустимо-

го уровня. Тем не менее, если востребованность услуги сотовой связи в часы наибольшей нагрузки превышает предельно допустимую с точки зрения качества обслуживания (вероятность отказа в обслуживании выше допустимой), в этот период может потребоваться многократное повторение попыток соединения, в процессе которых мощность ЭМИ АС максимальна.

2. В сетях, в которых размеры сайтов на территории населенных пунктов не превышают значения R_{\max} , дальнейшее их уменьшение с целью обеспечения приемлемого качества связи в условиях роста средней удельной интенсивности трафика сопряжено со значительными затратами, не обусловленными выполнением требований электромагнитной безопасности. В этих условиях сети может быть выделен дополнительный объем РЧР, призванный компенсировать увеличение нагрузки в сети, а также минимизировать совокупные инвестиции и текущие затраты оператора на развитие инфраструктуры сети и на оплату получения и использования дополнительного РЧР.

3. Наиболее жестким условием, определяющим необходимость развития инфраструктуры сети, является условие обеспечения ее электромагнитной безопасности для пользователей сотовой связи (обеспечения мощности ЭМИ АС в сети не выше значения $P_m = 15$ дБм [4]). Это условие, выполняется при уменьшении радиуса сайта до значения R_{\max} , а сохранение приемлемого качества связи в сети по мере роста средней удельной интенсивности трафика в часы наибольшей нагрузки реально может обеспечиваться только за счет выделения операторам некоторого дополнительного объема РЧР. При этом должно сохраняться требование обеспечения операторами высокого качества частотно-территориального планирования сети с целью обеспечения высокого уровня реальной чувствительности радиоприема в сети (низкого уровня внутрисетевых помех). Таким образом, при более интенсивном удельном трафике в периоды максимальной нагрузки сети безопасный уровень электромагнитного излучения сотовых телефонов в ней, определяемый предельным радиусом сайта R_{\max} , может быть обеспечен только за счет увеличения числа частотных каналов в каждом секторе БС.

Цель данной работы – оценка предельно допустимого объема РЧР, выделяемого сети, при котором в ней обеспечиваются безопасные уровни ЭМИ сотовых телефонов для различных значений удельной интенсивности трафика в периоды наибольшей нагрузки, различных уровней реальной чувствительности радиоприема в сети и различной размерности кластера частотного планирования, характеризующих качество последнего.

Методика оценки предельно допустимого объема выделяемого РЧР

В работе использованы следующие процедуры [1–4] определения предельно допустимого объема РЧР, выделяемого сотовой сети GSM, при котором будут обеспечены необходимые с точки зрения электромагнитной безопасности тенденции развития этой сети:

1. Определяется наибольший размер R_{\max} сайта, в пределах которого ЭМИ АС не превышает значения P_m ПДУ, принятого в качестве критерия электромагнитной безопасности; этот размер зависит от условий распространения радиоволн (РРВ) и минимального используемого уровня P_{BS} полезного сигнала на входе РП БС (чувствительности радиоприема БС).

2. Выполняется прогноз пространственной плотности абонентов сотовой связи ρ_{Σ} и рассматриваемой сети ρ_N в час максимальной нагрузки и расчет планируемого в этот момент предельного числа абонентов N_{AV} в сайте предельного размера, при котором обеспечивается ПДУ ЭМИ АС.

3. На основе прогнозируемых данных об удельной интенсивности трафика в период максимальной нагрузки оценивается среднее число АС в активном состоянии (объем речевого трафика) в сайтах, размеры которых обеспечивают уровни ЭМИ АС ниже значения ПДУ.

4. Используя модель «Erlang-B» теории трафика (предоставление каналов связи в системе массового обслуживания с блокированием вызовов [3, 5]) для уровня вероятности блокирования вызовов не выше 0,01–0,02, характерного для качественной сотовой связи, определяются число каналов $n_{\text{тр}}$ трафика и объем $N_{\text{рчр}}$ РЧР (число дуплексных частотных каналов GSM), минимально необходимые для обслуживания абонентов этих сайтов и сети в целом в час максимальной нагрузки и рассчитываемые с учетом размерности кластера Cl , используемого при ее частотном планировании. Предполагается, что выделяемый сети объем РЧР не должен превышать величины $N_{\text{рчр}}$.

