

УДК 621.395.721.5:613.16

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ БЫТОВЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ

Паслэн Владимир Владимирович, канд. техн. наук, доц.;
зав. кафедрой радиотехники и технической защиты информации;
e-mail: paslen@yandex.ru;

Сыщук Святослав Всеволодович, студент,
e-mail: mrlolihacker@gmail.com;

Институт гражданской защиты Донбасса,
ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет»;
283048, г. Донецк, ул. Розы Люксембург, 34а;
Тел.: +38 (062) 304-21-86

В статье рассматриваются электромагнитные излучения различного уровня, создаваемые бытовыми и промышленными источниками. Приводятся сведения об их негативном влиянии на здоровье человека и окружающую среду. Анализ литературы показывает, что из множества данных антропогенных факторов, превалирует воздействие средств мобильной связи на биологические объекты, вызывающее различные функциональные отклонения, которые впоследствии приводят к развитию патологических изменений.

Ключевые слова: электромагнитные излучения, биологическое действие СВЧ, мобильный телефон, моделирование, удельная мощность поглощения.

Постановка проблемы и ее связь с актуальными научными и практическими исследованиями. В связи со значительно возросшим использованием электромагнитной энергии за последние полвека сложилось достаточно весомое обстоятельство загрязнения окружающей среды – электромагнитные излучения техногенного происхождения [1]. Его появлению предшествовало как усовершенствование технологий передачи данных и энергии, дистанционного контроля и наблюдения, так и развитие ряда других технологических процессов. В начале 90-х годов прошлого века увидели свет новые виды персональной и сотовой коммуникаций, а также произошли изменения в самой структуре источников электромагнитных излучений. Связано это было с началом использования новых диапазонов частот радио- и телевидения, развитием различных средств радионаблюдения, радиосвязи и т.д. Характерной чертой таких источников является то, что образуется зона равномерного «радиопокрытия», приводящая к увеличению электромагнитного фона окружающей среды.

Всемирная Организация Здравоохранения (ВОЗ) одним из немногих всемирных проектов реализует Международный электромагнитный проект (WHO International EMF Project), что показывает, насколько данная проблема значима в международном масштабе. При этом все развитые страны реализуют свои программы по изучению влияния электромагнитных излучений на человека и окружающую среду. Эволюционируя, живые организмы сумели адаптироваться к определенному уровню электромагнитного излучения, но при его резком повышении происходит напряжение адаптационно-компенсаторных возможностей организма. Воздействуя длительно, данный фактор может их истощить, что приведет к необратимым последствиям на системном уровне. Несомненная актуальность данной проблемы и ее высокая социальная значимость послужили причинами написания данной статьи.

Изложение основного материала исследования. Характеристика антропогенных источников электромагнитного излучения.

Все существующие источники электромагнитного излучения делят на две группы [2].

1. Источники низкочастотных излучений (0-3 кГц).

Данная группа включает в себя все, что связано с производством, передачей и потреблением электроэнергии – электростанции, трансформаторные подстанции, линии электропередачи, электронную технику в домах и офисах, включая персональный компьютер, железнодорожный транспорт на электроприводе, а также городской электротранспорт.

2. Источники высокочастотных излучений (от 3 кГц до 300 ГГц).

Данная группа более обширна, к ней относят источники приема и передачи информации –

телевидение, радио, любительские радиопередатчики, мобильную связь, радиотелефоны для производственных нужд, РЛС, ОРЛС, спутниковую радиосвязь и навигацию. Также в группу входит технологическое оборудование, использующее СВЧ-излучение, СВЧ-печи, электронно-лучевые приборы – мониторы, телевизоры и т.д. В медицине токи высокой частоты применяются как для исследовательской деятельности, так и для лечения различного рода заболеваний. Создающиеся при этом электромагнитные излучения, являются вредным производственным фактором, и возникает необходимость применения мер по защите от их воздействия.

Основными техногенными источниками являются:

- мобильная связь, радиотелефоны, СВЧ-печи, Wi-Fi роутеры и т.п.;
- трансформаторные подстанции, электростанции и энергосиловые установки;
- воздушные линии электропередач (ЛЭП), электрические и кабельные сети;
- теле- и радиопередающие станции, РЛС, ретрансляторы;
- персональные компьютеры и мониторы.

