

УДК 658.51

МОДЕЛЬ РАЗМЕЩЕНИЯ ОФИСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ С УЧЁТОМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ РАДИОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА

Л.И. Нефёдов, профессор, д.т.н., Ю.А. Петренко, доцент, к.т.н., А.С. Кононыхин, ассистент, ХНАДУ

Аннотация. Разработана модель размещения офисного оборудования с учетом электромагнитных излучений радиочастотного диапазона, позволяющая повысить комфортность на рабочем месте и обеспечить нормативные показатели электромагнитных полей.

Ключевые слова: офис, электромагнитное излучение радиочастотного диапазона, напряженность, плотность потока энергии, офисное оборудование.

МОДЕЛЬ РОЗМІЩЕННЯ ОФІСНОГО ОБЛАДНАННЯ З УРАХУВАННЯМ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ РАДІОЧАСТОТНОГО ДІАПАЗОНУ

Л.І. Нефьодов, професор, д.т.н., Ю.А. Петренко, доцент, к.т.н., О.С. Кононихін, ассистент, ХНАДУ

Анотація. Розроблено модель розміщення офісного обладнання з урахуванням електромагнітних випромінювань радіочастотного діапазону, що дозволить підвищити комфортність на робочому місці і забезпечити нормативні показники електромагнітних полів.

Ключові слова: офіс, електромагнітне випромінювання радіочастотного діапазону, напруженість, щільність потоку енергії, офісне обладнання.

MODEL OF OFFICE EQUIPMENT ARRANGEMENT TAKING INTO ACCOUNT THE ELECTROMAGNETIC RADIATION OF THE RADIO-FREQUENCY BANDWIDTH

L. Nefedov, Professor, Doctor of Technical Science, Y. Petrenko, Associate Professor, Candidate of Technical Science, A. Kononykhin, assistant, KhNAHU

Abstract. A model of office equipment arrangement taking into account the electromagnetic radiation of the radio-frequency bandwidth are developed allowing to increase comfort on a working place and to ensure normative parameters of electromagnetic fields.

Key words: office, electromagnetic radiation of radio-frequency bandwidth, intensity, energy flux density, office equipment.

Введение

На сегодняшний день трудно представить офис без большого количества различной оргтехники. Каждое из устройств является источником электромагнитных излучений (ЭМИ) на рабочем месте. Многие работы и исследования в области электромагнитных

полей определяют возможные факторы риска. При воздействии на организм человека постоянных магнитных и электростатических полей с интенсивностью, превышающей безопасный уровень, могут развиваться нарушения в деятельности сердечно-сосудистой системы, органов дыхания и пищеварения, возможно изменение состава крови и др.[1].

Анализ публикаций

Значительный вклад в развитие теории и практики защиты от электромагнитных полей и размещения оборудования с учетом ЭМИ внесли ученые Апполонский С.М., Калыда Т.В., Нефедов Л.И. и другие [2, 3].

Большое количество оргтехники, сетевые кабели электропитания и локальной сети являются источниками ЭМИ, поэтому возникает задача расположения рабочих мест, которая должна учитывать удобство сотрудников и соответствовать нормам и правилам показателей среды функционирования по ЭМИ.

Цель и постановка задачи

Цель статьи – создание математической основы для численного обоснования повышения эргономичности и комфортности офисной среды функционирования за счет разработки модели размещения офисного оборудования с учетом ЭМИ радиочастотного диапазона.

Задачу размещения комплекта офисного оборудования для функциональных зон можно сформулировать следующим образом.

Известно:

- площадь помещения S_{Π} ;
- набор офисного оборудования Q_{γ}^{β} для каждой функциональной зоны ($\beta = 1, \beta'$);
- результаты оценки среды функционирования офиса по уровню электромагнитного излучения.

Необходимо:

- разместить выбранное оборудование Q_{γ}^{β} с учетом заданных критериев и ограничений.

Для решения рассматриваемой задачи необходимо проанализировать особенности показателей по ЭМИ.

Природа ЭМИ и их показатели

Источники электромагнитных полей, которые создают электромагнитную обстановку среды функционирования, являются в основном искусственного происхождения: различные генераторы, трансформаторы, антенны,

производственное и инженерно-техническое оборудование, мониторы компьютеров и др.

Переменные электромагнитные поля, создаваемые данными источниками, способны оказывать негативное воздействие на организм человека, последствия которого зависят от напряженности электрического и магнитного полей, частоты излучения, плотности потока энергии, его расположения, размера облучаемой поверхности тела человека и индивидуальных способностей его организма [4].

