

УДК 621.396

## ПРОБЛЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК РАДИОВОЛН В МОБИЛЬНЫХ СИСТЕМАХ СВЯЗИ

**Чайка О.Г.***Воронежский институт высоких технологий, Воронеж, e-mail: tchajkaolg@yandex.ru*

Работа посвящена проведению анализа возможностей определения свойств радиоволн и электромагнитных полей на базе измерений в мобильных системах связи, которые развиваются в городах и пригородных зонах. Рассматривалась схема расположения базовой и мобильных станций в системе связи. Проводилось сравнение результатов расчетных (на базе лучевого метода) и экспериментальных данных при изменении местоположения вдоль улицы мобильных станций в зависимости от увеличения координаты. В лучевой модели не учитывались процессы диффузного рассеяния радиоволн. Сравнение результатов на основе теоретической методики и на основе эксперимента показало, что получаемое среднее значение погрешности равно 1,2 дБ, а получаемое максимальное значение погрешности не дает превышения значений в 2 дБ.

**Ключевые слова:** мобильные системы связи, лучевой метод, погрешность, распространение радиоволн

## THE PROBLEMS OF MEASURING THE CHARACTERISTICS OF RADIO WAVES IN MOBILE COMMUNICATION SYSTEMS

**Chayka O.G.***Voronezh institute of high technologies, Voronezh, e-mail: tchajkaolg@yandex.ru*

The paper is devoted to analysis of possibilities to control the properties of radio waves and electromagnetic fields on the basis of measurements in mobile communication systems that evolve in urban and peri-urban areas. The layout is considered of the base and mobile stations in the communication system. A comparison was made of the results of calculation (based on a ray-tracing method) and experimental data changing the location along the mobile stations depending on the increase in coordinates. In the radiation model does not consider the processes of diffuse scattering of radio waves. The comparison of results based on theoretical methods and on the basis of the experiment showed that the resulting average error is equal to 1.2 dB and the resulting maximum error value does not exceeded 2 dB.

**Keywords:** mobile communication system, the ray-tracing method, the error propagation of radio waves

На настоящий момент сформированы и активным образом применяются для различных реальных приложений множество приборов, в которых используются для того, чтобы передавать информацию, радиоволны [6, 4].

Электромагнитное поле для современных теорий считают как тензор, в котором составляющие такие: составляющие напряженностей магнитного поля, составляющие напряженностей электрического поля, и еще электромагнитный потенциал, размерность которого равна четырем.

Целью данной работы является проведение анализа возможностей определения свойств радиоволн и электромагнитных полей на базе измерений в мобильных системах связи.

В случаях определения дальностей до радиосистем, применяют принципы измерения временных интервалов запаздывания радиосигналов. Подходы, связанные с тем, что измеряется даль-

ность, исходят из основных параметров сигналов [5].

Анализ показывает, что можно быть выделить такие способы измерений: связанные с амплитудами, фазами или частотами [9, 1].

На рис. 1 изображена схема расположения базовой и мобильных станций (МС) в системе связи [2, 3].

На рис. 2 приведены результаты сравнения расчетных (на основе лучевого метода) и экспериментальных данных при изменении местоположения вдоль улицы мобильной станции 1 с увеличением координаты  $x$ . Погрешность расчетных и измеренных данных, для наглядности, представлена в табл. 1, как из нее видно среднее значение ошибки  $\Delta = 1,12$  дБ.

На рис. 3 представлено сравнение результатов эксперимента по рис. 1 с расчетными данными, при этом среднее значение ошибки  $\Delta = 1,29$  дБ (табл. 2).

На рис. 4 представлено сравнение результатов эксперимента по рис. 1 с расчет-

ными данными, при этом среднее значение ошибки  $\Delta = 1,25$  дБ (табл. 3).

В результате проведенного сравнения с результатами эксперимента, можно видеть, что среднее значение погрешности равно 1,2 дБ. Максимальное значение по-

грешности не превышает значения в 2 дБ, что, при сравнении с результатами расчётов с применением моделей приведённых в [7-10], где погрешность составляет 3,0 дБ, говорит об адекватности используемой модели.