Характерные параметры источников электромагнитных излучений диапазона 3 кГц-300 ГГц приведены в таблице 1 [3].

Таблица 1

Параметры источников электромагнитных излучений диапазона 3 кГц-300 ГГц

Источник излучения	Частота излучения	Расстояние до точки излучения	Уровень ЭМП	Мощность источника
Радиостанции НЧ	130-285 кГц	300 м	90 В/м	1,8 МВт
Радиостанции СВ	415-1606,5 кГц	50 м	450 В/м	1,8 МВт
Радиостанции КВ	3,95-26,1 МГц	50 м	121 В/м	750 кВт
Ручные радиостанции	27 МГц	5 см	Меньше 1000 В/м	Несколько Вт
Сотовая связь	900 МГц - 1,8 ГГц	10 см	300 В/м	5-30 Вт
Телевизионные передатчики	47-68 МГц 174-230 МГц 470-890 МГц	1,5 км	5-20 мВт/м ²	100 кВт
Радиостанции FM	87,5-108 МГц	1,5 км	50 мВт/м ²	1-100 кВт
Системы охраны	0,9-10 ГГц	В зоне действия системы	Менее 2 мВт/м ²	0,2-20 кВт
Радиолокаторы стационарные	1-10 ГГц	0,1-1,0 км	0,1-10 мВт/м ²	0,2-20 кВт
РЛС	9-35 ГГц	3 м	Менее 250 мВт/м ²	0,5-1000 кВт

Для того чтобы оценить степень негативного воздействия электромагнитного излучения на биологические объекты, приведем некоторое количество любопытных данных из медицинских исследований. Имеются свидетельства [4] воздействия электромагнитных излучений на процессы окислительного фосфорилирования и на скорость мембранного транспорта. Воздействие на жидкие кристаллы клеточных мембран изменяет их проницаемость. Крайне чувствительна к электромагнитным излучениям нервная система, их влияние хорошо отражается на электроэнцефалограмме. Электромагнитные излучения практически любого диапазона частот оказывают дезактивирующее влияние на электрические процессы в коре головного мозга и его подкорковых образованиях. Выражается это изменениями внимания и памяти, соотношения между процессами возбуждения и торможения в центральной нервной системе и замедлением при выборке сложных двигательных стереотипов. Как следствие, появляются головные боли, расстройство памяти и сна, повышенная утомляемость [5].

Механизм действия различной частоты излучений на человека является результатом непрямого действия через центральную нервную систему, возможно его влияние самым непосредственным образом на биоэлектрические и биохимические процессы в органах и тканях [6].

Эмбрио- и гонадотропное действие электромагнитных излучений выражается в значительной степени. Критериями сдвигов производящей системы служат пикноз клеточных элементов сперматогенного эпителия, цитохимические сдвиги, изменения в соотношении клеточных форм, гормональные нарушения эстральной и сперматогенной функции и другие морфологические изменения. Исследования воздействия излучений на животных показывают общую картину – способность к воспроизводству у самок снижается, нарушается эстральный цикл, у сперматозоидов наблюдается снижение функционального состояния. В мозге экспериментальных животных (собаки, кошки, крысы), изменяется структура нейронов, рецепторных и проводниковых элементов нервных клеток, их метаболизм, повреждается белковообразующая система клетки, биологические мембраны, т.е. развивается микроволновая патология или «микроволновая болезнь» [7; 8].

Что касается людей, то у женщин изменяется менструальный цикл и функция воспроизводства, выражающаяся самопроизвольными абортными и токсикозами беременности, а у мужчин происходит угнетение гормональной функции гонад [5].

Электромагнитные излучения, воздействуя на кровеносную систему, приводят к понижению или повышению сердечного ритма и артериального давления. Данные эффекты не только результат прямого действия электромагнитных излучений на систему кровообращения, их также можно рассматривать как нарушение ее регуляции.

