

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ПЕРЕДАЧИ РЕЧЕВОЙ ИНФОРМАЦИИ КАК ОСНОВА ОПТИМИЗАЦИИ УСТАНОВКИ БЕСПРОВОДНЫХ ТОЧЕК ДОСТУПА СТАНДАРТА IEEE802.11

ANALYSIS OF THE QUALITY OF TRANSMISSION OF VOICE INFORMATION AS A BASIS FOR PLANT OPTIMIZATION, WIRELESS HOTSPOTS, THE IEEE802.11 STANDARD

**O. Romashkova
V. Samoylov**

Summary. The article deals with the optimization of the wireless hotspot installation of corporate LAN or distance learning networks built on the basis of the IEEE802.11 standard. Recommendations for the optimal installation of hotspot is based on the analysis of the quality of speech information. The speech quality analysis is based on the estimation of power spectral density distortion. As a result of the analysis, the dependencies of the distortion of the spectral power density of the transmitted message on the distance between the transmitter and the receiver in different frequency ranges were obtained.

Keywords: optimization, quality of speech transmission, speech information, power spectral density, frequency range.

Ромашкова Оксана Николаевна

*Д.т.н., профессор, ГАОУ ВО «Московский городской педагогический университет (МГПУ)» г. Москва, Россия
ox-rom@yandex.ru*

Самойлов Вячеслав Евгеньевич

*Аспирант, ФГБОУ ВО «Российский университет транспорта (МИИТ)», г. Москва, Россия
samoylov.1992@list.ru*

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы оптимизации установки беспроводных точек доступа корпоративных локальных вычислительных сетей или сетей дистанционного обучения, построенных на базе стандарта IEEE802.11. Рекомендации к оптимальной установке точек доступа сформированы по результатам анализа качества передачи речевой информации. Анализ качества передачи выполнен с использованием критерия оценки искажения спектральной плотности мощности. Авторами были получены зависимости искажения спектральной плотности мощности передаваемого сообщения от расстояния между передатчиком и приёмником для нескольких частотных диапазонов.

Ключевые слова и словосочетания: оптимизация, качество передачи речи, речевая информация, спектральная плотность мощности, диапазон частот.

Введение

Беспроводные технологии передачи данных стремительно вошли в современную жизнь, и выполняют весьма важные функции. Использование технологий беспроводного доступа открывает широкий спектр возможностей, начиная с мира «умных вещей» дистанционного обучения, создания корпоративных средств связи на основе сетей с беспроводным доступом и др. Как правило, современные беспроводные сети передачи данных выстраиваются без каких-либо особых требований к качеству передачи речевых сообщений. Но чем сложнее становятся функции, выполняемые беспроводными технологиями, тем более серьёзные требования к ним предъявляются. С развитием технологий передачи речевой информации в некоторых случаях (в корпоративных сетях или сетях дистанционного обучения) появилась необходимость расположения в новых сетях или оптимизации расположения в старых сетях беспроводных точек доступа в соответствии с особенностями передачи именно речевой информации.

Постановка задачи

Поскольку рекомендации к оптимальной установке беспроводных точек доступа строятся на основании анализа качества передачи речевой информации, то необходимо определить критерий оценки качества передачи речи [1, 2]. В качестве критерия оценки качества передачи речевой информации будем использовать искажение спектральной плотности мощности (СПМ) речевого сообщения при передаче сигнала в радиоканале [3]. Для экспериментального определения искажения СПМ сообщения на разных этапах распространения сигнала будем использовать искажённые цифровые аудиозаписи, полученные в процессе передачи речевого сообщения по радиоканалу стандарта IEEE802.11 в работе [4, 5]. Аудиозаписи имеют следующие характеристики: частота дискретизации 44100 Гц и битрейт 16 бит, длительность исследуемых аудиозаписей, в соответствии с рекомендациями, приведёнными в работе [6], составляют 60–65 мин.