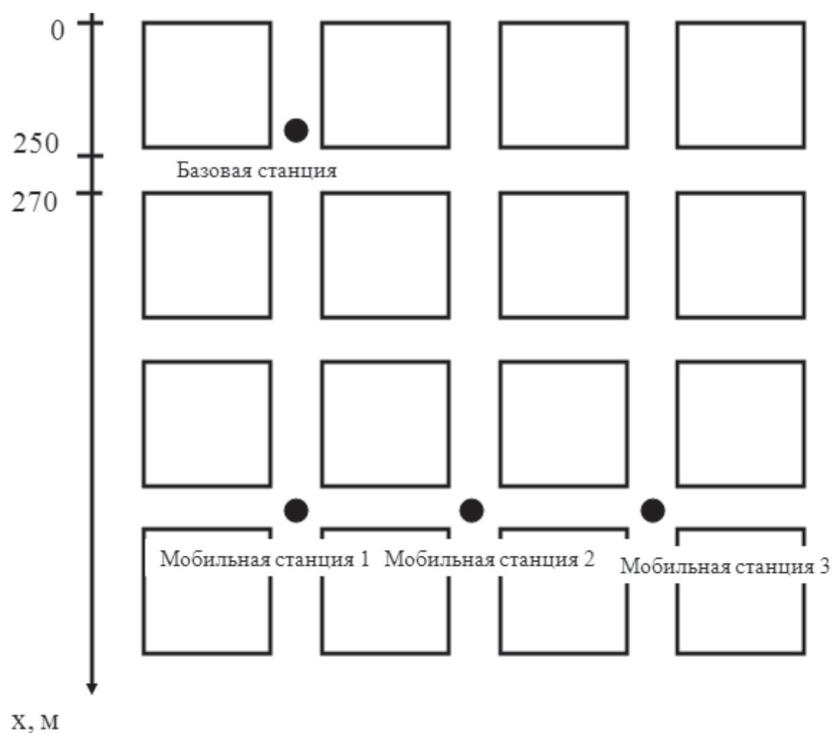


Рис. 1 Схема расположения базовой и мобильных станций в системе связи

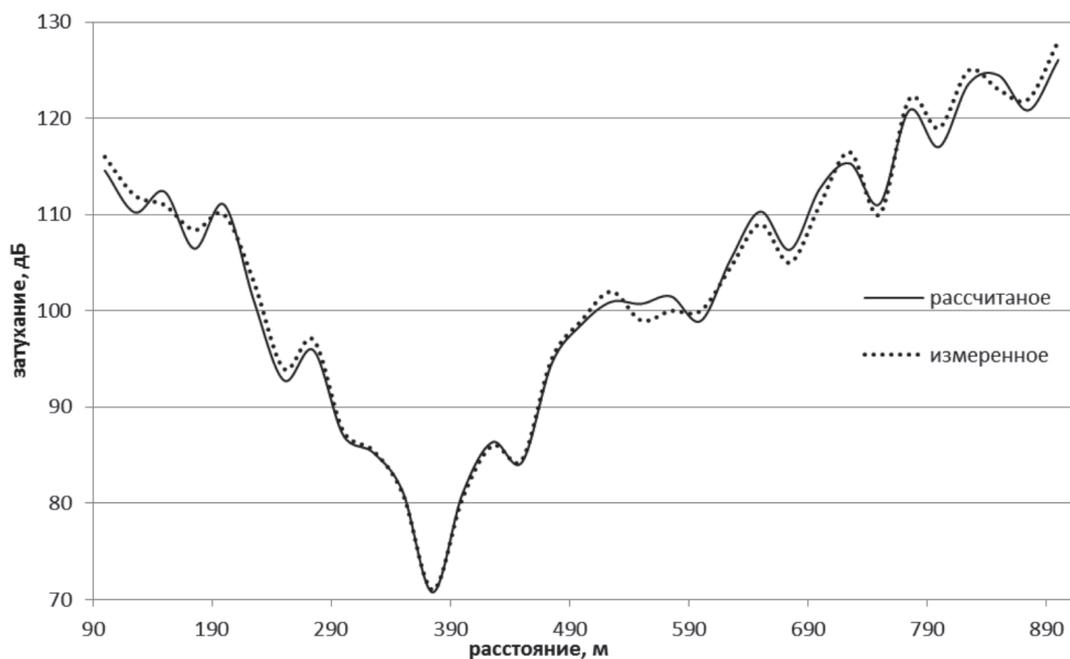


Рис. 2. Результаты сравнения расчетных и экспериментальных данных для мобильной станции 1

Таблица 1

Сравнение экспериментальных и расчетных данных

Координата МС, м	Δ, дБ		
		Координата МС, м	Δ, дБ
100	1,432	550	1,727
125	1,765	575	1,509
150	1,378	600	1,048
175	1,939	625	0,812
200	1,039	650	1,314
225	1,942	675	1,349
250	1,208	700	1,701
275	1,088	725	1,174
300	0,424	750	1,089
325	0,203	775	1,157
350	0,201	800	1,977
375	0,247	825	1,387
400	0,473	850	1,472
425	0,354	875	1,165
450	0,232	900	1,942
475	0,468		

