

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Шорин О.А., Аверьянов Р.С.** Оценка уровня интерференций для сигналов с OFDM-модуляцией // Электросвязь. – 2015. – № 12. – С. 55–59.
2. **Аверьянов Р.С., Шорин А.О.** Оценка оптимальных параметров OFDM-сигналов с учетом мобильности абонентов // Электросвязь. – 2015. – № 12. – С. 60–65.
3. **Воробьев Н.Н.** Основы теории игр. Бескоалиционные игры. – М.: Наука. Главная ред. физ.-мат. лит.-ры, 1984. – 496 с.
4. **Писарук Н.Н.** Введение в теорию игр. – Минск: БГУ, 2015. – 256 с.
5. **Sesia S., Tufik I., Baker M.** LTE – the UMTS Long Term Evolution: From Theory to Practice // John Wiley&Sons, 2011. – 752 p.
6. **Шорин О.А., Бокк Г.О.** Анализ электромагнитной совместимости стандартов четвертого поколения // Первая миля. – 2016. – № 1. – С. 44–52.
7. **Шорин О.А., Бокк Г.О., Сухацкий С.В.** Методы улучшения межсистемной ЭМС для систем мобильной связи четвертого поколения // Электросвязь. – 2016. – № 2. – С. 35–41.
8. **Бокк Г.О.** MIMO: оптимизация управления числом логических каналов // Электросвязь. – 2017. – № 1. – С. 40–44.
9. **Аверьянов Р.С., Бокк Г.О., Шорин А.О.** Оптимизация размера кольцевой антенны и правила формирования территориальных кластеров для сотовой сети McWILL // Электросвязь. – 2017. – № 1. – С. 22–27.
10. **Бокк Г.О.** Повышение эффективности работы систем связи на основе пространственно-временной обработки и спектрального анализа сигналов: Диссертация на соискание ученой степени д.т.н.: 05.12.17. – Москва, 2000. – 396 с.
11. **Шорин О.А., Щучкин В.М.** Использование интеллектуальных антенн в системах мобильной связи для снижения перегрузок // Труды МАИ. – 2012. – № 53. – С. 19.
12. **Шорин О.А., Токарь Р.С.** Алгоритм синтеза сотовых систем связи 2G // Спецтехника и связь. – 2008. – № 1. – С. 58–63.
13. **Бокк Г.О., Шорин О.А., Шорин А.О., Аверьянов Р.С.** Оптимизация геометрии адаптивной антенны для сотовой сети с OFDM сигналами // Экономика и качество систем связи. – 2016. – № 2. – С. 60–67.
14. **Горгадзе С.Ф.** Повышение эффективности спутниковых радиосистем при использовании синхронного кодового разделения шумоподобных сложных сигналов: Диссертация на соискание ученой степени д.т.н.: 05.12.13. – Москва, 2002. – 350 с.
15. Патент № 2221330 РФ. Широкополосная система радиосвязи КВ-диапазона / О.Ф. Бокк, С.С. Аджемов, В.А. Маковий, Г.О. Бокк. Заявлено 10.01.2002. Опубл. 10.01.2004, Бюл. № 1. – С. 906.
16. Патент № 2209511 РФ. Широкополосная система радиосвязи КВ диапазона / О.Ф. Бокк, В.А. Маковий, С.С. Аджемов, Г.О. Бокк. Заявлено 30.07.2001. Опубл. 27.07.2003, Бюл. № 21. – С. 629.
17. **Шорин О.А., Бокк Г.О.** Эквалайзер для коррекции мультисплетерских искажений OFDM-сигналов в сетях LTE и McWILL // Электросвязь. – 2017. – № 1. – С. 28–34.

Получено 28.12.16

Особенности планирования сети MCWILL с учетом электромагнитной совместимости с сетями LTE в смежных диапазонах частот

О.А. Шорин, генеральный директор ООО «НСТТ», профессор, д.т.н.; oshorin@gmail.com
Г.О. Бокк, директор по науке ООО «НСТТ», д.т.н.; bokkg@yandex.ru

УДК 621.396

Аннотация. Отмечается негативный эффект для сетей широкополосной транкинговой связи от применения методики распределения спектра, построенной на базе одной частотной селекции. Рассмотрена технология частотно-территориально-углового разнесения для обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) между сетями McWILL 1800 и LTE 1800. Предложена методика оценки роста сложности проектирования при требовании обеспечения ЭМС. Для сети McWILL 1800 она показала, что сложность возрастет не более чем в 1,5.

