

**DOI: 10.37943/AITU.2020.1.63685****Ye. Bakhtiyarova**

Assistant professor of Department of Radio engineering, electronics and telecommunications

baelag@mail.ru, orcid.org/0000-0001-8735-7683

International Information Technology University, Kazakhstan

**Zh. Suleimen**

Master of Radio engineering, electronics and telecommunications

zhansaya.suleimenova@inbox.ru, orcid.org/0000-0001-8777-6271

Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, Kazakhstan

---

## ASSESSING LTE TECHNOLOGY INTERFERENCE PARAMETERS

**Abstract:** The article is devoted to experimental estimation of interference parameters. The article discusses LTE technology, the main parameters and services of LTE technology, and calculates the internal parameters. Introduction of LTE technology in the Republic of Kazakhstan is currently an urgent topic. LTE technology is one of the most high-speed mobile access technologies. The main advantage of LTE is the so-called “open” Internet access. This means that a mobile network subscriber can access the Internet using the most convenient device at the moment – a mobile phone, PDA, smartphone, or laptop that has the most suitable characteristics for the current exchange of information. It is established that the losses depend on the distance between the transmitter and the antenna. The results obtained during this experiment showed that when using cellular communication equipment in the service area with a radius of about 1.9 km, communication in the direction of the AC-BS will be established at 90% of the time and places with a signal-to-noise ratio at the receiver output is no worse 16 dB As can be seen from the calculations, LTE technology provides effective radio coverage and can operate at high speeds, for subscribers located in the center and at the cell border to have a fairly good signal level.

**Key words:** mobile communications, LTE technology, interference assessment, internal interference.

**Бахтиярова Е.А.**

Доцент кафедры Радиотехники, электроники и телекоммуникаций  
baelag@mail.ru, orcid.org/0000-0001-8735-7683  
Международный университет информационных технологий,  
Казахстан

**Сулеймен Ж.К.**

Магистрант по специальности «Радиотехники, электроники и телекоммуникаций»  
zhansaya.suleimenova@inbox.ru, orcid.org/0000-0001-8777-6271  
Казахская академия транспорта и коммуникации  
им. М. Тынышпаева, Казахстан

## ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ПОМЕХ ТЕХНОЛОГИИ LTE

**Аннотация:** Статья посвящена оценке параметров помех экспериментальным путем. В статье рассмотрены технология LTE, основные параметры и услуги технологии LTE, проведен расчет внутренних параметров. Установлено, что потери зависят от расстояния между передатчиком и антенной. Результаты, полученные в ходе проведения данного эксперимента, показали, что при использовании аппаратуры сотовой связи в зоне обслуживания радиусом порядка 1,9 км связь в направлении АС-БС будет устанавливаться в 90% времени и мест с отношением сигнал/шум на выходе приемника не хуже 16 дБ. Как видно из расчетов, технология LTE обеспечивает эффективное радио покрытие и может работать с высокими скоростями для абонентов, находящихся в центре и на границе соты иметь достаточно хороший уровень сигнала.

**Ключевые слова:** мобильная связи, технология LTE, оценка помех, внутренние помехи.

Внедрения технологии LTE (Long-Term Evolution с англ. – долговременное развитие) в Республике Казахстан на сегодняшний день является актуальной темой. Технология LTE – это одна из самых высокоскоростных технологий мобильного доступа. Основным преимуществом LTE является так называемый «открытый» интернет-доступ. Это означает, что абонент сети мобильной связи может выходить в интернет с помощью наиболее удобного для него в данный момент устройства – мобильного телефона, КПК, смартфона, ноутбука, имеющих наиболее подходящие для текущего обмена информацией характеристики. Сети LTE запущены более чем в 100 странах мира, общее число пользователей LTE в мире на конец октября составило порядка 135 млн., основная доля которых приходится на США, Южную Корею и Японию [1].

