

делируемого пространства. Отдельно на картине указано допустимое время нахождения в зонах длительного пребывания, а также – в местах наибольшего уровня ЭМИ.

Предложенная методика позволяет определять уровни электростатического, переменных электрического, магнитного и электромагнитного полей во всех точках пространства помещения от любых источников неионизирующего излучения; повысить достоверность результатов контроля; снизить трудоемкость определения допустимого времени пребывания; разработать на этой основе организационно-технические мероприятия по нормализации электромагнитной обстановки.

Литература

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. 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. – URL: <http://matlab.exponenta.ru/femlab/book1>.



УДК 537.8:681.3

А.А. Сошников, И.Е. Мигалёв

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ КАРТИНЫ ОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКИ В ПОМЕЩЕНИЯХ С ИСТОЧНИКАМИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

В статье рассмотрен метод формирования наглядной картины опасности электромагнитной обстановки в помещениях с источниками электромагнитных излучений по критерию допустимого времени пребывания людей.

Ключевые слова: человек, электромагнитное излучение, источник, опасность, моделирование электромагнитного поля.

A.A. Soshnikov, I.E. Migalev

THE REPRESENTATION OF THE ELECTROMAGNETIC SITUATION DANGER PICTURE IN THE PREMISES WITH ELECTROMAGNETIC RADIATION SOURCES

The method for the evident danger picture formation of the electromagnetic situation in the premises with electromagnetic radiation sources by the criterion of people stay admissible time is considered in the article.

Key words: person, electromagnetic radiation, source, danger, electromagnetic field modeling.

Интенсивное использование большого количества искусственных источников электромагнитного поля привело к тому, что в последней трети XX века сформировался новый значимый фактор загрязнения окружающей среды – электромагнитный.

При этом возникла необходимость измерения и нормирования уровня электромагнитного излучения в рабочей зоне и оценки его воздействия на человеческий организм. Результаты измерений должны быть представлены в наглядной форме, позволяющей определять опасные зоны помещений, и обоснованно выбирать мероприятия по улучшению электромагнитной обстановки.

Исходными данными для формирования картины опасности пребывания в зонах помещения с источниками электромагнитных излучений служат результаты непосредственных измерений при помощи современной аппаратуры [1].

Результаты измерений сами по себе не позволяют получить полное представление о электромагнитной обстановке в помещении. С помощью современной аппаратуры можно получить лишь данные для определенных точек помещения в конкретные моменты времени для узких диапазонов частот. Для получения

цельной картины электромагнитной обстановки можно воспользоваться численным анализом результатов измерений, например, с помощью специализированного программного обеспечения COMSOL Multiphysics [2].

В качестве примера рассмотрим одно из помещений Алтайского государственного технического университета, электрические и магнитные поля в котором были исследованы с помощью приборов ПЗ-50, ПЗ-41 и СТ-01. На рисунке 1 представлен общий план помещения с расположением информационно-технологического оборудования. На рисунке 2 представлена модель электрического поля частотой 30 кГц, полученная с помощью упомянутого программного обеспечения.