Ключевые слова: сети мобильной связи, модель распространения, ЭМС, диапазон 1800 МГц, LTE, McWILL.

ВВЕДЕНИЕ

Задача планирования сетей широкополосной транкинговой связи (ШТС) [1] на современном этапе заметно усложнилась. В доступных рабочих диапазонах уже существуют обширные сегменты развернутых сетей общего пользования. Поэтому кроме решения самой задачи планирования необходимо еще обеспечивать

ЭМС с указанными сегментами. Регулятор, учитывая то, что в сотовых сетях общего пользования решение задачи максимального повышения емкости предполагает сверхплотное расположение сайтов и что доминирующие операторы будут часто располагать сайты на общих площадках, принял для всех сетей 4G единую методику

обеспечения межсистемной ЭМС исключительно за счет частотного распределения со значительными защитными полосами (до 5 МГц).

Распространение указанного подхода на сети ШТС не имеет обоснования, так как их главная задача — обеспечение покрытия при не высокой нагрузке. Плотность размещения сайтов в них не велика, а возможность выбора площадок размещения значительно больше, что позволяет активно использовать разнесение в пространстве для обеспечения ЭМС. Применение же значительных защитных полос в условиях изначально небольшого доступного ресурса практически исключает саму возможность существования подобных сетей. Поэтому для радиосетей ШТС при решении вопросов распределения спектра необходимо вернуться к устоявшейся частотно-территориальной методике (ЧТМ) планирования сети. При таком подходе задача ЭМС может быть решена со значительно меньшими затратами спектрального ресурса.

В статье рассматривается несколько более общая частотно-территориально-угловая методика (далее ЧТУМ) проектирования сети, в которой предусмотрено использование дополнительных возможностей, связанных с отстройкой наклонов антенн базовых станций (БС) от источников помех. Реализация предложенной методики потребует определенного усложнения этапа проектирования. Поэтому важно оценить, насколько возрастет трудоемкость проектирования, и на этой основе сделать вывод о возможности (или невозможности) ее использования.

Ниже исследуется конкретная ситуация планирования радиосети технологии McWILL в диапазоне 1800 МГц. Вопрос наличия ЭМС между сетями McWILL и GSM 1800 уже решен. Экспериментально установлено, что при защитной полосе 2,5 МГц обе сети могут работать совместно на общей территории. Это было закреплено решением ГКРЧ [2]. Но с переходом операторов «большой тройки» на технологию LTE 1800 вопрос об ЭМС возник снова.

Групповой сигнал LTE является широкополосным, поэтому при его трансляции составляющие внеполосного и паразитного излучений имеют более высокие уровни. Применение защитных полос в 5 МГц (или даже 10 МГц), которые по предварительным данным требуются для обеспечения межсетевой ЭМС при решении задачи на базе частотной селекции, не эффективно. Свободный ресурс при этом будет значительно (или даже полностью) поглощен. Поэтому задача проектирования сети McWILL в таких условиях рассматривается в рамках ЧТУМ, позволяющей сократить защитные частотные полосы до 2,5 МГц. Оценка усложнения процесса проектирования выполняется в условиях городской застройки и пригорода.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Рассмотрим задачу проектирования сети McWILL в по-

лосе разделительного интервала 1785...1805 МГц, установленного в международных Рек. 3GPP [3, п. 5.5] для каналов дуплексных линий Band 3. В качестве базовых исходных данных используются результаты, полученные в [4, 5] для оценки ЭМС сетей McWILL и LTE 1800. В [4] рассмотрены семь сценариев (типов) воздействий в радиоканале. Восьмой сценарий (воздействие со стороны БС McWILL на БС LTE 1800) в [4] не исследовался, поскольку он заведомо слабее воздействия БС LTE 1800 на БС McWILL за счет использования дополнительных аналоговых фильтров подавления внеполосного излучения, применяемых на БС McWILL.