Таблица 2

Сравнение экспериментальных и расчетных данных

Координата МС, м	Δ, дБ	Координата МС, м	Δ, дБ
100	1,965	475	1,978
125	1,411	500	1,009
150	1,977	525	1,619
175	1,475	550	1,315
200	0,911	575	1,429
225	1,055	600	1,228
250	1,315	625	1,646
275	0,587	650	1,296
300	1,025	675	0,943
325	1,109	700	1,562
350	0,528	725	1,505
375	0,094	750	1,874
400	0,281	775	1,129

Таблица 3

Сравнение экспериментальных и расчетных данных

Координата МС	Δ	Координата МС	Δ
100	1,346	375	1,87
125	0,902	400	1,362
150	1,054	425	1,943
175	1,659	450	1,371
200	1,964	475	1,585
225	0,648	500	1,374
250	0,085	525	1,436
275	0,557	550	1,915
300	0,975		

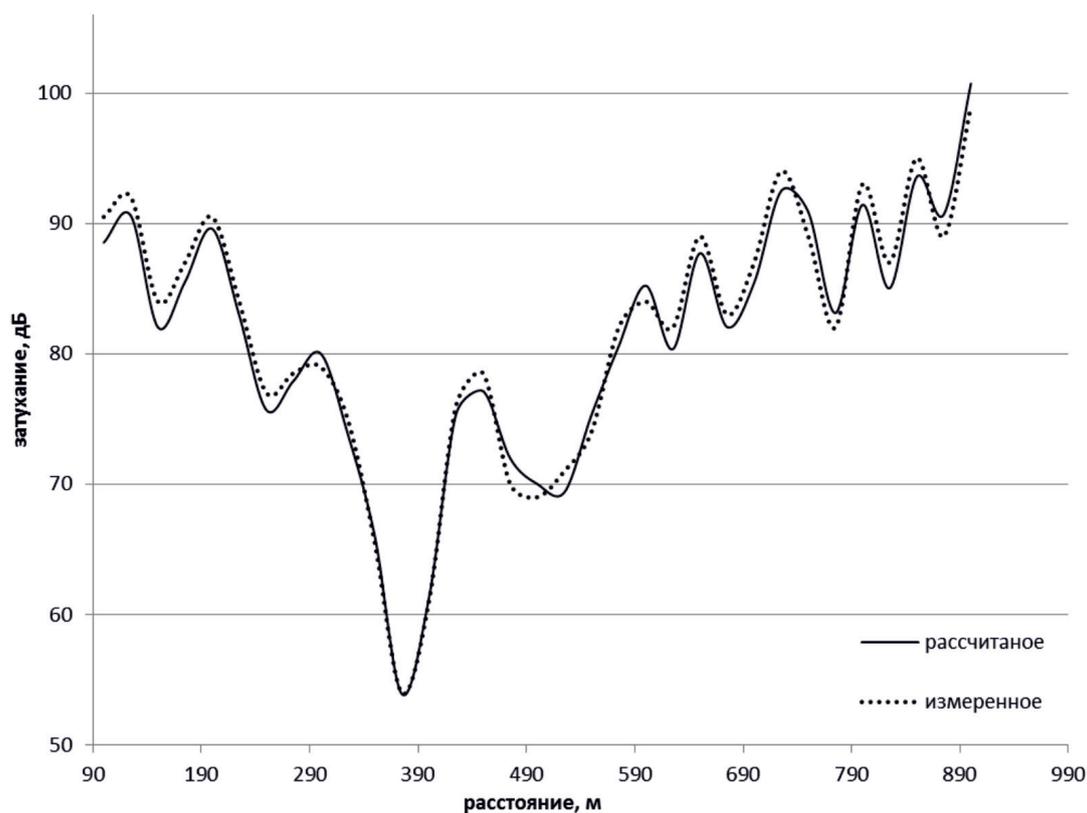


Рис. 3. Результаты сравнения расчетных и экспериментальных данных для мобильной станции 2