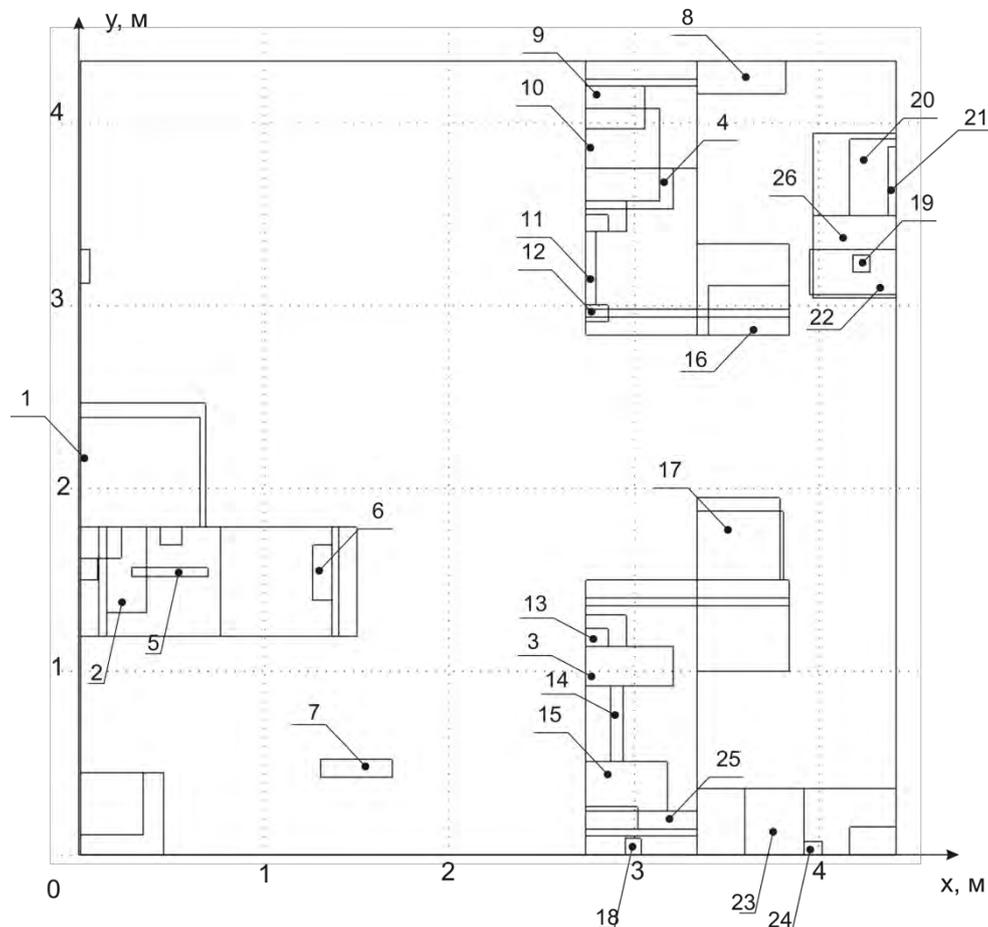


Рис. 1. План помещения издательства АлтГТУ (подписаны наиболее мощные источники электромагнитных излучений): 1 – multifunctional device (MFD) scanner-printer-copier «Xerox Phaser 7700»; 2–4 – системные блоки персональной электронно-вычислительной машины (ПЭВМ); 5 – жидкокристаллический монитор «Samsung SyncMaster»; 6 – блок бесперебойного питания «PowerCom 800 VA»; 7, 8 – электрические обогреватели мощностью 1 кВт; 9 – блок бесперебойного питания «UPS 800 VA»; 10 – принтер «HP LaserJet 4200»; 11 – жидкокристаллический монитор «Samsung SyncMaster 710N»; 12–14 – жидкокристаллические мониторы «ViewSonic Vg700»; 15, 16 – сканеры «HP»; 17 – multifunctional device «EcoSys FS-6950DN»; 18, 19 – радиотелефоны «Panasonic»; 20 – сетевой коммутатор (switch) «3Com» (40 портов); 21 – жидкокристаллический монитор «NEC 17»; 22 – системный блок ПЭВМ «GLX» (сервер); 23 – факс «Panasonic»; 24 – блок питания зарядного устройства телефона «Fly»; 25 – источник бесперебойного питания «APC 800 VA»; 26 – источник бесперебойного питания «APC 1000 VA»