Установлено, что самые существенные негативные последствия имеет вариант воздействия между БС LTE 1800 и БС McWILL при горизонтальном разнесении антенн в пространстве. В остальных ситуациях негативные последствия оказываются на порядок менее значимыми. Поэтому далее трудоемкость задачи планирования будем оценивать по варианту, в котором задача ЭМС решается для самого плохого сценария воздействия.

На основе модели распространения сигнала можно рассчитать размеры сот, позволяющих организовать сплошное покрытие территории с заданным типом застройки. При этом нужно учитывать минимально необходимую сложность модуляции и информационную скорость кодирования, которые требуются для предоставления услуг связи. В пределах найденного покрытия выделяются запрещенные зоны размещения БС проектируемой сети McWILL.

В качестве меры усложнения задачи проектирования (поиска площадок размещения) используется показатель, равный отношению исходной площади соты к площади той части соты, где нахождение БС McWILL разрешено (обеспечивает ЭМС). Ясно, что чем более высокий уровень развязки радиосигналов систем обеспечивается, тем ближе допускается размещение антенн БС McWILL к БС LTE 1800. Усложнение задачи проектирования напрямую связано с уровнем развязки. Поэтому ниже в качестве решения рассматривается расчетная зависимость между уровнем подавления внеполосного (и паразитного) излучения и показателем усложнения задачи проектирования.

Существует большое число моделей распространения радиосигнала, ориентированных на применение к задачам анализа/проектирования сотовых сетей. В нашем случае наиболее подходящей представляется дифракционная модель COST 231 Уолфиша—Икегами [6]. Она, с одной стороны, относительно проста и позволяет получать обобщенные результаты, а с другой — плотно увязана с основными показателями застройки и геометрией размещения антенн (высотой зданий, типом крыш, шириной улиц, высотой подвеса антенн, направлением распространения сигнала относительно направляющих улиц), что гарантирует достаточно высокую точность.

Рассмотрим две основные ситуации.

1. *Работа в плотной городской застройке.* В качестве эталона выбран центр Москвы, ул. Тверская (высота зданий — 28 м, ширина улиц между домами — 50 м, распространение электромагнитной волны относительно направления улицы — 30°)
2. *Работа в пригородной зоне.* В качестве эталона выбран Выборгский район Ленинградской области (высота зданий — 12 м, ширина улиц между домами — 40 м, распространение электромагнитной волны относительно направления улицы — 20°).

Предельный технологический размер соты определяется условием, при котором на удаленной границе, в отсутствии внешних помех, становятся недоступны соединения с модуляцией максимальной сложности (QAM64). Действительно, если размеры будут больше, то на территории соты определенные виды обслуживания окажутся недоступны даже в идеальных условиях. Такое покрытие нельзя считать полноценным. С другой стороны, чем меньше размер соты, тем выше затраты на построение и эксплуатацию сети. Поэтому минимально допустимый размер соты рассчитывают, исходя из того, что на ее границах, в условиях воздействия предельно допустимых помех, абоненты должны иметь возможность поддерживать связь с модуляцией сложности не выше чем QAM16 (вид предпоследнего уровня сложности в линейке видов модуляций, используемых в сетях сотовой связи). Различные варианты покрытий, рассмотренные ниже, сформированы с учетом указанных ограничений на размеры сот.

Предельный допустимый уровень проникающих помех для сетей 4G установлен Рек. 3GPP [3, п. 6.6.4.2.1] и составляет -96 дБм в полосе 100 кГц. Расположение площадок проектируемой сети (McWILL) допускается только на удалениях от БС существующей сети (LTE), обеспечивающих ЭМС. Поскольку в подавляющем большинстве случаев между антеннами БС трассы имеют прямую видимость, то для них справедлива модель потерь распространения в свободном пространстве [7]:

$$L_{FS} = 32,4 + 20\lg(r) + 20\lg(f), \text{ дБ}, \quad (1)$$

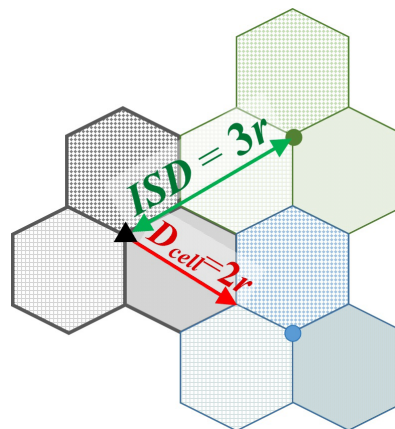
где r — длина трассы, км; f — частота передачи, МГц.