Скорость в сетях LTE заявлена: 326,4 Мбит/с на приём и 172,8 Мбит/с на отдачу данных. По мировым стандартам технологически доступная максимальная скорость сети LTE может достигать 100 Мбит/с – downlink (скорость получения) и 50 Мбит/с – uplink (скорость передачи данных). Средняя скорость зависит от таких факторов, как близость к базовой станции и загрузка канала [2].

Радиус действия установленной базовой станции LTE может различаться в зависимости от используемых частот, мощности сигнала и радиоусловий в каждом отдельном случае. Как правило, этот показатель составляет около 5 километров, однако при достаточном поднятии антенны и мощности сигнала может достигать 30 и даже 100 километров.

Наряду с пакетной передачей речи основными услугами являются следующие:

- передача интернет файлов (web-browsing);
- доставка электронной почты;

- мультимедийные сообщения (MMS, Multimedia Messaging Service), в том числе, мультимедийное вещание;
- потоковое видео (streaming);
- интерактивные игры в реальном времени.

В связи с возрастающим количеством сетей, использующих беспроводную связь, актуальным стал вопрос о влиянии условий распространения радиоволн на работу мобильных абонентов. При этом возникает ряд проблем, связанных с влиянием препятствий на пути распространения сигналов, а также в связи с многолучевым распространением сигналов и большим количеством переотражений.

На уровень мощности сигнала на приеме влияют многие условия окружающей среды, различные преграды, расположенные на пути распространения сигнала, а большинство существующих математических моделей описания данных влияний были сделаны во времена аналоговой связи для частот до 2 ГГц [3].

Для проведения эксперимента необходимо снять параметры базовой станции, рассматриваемой соты сети LTE, размещенной между улицами Ержанова и Пугачева.

В таблице 1.1 показаны основные параметры технологии LTE [4].

Таблица 1.1 – Основные параметры технологии LTE

Технология множественного доступа	- прямой канал (Downlink – DL) – OFDMA; - обратный канал (Uplink – UL) – SC-FDMA;
Рабочий диапазон частот	450 МГц; 700 МГц; 800 МГц; 1800 МГц; 2,1 ГГц; 2,4 - 2,5 ГГц; 2,6 - 2,7 ГГц.
Битовая скорость	- прямой канал (DL) MIMO 2TX×2RX: 50 - 100 - 300 Мбит/с; - обратный канал (UL): 10 - 50 - 172,8 Мбит/с.
Ширина полосы радиоканала	1,4 – 20 МГц
Радиус ячейки	5 – 30 км
Емкость ячейки (количество обслуживаемых абонентов)	- более 200 пользователей при полосе 5 МГц; - более 400 пользователей при полосе больше 5 МГц
Мобильность	скорость перемещения до 250 км/ч
Параметры MIMO	- прямой канал (DL): 2TX×2RX, 4TX×4RX; - обратный канал (UL): 2TX×2RX
Поддерживаемые типы модуляции	- прямой канал (DL): 64 QAM, QPSK, 16 QAM; - обратный канал (UL): QPSK, 16 QAM

Высоту зданий можно оценивать по числу этажей, полагая для типовых зданий 3м на этаж. Тогда высота четырехэтажного дома составляет 12м. Если считать, что абонентская станция находится на высоте 3м над землей, то для улиц, застроенных четырехэтажными зданиями,  $\Delta h_m = 10,5$ м. Для двенадцатиэтажной застройки  $\Delta h_m = 34,5$ м.

Известно, что действующая длина приемной антенны (действующая высота) – коэффициент, который связывает напряженность электрического поля в месте расположения антенны с напряжением на ее согласованной нагрузке. При согласовании волнового сопротивления фидера с входным сопротивлением приемного устройства, напряжение сигнала на входе приемного устройства.

$$U = I_d \times E \quad (1)$$

где  $U$  – напряжение сигнала на входе приемного устройства, мкВ;  $I_d$  – действующая длина антенны, м;  $E$  – напряженность поля, мкВ/м.