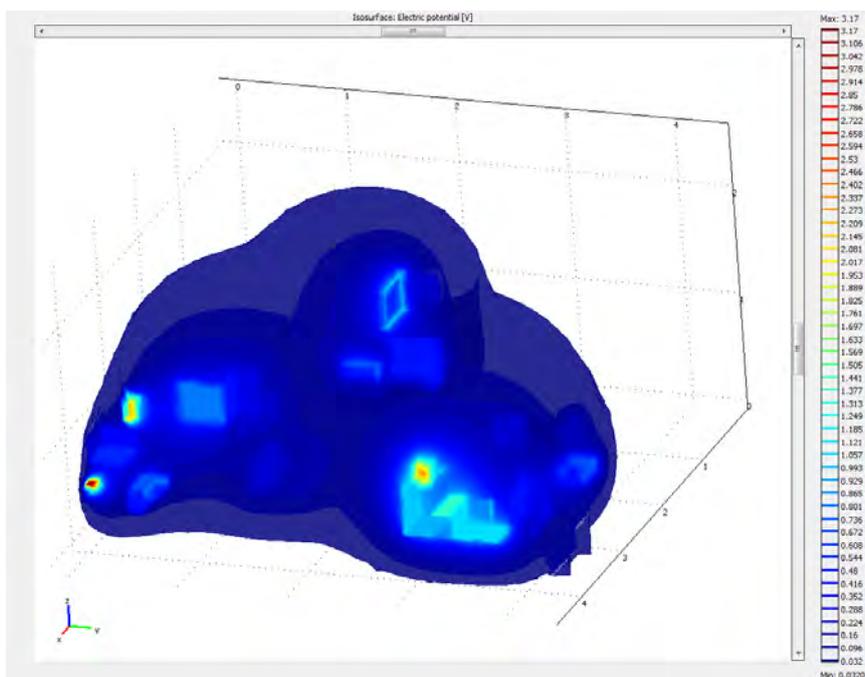


Рис. 2. Модель электрического поля частотой 30 кГц, полученная при помощи COMSOL Multiphysics

Представленная на рисунке картина дает полное представление о параметрах электрического поля частотой 30 кГц в помещении. Однако она не позволяет оценить степень опасности различных зон помещения для человека. Получение наглядной картины опасности может быть произведено в несколько этапов.

Математические выражения, приведенные в действующих нормативных документах СанПиН [3, 4], позволяют вычислить максимально допустимое время пребывания человека в электрическом поле. С использованием 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.

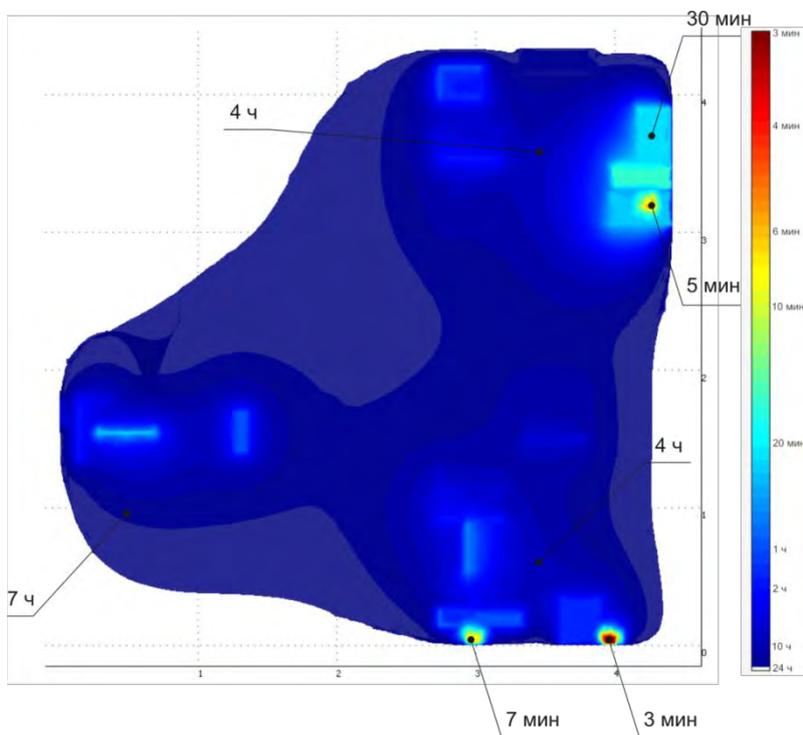


Рис. 3. Картина допустимого времени пребывания человека в различных зонах помещения (вид сверху)

Эта картина является более наглядной и может быть использована для планирования мероприятий по обеспечению электромагнитной безопасности. Однако при анализе этой картины сложно оценить опасность зон, соседствующих с зонами повышенного уровня излучения. Человек, чье рабочее место находится на небольшом расстоянии от такой зоны, не будет предупрежден об опасности.