В [4, 5] показано, что при уровне подавления внеполосного и паразитного излучений $56,8$ дБн, устанавливаемого Рек. 3GPP [3], условие ЭМС обеспечивается, начиная с разнесения антенн БС сетей на 89 м. Кроме того, это расстояние сократится до 40 м, если дополнительно применить хотя бы грубую настройку наклона антенн сети McWILL. Ниже при построении зависимостей это учтено. Результаты показаны для двух случаев:

- проектирование сети McWILL без дополнительной настройки наклонов (планирование по ЧТМ);
- проектирование с дополнительной (грубой) настройкой наклонов антенн (планирование по ЧТУМ).

Рисунок 1

Соотношение размеров диаметра зоны обслуживания соты и ISD на регулярной гексагональной структуре покрытия



РЕШЕНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ

В первом приближении максимальное удаление в зоне обслуживания от антенны вычисляется через межсайтовое расстояние (ISD — Inter Site Distance) так, как показано на рис. 1. Поэтому при расчетах чувствительности используется предельное значение длины трассы $2/3$ ISD. Результаты максимальных размеров ISD сети LTE, полученные для моделей застройки «Центр мегаполиса» и «Пригород», приведены на рис. 2. По горизонтальной оси отложены значения ISD в км, а по вертикальной — уровень сигнала на приеме в дБм. Высота подвеса антенн выбиралась на 3 м выше среднего уровня крыши, коэффициент усиления антенн БС взят стандартным для сотовых сетей 4G в условиях жилой застройки — 16 дБи. Среднеквадратическое значение замираний составляло 5 дБ, что, как отмечалось в [8], характерно для ситуаций с логнормальным законом. Мощность трансляции в абонентской линии принима-

Рисунок 2

Определение максимальных значений ISD с помощью модели Уолфиша–Икегами в условиях «пустой LTE сети»

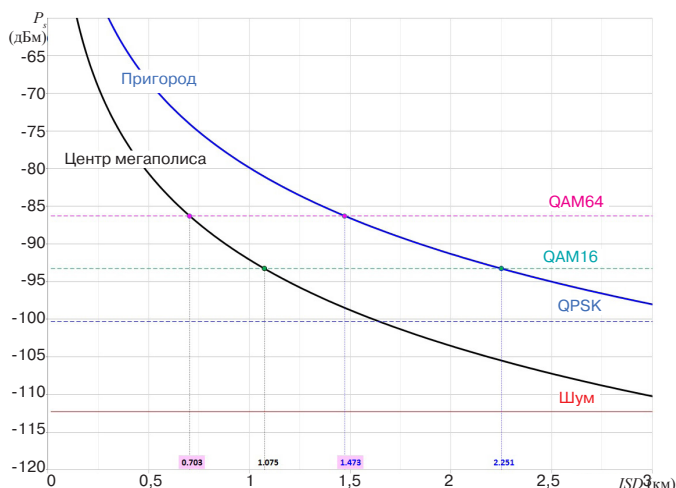
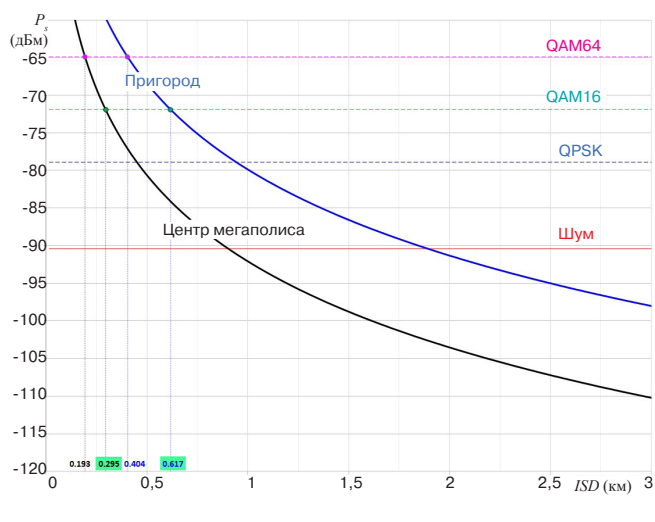


