

ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА



УДК 537.8:681.3

Е.В. Титов

АНАЛИЗ ОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ В ПОМЕЩЕНИЯХ

Ключевые слова: электромагнитные излучения, контроль параметров электромагнитных полей, допустимое время пребывания, электромагнитная обстановка, электромагнитная безопасность.

Введение

Интенсивное использование электромагнитной энергии в современном обществе в последней трети XX в. привело к формированию нового фактора загрязнения окружающей среды – электромагнитного. В настоящее время источники электромагнитных полей (ЭМП) получают все более широкое распространение как в производственных, так и в бытовых условиях, создавая все большую опасность для здоровья людей [1].

Возникает необходимость контроля электромагнитных излучений (ЭМИ) в помещениях в результате все большего их оснащения различной технической и бытовой аппаратурой, которая является источником ЭМИ. В настоящее время существует ряд нормативных документов [2-4], которые устанавливают предельно допустимые уровни электромагнитного излучения, воздействующего на население и рабочий персонал. Однако более информативным и удобным для восприятия параметром является допустимое время пребывания человека в различных зонах помещения независимо от уровней и частотных спектров электрических и магнитных составляющих ЭМИ. Для определения этого времени должны быть выявлены наиболее опасные составляющие поля в помещении. Для решения рассмотренных проблем следует повысить достоверность результатов контроля электромагнитной обстановки, снизить трудоемкость

путем уменьшения сложности определения допустимого времени пребывания в различных зонах помещения.

Объекты и методы

В Алтайском государственном техническом университете им. И.И. Ползунова (АлтГТУ) разработан способ интегрированного контроля электромагнитной обстановки. Способ заключается в том, что по результатам измерения значений напряженностей электрического и магнитного полей, создаваемых источниками ЭМИ на частотах: 0 Гц, 50 Гц, 30 кГц, 3 МГц, 30 МГц, 50 МГц, 300 МГц определяется наиболее опасная составляющая электромагнитного поля (ЭМП), соответствующая минимально допустимому времени пребывания человека в точках измерений. Далее производится компьютерное моделирование поля в помещении для выделенной опасной составляющей ЭМИ.

Экспериментальная часть

Допустимое время пребывания людей в точках измерения определяется по следующей методике.

Известны расчетные выражения для определения допустимого времени пребывания в зоне действия электромагнитного поля людей, профессионально связанных с эксплуатацией и обслуживанием источников ЭМИ, в производственных условиях [2]. Это время определяется в зависимости от предельно допустимых уровней электромагнитных полей (ЭМП).

В частности, предельно допустимый уровень напряженности электростатического поля (ЭСП) при воздействии менее 1 ч за

смену составляет 60 кВ/м [2]. Допустимое время пребывания персонала в этом электростатическом поле (час) без средств защиты определяется по формуле [2]:

$$T_{\text{доп (ЭС)}} = \left(\frac{60}{E_{\text{факт}}} \right)^2, \quad (1)$$

где $E_{\text{факт}}$ – значение напряженности электростатического поля, создаваемого источниками ЭМИ, кроме ПЭВМ, на частоте 0 Гц, кВ/м.

При воздействии электростатического поля более 1 ч за смену $E_{\text{ПДУ}}$ определяется по формуле:

$$E_{\text{ПДУ}} = \frac{60}{\sqrt{t}}, \quad (2)$$

где t – время воздействия, ч [2].

Вычисленное по формуле (2) ПДУ напряженности электростатического поля для людей, профессионально связанных с эксплуатацией и обслуживанием источников ЭМИ, при воздействии в течение 8 ч составляет 21 кВ/м.

Аналогично можно определить допустимое время пребывания людей в зонах действия источников ЭМИ, например, в помещениях с персональными электронно-вычислительными машинами (ПЭВМ).

Нормированный [3] предельно допустимый уровень напряженности электростатического поля, создаваемого ПЭВМ, равен 15 кВ/м при его воздействии в течение 8-часового рабочего дня. В соответствии с формулой (2) ПДУ напряженности электростатического поля, создаваемого ПЭВМ, при его воздействии в течение 1 ч за сутки (ненормированное [3]) составляет 43 кВ/м.

