

мени пребывания в различных зонах помещения; организовать на этой основе условия безопасного пребывания на исследуемых объектах.

Библиографический список

1. Защита от электромагнитных излучений [Электронный ресурс] / Изд-во центра охраны труда Биота; Л.О. Мырова. – Электрон. текстовые дан. – Н. Новгород: Защита от электромагнитных излучений, 2008. – Режим доступа:

<http://biota.ru/publish/magazine/296>, свободный. – Загл. с экрана.

2. СанПиН 2.1.8/2.2.4.2490-09. Электромагнитные поля в производственных условиях. – Введ. 2009-05-15. – М.: Изд-во стандартов, 2009. – 15 с.

3. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. – Введ. 2003-06-30. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 27 с.

4. СанПиН 2.1.2.1002-00. Санитарно-эпидемиологические требования к жилым зданиям и помещениям. – Введ. 2001-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 13 с.

5. Femlab 2.3. [Электронный ресурс] / под общ. ред. В.Е. Шмелева и В.Д. Лебедева [подраздел 5.11]. – Электрон. текстовые дан. – СПб.: В.Е. Шмелев "Заметки по использованию системы FEMLAB" и В.Е. Шмелев "FEMLAB 2.3. Замечания по версии", 2008. – Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru/femlab/book1>, свободный. – Загл. с экрана.



УДК 537.8:681.3

И.Е. Мигалёв

СПОСОБ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ КАРТИНЫ ОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКИ

Ключевые слова: электрическое поле, магнитное поле, электромагнитное излучение, электромагнитная обстановка, картина опасности электромагнитной обстановки, модель электромагнитного поля, COMSOL Multiphysics, численное моделирование, метод конечных элементов, цилиндрическая картина опасности.

Введение

В последней трети XX в. в связи с интенсификацией использования искусственных источников электромагнитного поля возросла угроза электромагнитного загрязнения. Опасность, создаваемая электромагнитным излучением в местах пребывания людей, возрастает вместе с количеством его источников. Поэтому возникает необходимость измерения и нормирования уровня электромагнитного излучения в рабочей зоне. Чтобы упростить анализ, результаты измерений должны быть представлены в наглядной форме, позволяющей определять опасные зоны помещений и обоснованно выбирать мероприятия по улучшению электромагнитной обстановки.

Формирование картины электромагнитной обстановки может быть произведено в два этапа. Сначала проводится сбор исходных данных. Для этой цели применяется соответствующая аппаратура, предназначен-

ная для измерения параметров электромагнитных излучений, создаваемых антропогенными источниками [1].

Однако результаты измерений не позволяют получить полное представление об электромагнитной обстановке в помещении. Можно определить лишь данные для некоторых точек помещения в конкретные моменты времени для узких диапазонов частот. Чтобы получить цельную картину, непрерывную в пространстве и времени, можно воспользоваться современными методиками численного анализа результатов измерений, например, с помощью специализированного программного обеспечения COMSOL Multiphysics [2].

Объекты и методы

Предметом исследования является электромагнитная обстановка в производственном помещении Алтайского государственного технического университета. Измерение параметров электрических и магнитных полей проводилось с помощью приборов ПЗ-50, ПЗ-41 и СТ-01, соответствующих нормам СанПиН [3, 4]. На рисунке 1 представлен общий план помещения с обозначением элементов оборудования, являющихся источниками электромагнитного поля.

На рисунке 1 цифрами отмечены: 1 – многофункциональное устройство (МФУ)

сканер-принтер-копир XeroxPhaser 7700; 2, 3, 4 – системный блок персональной электронно-вычислительной машины (ПЭВМ); 5 – жидкокристаллический монитор SamsungSyncMaster; 6 – блок бесперебойного питания PowerCom 800 ВА; 7, 8 – электрический обогреватель мощностью 1 кВт; 9 – блок бесперебойного питания UPS 800 ВА; 10 – принтер HP LaserJet 4200; 11 – жидкокристаллический монитор SamsungSyncMaster 710N; 12, 13, 14 – жидкокристаллический монитор ViewSonic Vg700; 15, 16 – сканер «HP»; 17 – multifunctionальное устройство EcoSysFS-6950DN; 18, 19 – радиотелефон Panasonic; 20 – сетевой коммутатор (switch) 3Com (40 портов); 21 – жидкокристаллический монитор NEC 17; 22 – системный блок ПЭВМ GLX (сервер); 23 – факс Panas; 24 – блок питания зарядного устройства телефона Fly; 25 – источник бесперебойного питания APC 800 ВА; 26 – источник бесперебойного питания APC 1000 ВА.