Рисунок 3

Определение минимальных значений ISD на базе модели Уолфиша–Икегами для сети LTE в условиях внешних помех предельного уровня -96 дБм/100кГц



лась равной 1 Вт/180кГц (1 Ватт на ресурсный блок). При расчетах уровня шума и порогов чувствительности использовалось стандартное значение Noise Figure = 6 дБ.

Результаты показывают, что покрытие становится полноценным в условиях «пустой сети» при ISD меньше 700 м — в центре мегаполиса и менее 1470 м — в пригороде. При внешних помехах предельного уровня -96 дБм/100кГц, возникающих при высоких нагрузках, уровень шума и пороги чувствительности заметно возрастают (рис. 3).

Естественно, что в таких условиях на предельных дистанциях связи технология должна предусматривать работу с использованием модуляций, сложность которых ниже предельной. Как отмечалось, считается приемлемым, если работоспособность сохраняется для линий

с модуляцией QAM16. Размеры ISD , рассчитанные по порогу чувствительности QAM16, показаны на рис. 3 зеленым фоном. Для центра мегаполиса ISD составляет 295 м, а для пригорода — 617 м. Следует отметить, что на текущий момент операторы «большой тройки» в центре Москвы имеют покрытия с ISD равным 280–300 м.

Ясно, что чем меньше ISD у сети LTE, тем более существенное значение приобретают ограничения по ЭМС, выражаемые в абсолютных значениях допустимого сближения, накладываемые на проектируемую сеть McWILL. Для пояснения на рис. 4 показаны ситуации с запрещенными (красные) и разрешенными (зеленые) зонами размещения площадок сети McWILL в условиях мегаполиса с развернутой сетью LTE. На рис. 4, а приведен случай с подавлением внеполосного и паразитного излучений на 56,8 дБн, а рис. 4, б — с подавлением на 51,8 дБн. Видно, что во втором случае разрешенная зона заметно меньше. В первом приближении сокращение зоны размещения можно оценить аналитически, используя регулярную гексагональную модель покрытия:

$$\eta = \begin{cases} 1 - \frac{4}{\sqrt{3}} \rho^2 & \text{при } 0 \leq \rho < 1/2; \\ 1 - \frac{4}{\sqrt{3}} \rho^2 \left(\frac{\pi}{3} - \arccos\left(\frac{1}{2\rho}\right) + \frac{1}{2\rho} \sqrt{1 - \left(\frac{1}{2\rho}\right)^2} \right) & \text{при } 1/2 \leq \rho < 1; \\ 0 & \text{при } \rho \geq 1, \end{cases} \quad (2)$$

где $\rho = r/ISD$ — отношение расстояния минимально допустимого сближения r к ISD развернутой сети LTE. Расчет r проводится по (1) с учетом уровня допустимых помех -96 дБм/100кГц [3] при заданном значении подавления внеполосного и паразитного излучений, который далее обозначаются как μ .

Для показателя увеличения трудоемкости проектирования сети McWILL будем использовать эмпирическое

Рисунок 4

Сокращение территории, доступной для проектирования сети McWILL в центре мегаполиса при подавлении внеполосного и паразитного излучений: а — на 56,8 дБн; б — на 51,8 дБн

