

УДК 537.87

## Исследование электромагнитных полей в окружающей среде от оборудования компьютерного комплекса с позиции допустимых требований по электромагнитной безопасности

Викторов В. А., Мешалкин В. А., Салтыков В. М.

**Постановка задачи:** в настоящее время компьютер, принтер, ксерокс, являются основными техническими устройствами и источниками электромагнитных полей в офисных помещениях. При этом число эксплуатируемых компьютеров и интенсивность их применения возрастают, а электромагнитные поля от компьютерного оборудования становятся весьма существенным фактором общей электромагнитной обстановки и электромагнитной безопасности. Поэтому все чаще возникают задачи, связанные с контролем уровней электромагнитных полей, создаваемых устройствами оборудования компьютерного комплекса. В таких задачах необходим анализ электромагнитного поля в непосредственной близости от технического устройства с учетом особенностей его размещения и наличия поблизости других устройств компьютерного комплекса. Как правило, контроль электромагнитных полей проводится инструментально. **Целью работы** является исследование параметров электромагнитных полей в окружающей среде от оборудования компьютерного комплекса с позиции допустимых требований по электромагнитной безопасности. **Используемые методы:** измерения параметров электромагнитных полей проводились прибором ВЕ-МЕТР-АТ-002 в строгом соответствии с инструкцией по эксплуатации прибора при обеспечении необходимых расстояний от датчика до тела оператора, проводящего измерения и объектов, имеющих фиксированный потенциал. **Новизна:** в работе представлены результаты измерений от всех основных устройств компьютерной техники, которые являются источниками электромагнитных полей в офисных помещениях. Измерения проводились в горизонтальной и вертикальных плоскостях, в непосредственной близости от технических устройств на расстоянии 0,5 м, для блока источника бесперебойного питания – на расстоянии 0,1 м. **Результаты:** полученные в собственном экспериментальном исследовании представлены в таблицах и сопоставлены с предельно допустимыми значениями ГОСТ Р 50948-2001 для выявления нарушений предписанных требований. **Практическая значимость** состоит в том, что представленные результаты позволяют численно оценить характеристики электромагнитных полей оборудования компьютерного комплекса и провести оценку превышения предельно допустимых значений, регламентируемых ГОСТ Р 50948-2001.

**Ключевые слова:** электромагнитная обстановка, электромагнитное поле, электромагнитная безопасность, неблагоприятные воздействия, предельно допустимые уровни, электромагнитная экология.

### Введение

Электромагнитная обстановка в офисных зданиях характеризуется большим числом разнообразных источников электромагнитных полей разной ин-

---

#### Библиографическая ссылка на статью:

Викторов В. А., Мешалкин В. А., Салтыков В. М. Исследование электромагнитных полей в окружающей среде от оборудования компьютерного комплекса с позиции допустимых требований по электромагнитной безопасности // Системы управления, связи и безопасности. 2019. № 4. С. 246-261. DOI: 10.24411/2410-9916-2019-10409.

#### Reference for citation:

Viktorov V. A., Meshalkin V. A., Saltykov V. M. The research of electromagnetic fields in the environment from the computer equipment from the standpoint of permissible requirements for electromagnetic safety. *Systems of Control, Communication and Security*, 2019, no. 4, pp. 246-261. DOI: 10.24411/2410-9916-2019-10409 (in Russian).

тенсивности и широкого частотного диапазона, причем наиболее важными локальными источниками электромагнитных полей являются видеотерминалы (ВДТ) – компьютерные комплексы: дисплеи, системные блоки, источники бесперебойного питания; принтеры, ксероксы.

Основными источниками неблагоприятного воздействия на здоровье пользователя компьютером принято считать средства визуального отображения информации (мониторы или дисплеи), включающие в свой состав электронно-лучевые трубки. В таком устройстве для отклонения электронного луча, генерируемого специальной системой (электронно-лучевой пушкой), применяются магнитные поля, создаваемые катушками индуктивности особой формы, называемыми в совокупности отклоняющей системой.

В отличие от них, средства отображения информации, построенные на жидкокристаллических структурах, представляют собой практически замкнутую (в электродинамическом смысле) систему. В них для отображения информации используют способность некоторых веществ менять свои оптические параметры под воздействием внешних, весьма слабых, электрического и магнитного полей. Такие системы, по сравнению с электронно-лучевыми, потребляют незначительную мощность и практически не излучают электромагнитных волн. Сегодня, даже при условии полного прекращения выпуска старых мониторов и перехода на новые, жидкокристаллические мониторы, в эксплуатации останется огромное количество мониторов старых типов.

Анализ доступной литературы показал, что учеными всего мира проводятся исследования, связанные с попыткой оценить влияния ЭМП офисной оргтехники на организм человека, но ни в одном из найденных источников не представлены измерения в горизонтальной и вертикальной плоскостях, а также не встретилась ни одна статья, где был бы рассмотрен весь компьютерный комплекс.