Последние годы характеризуются интенсивным развитием сотовой связи. Может показаться, что уровни электромагнитного излучения невысоки, но последствия их постоянного воздействия на организм до сих пор не изучены до конца. К тому же количество людей, приобретающих мобильные устройства, с каждым годом растет. В последнем отчете компании Ericsson, под названием Ericsson Mobility Report, были опубликованы данные [9] за четвертый квартал 2015 года, в которых указывалось, что за это время подключилось 68 млн. новых абонентов. И это при общем количестве активных SIM-карт равным 7,3 млрд. Фактическое количество абонентов мобильной связи по миру около 4,9 млрд., все объясняется тем, что один человек использует несколько устройств или одно устройство на несколько SIM-карт. Страны, лидирующие по новым подключениям – это Индия (+13 млн.), следом идет Китай (+7 млн.), за ним США (+6 млн.), Мьянма (+5 млн.) и Нигерия (+4 млн.). Исследование указывает [10], что на сегодняшний день в России более 247 млн. человек пользуется услугами сотовой связи.

Ситуация в мегаполисах на текущий момент такова, что базовые станции сотовой связи излучают мощность сопоставимую с мощностью всех радиотехнических объектов, использующих для своей работы частоты от 300 МГц до 30 ГГц и в среднесрочной перспективе превысит ее [11].

От количества подключенных абонентов в определенный отрезок времени зависит мощность, которую излучает базовая станция. Частота излучения и его модуляция определяются стандартами систем мобильной связи. Такие стандарты, как GSM-900 и GSM-1800 (табл. 2) получили наиболее широкое распространение [12].

Таблица 2

Диапазон частот и излучаемая мощность сотовых телефонов и базовых станций

Стандарт	Диапазон рабочих частот, МГц		Максимальная излучаемая мощность, Вт		Радиус соты, км
	Базовая станция	Мобильный телефон	Базовая станция	Мобильный телефон	
GSM-900, цифровой	925-965	890-915	40	0,25	0,5-35
GSM-1800 (DCS), цифровой	1805-1880	1710-1785	20	0,125	0,5-35

Из таблицы видно, что мобильный телефон будет излучать тем меньше выходной мощности, чем более высокой будет частота его работы.

По поводу воздействия электромагнитного излучения мобильного телефона на организм человека снова обратимся к медицине.

Распределение электромагнитного излучения мобильного телефона в пространстве существенно изменяется, когда абонент ведет по нему разговор. Человеческая голова поглощает при этом от 10,8 до 98 % излучаемой энергии [13].

Изменения биоэлектрической активности под действием излучений мобильных телефонов – это усиление активности альфа-2, бета-1 и бета-2 активности, уменьшение амплитуды медленных мозговых потенциалов при облучении во время выполнения испытуемым заданий, изменения дельта-активности [14]. С помощью добровольцев были проведены эксперименты, в ходе которых было

установлено, что воздействие сотового радиотелефона ухудшает показатели выполнения заданий, которые требуют повышенного внимания и манипуляции информацией в краткосрочной памяти [15].

Под влиянием электромагнитного излучения мобильных телефонов происходит уменьшение фазы быстрого сна, биоэлектрическая активность мозга в эту фазу изменяется в альфа-1 и альфа-2 диапазонах [16], кроме того, исследователи обнаружили, что общая продолжительность сна сокращается.

Диапазон СВЧ отличается своим воздействием на биологические объекты от других, более низких диапазонов радиочастот. Его излучения способны непосредственно нагревать ткани организма. Наиболее интенсивному воздействию подвергается участок головы абонента, который находится рядом с антенной мобильного телефона. В конечном итоге, кроме локальных перегревов, активность ряда ферментов в тканях может измениться, в частности возможно повышение активности фермента NO-синтетазы, повышение образование оксида азота, что приводит к изменениям внутри- и внечерепной гемодинамики, что расценивается как один из механизмов биологического действия электромагнитного излучения [17].

Абоненты мобильных телефонов часто жалуются на чувство тепла в области уха, боли в голове, жжение кожи лица, длящиеся около 2-х часов после окончания разговора. Иногда головные боли в теменно-затылочной области появляются при разговоре по мобильному телефону и быстро прекращаются по его окончанию. Отмечаются также слабость, головокружение, нарушения сна, одностороннее нарушение чувствительности кожи лица, особенно выраженные, если сотовым телефоном пользоваться часто и продолжительно [18].