Для определения СПМ сообщения воспользуемся звуковым редактором Adobe Audition CC2015 версии

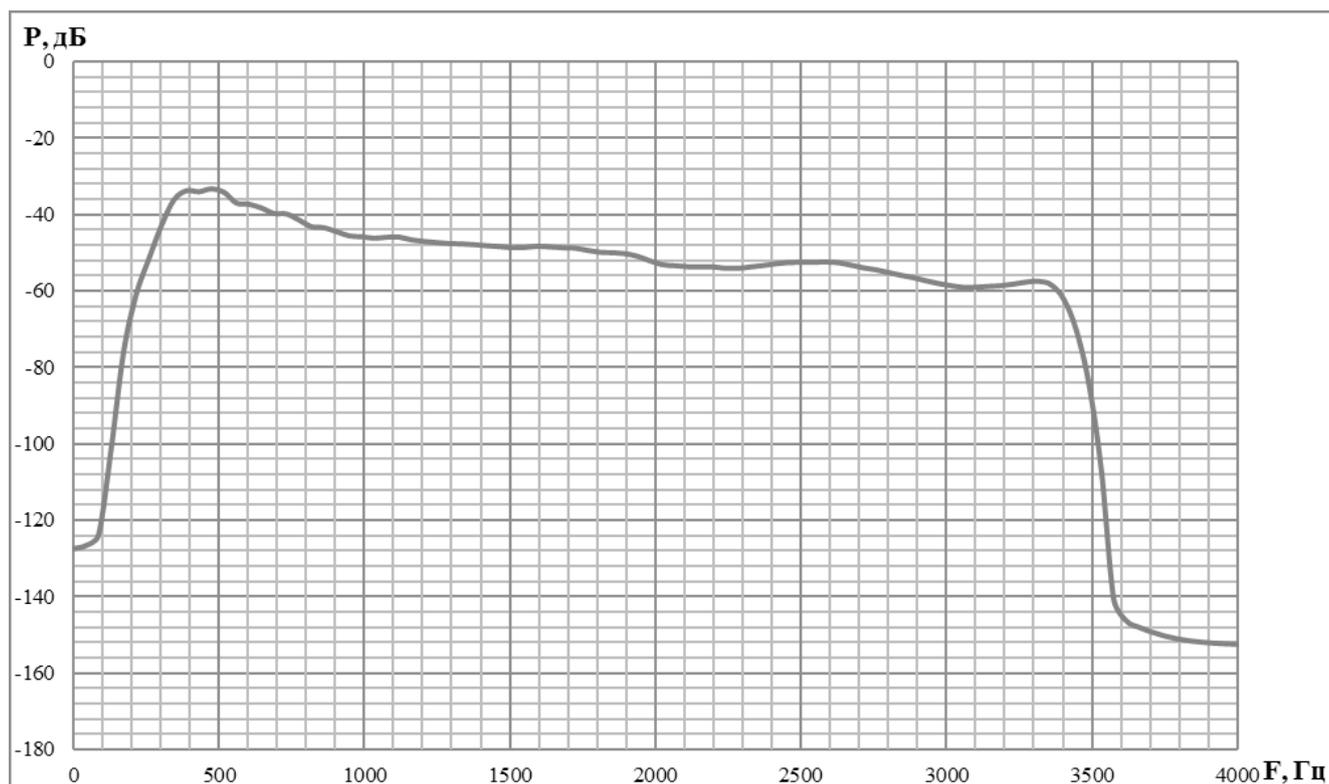


Рис. 1. Усреднённая СПМ в полосе 300–3400 Гц исходного сообщения

9.2.1.0.191. В качестве исходных данных для исследования были использованы 19 аудиозаписей формата «.wav», полученных в ходе передачи сообщения по радиоканалу с разным затуханием от 70 дБ до 88 дБ, а также аудиозапись, полученная в результате записи изначально неискажённого сообщения.

Анализ передачи речевой информации

Используя описанное выше ПО получим значения усреднённых СПМ сообщения для полосы телефонного канала 300–3400 Гц [7, 8]. Поскольку в качестве анализируемого материала используется 20 аудиозаписей для каждой из которых нужно получить значения усреднённой СПМ, то для примера приведём лишь значения усреднённой СПМ для исходной аудиозаписи и для аудиозаписи, искажённой в радиоканале с затуханием 85 дБ, рисунки 1 и 2 соответственно.