Так, в работе [1] зарубежных авторов представлены результаты измерений, которые демонстрируют превышения предельно допустимых уровней (ПДУ) ЭМП на расстоянии 0,3 м от ненагруженного источника бесперебойного питания (ИБП). Измерениям излучений LCD-мониторов посвящены работы [2, 3]. По данным [4], в процессе измерений электромагнитного поля на местах пользователей персональных компьютеров (ПК) выявлено превышение ПДУ напряженности электрического поля и индукции магнитного поля на частотах от 5 Гц до 2 кГц, а также ПДУ индукции магнитного поля на частотах от 2 до 400 кГц [5]. В работе [6] были проведены измерения напряженности электромагнитного и электростатического полей ПЭВМ и установлено, что при использовании нескольких мониторов (от 2 до 6), превышение предельно допустимых норм может достигать 1,5 – 4,5 раз, даже если излучение каждого из них в пределах нормы. Автором в [7] представлен эксперимент, в ходе которого были проведены измерения распределения тока на поверхности кабеля видеоинтерфейса и плотности тока на поверхности системного блока ПК. Измерения проводились для сравнения их с результатами, полученными при помощи экспериментальных расчетов при решении задачи анализа ПК как источника побочных электромагнитных излучений (ПЭМИ).

Исследованиями [8, 9] установлено, что основной вклад в излучение персонального (ПК) вносит именно монитор, излучающий электромагнитные поля в диапазоне частот 20 Гц – 1000 МГц, а также ультрафиолетовое излучение в диапазоне 200 – 400 нм, инфракрасное излучение в диапазоне 1050 нм 1 мм и рентгеновское излучение с энергией, превышающей 1,2 кэВ. Кроме того, в процессе работы на экране электроннолучевой трубки накапливается электростатический заряд, создающий электростатическое поле. При этом пользователи, работающие с монитором, также приобретают электростатический потенциал. Разброс электростатических потенциалов пользователей колеблется в диапазоне от -3 до +5 кВ. При субъективном ощущении такого потенциала, он служит решающим фактором, обуславливающим возникновение неприятных физиологических ощущений.

Заметный вклад в общее электростатическое поле вносят электризующиеся от трения поверхности клавиатуры и мыши. Эксперименты показывают, что даже после работы с клавиатурой электростатическое поле быстро возрастает с 2 до 12 кВ/м. На отдельных рабочих местах в области рук регистрировались напряженности статических электрических полей более 20 кВ/м.

В состав персонального компьютера входит не только монитор, но и системный блок (с процессором и памятью), а также разнообразные устройства ввода/вывода информации: клавиатура, дисковые накопители, принтер, сканер, и т. п. Кроме того, компьютеры часто оснащают источниками бесперебойного питания. Все эти элементы при совместной работе формируют сложную электромагнитную обстановку на рабочем месте пользователя ВДТ, что с позиции его составных элементов как источников электромагнитного поля показано в таблице 1 [8].

Таблица 1 – Источники электромагнитного поля, входящие в состав ВДТ

Источник	Диапазон частот
Монитор: -сетевой трансформатор блока питания; -преобразователь напряжения в импульсном блоке питания; -блок кадровой развертки; -блок строчной развертки; -умножитель напряжения для анода монитора с ЭЛТ.	50 Гц 20-100 кГц 48-160 Гц 15-110 кГц 0 Гц (постоянное напряжение)
Системный блок (процессор, память, накопитель).	50 Гц - 1000 МГц
Устройство ввода/вывода информации.	0 Гц, 50 Гц
Источники бесперебойного питания.	50 Гц; 20-100 кГц

Электромагнитное поле, создаваемое персональным компьютером в диапазоне частот от 0 Гц до 1000 МГц включает и электрическую и магнитную составляющие, причем взаимосвязь их достаточно сложна, поэтому и оценка производится раздельно. Пример спектра излучения ПК в диапазоне 10 Гц – 400 кГц приведен на рис. 1 [8].

Появление офисных зданий с большим числом компьютерной техники, создающих как кондуктивные помехи, так и электромагнитные поля в окружа-

ющем пространстве, привело к значительным проблемам в системах электро-снабжения в самих зданиях, а также в городских электрических сетях.

Широкий частотный диапазон электромагнитных помех, определяемых электромагнитными полями компьютерных комплексов (дисплей, системный блок и др.) и их характеристики электрической нагрузки, создают сложную электромагнитную обстановку (ЭМО) не только в пространстве рабочих мест пользователей, но и в других помещениях офисных зданий, связанных с распределительной системой электроснабжения.