Отдельное внимание следует уделить тому факту, что стандарты безопасности для сотовых телефонов, действующие на сегодняшний день, были разработаны для взрослого населения и в них не были учтены особенности детского организма. Данная проблема была подтверждена ВОЗ, национальными властями стран Азии и Европы, Научным комитетом Европейской Комиссии и Международными научными конференциями по изучению биологического действия электромагнитных излучений.

Учитывая все вышеизложенное, в качестве личных мер профилактики от вредного воздействия электромагнитных излучений, создаваемых мобильными телефонами, рекомендуется [19]:

1. После того как вы набрали номер, не подносить сразу телефон к уху. В это время идет наиболее сильное излучение, так как телефон связывается с базовой станцией.

2. После 3-х или 4-х минутного разговора нужно дать организму восстановиться в течение 20-25 минут.

3. При разговоре по телефону снимать очки с металлической оправой, так как наличие подобной оправы, играющей роль излучателя, может привести к увеличению интенсивности электромагнитного излучения, падающего на определенные ее участки по сравнению со стандартной ситуацией.

4. Использовать беспроводную гарнитуру. Дело в том, что проводная гарнитура усиливает воздействие радиации на ушной канал. Провод от гарнитуры не только передает излучение самого телефона, но и служит антенной для электромагнитных полей извне.

5. Не использовать телефон в тесных, обшитых металлом помещениях, таких как автомобили и лифты. Металлическая оболочка будет работать как клетка Фарадея, отражая излучение телефона обратно на людей внутри.

6. Не звонить, если показатель силы сигнала почти на нуле. В этом случае телефону приходится сильнее облучать вас.

7. Не класть телефон в карман и не носить его на поясе, пока он включен. Ткани нижней части человеческого тела неплохо проводят ток и быстрее усваивают дозы радиации, чем головные ткани.

8. Многие используют свой мобильный телефон в качестве будильника по утрам. В этом случае он должен находиться на расстоянии не менее 50 см. Такое расстояние значительно снижает возможность влияния на человека.

9. Покупать телефон с низким уровнем удельного коэффициента поглощения (SAR).

10. По возможности использовать SMS, соблюдать правила этикета пользования мобильным телефоном.

Теперь перейдем к цели нашей работы, задачей которой является построение модели взаимодействия тела человека с излучением мобильного телефона. Человеческое тело представляет собой диэлектрик с большими потерями и сильно усложняет решение электродинамической задачи. Но именно расчет и уменьшение мощности, поглощаемой в человеческом теле при работе мобильного телефона, находится сейчас в числе приоритетных задач, и решать ее предлагается моделированием в среде CST STUDIO SUITE.

CST STUDIO SUITE – это мощный комплекс [20] от компании Computer Simulation Technology, с помощью которого возможно производить трехмерное моделирование объектов различной формы [21]. Создаются трехмерные конструкции черчением простейших геометрических форм и выполнением логических операций над ними. Возможен импорт моделей из сторонних программ. Начертив конструкцию, задав граничные условия и определив местоположение источников возбуждения, все пространство задачи разбивается на сетку, после чего в каждой его точке рассчитывается поле. Наиболее гибким методом, реализованным в CST Microwave Studio, являющегося частью CST STUDIO SUITE, считается Transient Solver – это программа расчета переходного процесса, выполняющая расчет проектируемого устройства в широком диапазоне частот после расчета единственной переходной характеристики.

Современные СВЧ устройства по факту состоят из антенны, приемного и передающего радиоканала, блоков аналого-цифрового (АЦП) и цифро-аналогового (ЦАП) преобразования и цифровой части. Отдельные узлы реализуются на процессорах и микросхемах. Именно поэтому требуется проводить исследования и разработки новых методов проектирования, синтеза и анализа, как отдельных узлов, так и системы целиком.