Отличие методики анализа, использованной в данной работе, от принятой в [1–3], состоит в том, что выполнение перечисленных процедур выполняется для следующих условий:

1. Максимальная средняя мощность ЭМИ АС, соответствующая расположению абонента на границе сайта, не должна превышать безопасного уровня (ПДУ) ЭМИ АС, выбранного с учетом ограничений [6] и направленности ЭМИ АС: $P_m \approx 15$ дБм.

2. Уровень P_{BS} реальной чувствительности РП БС выбран с учетом различных значений среднего уровня внутрисетевых помех, при которых реальная чувствительность радиоприема в сети составляет $-95 \dots -80$ дБм; в [1–3] уровень внутрисетевых помех не учитывался, оценки выполнялись для уровня чувствительности радиоприема -107 дБм, что соответствует предельной чувствительности РП БС, ограниченной собственными шумами РП.

3. Оценки выполнены для различных значений высоты H_{BS} подвеса антенн БС в пределах 20–70 м, а также для более высокого качества обслуживания абонентов, соответствующего вероятности связи («grade of service») $B = 0,99$; оценки [1–3] выполнены для $B = 0,9$, что ниже требований, предъявляемых к качеству сотовой связи.

Отличие методики анализа, использованной в данной работе, от принятой в [4], состоит в следующем.

1. Оценки выполнены для различных значений удельной интенсивности трафика в период максимальной нагрузки в пределах $E = 0,025-0,08$ эрл. (в [4] анализ выполнен для значения $E = 0,025$, характерного для ранних стадий развития сотовой связи второго поколения).

2. Оценки выполнены для диапазона значений реальной чувствительности радиоприема ($-95 \dots -80$ дБм), в большей мере отражающих современное состояние сетей GSM 900/1800.

Как и в [4], оценки выполнены для следующих условий.

1. Для различных значений территориальной плотности АС. Прогнозные данные [7] о территориальной плотности абонентов отдельной сотовой сети ρ_N , АС/км² использованы при выполнении оценок предельно допустимого объема РЧР, выделяемого сотовой сети, в предположении функционирования на рассматриваемой территории трех-четырёх идентичных операторов сотовой связи стандарта GSM. Значения ρ_N приняты равными 1000 АС/км² пригородных зон, 3000 АС/км² для городских территорий со средне- и малоэтажной городской застройкой, зон отдыха, 10000 АС/км² для густонаселенных жилых районов с многоэтажной городской застройкой высокой плотности, пешеходных зон.

2. Для сотовых радиосетей с трехсекторной и шестисекторной пространственной структурой и с различной размерностью Cl кластера частотного планирования ($Cl=3$ и $Cl=7$).

При расчете минимально необходимого объема $N_{рчр}$ РЧР сети GSM 900/1800) при различной чувствительности радиоприема БС и различной удельной интенсивности трафика предполагается, что 100% последнего составляет речевой трафик (передача данных не учитывается).

Результаты анализа и их обсуждение

Ниже в таблицах приведены результаты оценок выделяемого сети объема $N_{рчр}$ РЧР (числа радиоканалов в полосах частот GSM 900/1800), допустимого с точки зрения электромагнитной безопасности сотовой сети, при трехсекторной структуре ее сайтов. Предполагается, что если выделяемый объем РЧР не превышает значений, приведенных ниже, создаются необходимые предпосылки для развития инфраструктуры сети до безопасного уровня, при котором размеры сайтов и предельные уровни ЭМИ АС не превысят безопасных значений. Все данные получены в предположении, что сети GSM являются двухдиапазонными; для этих сетей границы сайта будут определяться наибольшим значением базовых потерь, характерным для диапазона 1800 МГц.

Таблица 1. Результаты оценок минимально необходимого объема $N_{р\text{чр}}$ РЧР сети GSM 900/1800) при чувствительности радиоприема БС $P_{BS} = -95$ дБм