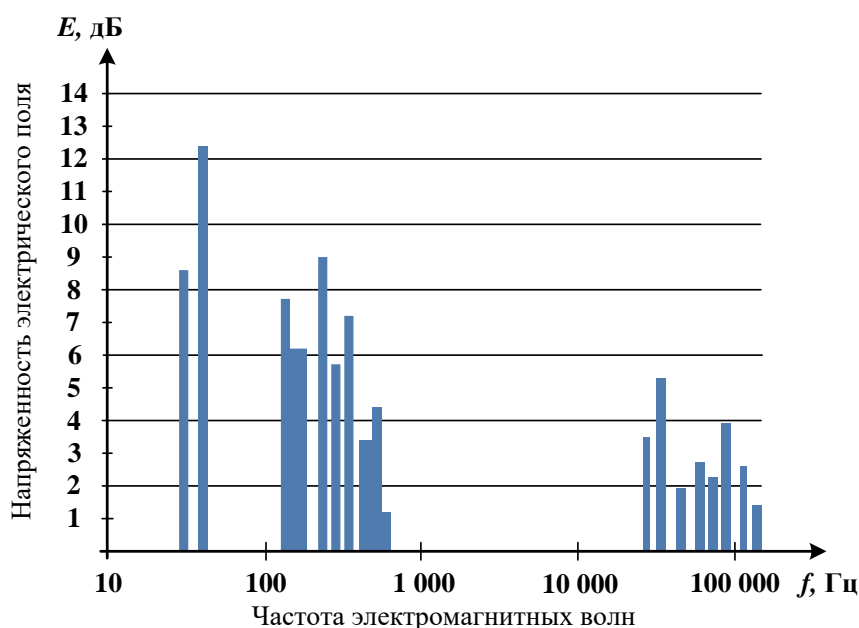


Рис. 1. Спектр излучения персонального компьютера

Указанное обстоятельство предопределяет проведение измерений ЭМП как для основного электрооборудования ВДТ: монитора и системного блока, а также в проходах между рабочими местами, около силовых щитов электропитания, в коридорах этажей здания и т.д.

При этом, важной задачей исследования электромагнитных полей (ЭМП) в помещениях рабочих мест с компьютерами и территории здания в целом является оценка электромагнитной обстановки с позиции обеспечения санитарно-эпидемиологических норм по ЭМП для обслуживающего персонала в соответствии с требованиями ГОСТ Р 50948-2001, предельно допустимые уровни для которого [10] показаны в таблице 2.

Таким образом, задача оценки воздействий ЭМП, создаваемых компьютерной оргтехникой на организм человека является актуальной. Измерения ЭМП в офисных зданиях обычно проводят измерителем ВЕ-МЕТР-АТ-002, определяющим действующие значения напряженности электрического поля  $E$ , В/м, и электромагнитной индукции  $B$ , мкТл (нТл), для двух частотных диапазонов  $f_I = 5 \text{ Гц} \dots 2 \text{ кГц}$  ( $E_I$ ;  $B_I$ ) и  $f_{II} = 2 \text{ кГц} \dots 400 \text{ кГц}$  ( $E_{II}$ ;  $B_{II}$ ).

Таблица 2 – Предельно допустимые уровни (ПДУ) электромагнитного поля для ВДТ по ГОСТ Р 50948-2001

Диапазон	Значение ПДУ	Примечание
5 Гц - 2 кГц	$E_{пду} = 25 \text{ В/м}$ $B_{пду} = 250 \text{ нТл}$	Условия измерения: вокруг монитора ПЭВМ: на расстоянии 0,5 м с электронно-лучевыми трубками и на расстоянии 0,4 м с жидкокристаллическими экранами.
2 - 400 кГц	$E_{пду} = 2,5 \text{ В/м}$ $B_{пду} = 25 \text{ нТл}$	
Поверхностный электростатический потенциал	$V = \pm 500 \text{ В}$	Условия измерения: на расстоянии 0,1 м от экрана монитора ПЭВМ.

Целью работы является исследование параметров электромагнитных полей в окружающей среде от оборудования компьютерного комплекса с позиции допустимых требований по электромагнитной безопасности.

Организация и методы исследования: анализ научных литературных данных о влиянии электромагнитного поля от компьютерной техники на организм человека, о нормировании параметров электромагнитного поля в офисном помещении. Измерения параметров ЭМП проводились прибором ВЕ-МЕТР-АТ-002.

### Результаты измерений

Измерения приборами проводились по осям  $x$ ,  $y$ ,  $z$  в пространстве в точке установки прибора (по инструкции направленным перемещением антенны) по отношению к объекту измерения, для получения результирующего действующего значения параметра:

$$E_{рез} = \sqrt{E_x^2 + E_y^2 + E_z^2}; \quad (1)$$

$$B_{рез} = \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2}; \quad (2)$$

Несмотря на выявленные недостатки, мониторы с электронно-лучевыми трубками (рис. 2) продолжают эксплуатироваться как в офисных, так и в жилых помещениях.



Рис. 2. Внешний вид монитора с электронно-лучевой трубкой

При этом экспериментальные исследования ЭМП для мониторов с электронно-лучевыми трубками выполняются вокруг мониторов в горизонтальной

и вертикальной плоскостях на расстоянии 0,5 м в соответствии с требованиями ГОСТ Р 50948-2001. Результаты измерений ЭМП вокруг монитора с электронно-лучевой трубкой с выявленными наибольшими показателями приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты измерений ЭМП вокруг монитора с электронно-лучевой трубкой на расстоянии 0,5 м

