

УДК 537.86:613.648

**БЕЗОПАСНОСТЬ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ПЛОТНОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ**к.т.н., доц. **Е.В. Рабич**, к.т.н., доц. **Л.А. Чумак**,  
к.т.н., доц. **С.А. Сытник\***, ст. преп. **А.М. Кравчук***Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры,  
\*Днепропетровский государственный аграрный университет*

**Актуальность.** Технологический прорыв последних десятилетий привёл к тому, что сегодня мы живём в сплошном электромагнитном поле. Электромагнитные поля невидимы, но окружают нас повсюду – дома, на работе, в транспорте и даже на природе. Мы живем и работаем в условиях «электромагнитного загрязнения». На сегодняшний день в повседневной жизни наблюдается тенденция постоянного увеличения, как количества источников электромагнитных излучений (ЭМИ), так и их уровней. К основным источникам [1] электромагнитного излучения относятся:

- линии электропередач (городского освещения, высоковольтные,...);
- электротранспорт (трамваи, троллейбусы, метро,...);
- электропроводка (внутри зданий, телекоммуникации,...);
- теле- и радиостанции (транслирующие антенны);
- спутниковая и сотовая связь (транслирующие антенны), радары;
- бытовые электроприборы;
- персональные компьютеры.

То, что электромагнитное излучение (ЭМИ) негативно воздействует на здоровье человека – факт известный и доказанный, ведь именно поэтому существуют санитарные зоны поблизости всех мощных источников ЭМИ. По данным исследований, проведенных в ряде стран [2], результатом продолжительного влияния электромагнитных полей, даже относительно слабого уровня, могут быть: раковые заболевания, изменение поведения, потеря памяти, болезни Паркинсона и Альцгеймера, синдром внезапной смерти внешне здорового человека, угнетение половой функции, рост числа самоубийств в крупных городах и многие другие негативные состояния. Наиболее опасным признано влияние электромагнитных полей для развивающегося организма в утробе матери, детей, а также людей, подверженных аллергическим заболеваниям. В Швеции, например, "электромагнитную аллергию" считают заболеванием, хотя Всемирная Организация Здравоохранения пока классифицирует такую реакцию организма как "возможное заболевание". Однако, влияние электромагнитных волн на организм человека сегодня – предмет жарких споров. Выявление уровней ЭМИ, с которым человек сталкивается в повседневной жизни в трудовой деятельности или во время обучения и является целью статьи.

**Постановка задачи.** Объектом исследования является электромагнитное излучение высокой частоты, создаваемое транслирующими антеннами сотовой и радио связи, расположенных на крыше высотного корпуса ППАСА. Цель исследования состоит в изучении характера распространения указанного излучения, сравнении уровней с существующими нормами. Задача исследования –

---

выявить степень «электромагнитного загрязнения» и безопасности воздействия электромагнитных волн.

**Изложение основного материала.** Как известно, взаимодействие внешних электромагнитных полей (ЭМП) с биологическими объектами осуществляется путем наведения внутренних полей и электрических токов. Величина и распределение наведенных полей и токов в теле человека определяется рядом параметров, например, формы и размеров объекта, электрических и магнитных свойств тканей тела, а также от характеристик ЭМП (частота, интенсивность, модуляция и др.). Поглощение и распределение поглощенной энергии внутри тела существенно зависит от соотношения размеров облучаемого объекта с длиной волны излучения. С этих позиций в спектре ЭМИ радиочастот (РЧ) можно выделить 3 области:

- ЭМИ с частотой до 30 МГц;
- ЭМИ с частотой 30 МГц — 10 ГГц;
- ЭМИ с частотой более 10 ГГц.

Для 1-й области характерно быстрое падение величины поглощения с уменьшением частоты (приблизительно пропорционально квадрату частоты). Отличительной особенностью 3-й области является очень быстрое затухание энергии ЭМИ при проникновении внутрь ткани: практически вся энергия поглощается в поверхностных слоях биоструктур. Для 2-й области, промежуточной по частоте, характерно наличие ряда максимумов поглощения, при которых тело как бы втягивает в себя поле и поглощает энергии больше, чем приходится на его поперечное сечение. В этом случае резко проявляются интерференционные явления, приводящие к возникновению локальных максимумов поглощения, так называемых "горячих пятен". Для человека условия возникновения максимумов поглощения в голове имеют место на частотах 750—2500 МГц, а максимум, обусловленный резонансом с общим размером тела, лежит в диапазоне частот 50—300 МГц [4].