В зависимости от расстояния до антенны, окружающее пространство может быть разделено на ближнюю зону и зону излучения [20]. Граница дальней зоны расположена на расстоянии:

$$R = \frac{2D^2}{\lambda}, \quad (1)$$

где D – самый большой размер антенны;
 λ – длина волны.

Ближняя область может быть разделена в две подобласти: область излучения и реактивная область. В области излучения, расположенной ближе, чем $2D^2 / \lambda$ к источнику, мощность излучения быстро меняется с расстоянием от антенны. Область вблизи антенны, где преобладают реактивные составляющие, известна как реактивная область. Закон изменения поля от расстояния зависит от типа антенны. Для большинства антенн, граница перехода между реактивной областью и областью излучения находится на расстоянии $(0,2-0,4) D^2 / \lambda$.

Многочисленные результаты математического моделирования и экспериментальных исследований показывают, что [20]:

- электрическое поле усиливается на поверхности биологического тела и направлено почти перпендикулярно к поверхности тела;
- электрическое и магнитное поля распространяются по искривленным траекториям во внутренней части биологического тела;
- электрическое поле ослабляется материалом с большой диэлектрической проницаемостью (примерно до 10^{-6}) при проникновении в биологические ткани;
- электрическое поле, вызванное магнитным полем, возбуждает вихревые токи, которые увеличиваются с расстоянием от центра тела.

Эти результаты относятся к тем частотам, на которых самый большой размер тела мал по сравнению с длиной волны. Так, для антенны размером 10 см, работающей на частоте 900 МГц, и расположенной в свободном пространстве, расстояние $2D^2 / \lambda$ равно приблизительно 6 см. Это значит, что ближнее поле находится около источников излучения. Если рассматривается поле от мобильного телефона в момент разговора, то тогда в этой зоне энергия поглощается в голове человека. Показано, что около 40-50 % излучаемой СВЧ мощности переотражается между излучающей антенной и головой. Большая часть поглощенной мощности концентрируется в области, наиболее близкой к антенне, в районе головы. Анатомия головы и неоднородность ее ткани влияет на максимальное значение и распределение SAR в голове пользователя сотового телефона. Однако, суммарная SAR в голове одинакова для однородной или неоднородной модели.

Свойства поля в ближней зоне вблизи биологического объекта [20]:

- высокочастотные электрические и магнитные поля разделены и не однородны;
- волновое сопротивление изменяется от точки к точке;
- ширина излучения антенны мала по сравнению с головой или телом человека;
- влияние электрического поля более слабое, так как диэлектрическая проницаемость ткани – относительно высокая.

Поле в дальней зоне имеет вид плоской волны независимо от конфигурации излучателя. Электрические и магнитные поля связаны через полное сопротивление среды. Переход ВЧ мощности из воздуха в планарную ткань составляет от 20 % до 60 % на частотах радиосвязи. Однако эта величина может быть больше и энергия может достигать большей глубины в телах с искривленными поверхностями. Фактически, ВЧ энергия – резонансная, поглощаемая головой в диапазоне 400-1500 МГц, и максимальные значения SAR, или места локального перегрева, могут оказаться около центра головы. Для удлиненных тел, у которых большое отношение высоты к ширине, взаимодействие радиочастотной энергии с биологическими системами зависит от поляризации электромагнитной волны электрического поля.

Основная идея расчета мощности, поглощаемой в голове пользователя мобильного телефона, заключается в использовании специального режима вывода результатов расчета модуля поля: вдоль линии (LINE), пересекающей конструкцию насквозь. В этом случае можно рассчитать зависимость модуля поля от координаты удаления от антенны (см. рис.).

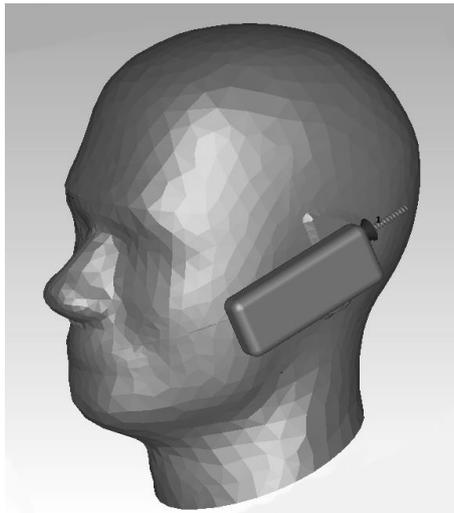


Рис. Мобильный телефон вблизи головы пользователя

Корпус телефона покрывается со всех сторон пластиком с диэлектрической проницаемостью 2.2. Толщина этого пластика, так же как и форма корпуса, влияют на результаты моделирования, что является предметом исследований.