Как известно, нормированная СПМ представляет собой отношение значений усреднённой СПМ к дисперсии сигнала [9, 10]

$$\beta_x(\omega) = (S_x(\omega)) / D_x, \quad (1)$$

где $S_x(\omega)$ — усреднённая СПМ;

D_x — дисперсия.

Очевидно, что для получения значений нормированной СПМ необходимо узнать величину дисперсии сообщения для каждой взятой аудиозаписи. Для решения этой задачи воспользуемся программой MathLab. Данное ПО позволяет преобразовать аудиозапись формата «.wav» в численный вид и провести над ней необходимые действия для вычисления значений математического ожидания и дисперсии.

Для получения оценки математического ожидания и дисперсии сообщений для каждого значения затуханий была написана соответствующая программа. Оценка математического ожидания и дисперсии для каждого значения затухания приведены в таблице 1.

По аналогии с усреднёнными СПМ приведём лишь несколько примеров нормированной СПМ на рисунках 3 и 4 для исходной аудиозаписи и для аудиозаписи, искажённой в радиоканале с затуханием 85 дБ, соответственно.

Значения оценок нормированной СПМ для некоторых затуханий сведены в таблицу 2. Поскольку количество таблиц соответствует количеству аудиозаписей и равно 20, то для примера приведём всего три таблицы,

Таблица 1. Оценка математического ожидания и дисперсии для разных значений затухания в радиоканале

Затухание в канале, дБ	Дисперсия	Математическое ожидание
70	275398,619	$-1,709 \cdot 10^{-8}$
71	275557,291	$-2,297 \cdot 10^{-8}$
72	275470,469	$-3,706 \cdot 10^{-10}$
73	275435,669	$-4,229 \cdot 10^{-9}$
74	275586,382	$-1,169 \cdot 10^{-8}$
75	275425,085	$-1,607 \cdot 10^{-8}$
76	275432,625	$-1,869 \cdot 10^{-8}$
77	275403,681	$-1,869 \cdot 10^{-8}$
78	274964,427	$-1,383 \cdot 10^{-8}$
79	275624,805	$-2,53 \cdot 10^{-8}$
80	276483,273	$-4,257 \cdot 10^{-8}$
81	276339,666	$-5,529 \cdot 10^{-8}$
82	276369,178	$-3,516 \cdot 10^{-8}$
83	276542,416	$-3,268 \cdot 10^{-8}$
84	277590,84	$-4,184 \cdot 10^{-8}$
85	277533,04	$-3,449 \cdot 10^{-8}$
86	277989,412	$-7 \cdot 10^{-8}$
87	89893,974	$-2,204 \cdot 10^{-8}$
88	33012,77	$-2,14 \cdot 10^{-8}$
Исходное сообщение	190889,135	$-7,334 \cdot 10^{-9}$