В настоящий момент основным нормативным документом, регламентирующим допустимые уровни ЭМИ РЧ, являются «Державні санітарні норми та правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань (ДСанПіН)», утвержденные Приказом МОЗ Украины №239 от 01.08.1996 [5]. Существующие ДСанПіН №239-96 были созданы на основе «Временных санитарных норм и правил защиты населения от воздействия электромагнитных полей, создаваемых радиотехническими объектами», принятых Минздравом СССР 19.01.1984 №2963-84. Украинские нормы уровня электромагнитных излучений самые жесткие в Европе: уровень сигнала от базовой станции не должен превышать 2,5 мкВт/см<sup>2</sup>. В России этот показатель составляет 10 мкВт/см<sup>2</sup>, в Венгрии – 10 мкВт/см<sup>2</sup>, в Скандинавии 100 мкВт/см<sup>2</sup>. Поскольку проект новых ДСанПіН сейчас в стадии обсуждения, мы будем ориентироваться на действующие нормы.

В диапазоне частот до 300 МГц основным нормируемым параметром является напряженность электрического ( $E$ , В/м) и магнитного ( $H$ , А/м) полей; временной фактор учитывается в меньшей степени. В диапазоне частот выше 300 МГц нормируется плотность потока энергии (ППЭ, мкВт/см<sup>2</sup>) или энергетическая нагрузка, выражаемая произведением ППЭ излучения на время воз-

действия. Согласно существующим нормам для ЭМП, создаваемого базовыми станциями сотовой и спутниковой связи, установлен [5] гранично допустимый уровень  $2,5 \text{ мкВт/см}^2$  или  $3 \text{ В/м}$ .

Кроме этого можно ориентироваться и на следующие нормативы [6]. Напряженность электромагнитных полей на рабочих местах не должна превышать:

1) по электрической составляющей: в диапазоне частот  $0,06\text{--}3 \text{ МГц}$  —  $50 \text{ В/м}$ ;  $3\text{--}30 \text{ МГц}$  —  $20 \text{ В/м}$ ;  $30\text{--}50 \text{ МГц}$  —  $10 \text{ В/м}$ ;  $50\text{--}300 \text{ МГц}$  —  $5 \text{ В/м}$ ;

2) по магнитной составляющей: в диапазоне частот  $0,06\text{--}1,5 \text{ МГц}$  —  $5 \text{ А/м}$ ;  $30\text{--}50 \text{ МГц}$  —  $0, 3 \text{ А/м}$ .

Предельно допустимая плотность потока энергии электромагнитных полей в диапазоне частот  $300 \text{ МГц} - 300 \text{ ГГц}$  и время пребывания на рабочих местах и в местах возможного нахождения персонала, связанного профессионально с воздействием полей (кроме случаев облучения от вращающихся и сканирующих антенн), взаимосвязаны следующим образом. Пребывание в течение рабочего дня – до  $0,1 \text{ Вт/м}^2$ ; пребывание не более  $2\text{ч} - 0,1\text{--}1 \text{ Вт/м}^2$ , в остальное рабочее время ППЭ не должна превышать  $0,1 \text{ Вт/м}^2$ ; пребывание не более  $20 \text{ мин} - 1\text{--}10 \text{ Вт/м}^2$  при условии пользования защитными очками. В остальное рабочее время плотность потока энергии не должна превышать  $0, 1 \text{ Вт/м}^2$ .

**Исследование ЭМИ на территории ПГАСА.** В рамках проведенного исследования проводилось измерение электромагнитного поля в частотном диапазоне от  $30 \text{ кГц}$  до  $40 \text{ ГГц}$ . Фиксировались две характеристики [3]: напряженность электрического поля и плотность потока энергии. Указанные характеристики измерялись в аудиториях кафедры безопасности жизнедеятельности, находящейся в непосредственной близости от источников ЭМИ, в ряде аудиторий, расположенных этажом ниже, а также в кабинетах ректора и проректора по научно-педагогической и социально-экономической работе, достаточно удаленных от антенн. Прежде чем перейти к анализу результатов исследования вначале необходимо отметить следующее.