Предельно допустимые уровни облучения в диапазоне радиочастот определяются ГОСТом 12.1.006-84 «Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля» [5]. В соответствии с этим нормативным документом установлена предельно допустимая напряженность электрического поля ($E_{\text{ПД}}$) в диапазоне 0,06 – 300 МГц и предельно допустимая энергетическая нагрузка за рабочий день ($\text{ЭН}_{\text{ЕПД}}$). Между этими величинами существует следующая связь [5]

$$E_{\text{ПД}} = \sqrt{\frac{\text{ЭН}_{\text{ЕПД}}}{T}}, \quad (1)$$

где T – время воздействия в течение рабочего дня.

Между предельно допустимой напряженностью магнитного поля ($H_{\text{ПД}}$) и предельно допустимой энергетической нагрузкой за рабочий день ($\text{ЭН}_{\text{HПД}}$) существует следующая зависимость [5]

$$H_{\text{ПД}} = \sqrt{\frac{\text{ЭН}_{\text{HПД}}}{T}}. \quad (2)$$

Также еще одной нормируемой величиной является предельно допустимое значение плотности потока энергии ($\text{ППЭ}_{\text{ПД}}$) [5]

$$\text{ППЭ}_{\text{ПД}} = K \cdot \frac{\text{ЭН}_{\text{ЕПД}}}{T}, \quad (3)$$

где K – коэффициент ослабления биологической эффективности.

Одновременное воздействие электрического и магнитного полей в диапазоне частот от 0,06 до 3 МГц следует считать допустимым при условии [5]

$$\frac{\mathcal{E}N_E}{\mathcal{E}N_{E_{\text{ПД}}}} + \frac{\mathcal{E}N_H}{\mathcal{E}N_{H_{\text{ПД}}}} \leq 1, \quad (4)$$

где $\mathcal{E}N_E$ и $\mathcal{E}N_H$ – энергетические нагрузки, характеризующие воздействия электрического и магнитного полей.

Модель размещения офисного оборудования с учетом электромагнитных излучений

Для разработки модели размещения офисного оборудования с учетом электромагнитных излучений необходимо:

- выбрать критерии оценки среды функционирования офиса;
- сформулировать ограничения с учетом требований эргономики и техники безопасности.

Рассмотрим постановку задачи более подробно. Известны: площадь помещения $S_{\text{П}}$; структура функциональных зон, их конфигурация и геометрические параметры $\overline{Q}^{\beta}$; для каждой функциональной зоны ($\beta = \overline{1, \beta'}$) комплект офисного оборудования Q_{γ}^{β} , закрепленного за одним рабочим местом, характеризуемый формой, занимаемой площадью S_{γ}^{β} и геометрическими размерами комплекта $M = \{M_{\gamma}\} \quad \gamma = \overline{1, \gamma'}$ [6].

Требуется разместить в каждой функциональной зоне $\beta = \overline{1, \beta'}$ рабочие места, определив их количество $N^{\beta}(x_{\gamma}, y_{\gamma}) \quad \gamma = \overline{1, \gamma'}$ и местоположения (x_{γ}, y_{γ}) по следующим частным критериям каждой зоны [6]:

- минимальные уровни электромагнитного излучения

$$E^{\beta} = \min_{\gamma = \overline{1, \gamma'}} E^{\beta}(x_{\gamma}, y_{\gamma}); \beta = \overline{1, \beta'}, \quad (5)$$

$$H^{\beta} = \min_{\gamma = \overline{1, \gamma'}} H^{\beta}(x_{\gamma}, y_{\gamma}); \beta = \overline{1, \beta'}, \quad (6)$$

$$\text{ППЭ}^{\beta} = \min_{\gamma = \overline{1, \gamma'}} \text{ППЭ}^{\beta}(x_{\gamma}, y_{\gamma}); \beta = \overline{1, \beta'}; \quad (7)$$

где E^{β} , H^{β} – электрическая и магнитная составляющие;

ППЭ^{β} – плотность потока энергии для каждой зоны;

– максимальный коэффициент заполнения функциональных зон

$$\mu^{\beta} = \max_{\gamma = \overline{1, \gamma'}} \frac{N^{\beta}(x_{\gamma}, y_{\gamma}) \cdot S_{\gamma}^{\beta}}{S_{\text{П}}}; \beta = \overline{1, \beta'}. \quad (8)$$

Кроме вышеперечисленных, учтём следующие критерии:

- максимальное расстояние удаленности от кабельных сетей и розеток сетевого электропитания

$$R^{\beta} = \max_{\gamma = \overline{1, \gamma'}} \min R^{\beta}(x_{\gamma}, y_{\gamma}); \beta = \overline{1, \beta'}; \quad (9)$$

- минимальное значение затрат на покупку и монтаж кабельных сетей

$$z^{\beta} = \min_{\gamma = \overline{1, \gamma'}} N^{\beta}(x_{\gamma}, y_{\gamma}) \cdot z_{\gamma}^{\beta}; \beta = \overline{1, \beta'}, \quad (10)$$

где z_{γ}^{β} – затраты на покупку и монтаж кабельных сетей γ – рабочего места.