Уровень собственных шумов приемника, приведенных к точке приема, найдем по формуле:

$$N_{\text{соб}} = \frac{U_{\text{шпр}}}{l_d} \quad (2)$$

где  $N_{\text{соб}}$  – уровень собственного шума приемника, приведенного к точке приема, мкВ/м;  
 $U_{\text{шпр}}$  – уровень собственного шума приемника, приведенного к входу приемника, мкВ.

$$N_{\text{соб}} = 0,375, \text{мкВ}. \quad (4)$$

$U_{\text{шпр}}$  можно найти, используя отношение сигнал/шум на входе приемника и его чувствительность.

$$(S/N)_{\text{вх}} = \frac{\left(\frac{S}{N}\right)_{\text{вых}} \times F_{\text{max}}}{\Delta f \times \sqrt{3}} \quad (3)$$

где  $(S/N)_{\text{вх}}$  – отношение сигнал/шум на входе приемника, соответствующее заданному отношению на выходе, отн.ед;  $(S/N)_{\text{вых}}$  – отношение сигнал/шум на выходе приемника, отн.ед. (дано 16 дБ = 39.8 отн.ед);  $F_{\text{max}}$  – максимальная звуковая частота модуляции, кГц;  $\Delta f$  – величина девиации, кГц.

$$(S/N)_{\text{вх}} = \frac{\left(\frac{S}{N}\right)_{\text{вых}} \times F_{\text{max}}}{\Delta f \times \sqrt{3}} = \frac{39,8 \times 3,5}{24 \times \sqrt{3}} = 3,35$$

В связи с тем, что порог исправляющей способности при ЧМ нельзя определить расчетным путем и учитывая запас на ретрансляцию, величину  $(S/N)_{\text{вх}}$  в любом случае не следует принимать менее 8 дБ (2.51 отн.ед).

Уровень собственных шумов, приведенных к входу приемника:

$$U_{\text{шпр}} = \frac{G_{\text{пр}}}{(S/N)_{\text{вх}}} \quad (4)$$

где  $G_{\text{пр}}$  – чувствительность приемника, мкВ.

$$U_{\text{шпр}} = \frac{0,2}{2,51} = 0,09, \text{мкВ}.$$

Действующая длина антенны, м:

$$l_d = \frac{\lambda \times \sqrt{1,64 \times \varepsilon_{\text{пр}} \times W_{\phi} \times \eta_{\text{АТФ}} / 120}}{2\pi} \quad (5)$$

$$l_d = \frac{0,34 \times \sqrt{1,64 \times 63,1 \times 50 \times 0,64 / 120}}{2\pi} = 0,24$$

где  $\lambda$  – средняя длина волны сигнала, м;  $\varepsilon_{\text{пр}}$  – коэффициент усиления по мощности антенны приемника, отн.ед;  $W_{\phi}$  – волновое сопротивление фидера, Ом;  $\eta_{\text{АТФ}}$  – коэффициент полезного действия (КПД) антенно-фидерного тракта приемной антенны, отн.ед.

КПД антенно-фидерного тракта БС можно найти, зная формулу расчета затухания сигнала на приеме:

$$\alpha_{\text{АТФпр}} = \alpha_{\text{АТФ}} + (l\alpha)_{\text{пр}} - G_{\text{ЛПР}} \quad (6)$$

где  $\alpha_{\text{АТФпр}}$  – затухание сигнала на прием вАФТ БС, дБ;  $\alpha_{\text{АТФ}}$  – затухание в дуплексном фильтре, дБ;  $(l\alpha)_{\text{пр}}$  – затухание в кабеле, дБ;  $G_{\text{1УР}}$  – коэффициент усиления приемного устройства соединения, дБ.

