

УДК 654.16

## СРАВНЕНИЕ СОТОВЫХ ТЕРМИНАЛОВ ПО УСТАНОВЛИВАЕМОЙ ДЛЯ ИЗЛУЧЕНИЯ МОЩНОСТИ

В.А. АКСЕНОВ, С.В. СМОЛЯК

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь**Поступила в редакцию 1 ноября 2021*

**Аннотация.** Предлагается методика экспериментального сравнения сотовых терминалов с точки зрения потенциальной опасности их радиоизлучения для здоровья человека. Для нескольких моделей смартфонов представлены результаты измерений устанавливаемой ими для излучения мощности в условиях реальной сотовой сети.

**Ключевые слова:** SAR, пилотные сигналы, логические каналы, петля регулирования мощности излучения, деградация чувствительность приемника.

### Введение

Повсеместное использование мобильных терминалов сотовой и иной радиосвязи, появлении новых стандартов такой связи, использующих все более высокие частоты для своей работы, вызывает резонную озабоченность общественности степенью опасности этих устройств для здоровья человека. Наиболее популярной численной метрикой для измерения величины вредного воздействия мобильных телефонов на человека, рекомендованной, в частности, Международным союзом электросвязи (ITU), является SAR (англ. Specific Absorption Rate), или удельный коэффициент поглощения. SAR измеряется в ваттах на килограмм, в пересчете на 1 грамм тканей в США, и в пересчете на 10 граммов тканей в Евросоюзе. Как альтернативный вариант, например, в России используется своя система измерения излучаемой мощности в ваттах на квадратный сантиметр.

С самого своего появления научная состоятельность и методика измерения SAR вызывают шквал критики с разных сторон. Показательно, что к этой критике подключился даже ITU. Приведем цитату из рекомендаций [1] этой организации: «Безопаснее ли мобильные телефоны с низким SAR? Нет. Отклонения в максимальном сообщенном SAR отражают различные технические параметры, такие как используемая антенна и ее размещение внутри устройства. Однако эти различия не означают, что существуют различия в безопасности. SAR разработан для демонстрации соблюдения соответствующих национальных или международных ограничений».

После таких комментариев становится понятным, что вопрос об оценке вредного воздействия мобильных телефонов на человека остается открытым.

### Методики сравнительного анализа терминалов в условиях реальной сети

Важнейший пункт критики методики измерения SAR – оторванность выполняемых в лабораторных условиях измерений от особенностей функционирования терминалов в реальной сотовой (или иной) радиосети. Но возможно-ли какое-либо численное сравнение потенциальной опасности для здоровья человека мобильных терминалов, работающих в реальной сети?

Для выяснения этого были проведены опыты по наблюдению за выбираемой мощностью радиоизлучения, устанавливаемой смартфонами разных моделей при их работе в реальной сети, но при фиксированной геометрии расположения радиосредств. Схема эксперимента показана на рис. 1. Эксперименты были выполнены при технической помощи сотрудников сотового оператора А1. Измерения проводились в центральном офисе компании, где имеется indoor-

покрытие в стандарте сотовой связи 3G UMTS на частоте диапазона 2100 МГц. Для измерений использовался профессиональный аппаратно-программный комплекс семейства TEMS фирмы Erickson.



Рис. 1. Схема эксперимента по наблюдению за устанавливаемой мощностью излучения

Комплекс TEMS позволяет считывать все системные инструкции и измерения, которые смартфон принимает или выполняет. В частности, это величины, используемые при работе так называемой открытой петли регулирования мощности в UL (UL open-loop Power Control). В оригинальном именовании, принятом в стандартах UMTS [2], это измеренный уровень мощности пилотных сигналов базовой станции *CPICH RSCP* (Common Pilot Channel Received Signal Code Power) и устанавливаемая смартфоном начальная мощности на передачу *Initial PRACH Tx power*, или мощности преамбулы логического канала случайного доступа PRACH (Physical Random Access Channel). Алгоритм открытой петли регулирования мощности очень прост: чем меньше будет измеренный *CPICH RSCP* (в дБм с минусом), тем более высокую мощность на передачу *Initial PRACH Tx power* установит смартфон для обращения к базовой станции.