Нормы	Параметры	на экран 0°	слева 45°	слева 90°	слева 135°	сзади 180°	справа 225°	справа 270°	справа 315°	сверху	снизу
$E_{I,норм} = 25 \text{ В/м}$	$E_I, \text{ В/м}$	<b>32</b>	<b>44</b>	<b>103</b>	<b>83</b>	<b>78</b>	<b>92</b>	<b>133</b>	<b>69</b>	<b>56</b>	<b>62</b>
$E_{II,норм} = 2,5 \text{ В/м}$	$E_{II}, \text{ В/м}$	0,16	0,22	0,62	0,46	0,33	0,53	0,79	0,41	0,52	0,68
$B_{I,норм} = 0,25 \text{ мкТл}$	$B_I, \text{ мкТл}$	<b>0,27</b>	<b>0,38</b>	<b>0,5</b>	<b>0,46</b>	<b>0,37</b>	<b>0,42</b>	<b>0,47</b>	<b>0,36</b>	<b>0,29</b>	<b>0,33</b>
$B_{II,норм} = 25 \text{ нТл}$	$B_{II}, \text{ нТл}$	19	5	16	6	10	7	10	13	8	16

**Примечание:** жирным шрифтом отмечены значения, превышающие нормы ЭМП.

Результаты представленные в таблице 3, показывают, что нарушения требований ГОСТ Р 50948-2001 происходят, как правило, в диапазоне частот от 5 Гц до 2 кГц, как по значениям напряженности электрического поля  $E_I$ , В/м, (превышение нормируемых значений в 1,5...5 раза), так и по значениям магнитной индукции  $B_I$ , мкТл, (превышение нормируемых значений в 1,5...2 раза), при этом нарушений нормируемых значений ЭМП в диапазоне частот от 2 кГц до 400 кГц не наблюдается.

Экспериментальные исследования ЭМП для мониторов с жидкокристаллическими структурами (рис. 3) также выполняются вокруг мониторов в горизонтальной и вертикальной плоскостях на расстоянии 0,5 м в соответствии с требованиями ГОСТ Р 50948-2001.



Рис. 3. Внешний вид монитора с жидкокристаллической структурой

В итоге, результаты измерений ЭМП вокруг монитора с жидкокристаллическим экраном «Samsung», модель: E1920NR, на расстоянии 0,5 м от центра экрана с выявленными наибольшими показателями приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты измерений ЭМП вокруг монитора с жидкокристаллическим экраном на расстоянии 0,5 м от центра экрана

Нормы	Параметры	на экран 0°	слева 45°	слева 90°	слева 135°	сзади 180°	справа 225°	справа 270°	справа 315°	сверху	снизу
$E_{I,норм} = 25$ В/м	$E_I$ , В/м	<b>35</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>29</b>	<b>28</b>	<b>31</b>	<b>42</b>	<b>34</b>	<b>27</b>	11
$E_{II,норм} = 2,5$ В/м	$E_{II}$ , В/м	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
$B_{I,норм} = 0,25$ мкТл	$B_I$ , мкТл	0,14	0,15	0,19	0,13	0,19	0,24	0,21	0,17	0,22	0,24
$B_{II,норм} = 25$ нТл	$B_{II}$ , нТл	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

**Примечание:** жирным шрифтом отмечены значения, превышающие нормы ЭМП.

Результаты измерений ЭМП вокруг монитора с жидкокристаллическим экраном на расстоянии 0,5 м, приведенные в таблице 4, показывают, что нарушения требований ГОСТ Р 50948-2001 происходят в диапазоне частот от 5 Гц до 2 кГц по значениям напряженности электрического поля  $E_I$ , В/м, (превышение нормируемых значений в 1,1...1,7 раза). При этом нарушений нормируемых значений ЭМП в диапазоне частот от 2 кГц до 400 кГц – не наблюдается.

Аналогично, экспериментальные исследования ЭМП для персональных компьютеров (ноутбуков) выполняются вокруг его корпуса (рис. 4) в горизонтальной и вертикальной плоскостях на расстоянии 0,4 м в соответствии с требованиями ГОСТ Р 50948-2001.



Рис. 4. Внешний вид монитора персонального компьютера (ноутбука)

В итоге, результаты измерений ЭМП вокруг корпуса персонального компьютера Samsung, на расстоянии 0,4 м от центра экрана с выявленными наибольшими показателями приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты измерений ЭМП вокруг корпуса персонального компьютера на расстоянии 0,4 м от центра экрана при питании от электрической сети

Нормы	Параметры	на экран 0°	слева 45°	слева 90°	слева 135°	сзади 180°	справа 225°	справа 270°	справа 315°	сверху	снизу
$E_{I,норм} = 25 \text{ В/м}$	$E_I, \text{ В/м}$	8	6	10	8	10	8	7	6	6	7
$E_{II,норм} = 2,5 \text{ В/м}$	$E_{II}, \text{ В/м}$	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
$B_{I,норм} = 0,25 \text{ мкТл}$	$B_I, \text{ мкТл}$	<b>0,48</b>	<b>0,41</b>	<b>0,35</b>	<b>0,33</b>	<b>0,30</b>	<b>0,38</b>	<b>0,41</b>	<b>0,37</b>	<b>0,37</b>	<b>0,31</b>
$B_{II,норм} = 25 \text{ нТл}$	$B_{II}, \text{ нТл}$	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0

**Примечание:** жирным шрифтом отмечены значения, превышающие нормы ЭМП.

Результаты измерений ЭМП вокруг корпуса персонального компьютера на расстоянии 0,4 м от центра экрана, приведенные в таблице 5, показывают, что нарушения требований ГОСТ Р 50948-2001 происходят в диапазоне частот от 5 Гц до 2 кГц только для значениям магнитной индукции  $B_I$ , мкТл, превышающих нормируемые значения в 1,3...1,9 раза, причем наибольшие значения соответствуют направлению на экран.

