

УДК 621.396.6

*Т.І. Долгова, д-р техн. наук, М.Ю. Іконніков, канд. техн. наук  
(Україна, Дніпропетровськ, Державний ВНЗ «НГУ»)*

## **ОЦІНКА УМОВ ПРАЦІ КОРИСТУВАЧІВ МОБІЛЬНИХ ТЕРМІНАЛІВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ**

Вже не одне десятиліття ведуться дослідження впливу електромагнітних полів на живі організми. Сьогоднішній рівень електромагнітного фону Землі перевищує природний у 200000 разів.

Інтенсивне використання електромагнітної та електричної енергії в сучасному інформаційному суспільстві призвело до того, що в ХХ столітті виник і сформувався новий значущий фактор забруднення навколишнього середовища – електромагнітний. До його появи призвів розвиток сучасних технологій передачі інформації та енергії, дистанційного контролю та спостереження, а також розвиток ряду технологічних процесів.

Всесвітньою організацією охорони здоров'я (ВОЗ) у 1995 році офіційно було введено термін «глобальне електромагнітне забруднення навколишнього середовища». ВОЗ включила цю проблему до переліку пріоритетних для людства, підкреслила її актуальність і велике значення.

Базовим фактором, що визначає ступінь впливу електромагнітної енергії на людину, є її сумарний рівень від усіх джерел у житловій зоні.

У деяких країнах допустимі рівні від базових станцій мобільного зв'язку суттєво різняться. Так, в Україні – 2,5 мкВт/см<sup>2</sup> (найжорсткіша санітарна норма в Європі); в Росії, Угорщині – 10 мкВт/см<sup>2</sup>; в США, Скандинавських країнах – 100 мкВт/см<sup>2</sup>.

Проаналізуємо вихідні потужності, що випромінюються мобільними терміналами (телефонами, модемами, роутерами та ін.), котрі підтримують GSM, UMTS, LTE, Bluetooth, Wi-Fi.

*Телефони.* Тема випромінювання базових станцій викликає явний інтерес користувачів телефонів. Однак базові станції (БС), як правило, знаходяться далеко від нас – змонтовані на вишках і будівлях. А мобільні телефони, планшети та інші мобільні термінали, які теж є джерелами радіовипромінювань, ми носимо із собою і навіть прикладаємо до вуха під час розмови. На жаль, тема випромінювання мобільних телефонів вже обросла безліччю помилкових тверджень щодо шкідливого їх впливу, які породжені іноді некомпетентністю, а іноді і створені навмисно, можливо навіть з неблагородними цілями.

Спочатку розглянемо нормативи на випромінювання мобільних терміналів GSM- UMTS- LTE, і як відбувається керування вихідною потужністю в мережах, заснованих на цих технологіях радіодоступу.

Оскільки і нормативи на вихідну потужність, і керування вихідною потужністю різні для різних технологій радіодоступу, то розглянемо кожен технологію окремо.

У стандартах GSM 05.05 та 3GPP - ETSI TS 45.005 передбачено декілька класів мобільних терміналів з різною максимальною вихідною потужністю від 8 до 0,8 Вт. Однак на практиці, в даний час, мобільні термінали випускаються тільки з вихідною потужністю до 2 Вт у діапазоні GSM 900 та до 1 Вт в діапазоні GSM 1800 (DCS 1800).

Доречно ще згадати, що в мережі GSM використовується частотно – часовий принцип поділу каналів (FDMA/TDMA). Передавач мобільного термінала випромінює в певній смузі частот, але випромінює не безперервно, а лише протягом певних періодів часу (таймслотів). У режимі розмови, випромінювання відбувається лише в один інтервал з 8 (або з 16, якщо використовується режим Half Rate – стандарт кодування мови для мереж GSM. Швидкість передачі даних – 5,6 кбіт/с, займає половину пропускної спроможності Full Rate каналу), а значить, усереднена вихідна потужність термінала, для найбільш поширених пристроїв, не буде перевищувати 250 мВт (125 для HR) і 125 мВт (63 для HR) в діапазонах GSM 900 і GSM1800 відповідно.

Крім обмеження на максимальну вихідну потужність, стандарти передбачають можливість регулювання вихідної потужності передавача термінала GSM за командами базової станції з кроком 2 дБ.

Насамперед, кожна базова станція GSM на каналі керування передає «системну інформацію», яка вказує телефону максимальну вихідну потужність, яку мобільний термінал може використовувати на початку сеансу зв'язку доти, доки БС не прийме на себе керування вихідною потужністю передавача термінала. Налаштування саме цього параметра стільниковими операторами зробило не логічним виготовлення телефонів з потужними передавачами.