Вычисление начальной мощности осуществляется по формуле

$$Initial\ PRACH\ Tx\ power = Primary\ CPICH\ Tx\ power - CPICH\ RSCP + Uplink\ Interference + Constant\ value,$$

где *Primary CPICH Tx power* – мощность пилотного сигнала на передаче (на стороне базовой станции); *CPICH RSCP* – измеряемое мобильной станцией значение мощности пилотного сигнала на приеме (на стороне мобильной станции); *Uplink Interference* – интерференция в канале UL, или иначе RTWP (Received Total Wideband Power), которая измеряется базовой станцией; *Constant value* – константа, призванная учесть тот факт, что сигналы базы и мобильной станции передаются в разных частотных полосах (частотный дуплекс).

Величины *Primary CPICH Tx power*, *Uplink Interference* и *Constant value* передаются базовой станцией всем мобильным терминалам в соте по широковещательному логическому каналу BCH (Broadcast Channel). В соответствии со стандартом UMTS [2], эти параметры принимают значения, показанные в табл. 1.

Табл. 1. Значения параметров для установки начальной мощности

Параметр	Диапазон значений, дБм	Точность установки, дБм	Типовое значение на сети, дБм
<i>Primary CPICH Tx power</i>	от -10 до +50	1	+19
<i>Uplink Interference</i>	от -110 до -70	1	-105
<i>Constant value</i>	от -35 до -10	1	-20

Изменение текущего значения *CPICH RSCP* в условиях фиксированного расстояния до антенны базовой станции обусловлено следующими причинами. Это влияние работы в открытой сотовой сети, где рядом работают другие соты с такими-же пилотными сигналами и на той-же частоте. Присутствует переменная многолучевость как в данной соте, так и у соседей, вызванная перемещением всевозможных отражателей (люди, машины, иные объекты). Сказывается влияние пульсирующего трафика сот. В результате, эффект изменения уровня принимаемого терминалом *CPICH RSCP* принято называть «зашумлением пилотных сигналов».

Далее для сокращения записей будем использовать обозначения *RSCP* и *Tx*, соответственно, для измеряемой мощности пилотов и устанавливаемой мощности на передачу.

### Результаты измерений устанавливаемой для излучения мощности

Ниже анализируются результаты опытов для смартфонов Samsung Note4 и Samsung Galaxy S6. В эксперименте проводилась запись *RSCP* и *Tx* один раз в секунду.

В качестве примера на рис. 2 и рис. 3 показаны результаты записи *RSCP* и *Tx* для смартфона Samsung Note4. На графики нанесена линия скользящего среднего по результатам 50-ти измерений (красная сплошная линия) и приведены значения глобального среднего арифметического значения измеряемых величин.

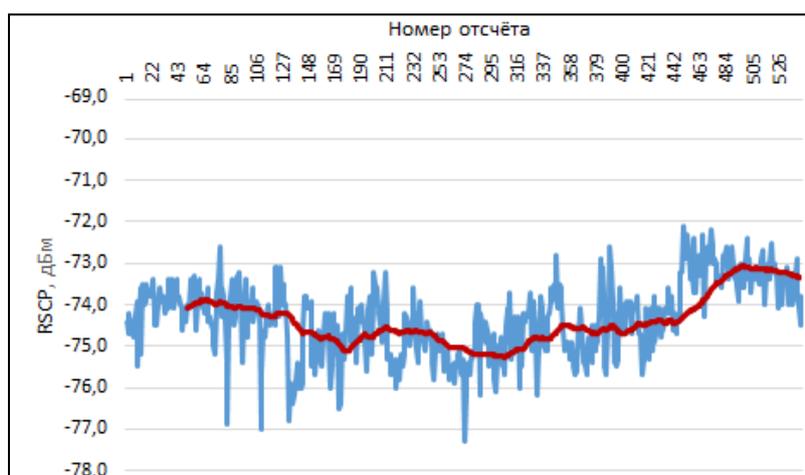


Рис. 2. Результаты измерений *RSCP* смартфоном Samsung Note4 (среднее значение  $-74,3$  дБм)

