Б.А.Панченко, С.Т.Князев, С.Н.Шабунин
Уральский технический университет, г.Екатеринбург

УДК 621.397.6

ОЦЕНКА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКИ В ГОРОДЕ ЕКАТЕРИНБУРГЕ

Предложена методика оценки интенсивности суммарного воздействия нескольких одновременно работающих источников электромагнитного излучения. Учтены характеристики антенных систем и особенности распространения радиоволн в условиях пересеченной местности. Разработана программа расчета напряженности поля, позволяющая визуализировать неблагоприятные с точки зрения воздействия на здоровье населения районы, для оптимального планирования расположения источников излучения. На первом этапе исследований учтены наиболее мощные источники радиоизлучения – телевизионные и радиовещательные станции.

The technique of total intensity estimation of electromagnetic radiation level of several sources is offered. The antenna gain, far-field pattern and wave propagation over irregular terrain are taken into account. The program of electromagnetic intensity visualization is developed. It allows somebody to locate disadvantage from the point of influence on health areas and do radio planning and site optimization of powerful broadcasting and television transmitting centers. At the first stage the most powerful sources of radiation - television and broadcasting stations are taken into account.

В последнее время в связи с повышенным вниманием к экологическим проблемам весьма актуальной стала оценка электромагнитной обстановки в условиях больших городов. Еще лет десять назад на территории Екатеринбурга вещание вели три телевизионных, пять станций УКВ-диапазона и две станции средних и длинных волн, а к

настоящему времени число телевизионных каналов увеличилось до 15, а станций FM-диапазона до 25. Работают сети трех компаний сотовой связи, несколько компаний пейджинговой связи.

При крупномасштабной оценке электромагнитной обстановки в городе основное внимание следует уделять наиболее мощным источникам электромагнитного излучения: телевизионным и радиовещательным станциям. К сожалению, при выдаче лицензий на вещание оценивается уровень излучения лишь самих конкретных станций, а уровень суммарного электромагнитного воздействия всех источников излучения на окружающую среду не учитывается.

Задача расчета напряженности электромагнитного поля в условиях города решается с привлечением подходов, используемых в теории распространения радиоволн. Исходной информацией являются эффективная излучаемая мощность (для ОВЧ ЧМ вещания, радиовещания и систем радиосвязи излучаемая мощность на частоте несущей; для телевизионного вещания мощность $P = P_{\text{ном}}$ на частоте звукового вещания и $P = 0{,}327P_{\text{ном}}$ на частоте, несущей изображения, где $P_{\text{ном}}$ – номинальная излучаемая передатчиком мощность [1, 2]), высота подвеса антенны и профиль трассы.

Расчет распределения уровня напряженности электромагнитного поля (или плотности потока мощности) от каждого передающего центра и суммарной интенсивности воздействия (СИВ) электромагнитного поля с целью выявления экологически критических расстояний обычно проводится для нескольких высот над поверхностью земли. В начале каждого расчета определяется СИВ для гипотетически наихудшего случая, когда максимум диаграммы направленности антенны ориентирован на точку наблюдения. Такое допущение позволяет определить наиболее критические с экологической точки зрения расстояния от передающих центров. Расчет границ санитарных зон проводится по СИВ с использованием формулы

$$\sum_i \left(\frac{E_i}{E_{\text{ПДУ}}} \right)^2 + \sum_i \frac{\text{ППЭ}_i}{\text{ППЭ}_{\text{ПДУ}}} = 1,$$

где E_i – напряженность электромагнитного поля на i-й частоте или i-го источника излучения; ППЭ_i – плотность потока мощности i-го источника излучения; $E_{\text{ПДУ}}$ – предельно допустимое значение напряженности электрического поля для i-го источника излучения частоты; $\text{ППЭ}_{\text{ПДУ}}$ – предельно допустимое значение плотности потока энергии j-го источника излучения.

Выбор единицы измерения обусловлен диапазоном частот источника излучения [3]. Расчет границ областей заданного уровня электромагнитного воздействия можно выполнить, исходя из решения уравнения вида

$$\sum_i \left(\frac{E_i(r,\varphi)}{E_{\text{ПДУ}}} \right)^2 + \sum_i \frac{\text{ППЭ}_i(r,\varphi)}{\text{ППЭ}_{\text{ПДУ}}} = L,$$

где L – заданный уровень электромагнитного воздействия; r и φ – координаты точки наблюдения в полярной системе координат.

Требования по измерению напряженности поля в соответствии с требованиями Санэпиднадзора изложены в работе [4]. Этими же соображениями необходимо пользоваться и при теоретических расчетах электромагнитной обстановки в городе.

Расчет напряженности излучаемого передающей станцией электромагнитного поля в условиях городской застройки представляет весьма сложную задачу, обычно решаемую в несколько этапов. На первом этапе используется двухлучевая модель распространения радиоволн без учета рельефа местности и высоты и расположения строений [5-7]. Если передающая антенна имеет коэффициент направленного действия D_Σ и излучает мощность P_Σ, то напряженность электрического поля

$$E_m = \frac{\sqrt{60 P_\Sigma D_\Sigma}}{r} \times$$

$$\times \sqrt{1 + \Gamma_{\text{в.г}}^2 + 2\Gamma_{\text{в.г}} \cos\left(\frac{4\pi h_1}{\lambda} \sin\theta + \Psi_{\text{в.г}} \right)},$$

где h_1 – высота подвеса передающей антенны; λ – длина волны; $\Gamma_{в.г}$ и $\psi_{в.г}$ – соответственно модуль и фаза коэффициента отражения от поверхности земли для соответствующей поляризации поля; θ – угол, определяемый направлением на точку наблюдения (измерения напряженности поля).