H_{BS} , м	R_{max} , км	E , эрл.	ρ_N , АС/ км ²								
			10000			3000			1000		
			$n_{\text{тр}}$	$N_{\text{рчр}}$ $Cl=7$	$N_{\text{рчр}}$ $Cl=4$	$n_{\text{тр}}$	$N_{\text{рчр}}$ $Cl=7$	$N_{\text{рчр}}$ $Cl=4$	$n_{\text{тр}}$	$N_{\text{рчр}}$ $Cl=7$	$N_{\text{рчр}}$ $Cl=4$
70	0,6035	0,025	95	231	132	34	84	48	15	21	12
60	0,5698		87	210	120	31	63	36	14	21	12
50	0,5335		76	189	108	28	63	36	13	21	12
40	0,4934		67	168	96	25	63	36	12	21	12
30	0,448		57	147	84	22	42	24	10	21	12
20	0,394		46	105	60	19	42	24	9	21	12
70	0,6035	0,04	147	378	216	50	126	72	21	42	24
60	0,5698		126	315	180	46	105	60	20	42	24
50	0,5335		116	294	168	41	105	60	18	42	24
40	0,4934		101	252	144	36	84	48	17	42	24
30	0,448		85	210	120	31	63	36	14	21	12
20	0,394		68	168	96	25	63	36	12	21	12
70	0,6035	0,05	178	462	264	61	147	84	25	63	36
60	0,5698		160	420	240	55	126	72	23	42	24
50	0,5335		143	357	204	49	126	72	21	42	24
40	0,4934		120	315	180	43	105	60	19	42	24
30	0,448		102	252	144	37	84	48	16	42	24
20	0,394		82	210	120	31	63	36	14	21	12
70	0,6035	0,08	275	714	408	91	231	132	36	84	48
60	0,5698		248	651	372	83	210	120	33	84	48
50	0,5335		218	567	324	74	189	108	30	63	36
40	0,4934		192	504	288	64	168	96	26	63	36
30	0,448		159	399	228	55	126	72	23	42	24
20	0,394		122	315	180	45	105	60	19	42	24

Таблица 2. Результаты оценок минимально необходимого объема $N_{р\text{чр}}$ РЧР сети GSM 900/1800) при чувствительности радиоприема БС $P_{BS} = -90$ дБм

H_{BS} , м	R_{max} , км	E , эрл.	ρ_N , АС/ км ²								
			10000			3000			1000		
			$n_{\text{тр}}$	$N_{\text{рчр}}$ $Cl=7$	$N_{\text{рчр}}$ $Cl=4$	$n_{\text{тр}}$	$N_{\text{рчр}}$ $Cl=7$	$N_{\text{рчр}}$ $Cl=4$	$n_{\text{тр}}$	$N_{\text{рчр}}$ $Cl=7$	$N_{\text{рчр}}$ $Cl=4$
70	0,425	0,025	52	126	72	20	42	24	10	21	12
60	0,403		47	105	60	19	42	24	9	21	12
50	0,379		43	105	60	18	42	24	8	21	12
40	0,353		38	84	48	15	21	12	7	21	12
30	0,323		33	84	48	14	21	12	7	21	12
20	0,287		27	63	36	12	21	12	6	21	12
70	0,425	0,04	79	189	108	29	63	36	13	21	12
60	0,403		67	168	96	26	63	36	12	21	12
50	0,379		62	147	84	24	63	36	11	21	12
40	0,353		56	147	84	22	42	24	10	21	12
30	0,323		49	126	72	19	42	24	9	21	12
20	0,287		40	105	60	16	42	24	8	21	12
70	0,425	0,05	94	231	132	34	84	48	15	21	12
60	0,403		86	210	120	31	63	36	14	21	12
50	0,379		77	189	108	28	63	36	13	21	12
40	0,353		68	168	96	26	63	36	12	21	12
30	0,323		59	147	84	22	42	24	11	21	12
20	0,287		48	126	72	19	42	24	9	21	12
70	0,425	0,08	145	378	216	50	126	72	21	42	24
60	0,403		126	315	180	46	105	60	20	42	24
50	0,379		117	294	168	41	105	60	18	42	24
40	0,353		103	252	144	37	84	48	16	42	24
30	0,323		86	210	120	32	84	48	14	21	12
20	0,287		72	189	108	27	63	36	12	21	12

Таблица 3. Результаты оценок минимально необходимого объема $N_{рчр}$ РЧР сети GSM 900/1800) при чувствительности радиоприема БС $P_{BS} = -85$ дБм