Находим затухание сигнала на прием вАФТ БС сотовой сети по формуле (1)

$$\alpha_{\text{АТФпр}} = 0.8 + 3.14 - 2 = 1.94$$

КПД антенно-фидерного тракта приемной антенны определяем по формуле:

$$\eta_{\text{АТФ}} = 10^{-0.1 \cdot \alpha_{\text{АТФпр}}} \quad (7)$$

где  $\eta_{\text{АТФ}}$  – коэффициент полезного действия (КПД) антенно-фидерного тракта приемной антенны, отн.ед.;  $\alpha_{\text{АТФпр}}$  – затухание сигнала на прием в антенно-фидерном тракте БС, дБ.

$$\eta_{\text{АТФ}} = 0.64$$

Определим уровень суммарного шума в точке приема по формуле:

$$N_{\text{ш}} = 10 \lg (N_{\text{внеш}}^2 + N_{\text{соб}}^2), \quad (8)$$

где  $N_{\text{ш}}$  – уровень шумов в точке приема, дБ/мкВ/м;  $N_{\text{внеш}}$  – уровень внешних шумов в точке приема, мкВ/м;  $N_{\text{соб}}$  – уровень собственного шума приемника, приведенного к точке приема.

$$N_{\text{ш}} = 10 \lg (1.01^2 + 0.38^2) = 0.66$$

Если принять, что помехи приходят равномерно со всех направлений, то расчетное значение уровня помех можно определить по формуле:

$$N_{\text{1внеш}} = \frac{\overline{E_{1 \text{ ш. таб}}}}{\sqrt{D_{1 \text{ пр}}}}, \quad (9)$$

где  $N_{\text{1внеш}}$  – уровень внешних шумов в точке приема, мкВ/м;  $\overline{E_{1 \text{ ш. таб}}}$  – уровень помех, рекомендуемый для расчета (показатель помеховой обстановки для БС), принимают 1,5 мкВ/м;  $D_{1 \text{ пр}}$  – коэффициент направленного действия (КНД) антенной системы БС, отн.ед.  $D_{1 \text{ пр}} = 3,4$  дБ (2.19 раз).

Приняв = 1.5 мкВ/м, можно найти уровень внешних шумов по формуле (9)

$$N_{\text{1внеш}} = \frac{1.5}{\sqrt{2.19}} = 1.01 \text{ мкВ/м.}$$

По графику МКРП для высоты установки антенны БС 30 м радиус зоны обслуживания составит  $R = 1,9$  км.

Расчет производился для уровня напряженности внешних помех в месте расположения БС, равного 1,5 мкВ/м.

### Выводы

В ходе проведения эксперимента и на основе последующего анализа полученных результатов, были обнаружены такие факты, что потери зависят от расстояния между передатчиком и антенной.

Результаты, полученные в ходе проведения данного эксперимента, показали, что при использовании аппаратуры сотовой связи в зоне обслуживания радиусом порядка 1,9 км связь в направлении АС-БС будет устанавливаться в 90% времени и мест с отношением сигнал/шум на выходе приемника не хуже 16 дБ.

### Литература

1. Тихвинский А.О., Нургожин Б.И., Айтмагамбетов А.З. Сети мобильной связи от 4Gк 5G: технологии, приложения и регулирование // Казахстан: «Ак-Шагыл», Алматы, 2014. – 372 с.
2. Вишневский В.М., Портной С.Л., Шахнович И.В. // Энциклопедия LTE. Путь к 4G. – М.: Техносфера, 2009. – 156 с.
3. Шахнович И.П. Современные технологии беспроводной связи. - М.: Мир связи, 2009 –192 с.
4. Тихвинский В.О., Тереньтев С.В. Управление и качество услуг в сетях GPRS/UMTS. – М.: Эко-Трендз, 2007.

### Reference

1. Tihvinskij A.O., Nurgozhin B.I., Ajtmagambetov A.Z. Seti mobil'noj svjazi ot 4Gk 5G: tehnologii, prilozhenija i regulirovanie // Kazahstan: «Ak-Shagyl», Almaty, 2014. – 372 p.
2. Vishnevskij V. M., Portnoj S. L., Shahnovich I. V. // Enciklopedija LTE. Put' k 4G. – M.: Tehnosfera, 2009. – 156 s.
3. Shahnovich I.P. Sovremennye tehnologii besprovodnoj svjazi. – M.: Mir svjazi, 2009. – 192 p.
4. Tihvinskij V.O., Teren'tev S.V. Upravlenie i kachestvo uslug v setjah GPRS/UMTS. – M.: Eko-Trendz, 2007.