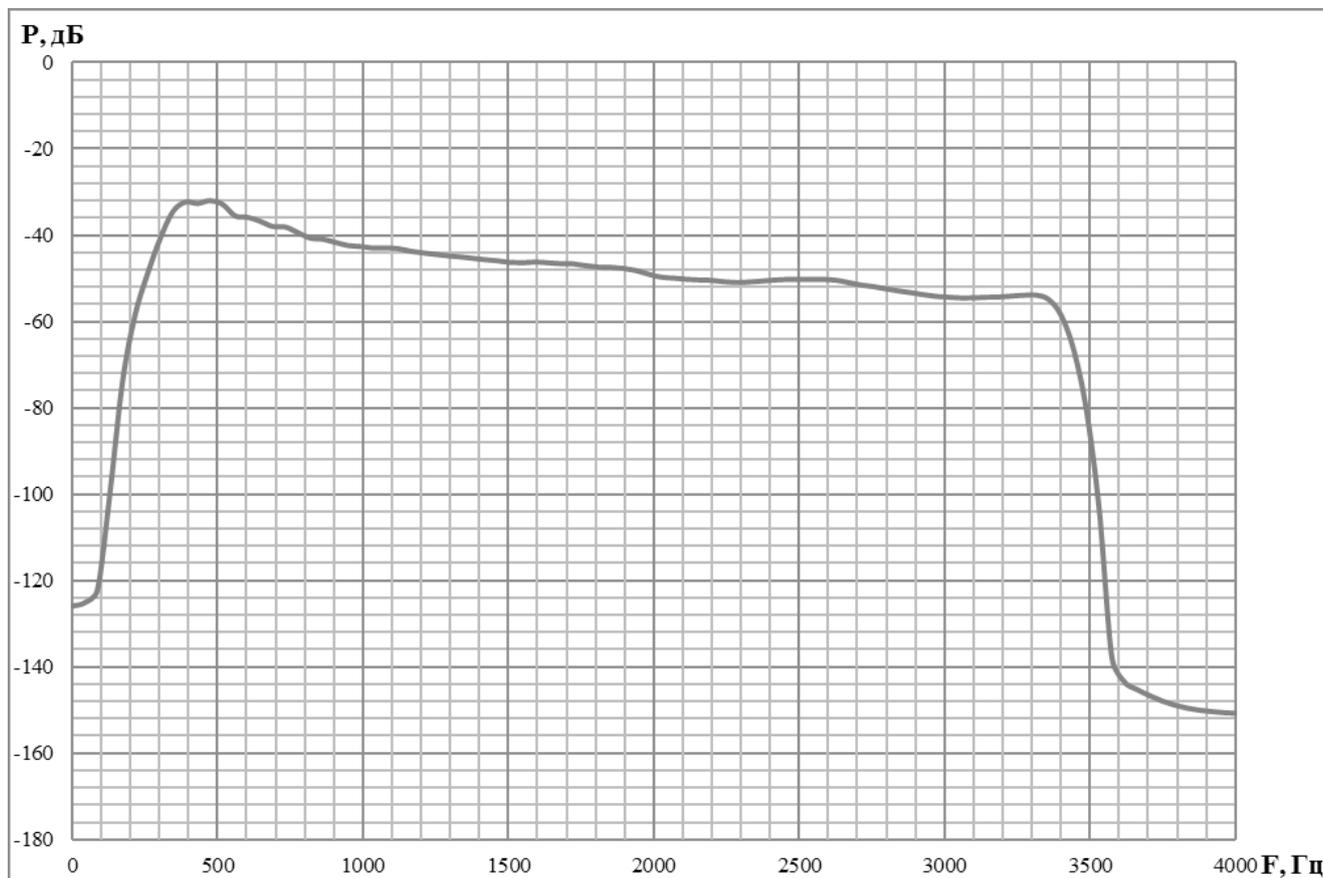


Рис. 2. Усреднённая СПМ в полосе 300–3400 Гц и затухании в радиоканале 85 дБ

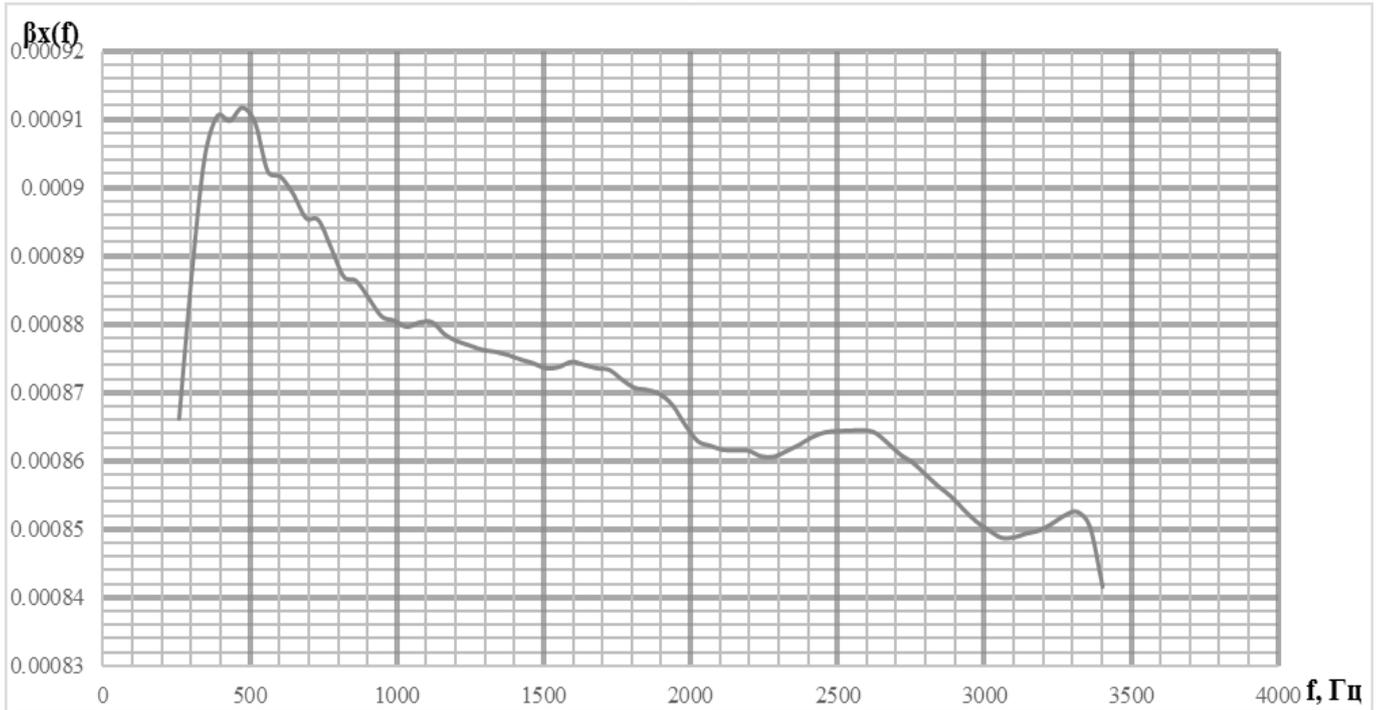


Рис. 3. Нормированная СПМ в полосе 300–3400 Гц исходного сообщения

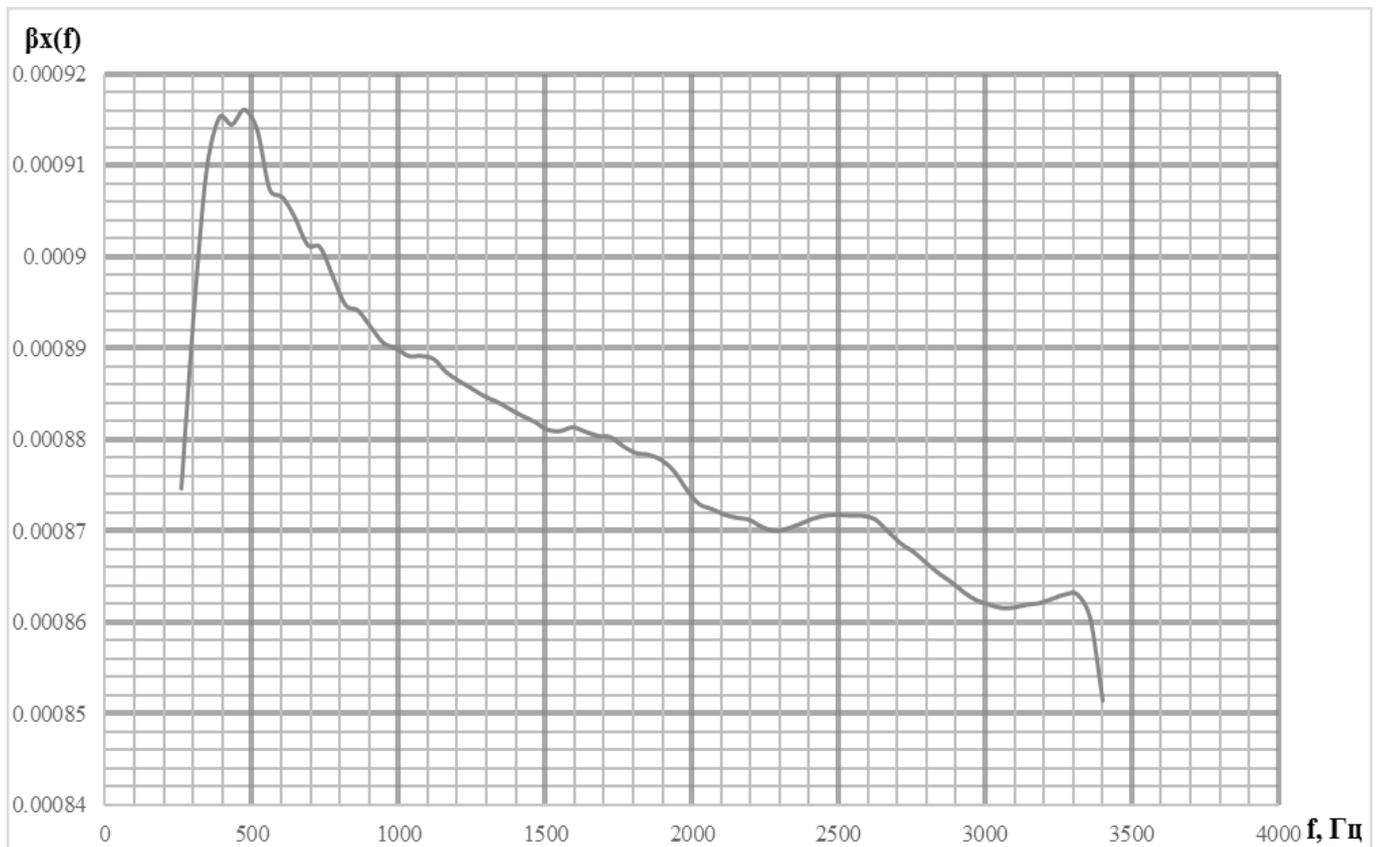


Рис. 4. Нормированная СПМ в полосе 300–3400 Гц при затухании в радиоканале 85 дБ

Таблица 2. Значения оценок нормированной СПМ

Центральная частота полосы Δf^* = 1/3 октавы, Гц	Нормированная спектральная плотность $\beta_x(\omega)$ при области определения					
	Исходное сообщение		77 дБ		85 дБ	
	дБ	раз	дБ	раз	дБ	раз
300	-0,522	0,000887	-0,493	0,000893	-0,489	0,000894
315	-0,49	0,000893	-0,462	0,000899	-0,459	0,0009
400	-0,406	0,000911	-0,38	0,000916	-0,384	0,000915
500	-0,405	0,000911	-0,378	0,000917	-0,384	0,000915
630	-0,457	0,0009	-0,429	0,000906	-0,432	0,000905
800	-0,517	0,000888	-0,484	0,000895	-0,479	0,000896
1000	-0,554	0,00088	-0,524	0,000886	-0,507	0,00089
1250	-0,571	0,000877	-0,542	0,000883	-0,528	0,000886
1600	-0,582	0,000875	-0,553	0,00088	-0,548	0,000881
2000	-0,634	0,000864	-0,603	0,00087	-0,586	0,000874
2500	-0,633	0,000864	-0,601	0,000871	-0,596	0,000872
3150	-0,708	0,00085	-0,672	0,000857	-0,645	0,000862