Картина, представленная на рисунке 2, изображает результат обработки данных измерений при помощи метода конечных элементов. Она даёт полное представление о параметрах электрического поля частотой 30 кГц в помещении, однако она не позволяет напрямую оценить степень опасности различных зон помещения для человека.

При помощи некоторых преобразований возможно получение более наглядной картины опасности на основании рассчитанных на этом этапе параметров.

Экспериментальная часть

Математические выражения, приведенные в действующих нормативных документах СанПиН [3, 4], позволяют вычислить максимально допустимое время пребывания человека в электрическом поле. С помощью этих выражений модель электрического поля на рисунке 2 может быть преобразована в картину допустимого времени пребывания человека в различных зонах помещения, представленную на рисунке 3.

Эта картина является более наглядной и может быть использована для планирования мероприятий по обеспечению электромагнитной безопасности. Однако возникает проблема оценки опасности зон, соседствующих с зонами повышенного уровня излучения. Человек, чье рабочее место находится на небольшом расстоянии от такой зоны, не будет предупрежден об опасности (поскольку картина показывает только опасность для каждой конкретной точки, не учитывая близость опасных источников излучения).

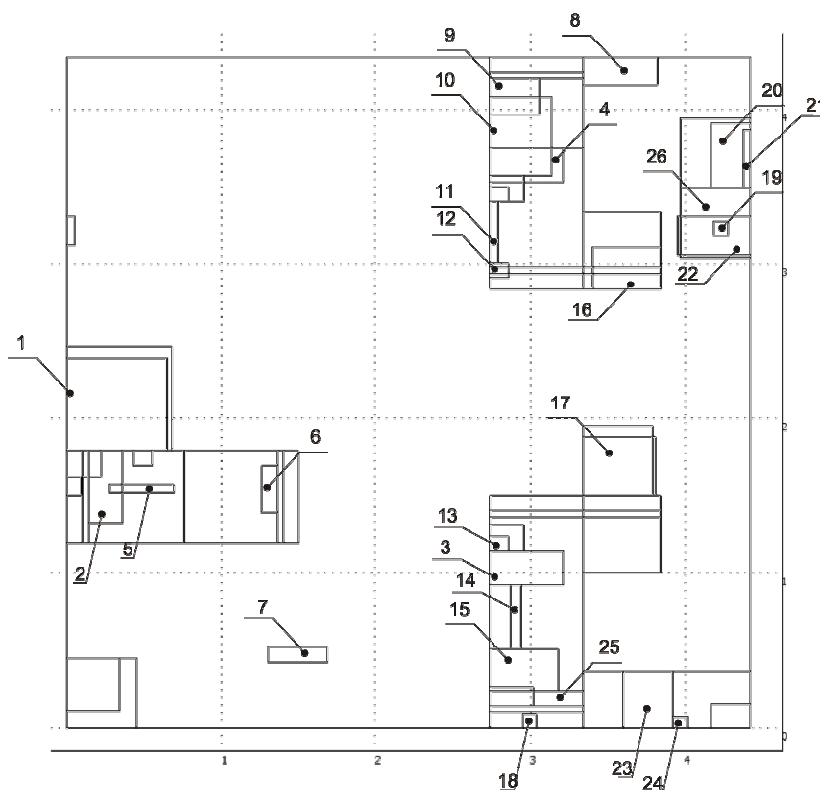


Рис. 1. План исследуемого помещения АлГТУ (отмечены наиболее мощные источники электромагнитных излучений)

