

МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЕЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ СРЕДСТВ СОТОВОЙ СВЯЗИ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

¹ Никитина В. Н., д.м.н., v.nikitina@s-znc.ru,

² Мордачев В. И., к.т.н., доцент, mordachev@bsuir.by

¹ Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Санкт-Петербург, Россия;

² Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», г. Минск, Республика Беларусь

В условиях развития научно-технического прогресса воздействие антропогенных электромагнитных полей на население становится неизбежным. Интенсивность данного физического фактора в среде обитания человека будет нарастать быстрыми темпами, особенно в радиочастотной области. Это обусловлено прежде всего чрезвычайно интенсивным развитием и внедрением беспроводных технологий, систем и услуг во все сферы человеческой деятельности. Эволюция поколений мобильной связи от 2G/3G к 4G/5G и далее переход к 6G предполагает увеличение на несколько порядков территориальной плотности источников радиочастотных электромагнитных полей (далее — ЭМП РЧ) — до 105 ед./км² в сетях 4G, до 106 ед./км² в сетях 5G и до 107 ед./км² в сетях 6G. Управление электромагнитной обстановкой (далее — ЭМО) в интересах обеспечения безопасности населения требует разработки и внедрения эффективных технологий и средств как прогнозирования, так и аппаратурного определения уровней ЭМП, создаваемого на селитебной территории базовыми (далее — БС) и абонентскими терминалами (далее — АТ) мобильной радиосвязи. Поэтому актуальность разработки методических подходов к определению уровней ЭМП РЧ, создаваемых средствами со-