Після обміну інформацією базова станція починає вимірювати рівень сигналу, що приймається нею від конкретного термінала і, намагаючись підтримувати рівень сигналу в оптимальному діапазоні, спеці-

альними командами регулює вихідну потужність передавача терміналу. Тим самим досягаються відразу кілька позитивних ефектів:

- за рахунок зниження вихідної потужності передавача терміналу економиться енергія його батареї і збільшується час автономної роботи;
- зменшується вплив випромінювання терміналу на власника або інші біологічні об'єкти, розташовані поблизу;
- створюються умови для оптимального режиму роботи приймача базової станції, виключається перевантаження вхідних ланцюгів при знаходженні терміналу поблизу базової станції.

Звичайно, у разі погіршення сигналу в приймачі БС, вона скомандує терміналу збільшити вихідну потужність, і далі буде регулювати її так, щоб підтримувати оптимальні умови передачі інформації.

Найбільш поширені зараз мобільні термінали UMTS мають вихідну потужність 250 мВт.

Однак у мережах UMTS керування вихідною потужністю мобільних терміналів відбувається інакше, ніж у мережах GSM. Мобільні термінали UMTS, які обслуговуються в межах одного і того ж сектора, приймають і передають інформацію в одній і тій самій смузі частот. Якби мобільний термінал UMTS діяв так само, як і в мережі GSM, то в початковий момент він створював би дуже сильні перешкоди, що заважали б БС приймати сигнали інших терміналів, які обслуговуються у тій самій смузі частот. Щоб підтримувати найменший рівень перешкод на вході приймачів БС, в UMTS передбачені більш жорсткі вимоги до керування вихідною потужністю терміналів. Це стосується і точності регулювання вихідної потужності (крок зміни може досягати 1 дБ у порівнянні з 2 дБ у GSM), так і частоти регулювання – в UMTS вона дорівнює 1500 разів на секунду.

Щоб не створювати перешкод на початковій стадії встановлення з'єднання, передача починається з невеликого рівня, який розраховується мобільним терміналом виходячи з рівня прийнятого сигналу базової станції, – чим вище рівень прийнятого сигналу, тим менше вихідна потужність терміналу при початку сеансу. Якщо базова станція не відповіла, то мобільний термінал повторює запит з трохи вищим рівнем сигналу, поки не отримає відгук БС або вичерпає максимальну кількість спроб, запропонованих базовою станцією в системній інформації. Після встановлення з'єднання вже БС своїми командами ретельно регулює вихідну потужність передавача терміналу UMTS, підтримуючи її на мінімально необхідному рівні.

Крім основного передавача сучасні мобільні термінали можуть мати у своєму складі пристрої Bluetooth і Wi - Fi, які теж можуть випромінювати радіосигнали, тому в контексті теми доречно звернути увагу і на ці джерела радіовипромінювань.

Пристрої Bluetooth передбачають роботу в діапазоні частот, виділеному для промислових, наукових і медичних цілей (ISM) 2,4000 – 2,4835 ГГц. Хоча пристрої Bluetooth можуть використовувати різні способи модуляції, значення вихідних потужностей знаходяться в діапазоні від 0,25 до 100 мВт та не повинні перевищувати їх у будь-яких випадках.

Регулювання вихідної потужності передавача в обов'язковому порядку має бути монотонним з кроком від 8 до 2 дБ. Призначення такого регулювання – запобігти перевантаженню вхідних каскадів пристроїв партнера, що знаходиться поруч, та оптимізувати витрату енергії батареї.

Таким чином, максимальні вихідні потужності пристроїв Bluetooth в багатьох випадках нижче, ніж вихідні потужності передавачів для мобільного зв'язку, якщо тільки це не пристрій, куплений в країні, де такі обмеження не діють, або завезений в Україну «сірим» шляхом.

Wi - Fi – технологія, яка дозволяє пристроям, таким як домашні і портативні комп'ютери, цифрові аудіоплеєри та ігрові приставки передавати дані за допомогою бездротових технологій. Вона часто використовується для виходу домашніх комп'ютерів в Інтернет. Технологія Wi - Fi – друга після стільникової найбільш поширена форма бездротової.

Бездротові локальні мережі (WLANs або Wi - Fi) для передачі даних використовують радіохвилі так само, як звичайне радіо і телебачення або мобільні телефони. Безпека радіокомунікації широко вивчалася протягом 60 років, і пізніше було виділено напрямок з безпеки бездротових мереж. Нині вчені не знайшли жодного наукового доказу того, що WLANs становлять будь-яку загрозу для здоров'я.