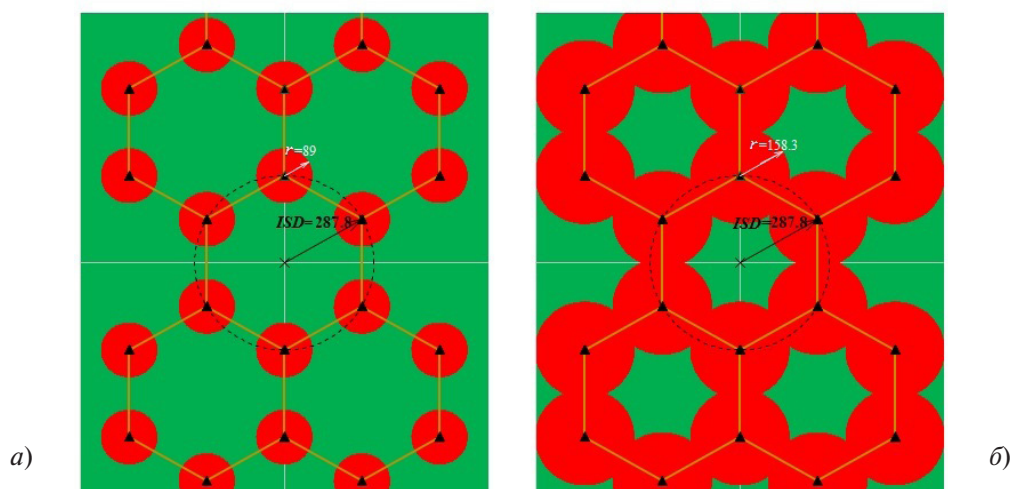
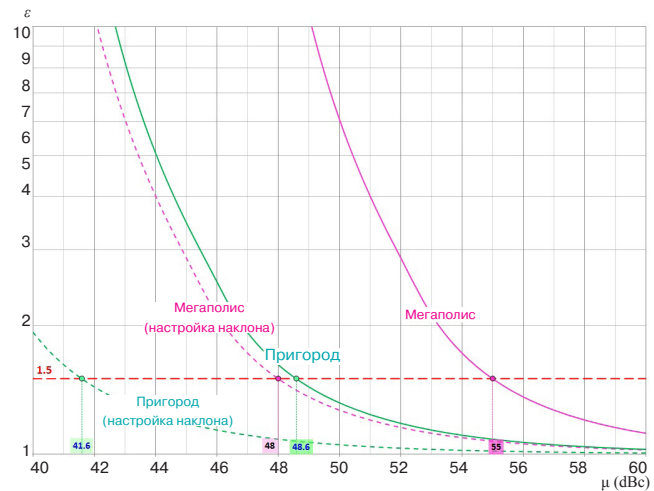


Рисунок 5

Показатель увеличения сложности проектирования сети McWILL в зависимости от уровня подавления внеполосного и паразитного излучений в центре мегаполиса и в пригородной зоне



соотношение $\epsilon \sim 1/\eta$, так как сложность поиска позиций размещения площадок (наиболее трудоемкий процесс проектирования) в первом приближении оценивается через обратную величину площади возможных расположений.

На рис. 5 приведены полученные расчетным путем зависимости показателя увеличения сложности ϵ от уровня подавления проникающих внеполосных и паразитных излучений μ . Зависимости даны для двух случаев: модели центра мегаполиса — фиолетового цвета, пригорода — зеленого. Для каждого случая показаны два варианта проектирования, предложенные в [4]: первый — проектирование без специальной настройки наклона антенн (сплошные линии), второй — проектирование с грубой настройкой наклона антенн (штриховые линии). Грубая настройка, согласно [4], предполагает выполнение действий, приводящих к тому, что первый провал в вертикальной диаграмме направленности приблизительно нацеливается на ближайшую антенну соседней сети LTE, обеспечивая дополнительное подавление помех, по крайней мере, на 7 дБ.

На рис. 5 в качестве допустимого уровня увеличения сложности проектирования выбрано значение $\epsilon = 1.5$. Как можно видеть, в центре мегаполиса необходимо иметь подавление проникающего внеполосного и паразитного излучений на уровне 55 дБн — без специальной настройки наклона антенн (ЧТМ) и 48 дБн — с грубой настройкой антенн (ЧТУМ). Для пригорода ситуация значительно проще. Подавление проникающего внеполосного и паразитного излучений должно быть на уровне 48,6 дБн для ЧТМ и на уровне 41,6 дБн — для ЧТУМ.