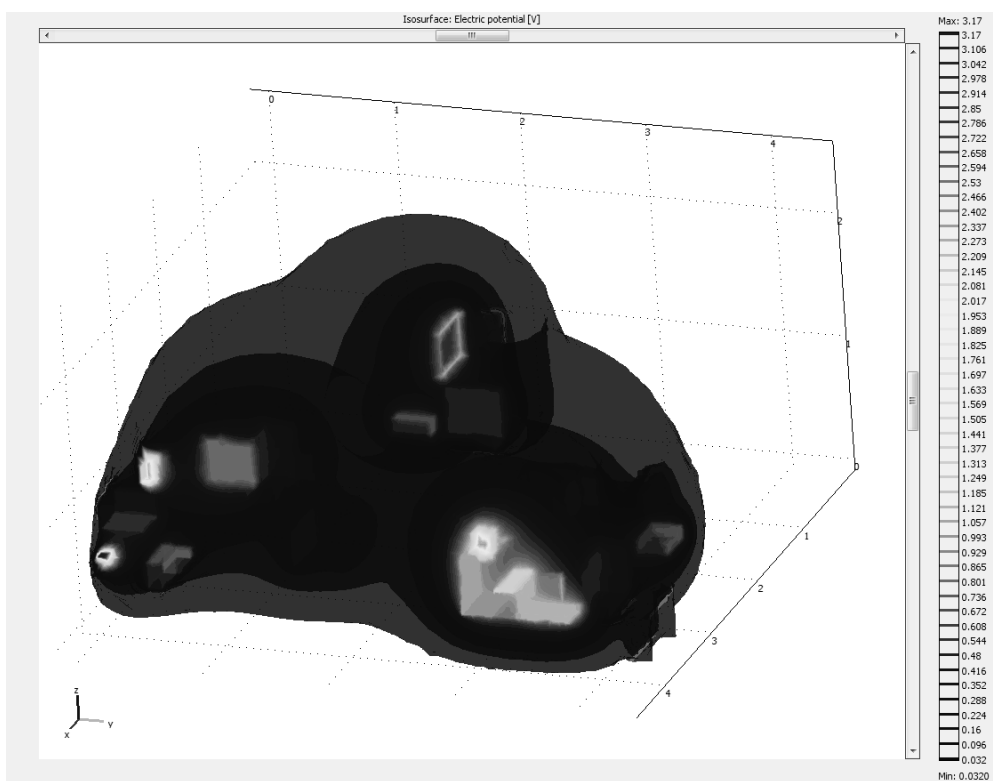


Рис. 2. Модель электрического поля частотой 30 кГц, полученная при помощи COMSOL Multiphysics

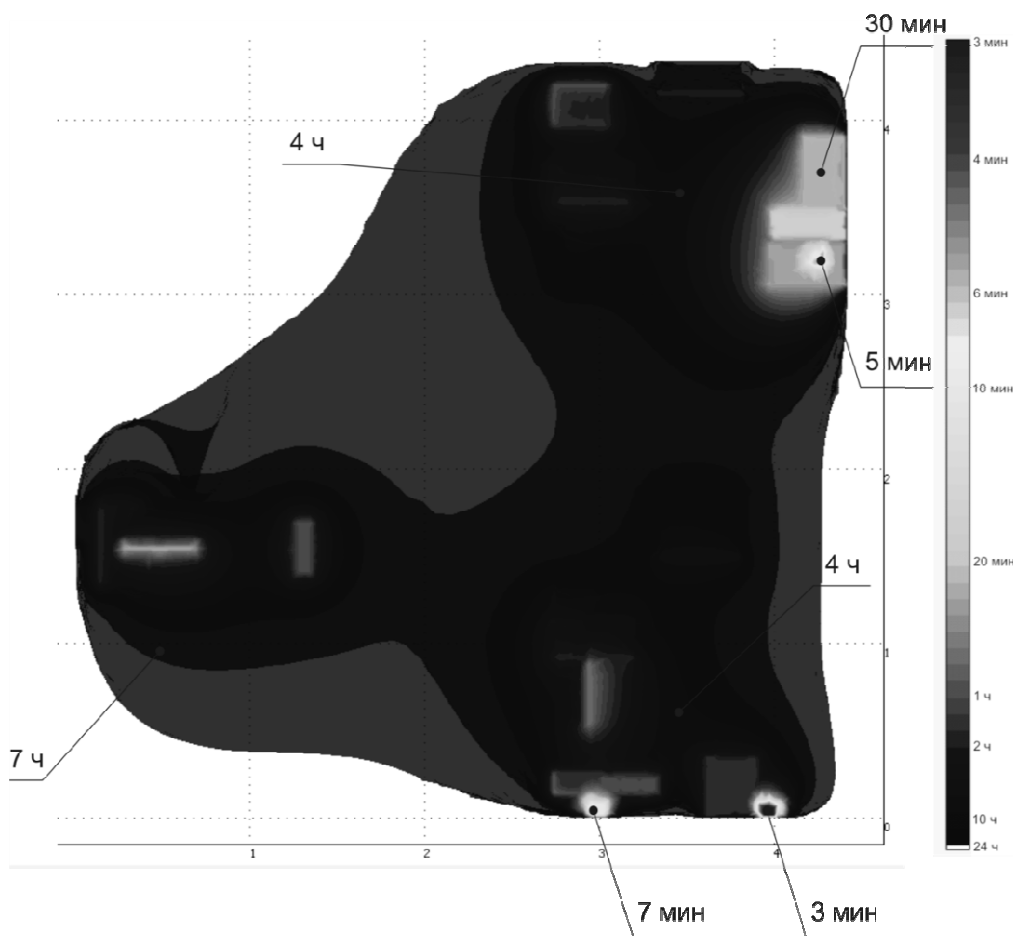


Рис. 3. Картина допустимого времени пребывания человека в различных зонах помещения (вид сверху)