$H_{BS}, м$	$R_{max}, км$	$E, эрл.$	$\rho_{N_s}, AC/км^2$								
			10000			3000			1000		
			$n_{тр}$	$N_{рчр}$ $CI=7$	$N_{рчр}$ $CI=4$	$n_{тр}$	$N_{рчр}$ $CI=7$	$N_{рчр}$ $CI=4$	$n_{тр}$	$N_{рчр}$ $CI=7$	$N_{рчр}$ $CI=4$
70	0,299	0,025	29	63	36	12	21	12	7	21	12
60	0,285		27	63	36	12	21	12	6	21	12
50	0,27		25	63	36	11	21	12	6	21	12
40	0,253		23	42	24	10	21	12	5	21	12
30	0,233		20	42	24	9	21	12	5	21	12
20	0,209		17	42	24	8	21	12	5	21	12
70	0,299	0,04	43	105	60	17	42	24	8	21	12
60	0,285		40	105	60	16	42	24	8	21	12
50	0,27		36	84	48	15	21	12	8	21	12
40	0,253		33	84	48	14	21	12	7	21	12
30	0,233		28	63	36	12	21	12	6	21	12
20	0,209		24	63	36	11	21	12	6	21	12
70	0,299	0,05	51	126	72	20	42	24	10	21	12
60	0,285		49	126	72	19	42	24	9	21	12
50	0,27		43	105	60	17	42	24	9	21	12
40	0,253		39	84	48	16	42	24	8	21	12
30	0,233		34	84	48	14	21	12	7	21	12
20	0,209		29	63	36	12	21	12	6	21	12
70	0,299	0,08	77	189	108	28	63	36	13	21	12
60	0,285		71	168	96	26	63	36	12	21	12
50	0,27		64	168	96	24	63	36	11	21	12
40	0,253		58	147	84	22	42	24	10	21	12
30	0,233		50	126	72	20	42	24	9	21	12
20	0,209		42	105	60	17	42	24	8	21	12

Таблица 4. Результаты оценок минимально необходимого объема $N_{рчр}$ РЧР сети GSM 900/1800) при чувствительности радиоприема БС $P_{BS} = -80$ дБм

$H_{BS}, м$	$R_{max}, км$	$E, эрл.$	$\rho_{N_s}, AC/км^2$								
			10000			3000			1000		
			$n_{тр}$	$N_{рчр}$ $CI=7$	$N_{рчр}$ $CI=4$	$n_{тр}$	$N_{рчр}$ $CI=7$	$N_{рчр}$ $CI=4$	$n_{тр}$	$N_{рчр}$ $CI=7$	$N_{рчр}$ $CI=4$
70	0,2107	0,025	17	42	24	8	21	12	5	21	12
60	0,2017		16	42	24	8	21	12	4	21	12
50	0,1919		15	21	12	7	21	12	4	21	12
40	0,1809		14	21	12	7	21	12	4	21	12
30	0,168		13	21	12	6	21	12	4	21	12
20	0,1525		11	21	12	6	21	12	4	21	12
70	0,2107	0,04	25	63	36	11	21	12	6	21	12
60	0,2017		23	42	24	10	21	12	6	21	12
50	0,1919		21	42	24	10	21	12	5	21	12
40	0,1809		20	42	24	9	21	12	5	21	12
30	0,168		18	42	24	8	21	12	5	21	12
20	0,1525		15	21	12	7	21	12	4	21	12
70	0,2107	0,05	29	63	36	12	21	12	7	21	12
60	0,2017		27	63	36	12	21	12	6	21	12
50	0,1919		25	63	36	11	21	12	6	21	12
40	0,1809		23	42	24	10	21	12	6	21	12
30	0,168		21	42	24	9	21	12	5	21	12
20	0,1525		18	42	24	8	21	12	5	21	12
70	0,2107	0,08	42	105	60	17	42	24	8	21	12
60	0,2017		40	105	60	16	42	24	8	21	12
50	0,1919		36	84	48	15	21	12	8	21	12
40	0,1809		33	84	48	14	21	12	7	21	12
30	0,168		30	63	36	12	21	12	7	21	12
20	0,1525		25	63	36	11	21	12	6	21	12

Анализ данных, приведенных в табл. 1–4, а также аналогичных оценок для шестисекторной структуры сайтов сети GSM 900/1800 позволяет прийти к следующим выводам.