Следует отметить, что снизу корпуса персонального компьютера на расстоянии 5 см начинают проявляться ЭМП в диапазоне частот от 2 кГц до 400 кГц, составляющие по магнитной индукции  $B_{II} = 100 \text{ нТл}$ , т.е. превышающие нормируемые значения в 5 раз.

Входящий в состав ВДТ системный блок, внешний вид которого показан на рис. 5, как показали экспериментальные исследования, является весьма значимым источником ЭМП. Результаты измерения ЭМП вокруг системного блока приведены в таблице 6.



Рис. 5. Внешний вид системного блока компьютера



Таблица 6 – Результаты измерения ЭМП вокруг системного блока в горизонтальной плоскости на расстоянии 0,5 м

Нормы	Параметры	спереди 0°	слева 45°	слева 90°	слева 135°	сзади 180°	справа 225°	справа 270°	справа 315°
$E_{I,норм} = 25 \text{ В/м}$	$E_I, \text{ В/м}$	<b>42</b>	<b>83</b>	<b>110</b>	<b>63</b>	43	<b>83</b>	<b>105</b>	<b>61</b>
$E_{II,норм} = 2,5 \text{ В/м}$	$E_{II}, \text{ В/м}$	0,17	0,26	0,75	0,36	0,31	0,32	0,51	0,22
$B_{I,норм} = 0,25 \text{ мкТл}$	$B_I, \text{ мкТл}$	<b>0,62</b>	<b>0,58</b>	<b>0,87</b>	<b>0,57</b>	<b>0,49</b>	<b>0,55</b>	<b>0,75</b>	<b>0,58</b>
$B_{II,норм} = 25 \text{ нТл}$	$B_{II}, \text{ нТл}$	8	14	18	22	24	19	11	9

**Примечание:** жирным шрифтом отмечены значения, превышающие нормы ЭМП.

При этом, результаты измерений ЭМП вокруг системного блока в горизонтальной плоскости на расстоянии 0,5 м, приведенные в табл. 6, показывают, что нарушения требований ГОСТ Р 50948-2001 происходят, как правило, в диапазоне частот от 5 Гц до 2 кГц, как по значениям напряженности электрического поля  $E_I$ , В/м, (превышение нормируемых значений в 1,7...4,4 раза), так и по значению магнитной индукции  $B_I$ , мкТл, (превышение нормируемых значений в 2...3,4 раза), при этом нарушений нормируемых значений ЭМП в диапазоне частот от 2 кГц до 400 кГц не наблюдается.

Как известно, для повышения надежности работы видеодисплейных терминалов при перерывах электроснабжения используются источники бесперебойного питания (ИБП), которые также являются источниками ЭМП, В частности, для ПК часто применяются ИБП UPS IPPON модели Back Power Pro 400, внешний вид которого показан на рис. 6. Результаты измерений ЭМП вокруг ИБП UPS IPPON модели Back Power Pro 400 на расстоянии 0,1 м (из-за возможных небольших расстояний между объектом и оператором) приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Результаты измерений ЭМП вокруг ИБП модели Back Power Pro 400 на расстоянии 0,1 м

Нормы	Параметры	спереди	слева	сзади	справа	сверху	снизу
$E_{I,норм} = 25 \text{ В/м}$	$E_I, \text{ В/м}$	<b>127</b>	<b>162</b>	<b>260</b>	<b>133</b>	<b>144</b>	<b>164</b>
$E_{II,норм} = 2,5 \text{ В/м}$	$E_{II}, \text{ В/м}$	2,02	<b>2,94</b>	1,92	2,41	2,3	<b>3,05</b>
$B_{I,норм} = 0,25 \text{ мкТл}$	$B_I, \text{ мкТл}$	<b>1,05</b>	<b>4,54</b>	<b>3,86</b>	<b>4,6</b>	<b>3,77</b>	<b>5,07</b>
$B_{II,норм} = 25 \text{ нТл}$	$B_{II}, \text{ нТл}$	33	<b>114</b>	<b>132</b>	<b>171</b>	<b>122</b>	<b>189</b>

**Примечание:** жирным шрифтом отмечены значения, превышающие нормы ЭМП.

Результаты измерений ЭМП вокруг ИБП модели Back Power Pro 400 на расстоянии 0,1 м, приведенные в таблице 7, показывают, что нарушения требований ГОСТ Р 50948-2001 происходят не только в диапазоне частот от 5 Гц до 2 кГц, по значениям напряженности электрического поля  $E_I$ , В/м, (превышение нормируемых значений в 5...10 раз) и по значению магнитной индук-

ции  $B_I$ , мкТл, (превышение нормируемых значений в 5...18 раз), а также в диапазоне частот от 2 кГц до 400 кГц по значениям напряженности электрического поля  $E_{II}$ , В/м, (превышение нормируемых значений в 1,2 раза) и по значению магнитной индукции  $B_{II}$ , мкТл, (превышение нормируемых значений в 4,6...7,5 раза).