В [4] проведена оценка уровня подавления проникающих внеполосного и паразитного излучений, устанавливаемого спецификациями 3GPP [3]. Показано, что при защитной частотной полосе 2,5 МГц подавление

должно составлять не менее 56,8 дБн. Полученные выше результаты для данного уровня развязки гарантируют, что усложнение процесса проектирования составит не более 1,5 раз (случай ЧТМ).

Нужно отметить, что реальные усилительные системы имеют несколько более высокие характеристики подавления [9] внеполосного излучения, чем установленные в [3]. Кроме того, происходит поиск новых методов и внедрение усовершенствованных технологий повышения показателей линейности характеристик усилителей мощности [10]. Это гарантирует, что полученные оценки усложнения проектирования не будут нарушены в результате модернизаций.

Конечно, кроме внешних помех в приемном тракте БС McWILL будут возникать и внутренние. Но, как показано в [11, 12], внутренние помехи при скоростях менее 30 м/с, характерных для центра мегаполиса, имеют малый уровень даже относительно собственных шумов. Поэтому здесь ими можно пренебречь.

Как показал анализ, предложенная методика планирования ЧТУМ позволяет для сетей ШТС заметно сократить требуемые защитные частотные полосы. В рассмотренном случае проектирования сети McWILL на совмещенной с LTE 1800 территории применение ЧТУМ позволило кардинально изменить ситуацию в лучшую сторону. Поэтому представляется полезным указанную методику развить применительно к методам оценки эффективности использования радиочастотного спектра с точки зрения экономики [13–18].

ВЫВОДЫ

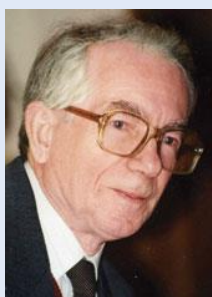
1. Методика распределения спектрального ресурса сетей 4G с обеспечением ЭМС исключительно за счет частотной селекции со значительными защитными полосами (до 5 МГц), подходящая для сотовых сетей связи общего пользования с большими ресурсами, мало пригодна для широкополосных транкинговых сетей.
2. При принятых требованиях к межсистемной ЭМС возможно построение сетей технологии McWILL в диапазоне 1797,5...1802,5 МГц совместно с сетями LTE диапазона частот Band 3, установленного Рек. 3GPP [3].
3. Современная техника частотной селекции, характеристики которой для сетей 4G определены Рек. 3GPP [3], гарантирует, что сложность проектирования сети McWILL 1800 из-за требований обеспечения ЭМС с LTE 1800 возрастет не более чем в 1,5 раза в плотной городской застройке и не более чем в 1,07 — в пригороде. При этом введение «грубой» настройки наклонов антенн с целью дополнительного подавления межсистемных помех позволит уменьшить рост сложности проектирования до уровня 1,07 — для плотной застройки, и до 1,01 — для пригородной зоны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Шорин О.А., Косинов М.И., Каспари Р.Ю., Осин В.В.** Рынок корпоративных пользователей широкополосного мобильного доступа McWILL // Электросвязь. – 2017. – № 1. – С. 16–21.
2. Решение государственной комиссии по радиочастотам (ГКРЧ) № 06-17-03-001 от 23.10.2006, 3 с.
3. 3GPP TS 36.104 v. 8.5.0 (2009-03). 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Base Station (BS) radio transmission and reception (Release 8).
4. **Шорин О.А., Бокк Г.О.** Анализ электромагнитной совместимости стандартов четвертого поколения // Первая миля. – 2016. – № 1(54). – С. 44–53.
5. **Шорин О.А., Бокк Г.О., Сухацкий С.В.** Методы улучшения межсистемной ЭМС для систем мобильной связи четвертого поколения // Электросвязь. – 2016. – № 2. – С. 35–41.
6. 3GPP TR 03.30 v8.4.0 (2005-06). 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group GSM/EDGE Radio Access Network; Radio network planning aspects (Release 1999), Annex B.
7. Electronic Communications Committee (ECC) within the European Conference of Postal and Telecommunications Administrations (CEPT). Report 131. Dublin, Annex 2. – January 2009. – P. 66
8. **Шорин А.О.** Оценка влияния скорости перемещения абонентов на удельную интенсивность потока потерь соединений в сетях с OFDM-сигналами // Электросвязь. – 2017. – № 1. – С. 35–39.
9. **Калугин В.Г., Сухацкий С.В.** Исследование проблем обеспечения ЭМС РЭС стандартов LTE и McWILL диапазона 1800 МГц // Электросвязь. – 2017. – № 2. – С. 52–56.
10. **Смирнов А.В., Горгадзе С.Ф.** Потенциальный КПД усилителей сложных композитных сигналов // Электросвязь. – 2016. – № 2. – С. 68–74.
11. **Аверьянов Р.С., Шорин А.О.** Оценка оптимальных параметров OFDM-сигналов с учетом мобильности абонентов // Электросвязь. – 2015. – № 12. – С. 60–65.
12. **Аверьянов Р.С., Шорин А.О.** Оптимизация ансамбля OFDM-сигналов в сетях мобильной связи // Электросвязь. – 2017. – № 2. – С. 41–46.
13. **Володина Е.Е., Плосский А.Ю.** Критерии кластерного подхода к перераспределению радиочастотного спектра при внедрении цифрового телевидения // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2012. – Т.6, № 12. – С. 4–6.
14. **Володина Е.Е., Кузовкова Т.А., Наруканников А.В.** Возмещение использования радиочастотного спектра как экономический метод эффективного управления ограниченным природным ресурсом // Вестник РАЕН. – 2011. – № 4. – С. 103–108.
15. **Володина Е.Е., Бессилин А.В.** Методические вопросы определения платы за использование радиочастотного спектра // Вестник РАЕН. – 2009. – № 2. – С. 28.
16. **Володина Е.Е., Тихвинский В.О.** Конкуренция и качество услуг на рынке подвижной связи // Мобильные системы. – 2003. – № 8. – С. 31.
17. **Веерпалу В.Э., Володина Е.Е., Десяткин Е.Е.** Управление использованием радиочастотного спектра. Конверсия и экономика. Монография. – М., 2011. – 184 с.
18. **Володина Е.Е.** Экономические вопросы использования радиочастотного спектра как производственного ресурса и объекта государственного регулирования // Электросвязь. – 2015. – № 4. – С. 50–54.