По определению, удельный коэффициент поглощения (Specific Absorption Rate – SAR) электромагнитной энергии – показатель, определяющий энергию электромагнитного поля, поглощающуюся в тканях тела человека за одну секунду. Этим показателем оценивается вредное воздействие мобильных телефонов на человека. Единицей измерения SAR является Вт/кг.

В Европе допустимое значение излучения составляет 2 Вт/кг для 10 г тканей.

В США используется другая система измерений – Федеральное агентство по связи (FCC) сертифицирует только те сотовые аппараты, SAR которых не превышает 1,6 Вт/кг для 1 г тканей.

В России своя система измерения излучаемой мощности – в Вт на см².

Удельный коэффициент поглощения вычисляется по нижеследующим формулам [22].

Если известна напряженность поля в тканях:

$$SAR = \frac{\sigma |E|^2}{\rho}, \quad (2)$$

Если известна плотность тока в тканях:

$$SAR = \frac{\sigma |J|^2}{\rho \sigma}, \quad (3)$$

Если известно повышение температуры в тканях:

$$SAR = c \frac{dT}{dt}, \quad (4)$$

где E – электрическое поле, B/m ;

ρ – плотность тканей человека, $кг/м^3$;

J – плотность тока (в A/m^2), вызванная электрическим и магнитным полями (предельно допустимый уровень для людей, подвергающихся подобным воздействиям в профессиональной деятельности – $10 mA/m^2$; для остальных – $2 \div 10 mA/m^2$);

σ – электрическая проводимость человеческих тканей, Cm/m ;

c – теплоемкость человеческих тканей, $Дж/(кг \cdot K)$;

dT/dt – временная производная температуры человеческих тканей, K/c .

Значения SAR определяются при максимальной мощности работы сотового телефона. Как упоминалось ранее, она зависит от местонахождения абонента и будет тем больше, чем хуже качество связи. Хотя стоит отметить, что мощность передатчика мобильного телефона регулируется базовой станцией, а разница между максимальной и минимальной мощностью – примерно 100 раз.

Формулу (2) можно использовать, если известны значения напряженности поля E в интересующих точках модели головы. Анализ поля можно ограничить точками, наиболее близко расположенными к антенной системе, или по наиболее характерным направлениям. Такими направлениями в данном анализе выбраны линии, идущие перпендикулярно корпусу телефона на заданной высоте, близкой к высоте антенны.

Используем трехслойную модель головы человека, параметры которой приведены в таблице 3.

Таблица 3

Параметры трехслойной модели головы человека

Вещество	Толщина, мм	Радиус границы сферы, мм	Относительная диэлектрическая проницаемость	Проводимость σ , См/м	$\text{tg } \delta$ (расчет)	Теплопроводность Ст , Вт/град/м	Теплоемкость H , кДж/град/кг	Плотность ρ , кг/м ³
Мозг		48	53 (для 0.9 ГГц) 46 (для 1.9 ГГц)	1.1 (1.7)	0.415 (0.369)	0.46	3.6	1030
Кость	3		9 (8)	0.06 (0.1)	0.133 (0.125)	0.41	1.3	1800
Кожа	1		59 (46)	1.3 (1.9)	0.44 (0.41)	0.293	3.5	1100

Для анализа распространения волн в диэлектрической среде с большими потерями нужно воспользоваться понятием комплексной диэлектрической проницаемости:

$$\tilde{\epsilon} = \epsilon - j \frac{\sigma}{\omega \epsilon_0}, \quad (5)$$

где ϵ – реальная часть относительной диэлектрической проницаемости материала;

$\omega = 2\pi f$ – частота распространяющейся волны;

$\epsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$.