Університет Пенсільванії за дорученням Всесвітньої організації охорони здоров'я провів 356 вимірювань у 55 містах наявності мережі Wi - Fi в чотирьох країнах в умовах, що перевищують звичайну ступінь впливу сигналу.

Це дослідження дійшло висновку, що радіочастотні поля від WLAN, у звичайних сценаріях, працюють на рівнях значно нижчих, ніж граничні значення. У всіх випадках заміряні рівні сигналу Wi - Fi були набагато нижчими міжнародних норм (IEEE C95.1 - 2005 і ICNIRP) та інших радіосигналів в тому ж навколишньому середовищі. Адже потужність електромагнітних хвиль Wi - Fi у 100 тисяч разів нижче, ніж у рядової мікрохвильової печі.

Після того, як визначилися з можливими значеннями вихідних потужностей терміналів, що взаємодіють з різними мережами радіодоступу, проаналізуємо деякі питання їх безпечної експлуатації, які виникають у користувачів терміналів.

*Постає питання, чиє випромінювання сильніше – від базової станції чи від мобільного терміналу в місці розташування абонента?*

Рівні вихідної потужності передавачів розглянуто вище. Для того, щоб відповісти на поставлене запитання, доречно згадати, що мобільні термінали GSM- UMTS- LTE зазвичай працюють при рівнях сигналу на вході приймачів від  $1 \cdot 10^{-5}$  до  $9 \cdot 10^{-3}$  мВт.

Порівнюючи ці значення з вихідними потужностями передавачів мобільних терміналів – від  $3 \cdot 10^{-3}$  до 44 мВт можна зробити висновок, що рівень випромінювання передавача мобільного терміналу в місці розташування абонента зазвичай на багато порядків більший, ніж рівень сигналу базової станції.

*Існує думка, що радіовипромінювання телефонів під час розмов гріє мозок.*

Аналіз цього питання проведемо на прикладі розрахунку. Припустимо, що в режимі максимальної вихідної потужності всі 250 мВт не випромінюються в навколишній простір, а перетворюються в тепло, нагріваючи голову, і витік цього тепла відсутній. Наприклад, ніби джерело випромінювання знаходиться в центрі голови – термоса. Тоді за 600 секунд розмови на нагрів голови буде використано ( $0,25 \text{ Вт} \cdot 600 \text{ с.}$ ) 150 Дж або 35,82 калорії. Такої енергії вистачить на те, щоб нагріти 35,82 г води на 1 градус. Якщо розглядати обсяг голови як 4 літри води, то такої енергії випромінювання телефону вистачить для того, щоб нагріти «голову» менш ніж на  $0,01^\circ\text{C}$ .

Однак через те, що тіло і голова людини являють собою напівпровідну речовину (багато рідини з розчиненими солями), то всередину тіла проникає дуже невелика частина випромінювання і на невелику глибину. Основна ж частина випромінювання телефону, що знаходиться поблизу тіла людини, від нього відбивається.

Таким чином, навіть розрахунки балансу енергії показують, що нагрівання голови випромінюванням телефону є надто незначним. Звідки ж виникає відчуття нагріву голови?

Під час розмови в телефоні працює не тільки передавач, а й багато інших електронних компонентів. При цьому тільки частина енергії, споживаної від батареї, перетворюється в радіосигнал, а істотна частина виділяється у вигляді тепла. Під час тривалої розмови по телефону людина, зазвичай, щільно притискає телефон рукою до вуха, покращуючи тепловий контакт з вухом/головою і одночасно погіршуючи рукою відвід тепла від поверхні корпусу телефону. Через цей контакт тепло і передається від корпусу, що поступово нагрівається, до голови.

Беручи до уваги розрахунки теплового впливу випромінювання передавачів телефонів, стає зрозумілим, що мотивом для користування гарнітурами (провідної або Bluetooth) мають бути не стільки захист від шкідливого впливу випромінювання телефону, а в першу чергу – зручність.

*Телефон випромінює на максимальній потужності під час пошуку мережі.*

Це досить поширена помилка, яка, на жаль, зустрічається не тільки в міркуваннях в Інтернеті, але і в друкованій літературі.

Насправді, під час пошуку мережі в мобільному терміналі передавач не включається, а активно працює тільки приймач, що споживає лише трохи більше енергії, ніж в режимі очікування. Іноді зустрічаються рекомендації вимикати телефон на час поїздки в метро, мотивовані «турботою про здоров'я», щоб не піддавати себе впливу випромінювання телефону. Сенсу у виключенні телефону в метро мало, тому що, по-перше, зараз у багатьох місцях телефон може нормально працювати і в метро, а по-друге, навіть втративши мережу, телефон випромінювати і шкодити здоров'ю не буде.