В случае неровной местности в точках приема, удаленных от излучающей антенны на одинаковое расстояние, напряженность поля является случайной величиной. Ее изменение обусловлено экранирующим влиянием рельефа. По этой причине напряженность поля оценивается статистически.

В условиях большого города путь распространения радиоволн носит сложный интерференционный характер. Разновысотные и произвольно расположенные здания могут существенно исказить картину поля, рассчитанную для гладкой земной поверхности. В этом случае целесообразно использовать данные многочисленных экспериментальных исследований распространения радиоволн в городских условиях [7-9]. Преимущество этого подхода состоит в учете большинства факторов, влияющих на распространение радиоволн.

Существующие методы расчета поля в реальных условиях связи существенно отличаются по подходу, сложности и точности. Большинство методов основано на использовании экспериментальных данных для обслуживаемого района. Все они позволяют рассчитать относительно усредненную электромагнитную обстановку без учета влияния конкретных зданий, которое на порядок усложняет решение поставленной задачи. Согласно одному из широко используемых методов, для расчета радиолиний в условиях города предложено по результатам обработки экспериментальных данных для частот 150-1500 МГц рассчитывать потери распространения радиоволн в условиях города по стандартной формуле с учетом корректирующих уравнений для иных условий [9]. В работе [5] описан расчет радиотрасс в реальных условиях при аппроксимации препятствий клином и сферой. В основном, подобные задачи решаются численными методами. Например, предложен алгоритм расчета напряженности поля с учетом расположения отдельных зданий [10], который использует метод лучевой трассировки с учетом эффектов отражения и дифракции лучей на стенах и кромках зданий. Однако основным недостатком подобных подходов являются существенные затраты процессорного времени при вычислениях.

Основными источниками электромагнитных излучений в условиях города являются передающие телевизионные и радиоцентры, системы стационарной и мобильной радиосвязи, транспортные средства, электромедицинская аппаратура, электрофизическая и электроиндукционная аппаратура и многое другое. Для оценки электромагнитной обстановки из всего многообразия источников излучения целесообразно выбирать наиболее интенсивные: радио- и телевизионные центры и системы радиосвязи, использующие направленные антенные системы с достаточно высокой плотностью потока мощности в дальней зоне. Кроме того, и в ближней зоне за счет высокого уровня излучаемой мощности может создаваться сложная электромагнитная обстановка.

По известным значениям частоты и эффективной излучаемой мощности выполнены расчеты интенсивности поля последовательно для всех учитываемых источников излучения. Вычисленные значения напряженности поля и плотности потока электромагнитной энергии сравниваются с предельно допустимыми уровнями (ПДУ) электромагнитного излучения для жилых районов и мест массового отдыха населения (круглосуточное непрерывное излучение):

Частотный диапазон, МГц	0,03-0,3	0,3-3	3-30
ПДУ, В/м	25	15	10
Частотный диапазон, МГц	30-300	300-3000	3000-30000
ПДУ, В/м	3	10 мкВт/м^2	10 мкВт/м^2

Пока суммарная интенсивность воздействия некоторых источников электромагнитного излучения рассчитана без учета рельефа местности, хотя такой подход и используется в настоящее время для санитарной оценки напряженности электромагнит-

ного поля. В ряде случаев напряженность электромагнитного поля оказалась завышенной, так как не были учтены потери в фидерных линиях между передатчиками и антеннами, в других - заниженной, так как в расчете принимался средний уровень высот города.

На следующих этапах выполнения данной работы будет рассчитана суммарная интенсивность воздействия основных источников излучения в Екатеринбурге в зависимости от рельефа местности. Планируется учесть вклад менее мощных, но влияющих на общий уровень электромагнитного воздействия источников и провести измерения напряженности электромагнитного поля в различных частотных диапазонах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Определение уровней электромагнитного поля в местах размещения средств телевидения и ЧМ вещания: Методические указания/Инф.изд. центр Госкомсанэпиднадзора России. М. 1996.

2. Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ): Санитарные правила и нормы/ Инф.изд. центр Госкомсанэпиднадзора России. М., 1996.

3. Методы осуществления санитарного надзора за неионизирующими излучениями диапазона 10 кГц–300 ГГц: Методические указания/ Центр Госсанэпиднадзора Свердловской области. Екатеринбург, 1995.

4. Сети телевизионного и звукового ОВЧ ЧМ вещания: Справочник / М.Г.Локшин, А.А.Шур, А.В.Кокорев и др. М.: Радио и связь, 1988.

5. *Грудинская Г.П.* Распространение радиоволн. М.: Высшая школа, 1975

6. *Черенкова Е.Л.* Распространение радиоволн Е.Л.Черенкова, О.В.Чернышев. М.. Радио и связь, 1984

7 *Грудинская Г.П.* Распространение коротких и ультракоротких волн. М.: Радио и связь, 1981

8. *Anderson J.B. Rappaport T.S., Yoshida S.* Propagation measurements and models for wireless communications channels // IEEE Communications Magazine 1994. November.

9. *Liang G, Bertoni H.L.* A new approach to 3-D ray tracing for propagation prediction in cities // IEEE Trans. On Antennas and Propag. 1998. Vol 46. N 6.

10. Efficient ray-tracing techniques for three-dimensional analyses of propagation in mobile communications: application to picocell and microcell scenarios / M.F.Catedra J.Perez, Saez de Adana F., O. Gutierrez // Antennas & propagation Mag. 1998. Vol 40, N 2.