Введение комплексной диэлектрической проницаемости отражает тот факт, что в проводящем теле имеются так называемые сторонние токи, которые появляются за счет возбуждения их внешними источниками (в противоположность поляриizacionным токам, которые объясняются только движением зарядов диэлектрика). Значение вещественной части ϵ говорит об интенсивности процесса поляризации, в то время как мнимая часть характеризует плотность токов проводимости. Изображая число на комплексной плоскости, можно характеризовать соотношение между вещественной и мнимой частью при помощи угла диэлектрических потерь $\tilde{\epsilon}$. Чем больше этот угол, тем относительно большая часть электромагнитной энергии рассеивается в виде тепла при протекании токов проводимости.

На практике чаще всего пользуются тангенсом этого угла:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{\sigma}{\omega \varepsilon_a} . \quad (6)$$

Рассчитанный по формуле (6) тангенс угла диэлектрических потерь используется в программе CST MWS.

Выводы и перспективы дальнейших исследований. В настоящее время проектирование СВЧ структур связано с выбором, описанием и подтверждением аутентичности выбранной модели. Построение аутентичной модели ставит задачи по расчету и анализу тех характеристик системы, которые будут реализованы в устройстве. Современные программы по проектированию и анализу СВЧ-устройств не гарантируют построение такой достоверной модели, ее следует развивать опытным путем на основе самостоятельных исследований. Стоит также подчеркнуть, что при всем многообразии программ по моделированию нельзя изменять отношение к обязательным знаниям технических и смежных с ними дисциплин. В текущих реалиях при проектировании возникает необходимость расчета одной и той же задачи в нескольких программных продуктах с использованием различных методов расчета. И только после получения схожих результатов можно будет считать, что мы верно решили задачу и правильно построили модель.

Библиографический список

1. Электромагнитное загрязнение окружающей среды и здоровье населения России: доклад по политике в области здоровья [под ред. А.К. Демина]. – М.: Российская ассоциация общественного здоровья, 2006. – 91 с.
2. Кайда, С.В. Электромагнитное загрязнение окружающей среды. Права и безопасность / С.В. Кайда, В.В. Паслён [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gisap.eu/ru/node/35901> (дата обращения: 12.04.2016).
3. Характерные параметры источников ЭМП диапазона 3 кГц–300 ГГц [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://studopedia.ru/12_34569_istochniki-emp-diapazona--kgts--ggts.html (дата обращения: 12.04.2016).
5. Кашкалда, Д.А. Влияние импульсного магнитного поля на процессы перекисного окисления липидов и антиокислительную активность семенников экспериментальных животных / Д.А. Кашкалда, Е.А. Пашенко, Л.Ф. Зюбанова // Медицина труда и промышленная экология, 2007. – № 10. – С. 14-17.
6. Никитина, В.Н. Обеспечение безопасности и охрана здоровья населения в условиях воздействия ЭМП сотовой связи / В.Н. Никитина // Сотовая связь и здоровье: медико-биологические и социальные аспекты: Материалы Международной научно-практической конференции, 20-22 сентября 2008 г., Москва; Материалы заседания Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений, 26 февраля 2008 г., Москва. – Москва, 2008. – 221 с.
6. Думанский, Ю.О. Влияние электромагнитных полей радиочастот на человека / Ю.О. Думанский, А.Н. Сердюк, И.П. Лось. – К.: Здоровье, 1975.
7. Белокрыницкий, В.С. Изменения мозга при действии СВЧ-поля / В.С. Белокрыницкий. – Одесса: ОГМУ, 2002. – 399 с.
8. Белокрыницкий В.С. Характер физиологических и морфологических изменений нервной системы облученных СВЧ-полем животных в процессе формирования микроволновой патологии («микроволновой болезни») // Клініка та експериментальна патологія. – Т. IV, 2005. – № 3. – С. 13-17.
9. Ericsson Mobility Report [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ericsson.com/res/docs/2016/mobility-report/ericsson-mobility-report-feb-2016-interim.pdf> (дата обращения: 12.04.2016).
10. Advanced Communications & Media [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.acm-consulting.com/news-and-data/data-downloads/doc_download/148-3q-2015-cellular-data.html (дата обращения: 12.04.2016).
11. Гольшко, А.В. Проблемы эколого-технического развития сетей сотовой связи / А.В. Гольшко, А.Ю. Сомов // Вестник связи. – 2008. – № 10. – С. 60-69.
12. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов / под ред. Л.А. Михайлова. – 2-е изд. – СПб.: Питер, 2012. – 461 с.: ил. – С. 342.
13. Думанский, Ю.Д. Элетромагнитные поля и здоровье человека: Матер. 2-й междунар. конф. «Проблемы электромагнитной безопасности человека. Фундамент. и прикл. исследования. Нормирование ЭМП: философия, критерии и гармонизация» / Ю.Д. Думанский, В.И. Даценко. – М. – С. 116-117.