Допустимое время пребывания человека (час) в этом поле, создаваемом ПЭВМ, без средств защиты можно определить по формуле:

$$T_{\text{доп (ЭС) ПЭВМ}} = \left(\frac{43}{E1_{\text{факт}}} \right)^2, \quad (3)$$

где $E1_{\text{факт}}$ – значение напряженности электростатического поля, создаваемого ПЭВМ, на частоте 0 Гц, кВ/м.

Таким же образом можно определить и другие показатели ПДУ электромагнитных полей, не нормированные Санитарными нормами и Правилами.

При определении ПДУ напряженности электрического поля (ЭП) промышленной частоты руководствуются следующим.

ПДУ напряженности электрического поля промышленной частоты для людей, профессионально связанных с эксплуатацией и

обслуживанием источников ЭМП, при воздействии в течение всей смены (8 ч) составляет 5 кВ/м [2]. Допустимое время пребывания людей в этом поле (час) рассчитывается по формуле:

$$T_{\text{доп (ЭП 50)}} = \left(\frac{50}{E2_{\text{факт}}} \right) - 2, \quad (4)$$

где $E2_{\text{факт}}$ – значение напряженности электрического поля, создаваемого источниками ЭМИ кроме ПЭВМ и бытовой техники, на частоте 50 Гц, кВ/м [2].

Нормированное значение ПДУ напряженности электрического поля промышленной частоты, создаваемого ПЭВМ на рабочих местах, составляет 0,025 кВ/м для 8-часового рабочего дня [3]. Используя формулу (4), можно получить формулу для определения допустимого времени пребывания человека в электрическом поле 50 Гц, создаваемом ПЭВМ, ч:

$$T_{\text{доп (ЭП 50) ПЭВМ}} = \left(\frac{0,25}{E3_{\text{факт}}} \right) - 2, \quad (5)$$

где $E3_{\text{факт}}$ – значение напряженности электрического поля, создаваемого ПЭВМ, на частоте 50 Гц, кВ/м.

Для всех изделий бытовой техники, кроме ПЭВМ, ПДУ напряженности электрического поля 50 Гц при воздействии в течение 8 ч составляет 0,5 кВ/м [4]. С учетом этого значения допустимое время пребывания людей в электрическом поле 50 Гц бытовой техники можно рассчитать по формуле, ч:

$$T_{\text{доп (ЭП 50) БТ}} = \left(\frac{5}{E4_{\text{факт}}} \right) - 2, \quad (6)$$

где $E4_{\text{факт}}$ – значение напряженности электрического поля, создаваемого бытовой техникой, кроме ПЭВМ, на частоте 50 Гц, кВ/м.

Допустимое время пребывания людей в магнитном поле (МП), создаваемом источниками ЭМИ кроме ПЭВМ, на частоте 50 Гц можно определить, используя таблично заданные в [2] нормированные значения этих показателей для производственных условий, по формуле:

$$T_{\text{доп (МП 50)}} = \frac{1600}{H1_{\text{факт}}}, \quad (7)$$

где $H1_{\text{факт}}$ – значение напряженности магнитного поля, создаваемого источниками ЭМИ кроме ПЭВМ, на частоте 50 Гц, А/м.

Аналогично определяется допустимое время пребывания людей в зонах действия магнитного поля частотой 50 Гц от ПЭВМ,

используя таблично заданные в [3] нормированные значения этих показателей, по формуле:

$$T_{\text{доп (МП 50) ПЭВМ}} = \frac{4}{H2_{\text{факт}}}, \quad (8)$$

где $H2_{\text{факт}}$ – значение напряженности магнитного поля, создаваемого ПЭВМ, на частоте 50 Гц, А/м.

При облучении в течение 8 ч от нескольких источников, работающих в радиочастотных диапазонах, для которых установлены разные предельно допустимые уровни, допустимое время пребывания человека в соответствии с [2] определяется по формуле:

$$T_{\text{доп (ЭМП РЧ)}} = \frac{8}{K_T}, \quad (9)$$

где K_T – поправочный временной коэффициент [2].

