

3. Мезенова О.Я., Ким И.Н., Бредихин С.А. Производство копченых пищевых продуктов. – М.: Колос, 2001.
4. Возмилов А.Г. Исследование и разработка двухзонного электрофильтра для очистки воздуха в промышленном птицеводстве. – Челябинск, 1980.



УДК 537.8:681.3

*Н.П. Воробьев, Е.В. Титов, И.Е. Мигалев*

### ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКИ В ПОМЕЩЕНИЯХ

*В статье рассмотрена методика оценки состояния электромагнитной обстановки в помещениях с источниками электромагнитных излучений.*

**Ключевые слова:** электромагнитные излучения, опасность, методика оценки, контроль параметров электромагнитных полей, электромагнитная обстановка.

*N.P. Vorobiev, E.V. Titov, I.E. Migalev*

### THE ELECTROMAGNETIC ENVIRONMENT CONDITION ASSESSMENT IN THE PREMISES

*The technique for the electromagnetic environment condition assessment in the premises with the electromagnetic radiation sources is considered in the article.*

**Key words:** electromagnetic radiation, danger, assessment technique, control of electromagnetic field parameters, electromagnetic environment.

---

Необходимость контроля состояния электромагнитной обстановки в помещениях обусловлена все большим их оснащением различной технической и бытовой аппаратурой, которая является источником электромагнитных излучений (ЭМИ).

Существует ряд нормативных документов [1–3], 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.

В Алтайском государственном техническом университете им. И.И. Ползунова (АлтГТУ) разработана методика интегрированного контроля электромагнитной обстановки. Методика заключается в том, что по результатам измерения значений напряженностей электростатического, переменных электрического, магнитного и электромагнитного полей, создаваемых источниками ЭМИ соответственно на частотах: 0 Гц, 50 Гц, 30 кГц, 3 МГц, 30 МГц, 50 МГц, 300 МГц и при необходимости на более высоких частотах до 300 ГГц, определяется наиболее опасное поле, соответствующее минимально допустимому времени пребывания человека в точке измерения. Далее производится компьютерное моделирование выбранного поля в исследуемом помещении.

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

Известны расчетные выражения для определения допустимого времени пребывания в зоне действия электростатического, переменных электрического, магнитного и электромагнитного полей. Данные выражения применяются в целях обеспечения электромагнитной безопасности людей, профессионально связанных с эксплуатацией и обслуживанием источников ЭМИ, в производственных условиях [1]. Это время определяется в зависимости от предельно допустимых уровней контролируемого поля.

В частности, предельно допустимый уровень напряженности электростатического поля (ЭСП) при воздействии менее 1 ч за смену составляет 60 кВ/м [1]. Допустимое время пребывания персонала в этом электростатическом поле (час) без средств защиты определяется по формуле [1]

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

где  $E_{\text{факт}}$  – значение напряженности электростатического поля, создаваемого источниками ЭМИ кроме персональных электронно-вычислительных машин (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 [1].

Вычисленный по формуле (2) предельно-допустимый уровень (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 ПЭВМ.

Нормированный [2] 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 (не нормированное в [2]) составляет 43 кВ/м.

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

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

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 ЭМИ, при воздействии в течение всей смены (8 ч) составляет 5 кВ/м [1]. Допустимое время пребывания людей в этом поле (час) рассчитывается по формуле

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

где  $E2_{\text{факт}}$  – значение напряженности электрического поля, создаваемого источниками ЭМИ, кроме ПЭВМ и бытовой техники, на частоте 50 Гц, кВ/м [1].

Нормированное значение ПДУ напряженности электрического поля промышленной частоты, создаваемого ПЭВМ на рабочих местах, составляет 0,025 кВ/м для 8-часового рабочего дня [2]. Используя формулу (4), можно получить формулу для определения допустимого времени пребывания человека в электрическом поле 50 Гц, создаваемом ПЭВМ (час).

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

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 [3]. С учетом этого значения допустимое время пребывания людей в электрическом поле 50 Гц бытовой техники можно рассчитать по формуле (час)

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

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 [1] нормированные значения этих показателей для производственных условий, по формуле

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

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 [2] нормированные значения этих показателей, по формуле

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

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 электромагнитном поле в соответствии с [1] определяется по формуле

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

где  $K_T$  – поправочный временной коэффициент [1].

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 [4].