14. Freude, G. Microwaves emitted by cellular telephones affect human slow brain potentials / G. Freude, P. Ullsperger, S. Eggert et al. // *Europ. J. Appl. Physiol*, 2000. – Vol. 81. – P. 18-27.
15. Koivisto, M. Effects of 902 MHz electromagnetic fields emitted by cellular telephones on response times in humans / M. Koivisto, A. Revonsuo, C. Krause et al. // *Neuro Report*, 2000. – Vol. 11. – P. 413-415.
16. Wagner, P. Human sleep EEG under the influence of pulsed radio frequency electromagnetic fields. Results from polysomnographies using submaximal high power flux densities / P. Wagner, J. Roschke, K. Mann et al. // *Neuropsychobiology*, 2000. – Vol.42. – P. 207-212.
17. Paredi, P. Local Vasodilator Response to Mobile Phones / P. Paredi, S. Kharitonov, T. Hanazawa et al. // *Laryngoscope*, 2001. – Vol. 111 (1). – P. 159-162.
18. Hocking, B. Neurological abnormalities associated with mobile phone use / Hocking B., Westerman R. // *Occup. Med.*, 2000. – Vol.50 (5). – P. 366-368.
19. Савицкая, Я.А. Влияние высокочастотных электромагнитных полей на организм человека / Я.А. Савицкая, В.В. Паслён // *Экология та ноосферологія*. – 2009. – Т. 20. – № 1-2. – С. 38-43.
20. Курушин, А.А. Школа проектирования СВЧ устройств в CST STUDIO SUITE / А.А. Курушин. – М.: ООО «Сам Полиграфист», 2014. – 433 с.
21. Сайт компании CST – разработчика программы CST STUDIO SUITE [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.cst.com/> (дата обращения: 12.04.2016).
22. Кудряшов, Ю.Б. Радиационная биофизика: радиочастотные и микроволновые электромагнитные излучения. / Ю.Б. Кудряшов, Ю.Ф. Перов, А.Б. Рубин. – Учебник для ВУЗов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 184 с.

© В.В. Паслён, С.В. Сыщук, 2016

Рецензент И.Л. Щербов

Статья поступила в редакцию 26.04.2016

STUDY OF THE IMPACT OF DOMESTIC AND INDUSTRIAL ELECTROMAGNETIC EMITTERS ON BIOLOGICAL OBJECTS

Dr. **Vladimir Vladimirovich Paslyon**, Ph.D. (Tech.),
Head of the Radio Engineering and Information Protection Department;
e-mail: paslen@yandex.ru;

Sviatoslav Vsevolodovich Syschuk, student;
e-mail: mrlolihacker@gmail.com;

Donbass Civil Defence Institute,
Donetsk National Technical University;
283048, Donetsk, 34a Rosa Luxemburg Str.;
Phone: +38 (062) 304-21-86

The article examines the levels of electromagnetic radiation generated by various household and industrial sources. There are testimonies that they are biologically significant factor in the environment that can have a negative impact on human health. Analysis of the literature shows that of all the currently existing factors prevailing impact of mobile communications on biological objects, causing a variety of functional abnormalities, which subsequently lead to the development of pathological conditions.

Keywords: *electromagnetic radiation, the electromagnetic field, the biological effect of microwaves, mobile phone, modeling, specific absorption rate.*