Получено 30.12.16

Поздравляем юбиляра!



14 февраля 2017 года исполнилось 85 лет научному консультанту НИИР, доктору технических наук Юрию Андреевичу Чернову – одному из ведущих специалистов в области распространения радиоволн и планирования сетей радиовещания на длинных, средних и коротких волнах. Работая в НИИР с 1955 года, Ю.А. Чернов руководил крупными исследованиями, обеспечивающими развитие как внутреннего, так

и зарубежного вещания СССР в полосах частот ниже 30 МГц. Он внес серьезный научный вклад в исследования, теоретические обоснования и разработку практических рекомендаций для успешного функционирования системы отечественного радиовещания на зарубежные страны в глобальном масштабе. Для совершенствования сети ВЧ-инноваций под его руководством была создана сеть контроля радиовещания на территориях советских посольств в разных странах мира, организованы научные экспедиции на теплоходах в Атлантическом и Индийском океанах. Активное участие принимал Ю.А. Чернов в создании Генеральных схем развития связи и вещания в СССР, в разработке Системного проекта по модернизации мощного радиовещания страны.

Юрий Андреевич разработал концепцию надежности радиовещания на коротких волнах, представленную Администрацией связи СССР на Всемирной конференции по радиовещанию в Женеве в 1984 и 1987 годах. И сегодня юбиляр активно участвует в международной деятельности и успешно работает в исследовательских комиссиях МСЭ-Р по распространению радиоволн. Богатый научный вклад Ю.А. Чернова в науку о распространении радиоволн отражен более чем в 200 научных работах. За многолетний добросовестный труд он неоднократно получал медали и ведомственные награды.

Редколлегия и редакция журнала «Электросвязь» поздравляют Юрия Андреевича с юбилеем и желают ему здоровья, новых научных свершений и творческого долголетия.