В большинстве случаев рабочие места с ВДТ оснащены дополнительным офисным оборудованием, как правило, принтерами. На рис.7 показан внешний вид принтера типа Hewlett Packard (HP) LaserJet 1020, а результаты измерения электромагнитных полей вокруг принтера на расстоянии 0,5 м в его рабочем режиме приведены в таблице 8.



Рис. 6. Внешний вид устройства ИБП UPS IPPON модели Back Power Pro 400



Рис. 7. Внешний вид принтера типа HP LaserJet 1020

Таблица 8 – Результаты измерений ЭМП вокруг принтера типа HP LaserJet 1020 на расстоянии 0,5 м в его рабочем режиме

Нормы	Параметры	спереди	слева	сзади	справа
$E_{I,норм} = 25$ В/м	$E_I$ , В/м	<b>28</b>	<b>44</b>	21	21
$E_{II,норм} = 2,5$ В/м	$E_{II}$ , В/м	0,34	1,61	0,12	0,12
$B_{I,норм} = 0,25$ мкТл	$B_I$ , мкТл	<b>0,31</b>	<b>0,30</b>	<b>0,33</b>	<b>0,30</b>
$B_{II,норм} = 25$ нТл	$B_{II}$ , нТл	1	1	0	0

**Примечание:** жирным шрифтом отмечены значения, превышающие нормы ЭМП.

Результаты измерений ЭМП вокруг принтера в рабочем состоянии на расстоянии 0,5 м, приведенные в таблице 8, показывают, что нарушения требований ГОСТ Р 50948-2001 происходят только в диапазоне частот от 5 Гц до 2 кГц, по значениям напряженности электрического поля  $E_I$ , В/м, (превышение нормируемых значений в 1,1...1,8 раза) и по значению магнитной индукции  $B_I$ , мкТл, (превышение нормируемых значений в среднем в 1,2 раза).

Следует также отметить, что превышение требований, в частности, регламентируемых ГОСТ Р 50948-2001, предопределяет недопустимое биологическое влияние электромагнитных полей на здоровье пользователей компью-

терных устройств, что является важной составляющей проблемы электромагнитной безопасности [9].

По обобщенным данным [6, 11, 12], у работающих за монитором от 2 до 6 ч в сутки функциональные нарушения центральной нервной системы происходят в среднем в 4,6 раза чаще, чем в контрольных группах, болезни сердечно-сосудистой системы – в 2 раза чаще, болезни верхних дыхательных путей – в 1,9 раза чаще, болезни опорно-двигательного аппарата – в 3,1 раза чаще. С увеличением продолжительности работы на компьютере соотношение здоровых и больных среди пользователей резко возрастает.

К зрительному утомлению пользователей компьютерами относят целый комплекс симптомов: появление «пелены» перед глазами, глаза устают, делаются болезненными, появляются головные боли, нарушается сон, изменяется психофизическое состояние организма. Необходимо отметить, что жалобы на зрение могут быть связаны как с упомянутыми выше факторами ВДТ, так и с условиями освещения, состоянием зрения оператора и др.

У пользователей компьютерами проявляется синдром длительной статистической нагрузки (СДСН). При этом развивается мышечная слабость, изменения формы позвоночника. При вынужденной рабочей позе, при статической мышечной нагрузке мышцы ног, плеч, шеи и рук длительно пребывают в состоянии сокращения. Поскольку мышцы не расслабляются, в них ухудшается кровоснабжение; нарушается обмен веществ, накапливаются биопродукты распада и, в частности, молочная кислота.

Пользователи компьютеров часто находятся в состоянии стресса. При этом у большинства пользователей работа на компьютере сопровождается значительным умственным напряжением. Показано, что источниками стресса могут быть: вид деятельности, характерные особенности компьютера, используемое программное обеспечение, организация работы, социальные аспекты. Работа на компьютере имеет специфические стрессорные факторы, такие как время задержки ответа (реакции) компьютера при выполнении команд человека, "обучаемость командам управления" (простота запоминания, похожесть, простота использования и т.н.), способ визуализации информации и т.д. Пребывание человека в состоянии стресса может привести к изменениям настроения человека, повышению агрессивности, депрессии, раздражительности. Зарегистрированы случаи психосоматических расстройств, нарушения функции желудочно-кишечного тракта, нарушение сна, изменение частоты пульса, менструального цикла. Пребывание человека в условиях длительно действующего стресс-фактора может привести к развитию сердечнососудистых заболеваний.

Весьма распространенным у пользователей компьютерами является поражение сухожилий кистей рук, так называемый, "запястный синдром", т.е. пользователи компьютерами жалуются на боли в запястьях. В дальнейшем возможно развитие контрактур.

Обобщенные данные о субъективных жалобах пользователей и возможные причины их проявления приведены в таблице 9 [8].