товой связи, в окружающей среде несомненна. При воздействии ЭМП РЧ рассматриваются три вида риска здоровью. Это осознанный риск у персонала, подвергающегося воздействию фактора в условиях профессиональной деятельности, риск добровольный — при использовании излучающих устройств преимущественно в целях комфорта, и вынужденный риск, когда на человека воздействует ЭМП от источников, на размещение которых он повлиять не может, и это вызывает наибольшую обеспокоенность населения. К таким источникам относятся средства сотовой связи, антенны которых создают ЭМП РЧ на селитебных территориях. В статье на основании собственного и зарубежного опыта рассмотрены проблемы определения уровней ЭМП РЧ, создаваемых средствами сотовой связи в окружающей среде. Известно, что определение уровней ЭМП проводится расчетными и инструментальными методами. Сравнительный анализ интенсивности составляющих электромагнитного фона (ЭМФ) при реализации различных сервисов (мобильная телефония, мобильный интернет и т. п.) свидетельствует о том, что в целом при равномерном распределении абонентских терминалов на открытой территории вклад излучений БС в интенсивность ЭМФ является преобладающим. Однако в местах локального сосредоточения АТ, особенно при «затенении» этих мест зданиями, составляющая ЭМФ, создаваемая излучениями АТ, по интенсивности может превышать как интенсивность ЭМП БС, так и принятый норматив 10 мкВт/см^2 для населения. Данный вывод подтвержден результатами моделирования работы фрагмента сети мобильной связи (далее — МС) стандарта GSM, выполненного с использованием компьютерной модели городской застройки центральной части Минска [1]. Прямой расчет уровней ЭМП РЧ, создаваемых в окружающей среде множеством БС и АТ, невозможен ввиду одновременной эксплуатации многочисленных источников ЭМП РЧ и априорной неопределенности исходных данных. В учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» разработана методика интегральной оценки интенсивности электромагнитного фона, создаваемого радиооборудованием МС у земной поверхности, на основе анализа системных характеристик сетей мобильной связи — электромагнитной нагрузки на территорию, создаваемой множеством БС и АТ, и территориальной плотности мобильного трафика по радиоканалам БС [2]. Практичность предлагаемой методики определяется возможностью оперировать доступными исходными данными о характеристиках оборудования и систем мобильной связи, а также прогнозом средней территориальной плотности беспроводного трафика в периоды наибольшей нагрузки, не прибегая к чрезвычайно сложному и трудоемкому анализу радиоэлектронной обстановки. Адекватность данной методики подтверждена ее верификацией с опубликованными результатами многочисленных измерений уровней ЭМФ в полосах частот сотовой связи во многих странах, что позволяет рекомендовать ее для практического использования и совершенствования оценки риска для здоровья населения от воздействия ЭМП РЧ, создаваемых БС и АС на социально значимых объектах. Актуальна разработка методических вопросов измерения уровней ЭМП сети сотовой связи, особенностью которых является широкая временная и пространственная изменчивость. В России при инструментальном определении уровней ЭМП, создаваемых антеннами БС на открытой территории, в настоящее время применяются точечные кратковременные измерения уровней ЭМП преимущественно широкополосными приборами. В настоящее время в связи с развитием технологий 5G разрабатываются методические вопросы измерения уровней ЭМП БС. Необходимость совершенствования методик измерения уровней ЭМП БС, воздействующих на население, подтверждается многочисленными зарубежными исследованиями. Нами был выполнен научный анализ около 30 работ по данному вопросу, опубликованных только за период 2016–2021 гг. Анализ показал, что за рубежом для измерения уровней ЭМП БС на территории применяются преимущественно селективный прибор Narda SRM-3000, широкополосные изотропные зонды с анализаторами спектра, другие селективные средства измерения. Предпочтение отдается применению селективных приборов, устанавливаемых на автомобилях. В работах рассматривается возможность измерений уровней ЭМП БС приборами, установленными на беспилотных летательных аппаратах. В ряде исследований представлены данные «индивидуальной дозиметрии» ЭМП с использованием индивидуальных дозиметров различных типов. При индивидуальной дозиметрии применяются различные варианты размещения антенн и приборов (непосредственно на теле человека, в пластиковой корзине на велосипеде, рюкзаке). Однако это вопрос сложный, и нельзя не согласиться с авторами, которые критикуют данный подход, указывая, что не ясно, как сравнивать показания разных устройств в реальной среде, где имеются сложные сочетания изменяющихся во времени сигналов и пространственной ориентации антенн дозиметров. Вызывает опасения искажение ЭМП, падающего на антенну прибора, размещенную непосредственно на теле или вблизи тела человека [3]. В ряде работ подчеркивается, что имеющиеся различия в протоколах измерения ЭМП, принятых в разных странах, затрудняют сравнение результатов измерения ЭМП БС в окружающей среде. За рубежом опубликованы единичные работы, в которых рассматриваются

методические вопросы измерения ЭМП РЧ от антенн БС сети 5G. Обсуждается ряд методов оценки воздействия на человека ЭМП, излучаемых базовыми станциями 5G. Новым в пятом поколении сотовой связи является использование адаптивного и гибкого формирования лучей антенной БС. Указывается, что в настоящее время пока не существует надежного метода, позволяющего экстраполировать измеренные данные на максимальное теоретическое воздействие. Рассматривается возможность применения широкополосных и селективных приборов для измерения ЭМП БС пятого поколения, при этом подчеркивается, что излучаемая мощность ЭМП РЧ БС 5G сильно зависит от текущей интенсивности беспроводного трафика и поведения пользователя, это верно и для глобальной системы мобильной связи (далее — GSM), и для универсальной мобильной телекоммуникационной системы UMTS — 3G, и для LTE — 4G. На практике это означает, что текущее воздействие, измеренное в течение определенного времени наблюдения, может быть намного ниже теоретического максимального воздействия. Однако экстраполяция на теоретический максимум воздействия может быть оценена только при соблюдении определенных предварительных условий, которые рассматриваются в работе [4]. В другой работе проведен анализ вопросов и проблем, связанных с измерениями ЭМП технологии 5G, которые имеют решающее значение для оценки соответствия уровней электромагнитных полей нормативным ограничениям. Авторы указывают, что существующие методики, предназначенные для измерения ЭМП в сетях 2G, 3G и 4G, не подходят для 5G. Причина заключается в использовании новых методов, таких как MIMO, «beamforming» (динамичное адаптивное по ориентации формирование сравнительно узких лучей в направлении на абонентов) и существенное расширение как выделенного радиочастотного ресурса (до диапазона миллиметровых волн), так и полос частот радиоканалов (на порядок и более). Мнение авторов о том, что существующие методы измерения могут привести к завышенным результатам, если они будут применяться к сетям 5G, является спорным, при этом в работе предлагается альтернативный метод оценки воздействия ЭМП, основанный на расчетах и моделировании и позволяющий, по мнению авторов, получить точную оценку распределения ЭМП в среде 5G [5].