1. При одновременном функционировании трех-четырех сотовых сетей GSM 900/1800 каждой сети может быть выделен объем РЧР в пределах: $N_{\text{рчр}} \approx 120-165$ (общее число каналов GSM 900/1800 равно 500, обеспечиваются равные условия ведения бизнеса, часть регионального РЧР в полосах GSM 900 может быть занята воздушной радионавигационной службой (ВРНС)). Принимая это во внимание, из данных табл. 1 можно сделать вывод, что в очень хорошо спланированной и настроенной сети с очень низким уровнем внутрисетевых помех и с реальной чувствительностью радиоприема не хуже -95 дБм объем реально выделенного РЧР не превышает объема, рекомендуемого к выделению с учетом требований обеспечения электромагнитной безопасности сети, фактически при любой удельной интенсивности трафика.

2. В хорошо спланированной и настроенной сети с низким уровнем внутрисетевых помех и с реальной чувствительностью радиоприема не хуже -90 дБм объем реально выделенного РЧР не превышает объема, рекомендуемого к выделению с учетом требований обеспечения электромагнитной безопасности сети, при удельной интенсивности речевого трафика не ниже 0,05 эрл. При более низкой удельной интенсивности трафика в сетях с выделенным сети объемом РЧР $N_{\text{рчр}} \approx 120-165$ тенденции к дальнейшему развитию инфраструктуры сети до безопасного уровня практически отсутствуют, и для создания предпосылок к их формированию требуется ограничить объем выделяемого РЧР до 72–96 каналов (конкретное значение может быть определено из начальной части табл. 2).

3. В сетях с реальной чувствительностью радиоприема БС на уровне $-85 \dots -80$ дБм достаточно высокий уровень внутрисетевых помех определяется как рядом объективных факторов, связанных с неоднородностью пространственной топологии и морфологии охватываемой территории городской застройки, так и с недостатками технической реализации и настройки сети – завышенной мощностью ЭМИ АС/БС (с мотивацией обеспечения соединений БС с АС внутри зданий, но в ущерб качеству связи вне помещений), завышенной высотой подвеса антенн БС (из-за увеличенных размеров сайтов), недостаточной эффективностью алгоритмов частотного планирования, недостаточным вниманием оператора к проблеме оптимизации частотно-территориальных планов сети, недостаточной координацией действий операторов на границах выделенных полос частот, и т.п.

В этих сетях при наблюдаемой в настоящее время удельной интенсивности трафика в часы наибольшей нагрузки на уровне 0,03–0,04 эрл. выделенный каждой отдельной сети объем РЧР $N_{\text{рчр}} \approx 120-165$ является избыточным с точки зрения электромагнитной безопасности сети. Действия по обеспечению электромагнитной безопасности таких сетей должны сопровождаться введением ограничений на выделяемый объем РЧР (что призвано побудить оператора сократить размеры сайтов и выполнить оптимизацию сети по критерию минимума уровня ЭМИ АС и БС), в сочетании с принудительными действиями лицензиара по обеспечению требуемого качества планирования и настройки сети.

Для этих сетей рекомендуемый объем РЧР, исходя из данных табл. 3, 4, ниже реально выделяемого в 2–3 раза во всем диапазоне возможных уровней удельной интенсивности трафика. Это может являться косвенным свидетельством существенного занижения установленной стоимости РЧР по сравнению с необходимой исходя из требований обеспечения нормальных темпов развития инфраструктуры сетей для обеспечения их экологии (электромагнитной безопасности). А поскольку низкая чувствительность радиоприема в сети побуждает использовать повышенные на 5–10 дБ уровни ЭМИ БС и АС, избыточность и низкая стоимость РЧР могут быть признаны косвенными причинами наблюдаемого обострения проблемы межсистемной электромагнитной совместимости (ЭМС) по мере увеличения территориальной плотности абонентов и соответствующего роста мощности ЭМИ БС сети в случае присутствия в полосах частот GSM других систем, в частности, систем ВРНС в полосах GSM-900.

В свете вышеизложенного заниженная стоимость РЧР, побуждающая оператора отдавать предпочтение большим сайтам с мощными многоканальными БС, в сочетании со стремлением лицензиара выдать максимально-возможный объем РЧР (в том числе за счет ускоренной конверсии радиочастотного спектра в полосах сотовой связи) для увеличения соответствующих бюджетных поступлений и размеров платежей за обеспечение лицензиаром технической готовности РЧР, могут быть причиной отрицательных последствий, связанных с необоснованным ростом электромагнитной нагрузки на территории с высокой плотностью населения и

обострением проблемы межсистемной ЭМС на «конверсионных» участках радиочастотного спектра.