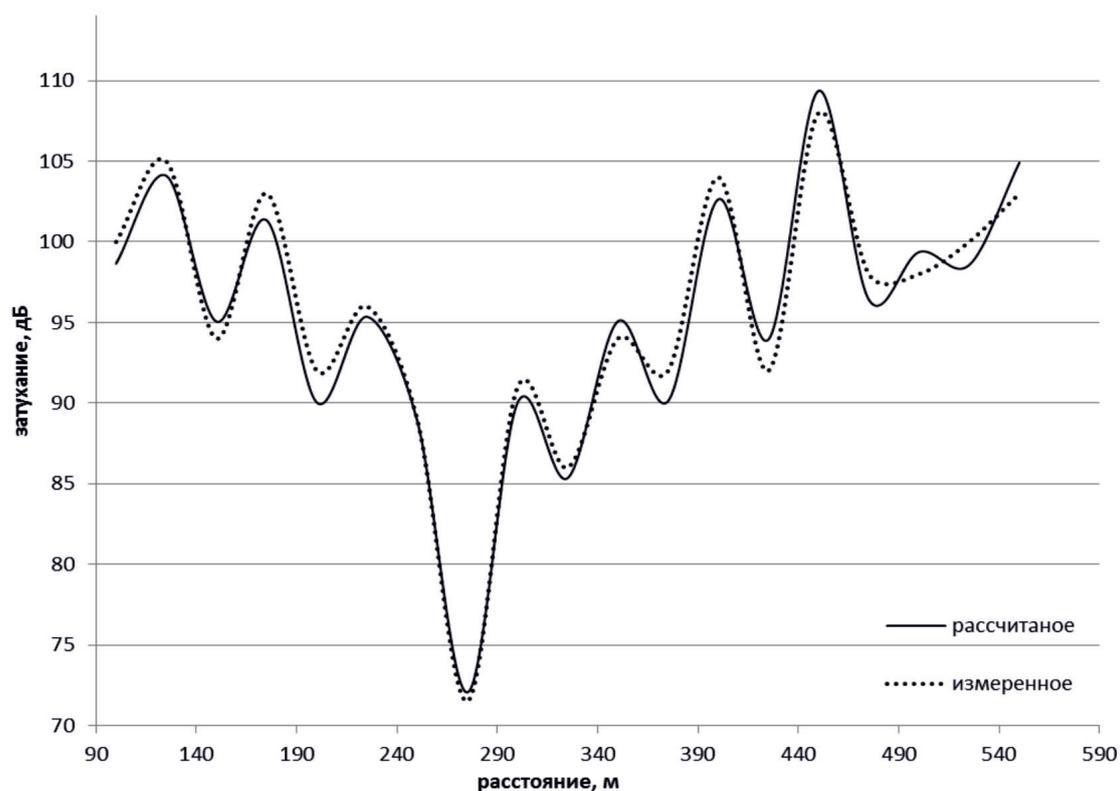


Рис. 4. Результаты сравнения расчетных и экспериментальных данных для мобильной станции 3

Результаты, достигнутые в результате измерений мы должны рассматривать при учете потенциальных помех.

#### Список литературы

1. Аббас Д.Х. Разработка подсистемы САПР для проведения анализа рассеивающих свойств объектов с поглощающими покрытиями на основе фасетной модели / Д.Х. Аббас, А.П. Преображенский // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2017. № 2(17). С. 10.
2. Баутин И.А. Модели распространения радиосигнала WI-FI / И.А. Баутин, А.Г. Юрочкин // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017. № 2 (21). С. 107-112.
3. Гащенко И.А. О моделировании в сотовых системах связи / И.А. Гащенко // Международный студенческий научный вестник. 2016. № 3-2. С. 222-223.
4. Львович И.Я. Разработка информационного и программного обеспечения САПР дифракционных структур и радиолокационных антенн / И.Я. Львович, А.П. Преображенский // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2006. Т. 2. № 12. С. 63-68.
5. Львович И.Я. Разработка принципов построения САПР дифракционных структур и радиолокационных антенн / И.Я. Львович, А.П. Преображенский // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2006. Т. 2. № 12. С. 125-127.
6. Преображенский А.П. Методика прогнозирования радиолокационных характеристик объектов в диапазоне длин волн с использованием результатов измерения характеристик рассеяния на дискретных частотах / А.П. Преображенский, О.Н. Чопоров // Системы управления и информационные технологии. 2004. Т. 14. № 2. С. 98-101.
7. Преображенский А.П. Методы прогнозирования характеристик рассеяния электромагнитных волн / А.П. Преображенский // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2014. № 1 (4). С. 3.
8. Преображенский А.П. Моделирование характеристик рассеяния объектов, в состав которых входят кромки / А.П. Преображенский // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2016. № 2(13). С. 7.
9. Шутов Г.В. Характеристики методов трассировки лучей / Г.В. Шутов // Международный студенческий научный вестник. 2016. № 3-2. С. 238-239.
10. Whittaker J.H. Measurements of Path Loss at 910 MHz for Proposed Microcell Urban Mobile Systems / J.H. Whittaker // IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 37, pp. 125-129, Aug. 1988.