### Висновки

Випромінювання мобільних пристроїв, напевно, створюють не природний і корисний для здоров'я вплив на людський організм, тому вже давно введені санітарні норми на вплив радіовипромінювання. Причому норми, що діють в Україні, є одними з найсуворіших норм у світі.

Рівень випромінювання мобільного телефону, що використовується абонентом, як правило, більше, ніж випромінювання від базової станції, за винятком, коли людина опиняється у зоні дії основного променя в безпосередній близькості від антени БС.

Випромінюваний мобільним телефоном радіосигнал навіть при максимальній потужності передавача не здатний надавати помітного теплового впливу на тіло і голову людини.

Телефон при втраті мережі радіосигнал не випромінює. Заради захисту від випромінювання телефону, не обов'язково зовсім вимикати в місцях, де відсутнє покриття мереж мобільного зв'язку, оскільки в цьому разі він працює лише на прийом сигналу від базової станції.

У той самий час висновки Інституту гігієни та медичної екології ім. О.М.Марзєєва АМН України свідчать про те, що населення, особливо великих міст (Київ, Харків, Донецьк, Дніпропетровськ та інші), знаходиться під постійним впливом антропогенного електромагнітного випромінювання, рівень якого в багато разів перевищує природний. ВОЗ класифікує це становище спеціальним терміном «електромагнітне забруднення навколишнього середовища». Слід звернути увагу, що рівень цього забруднення кожні десять років зростає в 10–15 разів. З урахуванням цього, та в цілях попередження шкідливого впливу електромагнітних випромінювань на здоров'я населення фахівцями інституту виконані багатопланові біологічні дослідження на основі яких був розроблений цілий ряд нормативно – методичних документів з регламентування гігієнічних умов розміщення та експлуатації радіотехнічних об'єктів, засобів та високовольтних електроустановок. Але разом з цим, на жаль, у цій області далеко не все ще зроблено як в науковому, так і практичному відношенні.

Враховуючи той факт, що питання безпеки людини при користуванні терміналами радіочастотного випромінювання ще не зовсім вивчені, немає однозначності в оцінці умов праці користувачів під впливом штучних джерел випромінювання. Тому кожен користувач терміналів радіовипромінювань повинен сам вирішувати для себе, ризикувати чи остерігатися.

З метою запобігання ризиків при користуванні терміналами доцільно:

- намагатися тримати телефон таким чином, щоб не ускладнювати поширення радіохвиль – не закривати антену приймача руками (де знаходиться антена, і як краще тримати телефон зазвичай написано в інструкції до нього);
- розташовувати телефон ближче до вікон, щоб зменшити загасання радіосигналу в конструкціях будівлі.
- довгі розмови по мобільному телефону краще вести в місцях з хорошим прийомом – там рівень випромінювання телефону буде нижче;
- розміщати точку доступу до WI - FI не ближче, ніж 1 м від місць, де людина проводить багато часу (ліжко, стіл, диван, місця для ігор);
- передавати великі обсяги даних або дивитися потокове відео лише у разі, якщо є хороший бездротовий зв'язок пристрою із точкою доступу (при повторній передачі вплив випромінювання посилюється);
- використовувати термінали з контролем потужності (наприклад, ECO DECT замість DECT);
- без необхідності не залишати в телефоні включеним Wi - Fi в режимі «точки доступу» або «модему», щоб не змушувати телефон марно випромінювати радіосигнал, необхідний для керування підключеними пристроями. Це не тільки зменшить вплив на людину випромінювання, але і збереже енергію батареї.

### Список літератури

1. Электромагнитные поля и здоровье человека: монография / Ю.Г Григорьев [ и др. ] – М.: Изд-во РУДН, 2002. -177 с.
2. Джон Росс Wi-Fi. Беспроводные сети. Установка. Конфигурирование. Использование / монография / Джон Росс. – М.: «ИТ Пресс», 2006.– 312 с.
3. Излучение телефонов: мифы и легенды - и отчего зависит мощность передатчика телефона [Электронный ресурс] / Блог компании ВымпелКом (Билайн). – Текст. дані. – 2013. – Режим доступа : [www//URL: http://habrahabr.ru/company/beeline/blog/202216/](http://habrahabr.ru/company/beeline/blog/202216/) – (дата звернення 15.11. 2013). – Назва з екрана.
4. Землянська О.В Вплив електромагнітного випромінювання на життя та здоров'я людини /О.В. Землянська // Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки: 7-а наук.-метод. конф., (14 лист. 2012 р, Київ): тез.доп. / КПІ – Київ, 2012. – С. 59-64.

*Рекомендовано до друку д-ром техн. наук, проф. Голінько В.І.*