Как известно **работа сотовой связи основана на принципе деления обслуживаемой территории на зоны** (соты), каждая из которых имеет радиус до  $1 \text{ км}$  (в условиях городской застройки) и обслуживается одной базовой станцией сотовой связи. **Мобильные телефоны** являются абонентским каналом связи с сетью. Система планируется с целью обеспечения постоянного контакта мобильных телефонов с сетью, по мере того как пользователи переключаются от одной соты к другой. Чем ближе расположены базовые станции сотовой связи друг к другу, тем на меньшей мощности они работают и тем меньший уровень электромагнитного излучения от их антенн. Поскольку радиус зоны влияния невелик, то мощность передатчиков незначительна (обычно не более  $20 \text{ Вт}$ ). Для сравнения: радио и теле передающие антенны излучают энергию в десятки и сотни раз большую, поскольку покрывают значительные территории – весь город или часть области. Еще пример: мощность обыкновенной комнатной лампочки –  $60\text{--}100 \text{ Вт}$ .

Электромагнитную энергию излучает не вся базовая станция сотовой связи, а только ее антенны. Для обеспечения качественной мобильной связи антенны базовых станций направляются таким образом, чтобы основная электромагнитная энергия от них была собрана в тонком луче и не пересекалась с близлежащими домами. Более того, луч направлен в сторону от зданий, на

---

которых расположены базовые станции сотовой связи, поэтому, электромагнитное излучение "вниз" (то есть на сотрудников ПГАСА) исключено.

Электромагнитное излучение от антенн угасает пропорционально квадрату расстояния, т.е. если расстояние от базовых станций увеличилось в 2 раза, то уровень излучения уменьшился в 4 раза. Считается, что даже на расстоянии нескольких метров уровень электромагнитного поля намного ниже гранично-допустимых норм. Кроме того, антенны базовых станций мобильной связи не излучают постоянную мощность 24 часа в сутки. Она, как правило, максимальна в 9–11 часов утра и в 18–21 час вечера. Днём уровень мощности излучения средний, а ночью – минимальный, близкий к нулю. Мощность базовых станций зависит от одновременно разговаривающих, или пользующихся мобильным Интернетом людей в зоне действия этой базовой станции.

От передающей антенны для телевизионного и частотно модулированного (FM-радио) радиовещания (30–216 МГц) обычно требуется, чтобы она дала [7] равномерно распределенное (ненаправленное) излучение в горизонтальной плоскости; однако в вертикальной плоскости выгодно концентрировать излучение в сравнительно узкий луч, направленный к горизонту, ибо именно там находится обслуживаемая «аудитория» зрителей и слушателей. Энергия, направляемая выше или ниже линии горизонта, либо теряется в космосе, либо уходит в землю.

Условия распространения радиоволн внутри помещений существенно отличаются от условий распространения радиоволн в свободном пространстве. Это связано с наличием стен, перегородок, мебели, радиоэлектронной аппаратуры, людей и других объектов. Основными эффектами, наблюдаемыми при распространении радиоволн внутри зданий, являются [8] многолучевость, обусловленная многократными отражениями радиоволн от стен и других объектов, дифракция на многочисленных острых краях предметов, расположенных внутри комнаты, и рассеяние радиоволн. Эти эффекты создают сложную интерференционную структуру электромагнитного поля, сильно изменяющуюся при перемещении людей и других объектов.

Анализ электромагнитных полей в аудиториях ПГАСА проводился для трех диапазонов частот. В ряде аудиторий замер параметров ЭМИ осуществлялся 2 раза с интервалом не менее суток. Результаты измерений приведены на рис.1 и рис.2.

В первую группу вошли радиочастоты FM-диапазона: 30,1МГц, 101,1МГц и 102,5МГц. Регистрировалась напряженность электромагнитного поля на высоте 1,8м от пола. Измерения производились в дневное время суток во время зимних каникул студентов. Во вторую - радиочастоты мобильной связи 900–2000МГц. Фиксировалась плотность потока энергии (ППЭ) на двух частотах: 900МГц и 1800МГц. Полученные результаты представлены на рис.3 и рис.4.

Характер распределения напряженности в помещениях кафедры Безопасности жизнедеятельности (диапазон расстояний от источника излучения 5,5–46м) показывает незначительное затухание излучения в целом. При этом зафиксированы колебания уровней напряженности, имеющие примерно одинаковую форму для всех трех частот. Подобная модель объясняется различными поглощающими и отражающими свойствами материалов, составляющих конструкцию здания. Это и приводит к тому, что напряженность ЭМИ в более близких к антенне аудиториях оказывается ниже, чем аналогичный параметр более удаленных. Зафиксировано также почти двукратное отличие уровней электрической напряженности в одной и той же аудитории в разные дни.