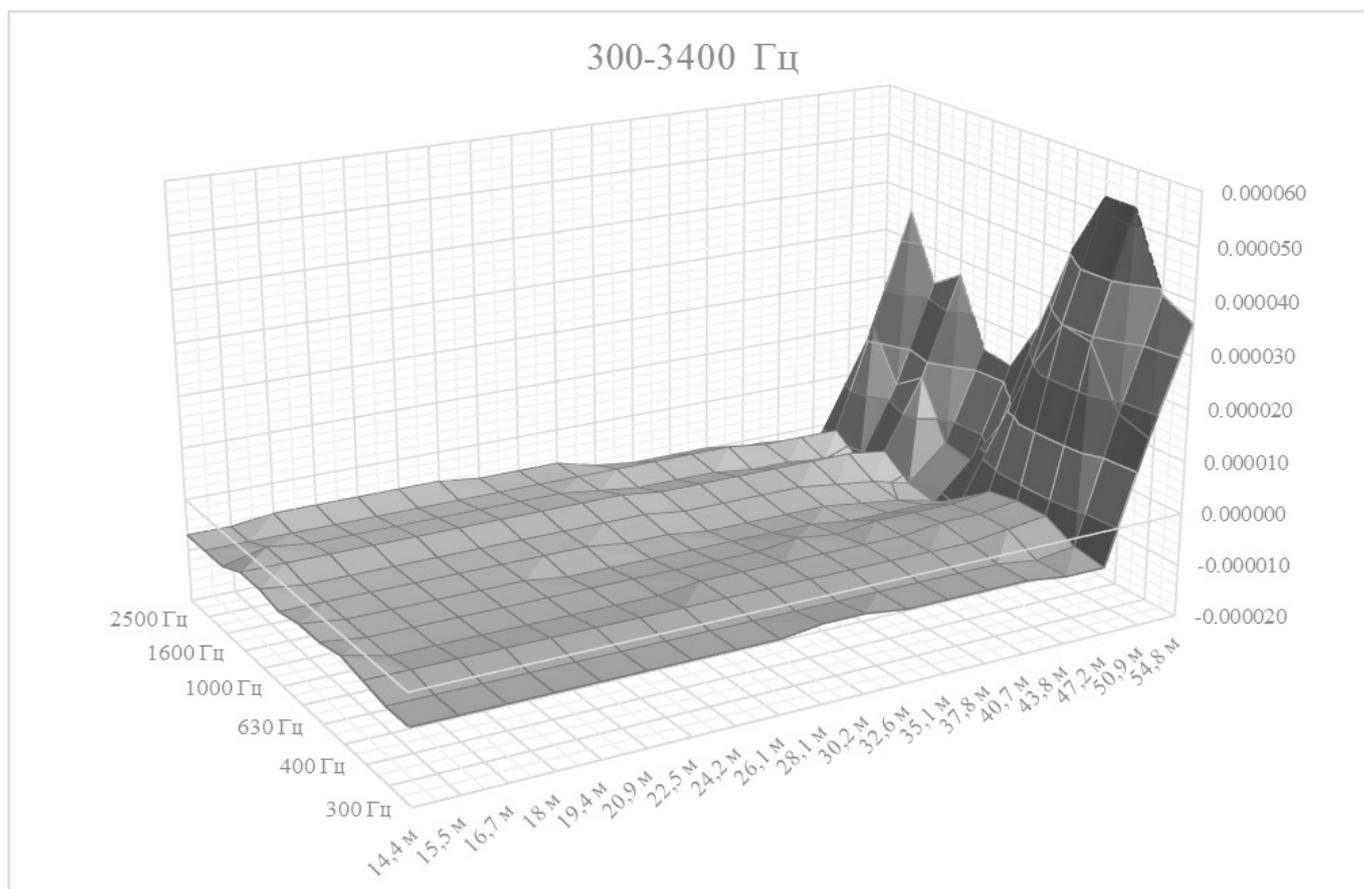


Рис. 5. Значения искажения нормированной СПМ в полосе 300–3400 Гц

для исходного сообщения, для затухания 77 дБ и 85 дБ, табл. 2–4 соответственно.

Сравнивая значения нормированной СПМ, полученные для исходного сообщения со значениями нормированной СПМ, полученной для сообщений пропущенных через радиоканал стандарта IEEE802.11, можно получить зависимость искажения СПМ от затухания в радиоканале. Чтобы преобразовать значения затухания в радиоканале в значения расстояния между приёмником и передатчиком, воспользуемся формулой зависимости дальности действия радиоканальных устройств от затухания в радиолинии, описанной в работе [11].

Зависимость искажения нормированной СПМ от дальности действия радиоканальных устройств представлена в виде графика на рис. 5.