Данная картина, в сущности, представляет собой отображение трёхмерной модели электрического поля на двумерную плоскость, построенное в соответствии с выражением:

$$f'(x, y) = \max_z f(x, y, z)$$

где $f'(x, y)$ – функция, значения которой формируют изображение (функция допустимого времени пребывания человека);

$f(x, y, z)$ – исходная отображаемая функция (в данном случае – функция потенциала электрического поля);

запись $\max_z f(x, y, z)$ обозначает максимальное значение функции f , выбранное среди всех значений вдоль оси z для каждой точки с координатами (x, y) .

Более полная оценка опасности нахождения человека в различных зонах помещения может быть произведена путем построения цилиндрической картины опасности. Для этого помещение разбивается на зоны, ограниченные цилиндрами, внутри которых имеется источник с наибольшим уровнем излучения. Радиус цилиндра – 0,5 м, высота цилиндра – 2 м (параметры ориентировочные, могут зависеть от специфики работы людей – например, в случае, если работа имеет подвижный характер, радиус цилиндра следует взять равным радиусу рабочей зоны человека) (рис. 4). Наивысший уровень излучения внутри цилиндра и обуславливает опасность нахождения человека в конкретной зоне помещения.

Предложенный метод может быть формализован следующим выражением:

$$f'(x, y) = \max_{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2 < R; z < H} f(x, y, z)$$

где $f'(x, y)$ – функция, значения которой формируют изображение;

$f(x, y, z)$ – исходная отображаемая функция;

R – радиус цилиндра;

H – высота цилиндра.

Выражение $\max_{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2 < R; z < H} f(x, y, z)$ определяет для каждой точки с координатами

(x_0, y_0) максимальное значение функции f внутри цилиндра, описываемого уравнением $(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 < R; z < H$ (это уравнение цилиндра радиусом R и высотой H с осью, параллельной оси z и проходящей через точку x_0, y_0).

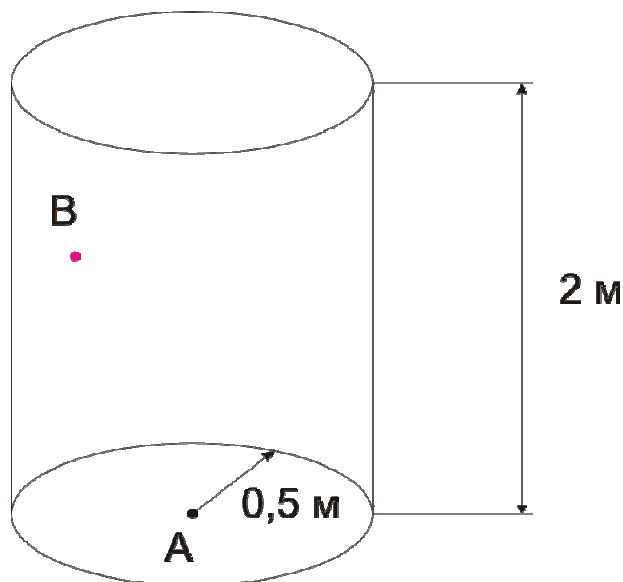


Рис. 4. Построение цилиндрической картины опасности для человека, находящегося в точке А

Например, построим цилиндр из точки А. Если внутрь цилиндра попадёт точка В с высоким уровнем излучения (например, системный блок мощного компьютера), считаем, что в точке А уровень опасности будет высоким, несмотря на то, что в самой точке А высокого уровня излучения не регистрируется.

Результаты и их обсуждение

На рисунке 5 представлена цилиндрическая картина опасности рассматриваемого помещения, полученная путем преобразования рисунка 3. Распределение и площади опасных областей поменялись: опасными являются более обширные области. Точечные источники электромагнитного поля создали цилиндрические зоны повышенной опасности; вытянутые источники (системные блоки ПЭВМ, мониторы) создали зоны в форме вытянутых цилиндров.