---

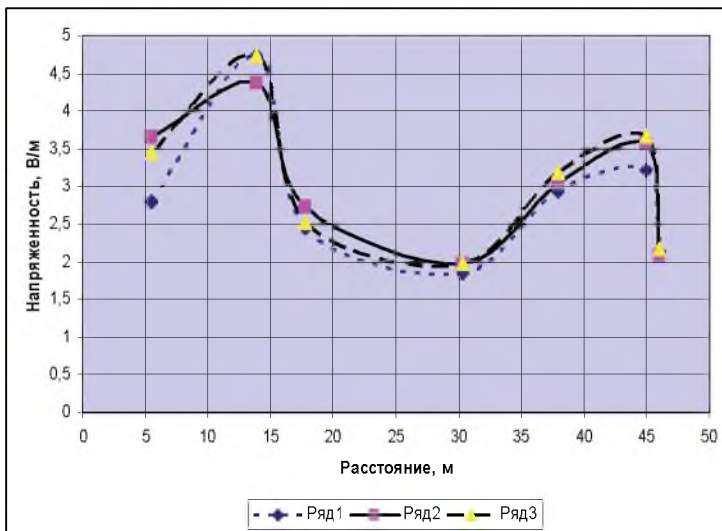


Рис.1. Зависимость напряженности ЭМП от расстояния в пределах одного этажа для радиочастот FM-диапазона: Ряд1 – 30,1МГц, Ряд2 – 101,1МГц, Ряд3 – 102,5МГц.

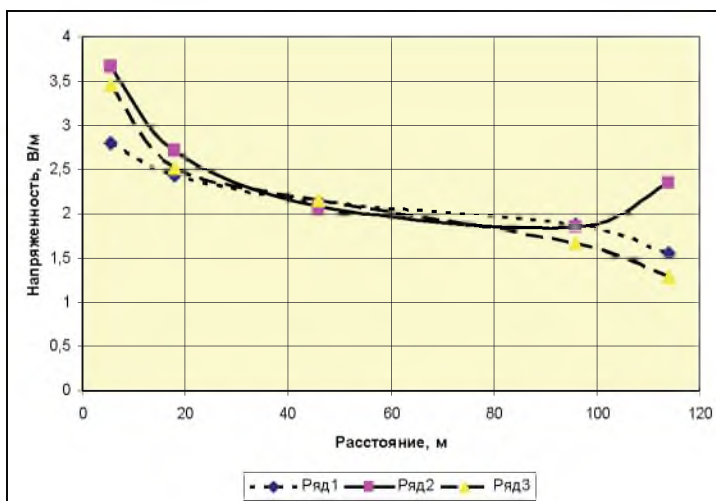


Рис.2. Зависимость напряженности ЭМП от расстояния для радиочастот FM-диапазона: Ряд1 – 30,1МГц, Ряд2 – 101,1МГц, Ряд3 – 102,5МГц.

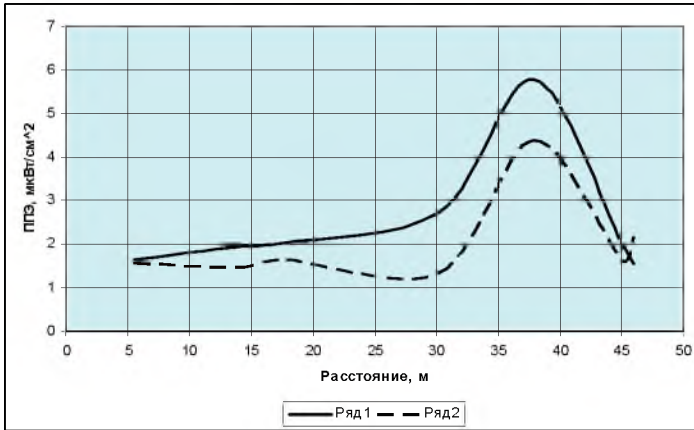


Рис.3. Зависимость плотности ЭМП от расстояния в пределах одного этажа для частот: Ряд1 – 900МГц, Ряд2 – 1800МГц.