Таблица 9 – Субъективные жалобы пользователей персонального компьютера и возможные причины их происхождения

Субъективные жалобы	Возможные причины
Резь в глазах	Визуальные эргономические параметры монитора, освещение на рабочем месте и в помещении
Головная боль	Аэроионный состав воздуха в рабочей зоне, режим работы
Повышенная нервозность.	Электромагнитное поле, цветовая гамма помещения, режим работы
Повышенная утомляемость	Электромагнитное поле, режим работы
Расстройство памяти	Электромагнитное поле, режим работы
Нарушение сна	Режим работы, электромагнитное поле
Выпадение волос	Электростатические поля, режим работы
Прыщи и покраснение кожи	Электростатическое поле, аэроионный и пылевой состав воздуха в рабочей зоне
Боли в животе	Неправильная посадка, вызванная неправильным устройством рабочего места
Боль в пояснице	Неправильная посадка пользователя, вызванная устройством рабочего места, режим работы
Боль в запястьях и пальцах	Неправильная конфигурация рабочего места, в том числе высота стола не соответствует росту и высоте кресла; неудобная клавиатура; режим работы

### Заключение

С целью обеспечения электромагнитной безопасности рабочих мест операторов с компьютерами необходимо:

- провести экспериментальные исследования электромагнитных полей рабочих мест с компьютерами и офисного помещения в целом;
- выполнить грамотную расстановку электрооборудования компьютерной техники на рабочем месте;
- при групповом использовании рабочих мест операторов с компьютерами в помещении выполнить их рациональное расположение, исключая взаимное электромагнитное влияние [13];
- оценить с позиции электромагнитной безопасности влияние источников электромагнитных полей частоты 50 Гц как электрических проводов питания компьютерной техники, так и скрытых (как правило, в стенах) кабелей системы электроснабжения офисного здания.

### Литература

1. Radha R. C., Gurupranesh P. Electromagnetic radiation from electronic appliances // IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE). 2007. Vol. 4. № 4. P. 41-46.

2. Титов Е. В., Мигалёв И. Е., Клепиков А. С. Исследование электромагнитной безопасности мониторов персональных компьютеров // Материалы II Всероссийской студенческой конференции «Безопасность жизнедеятельности глазами молодежи». Челябинск, 2011. С. 267-268.

3. Титов Е.В., Мигалёв И. Е., Сеницын В. К. Исследование уровней магнитного поля в помещениях АлтГТУ // Материалы XI Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: «Наука и молодежь». Барнаул, 2014. С. 27-28.

4. Григорьев Ю. М., Жильцов М. В., Григорьев О. А., Степанов В. С., Меркулов А. В. Персональный компьютер – физические факторы воздействия на пользователя // Кремлевская медицина. Клинический вестник. 2001. № 4. С. 35-39.

5. СанПин 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы (Введ.2003-06-30). – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. – 56 с.

6. Антипова Н. С., Мельник Е. И. К вопросу об электромагнитной безопасности в офисных помещениях ЖКХ // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. 2011. Т. 3. С. 71-75.

7. Филиппович А.Г. Моделирование побочных электромагнитных излучений ПЭВМ методом интегральных уравнений // Доклады Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники. 2012. №5 (67). С. 28-34.

8. Шевель Д. М. Электромагнитная безопасность. – Киев: Век+, 2002. – 432 с.

9. Афанасьев А. И., Долотко В. И., Карнишин В. В., Карпиков И. И., Туркевич А. А. Обеспечение электромагнитной безопасности при эксплуатации компьютерной техники. – Фрязино: НПП «Циклон-Тест». 2001. – 111 с.

10. ГОСТ Р 50948-2001 Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2006. – 11 с.

11. Щетинин А. Н. Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности на железнодорожном транспорте. – Новосибирск: СГУПС, 2006. – 284 с.

12. Маслов М. Ю., Сподобаев Ю. М., М.Ю. Сподобаев Современные проблемы электромагнитной экологии // Электросвязь. 2014. № 10. С. 39-42.

13. Афанасьев А. И., Карпиков И. И. Методы снижения электрических и магнитных полей промчастоты 50 Гц. – Фрязино: НПП «Циклон-Тест». 2001. – 42 с.

## References

1. Radha R. C., Gurupranesh P. Electromagnetic radiation from electronic appliances. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*, 2007, vol. 4, no. 4, pp. 41-46.

2. Titov E. V., Migalev I. E., Klepikov A. S. Issledovanie jelektromagnitnoj bezopasnosti monitorov personal'nyh komp'yutеров [The Study of Electromagnetic Safety of Personal Computer Monitors]. *Materialy II Vserossijskoj studencheskoj konferencii "Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti glazami molodezhi"* [Proceedings of 2nd All-Russian student conference "Life safety through the eyes of youth"]. Chelyabinsk, 2011, pp. 267-268 (in Russian).

3. Titov E. V., Migalev I. E., Sinicun V. K. Issledovanie urovnej magnitnogo polja v pomeshhenijah AltGTU [The Study of Magnetic Field Levels in the Premises of Altai State Technical University]. *Materialy XI Vserossijskoj nauchno-tehnicheskoy konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenyh: «Nauka i molodezh'»*. [Proceedings of 11th All-Russian scientific and technical conference of students, graduate students and young scientists "Science and youth"]. Barnaul, 2014, pp. 27-28 (in Russian).

4. Grigoriev U. M., Gilcov M. V., Grigoriev O. A., Stepanov V. S., Merkulov A. V. Personal'nyj komp'yuter – fizicheskie faktory vozdeystvija na pol'zovatelja [Personal Computer - Physical Factors Affecting the User]. *Kremlevskay medicina. Klinicheskij vestnik*, 2001, no. 4, pp. 35-39 (in Russian).