Для получения более информативной картины опасности можно представить отображение трехмерной модели электрического поля на двумерную плоскость, построенное в соответствии с выражением

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

где $f'(\xi, y)$ функция, значения которой формируют изображение;

$f(\xi, y, z)$ исходная отображаемая функция (в данном случае – функция потенциала электрического поля).

Выражение $\max_z f(\xi, y, z)$ обозначает максимальное значение функции f на оси z для каждой точки с координатами (ξ, y)

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 (рис. 4) – 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). Уровень излучения внутри цилиндра и обуславливает опасность нахождения человека в конкретной зоне помещения.

Предложенный метод может быть формализован следующим выражением:

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

где $f'(\xi, y)$ функция, значения которой формируют изображение;

$f(\xi, y, z)$ исходная отображаемая функция;

R – радиус цилиндра;

H – высота цилиндра.

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

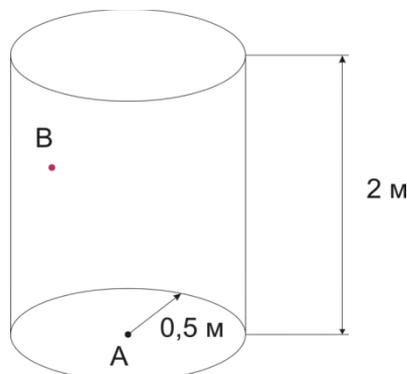


Рис. 4. Построение цилиндрической картины опасности для человека, находящегося в точке А

Например, построим цилиндр из точки А. Если внутрь цилиндра попадет 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.

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.

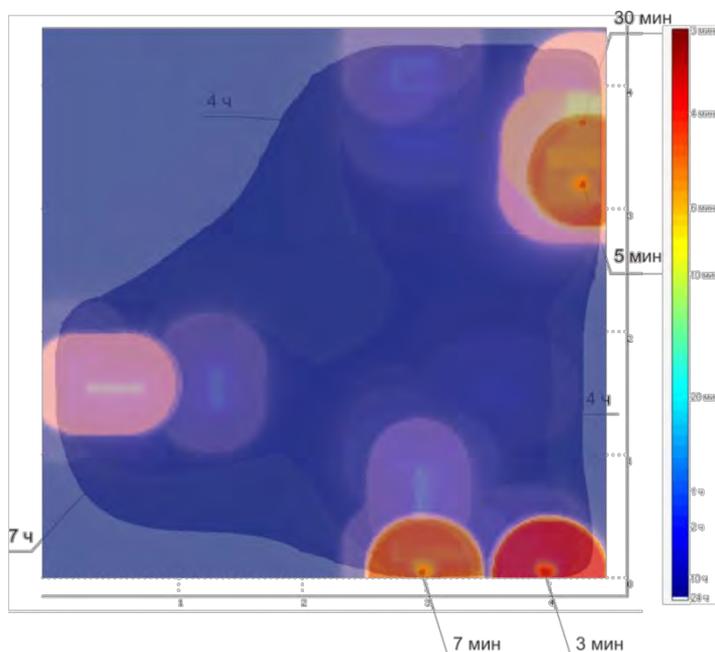


Рис. 5. Картина с наложенным изображением – результатом обработки методом цилиндров

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 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 счет формализации параметров электромагнитной обстановки, которым должны соответствовать зоны помещения).

Литература

1. Основы электромагнитной совместимости: учеб. для вузов / *Р.Н. Карякин* [и др.]; 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 (ComsolMultiphysics): учеб. пособие. – СПб.: Изд-во 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.