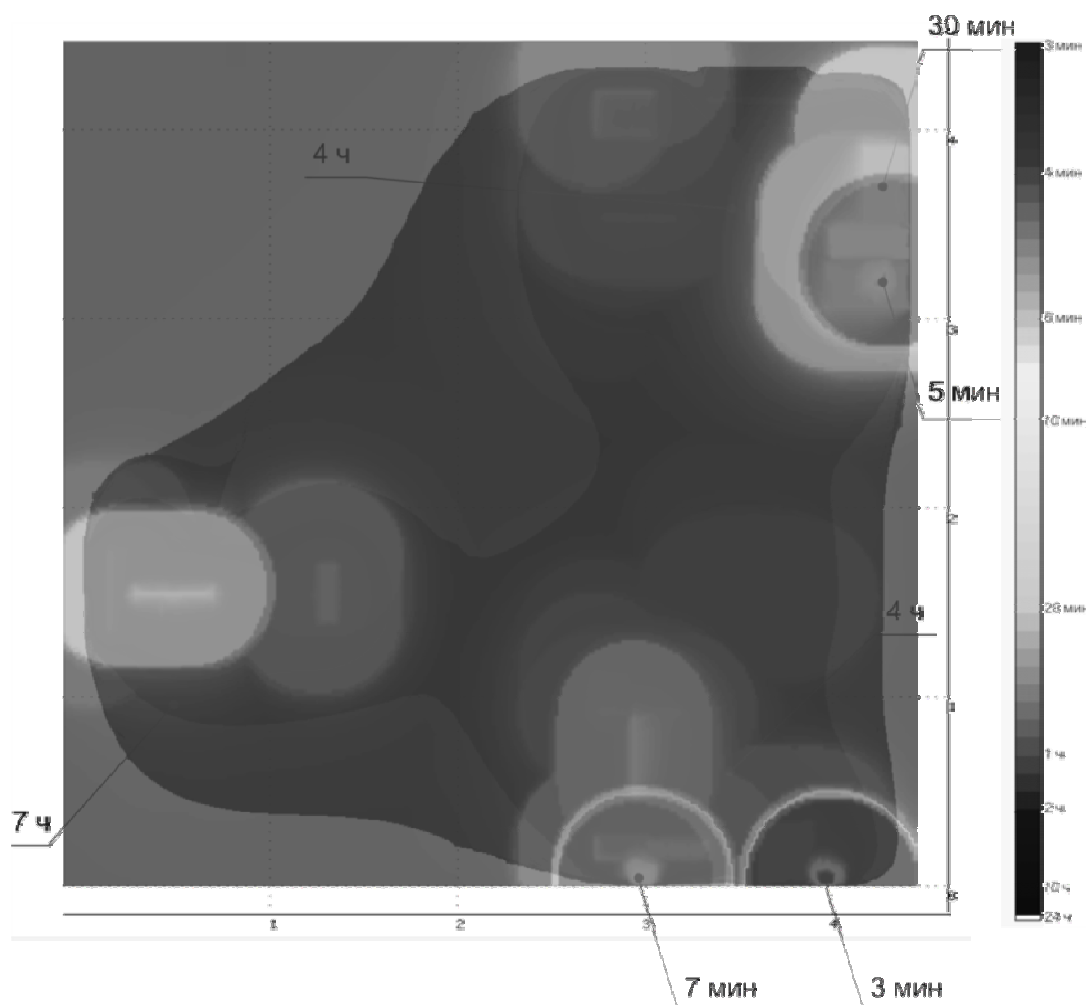


Рис. 5. Картина с наложенным изображением – результатом обработки методом цилиндров

Выводы

При разработке мер по нормализации электромагнитной обстановки следует учитывать не только расположение зон с повышенным уровнем электромагнитного излучения, но и расстояние от рабочих мест людей до этих зон, а также возможность попадания в зоны человека, работающего поблизости.

Предложенная в статье методика позволяет получать более наглядные картины опасности электромагнитного излучения применительно к рабочим местам людей. Это позволит более правильно оценить возможность применения к исследуемому помещению различных мер по снижению электромагнитных излучений. Также применение представленной методики сократит сложность автоматизации подобных оценок (за счёт формализации параметров электромагнитной обстановки, которым должны соответствовать зоны помещения).

Библиографический список

1. Карякин Р.Н., Куликова Л.В., Никольский О.К., Сошников А.А., Герцен Н.Т., Еремина Т.В., Зайцев А.А. Основы электромагнитной совместимости: учебник для вузов / под ред. Р.Н. Карякина; Алт. гос. тех. ун-т им. И.И. Ползунова. – Изд. 2-е, перераб. – Барнаул: ОАО «Алтайский дом печати», 2009. – 470 с.
2. Егоров В.И. Применение ЭВМ для решения задач (Comsol Multiphysics): учебное пособие. – СПб.: ИТМО, 2006.
3. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. – Введ. 2003-06-30. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 27 с.
4. СанПиН 2.2.4-2.1.8.055-96. Излучения радиочастотного диапазона. – М.: Изд-во стандартов, 2009.