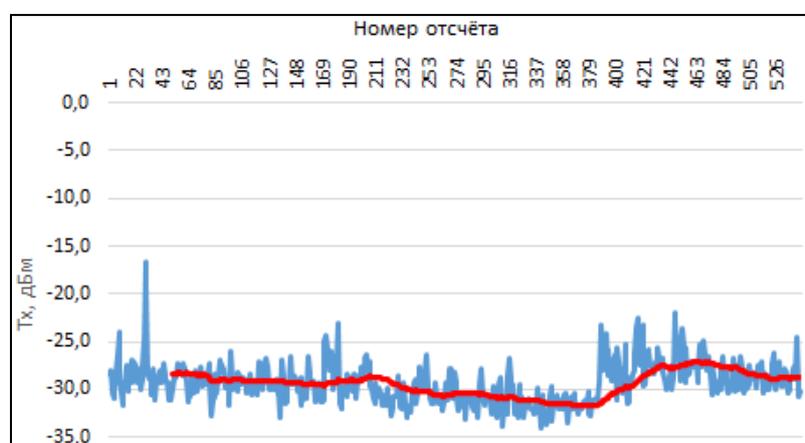


Рис. 3. Установленная мощность на передачу *Tx* у Samsung Note4 (среднее значение  $-29,6$  дБм)

Для удобства анализа средние значения для двух смартфонов сведены в табл. 2. Находясь в условиях фиксированной дальности до антенны базовой станции, смартфоны уверенно измерили и установили на передачу существенно разные уровни.

Табл. 2. Сравнение результатов измерений

Модель смартфона	Среднее $RSCP$	Среднее $Tx$
Samsung Note4	-74,3 дБм	-29,6 дБм
Samsung Galaxy S6	-80,9 дБм	-16,8 дБм
Разница в значении	6,6 дБ	12,8 дБ

Бросается в глаза, что разница в значении  $Tx$  практически равна удвоенному значению разницы в  $RSCP$ . Можно утверждать, что смартфон Samsung Galaxy S6 имеет устойчивую деградацию чувствительности своей антенны (и приемника в целом) приблизительно на 6 дБ в сравнении с Samsung Note4. Другими словами, этот аппарат сначала на 6 дБ «ошибается» в вычислении уровня пилотных сигналов, а затем еще раз добавляет эту ошибку в устанавливаемое значение для мощности передачи. Уместна жизненная аналогия: глухой человек старается громче разговаривать. В результате, можно с большой долей достоверности утверждать, что смартфон Samsung Galaxy S6 всегда будет пытаться излучать большую мощность, чем сравниваемый с ним Samsung Note4. Соответственно, он будет потенциально более опасен для здоровья пользователя.

С причинами деградации эффективности антенн и чувствительности приемников смартфонов можно ознакомиться, например, в [3, 4].

### Заключение

Таким образом, показана работоспособность методика оценки степени опасности мобильных терминалов здоровью человека, основанная на накоплении и усреднении значений  $RSCP$  и  $Tx$  в условиях фиксированного месторасположения этих терминалов в реальной сети.

Отметим, что в других стандартах сотовой и иной цифровой беспроводной связи, терминалами также используется алгоритм «меряю тестовый сигнал – устанавливаю мощность». Поэтому и для них предлагаемая методика будет продуктивной.

## COMPARISON OF CELLULAR TERMINALS IN POWER INSTALLED FOR RADIATION

V.A. AKSYONOV, S.V. SMOLYAK

**Abstract.** A method is proposed for the experimental comparison of cellular terminals from the point of view of the potential danger of their radio emission for human health. For several models of smartphones, the results of measurements of the power set by them to radiate under the conditions of a real cellular network are presented.

**Keywords:** SAR, pilot signals, logical channels, power control loop, receiver sensitivity degradation.

### Список литературы

1. K series – Supplement 1 (05/2020) to ITU-T K-series Recommendations. ITU-T K.91 – Guide on electromagnetic fields and health. Page 17. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.itu.int/rec/T-REC-K.Sup1-202005-S/en>.
2. 3GPP Technical Report TR 25.951 V11.0.0 (2012-09) [Электронный ресурс]. URL: [http://www.arib.or.jp/english/html/overview/doc/STD-T63v10\\_60/5\\_Appendix/Rel11/25/25951-b00.pdf](http://www.arib.or.jp/english/html/overview/doc/STD-T63v10_60/5_Appendix/Rel11/25/25951-b00.pdf).
3. Pedersen G.F. Mobile Phone Antenna Performance 2018. Institut for Elektroniske Systemer, Aalborg Universitet. [Электронный ресурс]. URL: <https://vbn.aau.dk/ws/portalfiles/portal/292015653/MobilephoneTest2018Dec19.pdf>.
4. Khan R. [et al.] User Influence on Mobile Terminal Antennas: A Review of Challenges and Potential Solution for 5G Antennas. [Электронный ресурс]. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/188365752.pdf>.