Область допустимых решений определим следующими ограничениями:

- суммарная площадь размещаемых комплектов мебели в каждой из функциональных зон по санитарным требованиям должна быть не более заданной площади S^{β}

$$N^{\beta}(x_{\gamma}, y_{\gamma}) S_{\gamma}^{\beta} \leq S^{\beta}; \gamma = \overline{1, \gamma'}; \beta = \overline{1, \beta'}; \quad (11)$$

- суммарная площадь функциональных зон $S^{\beta}(\beta = \overline{1, \beta'})$ должна быть не более заданной площади помещения $S_{\text{П}}$

$$\sum_{\beta=1}^{\beta'} S^{\beta} \leq S_{\Pi}; \quad (12)$$

– уровни электромагнитного излучения не должны превышать предельно допустимых значений $E_{\text{дп}}^{\beta}$, $H_{\text{дп}}^{\beta}$, $\text{ППЭ}_{\text{дп}}^{\beta}$

$$E^{\beta}(x_{\gamma}, y_{\gamma}) \leq E_{\text{дп}}^{\beta}; \gamma = \overline{1, \gamma'}; \beta = \overline{1, \beta'}, \quad (13)$$

$$H^{\beta}(x_{\gamma}, y_{\gamma}) \leq H_{\text{дп}}^{\beta}; \gamma = \overline{1, \gamma'}; \beta = \overline{1, \beta'}, \quad (14)$$

$$\text{ППЭ}^{\beta}(x_{\gamma}, y_{\gamma}) \leq \text{ППЭ}_{\text{дп}}^{\beta}; \gamma = \overline{1, \gamma'}; \beta = \overline{1, \beta'}; \quad (15)$$

– значение расстояния удаленности рабочих мест от кабельных сетей и розеток сетевого электропитания не должно превышать допустимого $R_{\text{дп}}^{\beta}$

$$R^{\beta}(x_{\gamma}, y_{\gamma}) \leq R_{\text{дп}}^{\beta}; \gamma = \overline{1, \gamma'}; \beta = \overline{1, \beta'}; \quad (16)$$

– значение затрат на покупку и монтаж кабельных сетей не должно превышать заданного $z_{\text{зад}}^{\beta}$

$$N^{\beta}(x_{\gamma}, y_{\gamma}) z_{\gamma}^{\beta} \leq z_{\text{зад}}^{\beta}; \gamma = \overline{1, \gamma'}; \beta = \overline{1, \beta'}; \quad (17)$$

– условия принадлежности рабочих мест Q_{γ}^{β} своей функциональной зоне $Q^{-\beta}$

$$\bigcup_{\gamma=1}^{\gamma'} Q_{\gamma}^{\beta} \subset Q^{-\beta}; \beta = \overline{1, \beta'}; \quad (18)$$

– условия взаимного непересечения рабочих мест Q_{γ}^{β} и Q_{ρ}^{β} для каждой зоны

$$Q_{\rho}^{\beta} \cap Q_{\gamma}^{\beta} = \emptyset; \rho, \gamma = \overline{1, \gamma'}; \beta = \overline{1, \beta'}, \quad (19)$$

где $\emptyset$ – пустое множество.

Приведенная обобщенная математическая модель (5) – (19) относится к классу многокритериальных задач размещения геометрических объектов произвольной формы в областях прямоугольной геометрической формы.

Выводы

В результате была разработана модель размещения офисного оборудования с учетом ЭМИ радиочастотного диапазона, которая создает математическую основу для численного обоснования повышения эргономичности и комфортности офиса.

Литература

1. Экология и безопасность жизнедеятельности. – Режим доступа: URL: http://www.ecologic.ru/ecol_bzhd/page59.html – Заголовок 3 экрану.
2. Нефедов Л.И. Графоаналитический метод оценки электромагнитной обстановки помещений зданий / Л.И. Нефедов, В.Е. Овчаренко, Н.Ю. Филь // Технология приборостроения. – 2004. – №2. – С. 21–24.
3. Апполонский С.М. Безопасность жизнедеятельности человека в электромагнитных полях / С.М. Апполонский, Т.В. Каляда, Б.Е. Синдаловский – С.Пб.: Политехника, 2006. – 264 с.
4. Экология и безопасность жизнедеятельности: учеб. пособие для вузов/ Д.А. Кривошеин, Л.А. Муравей, Н.Н. Роева и др.; под ред. Л.А. Муравья. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 448 с.
5. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля: ГОСТ 12.1.006-84(1999) – ГОСТ 12.1.006-84(1999); введен 1986-01-01). – М.: Росстандарт, 1999. – 5 с. – (Межгосударственный стандарт)
6. Модели и методы синтеза офисов по управлению программами и проектами: монография / Л.И. Нефёдов, Ю.А. Петренко, Т.В. Плугина и др. – Х.: ХНАДУ, 2010. – 344 с.

Рецензент: Ю.В. Батыгин, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 27 марта 2012 г.