В итоге создается 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. С помощью цветовой шкалы могут быть определены уровни напряженности электрического поля в различных областях помещения.

В процессе моделирования расчет 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).

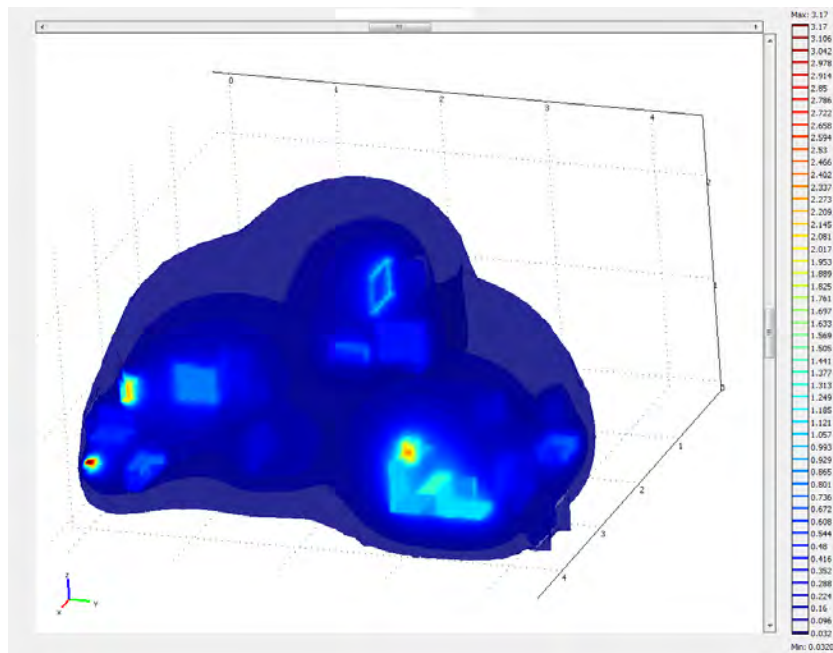


Рис. 1. Трехмерная картина распределения напряженности электрического поля

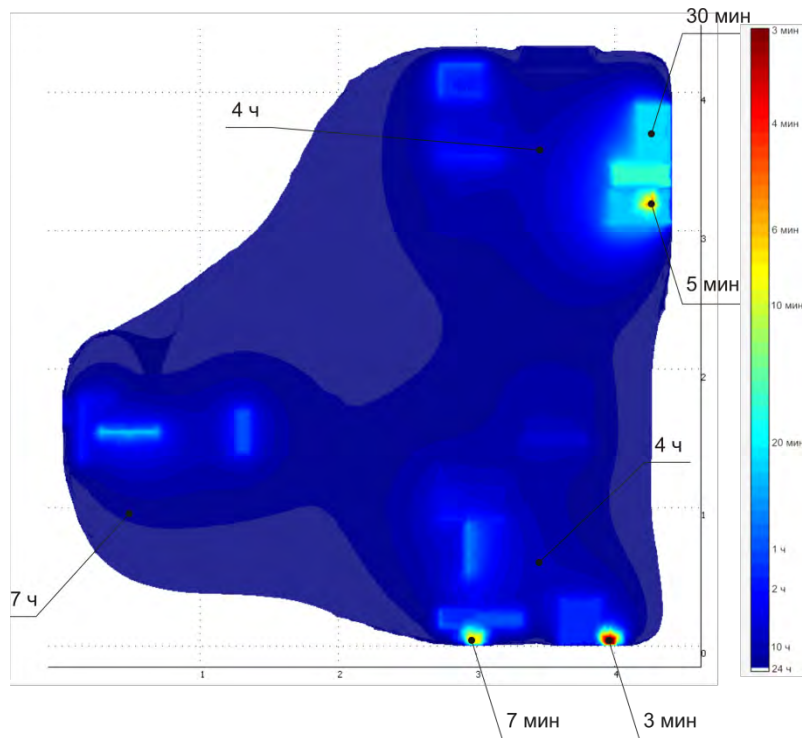


Рис. 2. Картина опасности электромагнитного излучения

На картине опасности электромагнитного излучения (см. рис. 2) показаны зоны допустимого времени пребывания людей в исследуемом помещении в виде изоповерхностей, окрашенных в различные тона, в зависимости от числового значения допустимого времени. 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 мо-

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