4. Сопоставление полученных данных для трехсекторной и шестисекторной структуры сайта позволяет сделать вывод, что увеличение числа секторов в сайте не приводит к существенным изменениям в экологических ограничениях на выделяемый объем РЧР. В то же время увеличение размерности кластера частотного планирования сети и близкие по смыслу меры, связанные с использованием избыточности выделенного РЧР для увеличения в сети качества связи (снижения уровня внутрисетевых помех, увеличения отношения «сигнал/помеха», увеличения реальной чувствительности радиоприема БС), обеспечивают практические возможности снижения в сети как уровней ЭМИ АС, определяющих электромагнитную безопасность сети, так и уровней ЭМИ БС, определяющих ее межсистемную ЭМС.

5. Данные табл. 1–4 свидетельствуют о том, что наблюдаемое в процессе развития сетей сотовой связи снижение высот подвеса антенн БС формально сопровождается ужесточением ограничений на предельно допустимый объем РЧР сети по показателям электромагнитной безопасности. Последнее объясняется тем, что при снижении высот подвеса достаточно заметно уменьшаются безопасные размеры сайтов за счет увеличения экранирующего влияния городской застройки на условия распространения радиоволн между БС и удаленными АС. Тем не менее, на практике данное ужесточение не наблюдается в связи с тем, что разумное использование экранирующих свойств городской застройки и неоднородностей рельефа земной поверхности в процессе системного проектирования сети позволяет существенно уменьшить уровень внутрисетевых помех и уровень ЭМИ БС/АС.

Выводы

Приведенные выше результаты анализа позволяют рекомендовать введение разумных ограничений на объем выделяемого сетям GSM 900/1800 радиочастотного ресурса в сочетании с ужесточением требований к качеству связи по мере развития сетей для обеспечения их электромагнитной безопасности, а также для обеспечения их межсистемной ЭМС в «конверсионных» полосах частот.

При введении ограничений на объем выделяемого сетям GSM 900/1800 РЧР в условиях наблюдаемого роста удельной интенсивности трафика необходимо учитывать иллюстрируемую количественно приведенными выше данными связь между рекомендуемым объемом выделяемого сети РЧР, удельной интенсивностью трафика в сети и минимальными требованиями к отношению «сигнал/помеха» (размером частотного кластера) исходя из реализуемой в сети совокупности услуг, а также принимать во внимание наличие проблем межсистемной ЭМС.

Приведенные выше выводы справедливы только для территорий городской застройки с достаточно высокой плотностью населения. По мере уменьшения территориальной плотности абонентов сотовой связи разрыв между реально выделенным и рекомендуемым по экологическим показателям объемом РЧР увеличивается. Поэтому на территориях с невысокой плотностью населения электромагнитная безопасность сотовой радиосвязи может быть достигнута другими способами, в частности, соблюдением общественной и индивидуальной электромагнитной гигиены, включая разумное ограничение использования сотовой связи на большом удалении от БС, использование проводных средств связи и т.п.

INFLUENCE OF THE USER'S TRAFFIC INTENSITY IN PERIODS OF THE MAXIMUM TRAFFIC INTENSITY ON PERMISSIBLE VOLUME FOR THE POPULATION OF THE RADIO-FREQUENCY RESOURCE IN GSM CELLULAR NETWORKS

V.I. MORDACHEV, A.S. SVISTUNOV

Abstract

Estimations of maximum permissible volume of the radio-frequency resource assigned for a GSM 900/1800 cellular radio network at various levels of its radio reception sensitivity and specific user's traffic in busy hours, at which the safe levels of electromagnetic radiation of the user's devices of cellular communications is provided, are resulted

Литература

1. *Mordachev V.* // 17th International Wroclaw Symposium And Exhibition on EMC, Poland, Wroclaw, June 29–July 1. 2004. P. 55–60.
2. *Мордачев В.И., Козел В.М.* // Мобильные системы. 2006. № 5. С. 56–59.
3. *Мордачев В.И.* Системная экология сотовой радиосвязи. Минск, 2009.
4. *Мордачев В.И., Свистунов А.С.* // Докл. БГУИР №8(54). 2010. С.46–53.
5. *Asha Mehrotra.* Cellular Radio: Analog and Digital Systems. Boston - London, 1994.
6. СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03. Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи (Российская Федерация).
7. Report UMTS Forum N6 UMTS/IMT-2000 Spectrum.