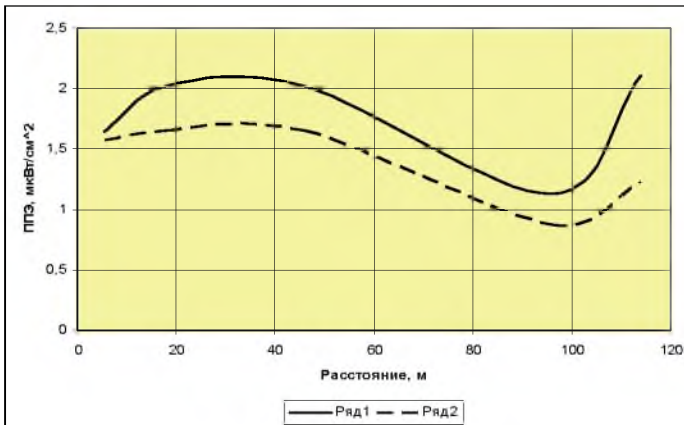


Рис.4. Зависимость плотности ЭМП от расстояния для частот сотовой связи: Ряд1 – 900МГц, Ряд2 – 1800МГц.

Анализ зависимостей, представленных на рис.2, позволяет выделить три характерные области: крайние более крутые и центральную более пологую. В диапазоне расстояний 20–90 м от источника ЭМИ радиоволны проходят по воздуху, этим и объясняется их слабое затухание. Участки 5–20 м и 90–110 м – это бетонные и кирпичные стены, гипсокартонные перегородки, панели перекрытий и т.п., т.е. материалы, имеющие значительный коэффициент поглощения ЭМИ.

Измерения проводились для двух частот: 471,25МГц и 759,25МГц. Однако в этом частотном диапазоне в каждой измеряемой точке зафиксировано превышение предельно допустимых норм интенсивности излучения, установленных ДСанПиН №239-96. В большинстве аудиторий уровень напряженности ЭМП увеличен на 10-15%, но в некоторых аудиториях (например, 1302, 1306 и 1202) наблюдается превышение в 2 и более раз.

**Выводы.** В условиях плотной городской застройки кровли многоэтажных зданий используют для установки ретранслирующих антенн сотовой и радио- связи, спутниковых теле антенн, которые являются основными источниками высокочастотных ЭМИ. Максимальные пики «электромагнитного загрязнения» наблюдаются в рабочее время и служат дополнительными вредными факторами производственной среды. С учетом того, что в офисных помещениях используют ПК, оргтехнику и периодически мобильную связь, то нагрузка на организм человека значительно возрастает.

В целом же можно констатировать, что по излучению радиочастот FM-диапазона существенного превышения норм не зафиксировано. Аналогичная картина распределения напряженности электромагнитного излучения наблюдается и в диапазоне «телечастот» 400–800МГц. Превышение предельно допустимых уровней плотности потока энергии наблюдается на расстояниях 35–40м от антенны. Поскольку этим точкам измерения соответствуют аудитории 1302 и 1202 высотного корпуса ПГАСА, можно говорить о выявлении направленного пучка излучения, проходящего не в горизонтальной плоскости, как это предусмотрено нормами, а идущего «вниз». В указанных аудиториях были зафиксированы значения ППЭ от 3,03мкВт/см<sup>2</sup> до 5,78мкВт/см<sup>2</sup> при норме 2,5 мкВт/см<sup>2</sup>. По другим направлениям (рис.4) плотность потока находится в пределах нормы.

Строительные конструкции и материалы не эффективны для снижения уровня ЭМИ данного диапазона частот. Поэтому при проектировании высотных жилых и общественных зданий необходимо предусматривать дополнительную защиту от ЭМИ.

### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Влияние электромагнитного поля на человека. <http://www.elektropitanie.info/?pid=6>
2. Электромагнитное излучение. <http://ru.wikipedia.org>.
3. Протокол № 1Э-060212 від 06.02.2012 р. проведення досліджень електромагнітного поля. ТОВ «Метал».
4. Электромагнитные поля радиочастот. <http://slovari.vandex.ua/?ncmd=2315>
5. Державні санітарні норми та правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань (ДСанПиН), затв. наказом МОЗ України №239 від 01.08.1996р., Київ.
6. Влияние электромагнитных полей и электростатических разрядов на организм человека. <http://www.bioprotect.com.ua/>
7. Антенна. <http://files.school-collection.edu.ru/dlrstore/50448374-0772-de73-c0cb-16976d9f9bd8/1001234A.htm>
8. Распространение радиоволн внутри зданий и помещений. [www.w1.umn.ru/study/courses/ Prop\\_Gavr&Yash/DOC/3\\_6.doc](http://www.w1.umn.ru/study/courses/ Prop_Gavr&Yash/DOC/3_6.doc)