В этой связи нельзя не отметить зависимости между характером и объемом гигиенического нормирования параметров ЭМО, создаваемой современными и перспективными системами мобильной связи, и необходимостью аппаратного контроля нормируемых характеристик этой ЭМО. Сложная спектрально-временная структура флуктуирующих ЭМП РЧ, создаваемых БС и АТ систем 4G/5G, повышает степень их опасности для здоровья населения. Поэтому определения предельно допустимых средних уровней ЭМП РЧ и аппаратного контроля соблюдения этих ограничений, принятых в настоящее время для обеспечения электромагнитной безопасности населения по отношению к сотовой связи, видимо, недостаточно, и, возможно, будет признано необходимым и нормировать, и контролировать выбросы интенсивности этого ЭМФ, а также в целом усложнить нормирование характеристик ЭМО, создаваемых перспективными системами сотовой связи, например введя дополнительные связанные ограничения на сочетания ее энергетических (средних и пиковых значений) и неэнергетических (диапазон частот, время нарастания импульсов, динамический диапазон и т. п.) характеристик. Однако усложнение системы нормирования характеристик ЭМО влечет за собой соответствующее увеличение трудоемкости и стоимости систем и процедур контроля, что может оказаться неприемлемым. Поэтому принятие в этой области решений, фактически определяющих условия безопасного развития систем и услуг 4G/5G/6G, должно опираться на результаты глубоких, комплексных и независимых научных исследований фактического влияния ЭМО, создаваемой излучениями БС и АТ сотовой связи современных и перспективных поколений, на здоровье населения.

На сегодня можно констатировать, что определение уровней ЭМП, воздействующих на человека в сложной ЭМО, создаваемой множеством радиоэлектронных средств мобильной связи различных стандартов, является сложной проблемой. Данная проблема станет еще более острой при полномасштабном внедрении технологий 5G, планируемом в ближайшие 5–10 лет. Очевидна важность решения методических задач по определению уровней электромагнитных полей средств сотовой связи в окружающей среде в проблеме обеспечения электромагнитной безопасности населения.

Литература

1. Свистунов, А. С. Оценка уровня электромагнитного фона, создаваемого базовыми станциями и абонентскими устройствами сотовых радиосетей в местах с высокой плотностью населения / А. С. Свистунов // Докл. БГУИР. — 2018. — № 6. — С. 26–31.
2. Мордачев, В. И. Оценка уровня электромагнитного фона, создаваемого беспроводными системами информационного обслуживания населения, на основе прогноза территориальной плотности трафика / В. И. Мордачев // Докл. БГУИР. — 2019. — № 2. — С. 39–49.

3. A real-world quality assessment study in six ExpoM-RF measurement devices / ACCEDERA team; M. Eeftens [et al.] // *Environ. Res.* — 2020. — Vol. 182. — P. 109049.
4. *Keller, H.* On the Assessment of Human Exposure to Electromagnetic Fields Transmitted by 5G NR Base Stations / H. Keller // *Health Physics.* — 2019. — Vol. 117, № 5. — P. 541–545.
5. *Pawlak, R.* On Measuring Electromagnetic Fields in 5G Technology [Electronic resource] / R. Pawlak, P. Krawiec, J. Zurek // *IEEE Access.* — 2019. — Vol. 7. — Mode of access: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8660395>. — Date of access: 15.09.2020.

Поступила 02.09.2022