Изучая графики можно сделать вывод о том, что СПМ речевого сообщения практически не искажается до расстояния между приёмником и передатчиком равного 40,7 м. В диапазоне значений расстояний 40,7–47,2 м происходит увеличение искажения нормированной

СПМ сообщения, а от расстояния 47,2 м и выше происходит резкое увеличение искажения СПМ, однако направленное в обратную сторону, что объясняется существенным влиянием шумов при данном затухании сигнала в радиоканале. Также стоит обратить внимание на то, что наибольшим искажениям подвержены высокие частоты и пик, находящийся в районе 300 Гц.

Вывод

Опираясь на представленный анализ передачи речевой информации можно дать некоторые рекомендации по оптимальной установке беспроводных точек доступа. Исходя из оценки искажения СПМ передаваемого сообщения можно сделать вывод о том, что для соблюдения требований к корректной передаче речевой информации беспроводные точки доступа в случае прямой видимости необходимо располагать на расстоянии не более 80 м друг от друга. В случае расположения между точками доступа каких-либо препятствий, например, стены, необходимо учитывать дополнительное затухание, вносимое объектом, в результате чего максимально допустимое расстояние между точками доступа будет сокращено.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горелов Г.В., Ромашкова О.Н., Житнов А.А. Искажения энергетического спектра речевого сообщения при использовании технологии VOICE OVER Wi Fi // Телекоммуникации. 2011. № 1. С. 10–12.
2. Лукова О.Н. Анализ качества стохастической цифровой передачи речевой информации (методика и ее использование при разработке информационных систем) // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Москва, МИИТ, 1994.
3. Ромашкова О.Н., Самойлов В.Е. К определению качества пакетной передачи речи в сетях подвижной связи // Научно-технические исследования в космических исследованиях Земли. — 2017. — Т. 9. — № 3. — С. 39–44.
4. Ромашкова О.Н., Самойлов В.Е., Попов И.Л. К определению дальности действия радиоканальных устройств в сетях с пакетной передачей речи // В кн.: Технологии информационного общества, Москва, 2017: материалы XI международной отраслевой научно-технической конференции. М.: МТУСИ, 2017. С. 414–415.
5. Ромашкова О.Н., Дедова Е.В. Живучесть беспроводных сетей связи в условиях чрезвычайной ситуации // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2014. Т. 8. № 6. С. 40–43.
6. Теория автоматического управления: Учеб. для вузов по спец. «Автоматика и телемеханика». В 2-х ч. Ч. I. Теория линейных систем автоматического управления / Н.А. Бабаков, А.А. Воронов, А.А. Воронова и др.; Под ред. А.А. Воронова. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1986. — 367 с., ил.
7. Ромашкова О.Н., Самойлов В.Е. Определение дальности гарантируемой радиосвязи в беспроводных телекоммуникационных сетях стандарта IEEE802.11 с использованием программы PING // В книге: Информационно-телекоммуникационные технологии и математическое моделирование высокотехнологичных систем. Материалы Всероссийской конференции с международным участием. 2018. С. 150–153.
8. Orlov Y., Zenyuk D., Samuylov A., Moltchanov D., Gaidamaka Y., Samouylov K., Andreev S., Romashkova O. Time-Dependent SIR Modeling For D2D Communications In Indoor Deployments // В сборнике: Proceedings — 31st European Conference on Modelling and Simulation, ECMS2017~<31. 2017. С. 726–731.
9. Ромашкова О.Н., Яковлев Р.И. Анализ моделей и методов для оценки живучести инфокоммуникационных сетей в условиях чрезвычайных ситуаций // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2012. Т. 6. № 7. С. 165–170.
10. Bobrikova E., Gaidamaka Y., Romashkova O. The application of a fluid-based model for the analysis of the distribution time of a file among users in peer-to-peer network // Selected Papers of the II International Scientific Conference “Convergent Cognitive Information Technologies” (Convergent 2017). CEUR Workshop Proceedings, Volume 2064. p. 55–61. Available at: <http://ceur-ws.org/Vol-2064/paper06.pdf>
11. Ромашкова О.Н., Самойлов В.Е., Попов И.Л. К определению дальности действия радиоканальных устройств в сетях с пакетной передачей речи // В сборнике: Технологии Информационного Общества XI Международная отраслевая научно-техническая конференция: сборник трудов. 2017. С. 414–415.