Измеренные значения напряженностей электрических или магнитных полей, соответствующие наименьшему допустимому значению времени пребывания людей, используются в качестве входных параметров для компьютерного моделирования ЭМИ в среде COMSOL Multiphysics [5].

В процессе моделирования ЭМИ формируется пространственная картина распределения напряженности электрического или магнитного полей в контролируемом помещении. На рисунке 1 показан пример трехмерной картины распределения напряженности электрического поля: по осям отложены координаты источников ЭМИ, м. С помощью цветовой шкалы могут быть определены уровни напряженности электрического поля в различных областях помещения.

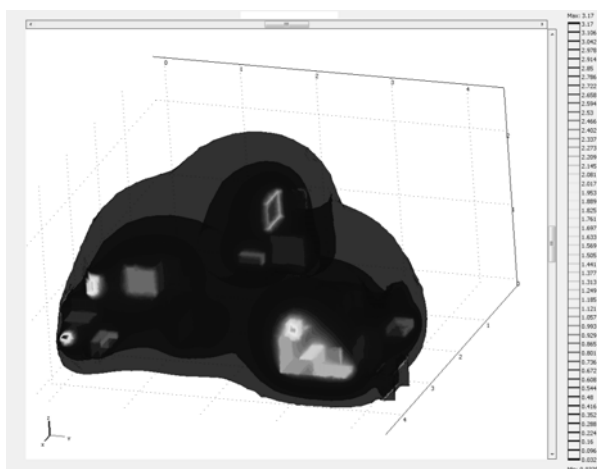


Рис. 1. Трехмерная картина распределения напряженности электрического поля

Расчёт компьютерной модели проводится методом конечных элементов, когда вся

моделируемая среда разбивается на небольшие участки различной конфигурации. С использованием формул (1-9) производится переход от параметров электромагнитного поля к допустимому времени пребывания человека в каждой точке помещения, тем самым формируется картина электромагнитной опасности (рис. 2).

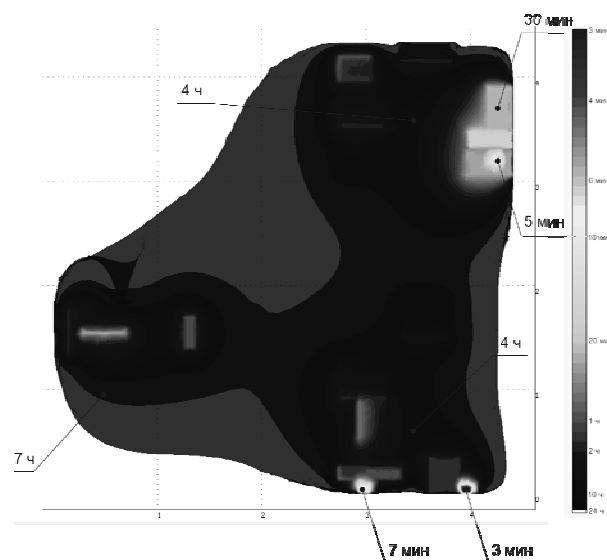


Рис. 2. Картина опасности электромагнитного излучения

Результаты и их обсуждение

Картина опасности электромагнитного излучения показывает зоны допустимого времени пребывания людей в любой точке моделируемого пространства в виде изоповерхностей, окрашенных в различные тона в зависимости от числового значения допустимого времени (рис. 2). Справа от картины указана шкала допустимого времени пребывания человека в различных зонах помещения, с помощью которой можно визуально определить потенциально опасные зоны в зависимости от цветового оттенка изображения в любой области моделируемого пространства. Отдельно на картине указано допустимое время нахождения в зонах длительного пребывания, а также в местах наибольшего уровня ЭМИ.

Заключение

Предложенный способ интегрированного контроля электромагнитной обстановки позволяет расширить области применения: появляется возможность определения уровня ЭМИ во всех точках пространства помещения от любых источников; повысить достоверность результатов контроля электромагнитной безопасности: обеспечивается возможность определения уровня ЭМИ во всех точках контролируемого пространства; снизить трудоемкость путем уменьшения сложности определения допустимого вре-

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)