5. SanPin 2.2.2 / 2.4.1340-03. Hygienic requirements for personal electronic computers and work organization (Introduction 2003-06-30). Moscow, Federal Center for State Sanitary and Epidemiological Supervision of the Ministry of Health of Russia, 2003. 56 p. (in Russian).

6. Antipova N. S., Melnik E. I. K voprosu ob jelektromagnitnoj bezopasnosti v ofisnyh pomeshhenijah ZhKH [On the Issue of Electromagnetic Safety in Office Premises of the Housing and Communal Services]. *Nauchno-tehnicheskoe i ekonomicheskoe sotrudnichestvo stran ATR v XXI veke*, 2011, vol. 3, pp. 71-75 (in Russian).

7. Filippovich A. G. Modeling of Side Electromagnetic Radiation of PC by the Method of Moments. *Doklady BGUIR*, 2012, no. 5, pp. 28-34 (in Russian).

8. Shevel D. M. *Elektromagnitnaya bezopasnost'* [Electromagnetic Safety]. Kiev, Vek Plus Publ, 2002. 432 p. (in Russian).

9. Afanasiev A. I., Dolotko V. I., Karnishin V. V., Karpikov I. I., Turkevich A. A. *Obespechenie jelektromagnitnoj bezopasnosti pri jekspluatacii komp'yuternoj tehniki* [Ensuring Electromagnetic Safety in the Operation of Computer Technology]. Fryazino, Research and production enterprise "Ciklon-Test" Publ., 2001. 111 p. (in Russian).

10. State Standard R 50948-2001. Means of displaying information for individual use. General ergonomic and safety requirements. Moscow, IPK Publishing House of Standards, 2006. 11 p. (in Russian).

11. Shetinin A. N. *Mediko-biologicheskie osnovy bezopasnosti zhiznedejatel'nosti na zheleznodorozhnom transporte* [Biomedical Foundations of Life Safety in Railway Transport]. Novosibirsk, Siberian Transport University Publ., 2006. 284 p. (in Russian).

12. Maslov M. U., Spodobaev U. M., Spodobaev M. U. Sovremennye problemy jelektromagnitnoj jekologii [Modern Problems of Electromagnetic Ecology]. *Electrosvyaz*, 2014, no. 10, pp. 39-42 (in Russian).

13. Afanasiev A. I., Karpikov I. I. *Metody snizhenija jelektricheskikh i magnitnyh polej promchastoty 50 Gc* [Methods for Reducing the Electric and Magnetic Fields of the Industrial Frequency of 50 Hz]. Fryazino, Research and production enterprise "Ciklon-Test", 2001. 42 p. (in Russian).

Статья поступила 13 ноября 2019 г.

### Информация об авторах

*Викторов Владимир Александрович* – соискатель ученой степени кандидата технических наук. Старший научный сотрудник научно-исследовательского центра. Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного. Область научных интересов: сбор и обработка информации; радиомониторинг; технология блокчейн; численные методы; системы связи с кодовым разделением каналов. E-mail: vova7dima@gmail.com

*Мешалкин Валентин Андреевич* – кандидат технических наук, доцент. Старший научный сотрудник научно-исследовательского центра. Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного. Научные интересы: системы связи и управления, активные фазированные антенные решетки, электромагнитная совместимость технических средств, электромагнитная экология, педагогика, цифровая обработка сигналов, электродинамика, побочные электромагнитные излучения и наводки. E-mail: vameshalkin@rambler.ru

Адрес: 194064, Россия, г. Санкт-Петербург, Тихорецкий пр., д. 3.

*Салтыков Валентин Михайлович* – доктор технических наук, профессор. Почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации. Действительный член (академик) Международной академии наук по экологии и безопасности жизнедеятельности. Петербургский энергетический институт повышения квалификации. Область научных интересов: электромагнитная совместимость в электроэнергетических системах и электроустановках, электромагнитная безопасность в окружающей среде. E-mail: vmsaltykov@rambler.ru

Адрес: 196135, Санкт-Петербург, Авиационная ул., 23.

---

## The research of electromagnetic fields of computer equipment in the environment to fulfill the requirements for electromagnetic safety

V. A. Viktorov, V. A. Meshalkin, V. M. Saltykov

**Purpose.** Nowadays, a computer, printer, copier are the main technical devices and sources of electromagnetic fields in offices. Meanwhile, the number of computers and their use intensity increase. Thus, the computer equipment electromagnetic fields become a significant factor, which influences the overall electromagnetic environment and electromagnetic safety. Therefore, the necessity to control the levels of electromagnetic fields created by computer equipment devices grows rapidly. In such tasks, an analysis of the electromagnetic field in the immediate vicinity of the technical device is required considering the peculiarities of its placement and the presence the other computer equipment not far from the analyzed device. Usually, the control of electromagnetic fields is carried out instrumentally. **The purpose of the research** is to analyze the electromagnetic fields parameters in the computer equipment environment to explore electromagnet-

ic safety perspectives. **Methods.** Measurements of the electromagnetic fields parameters were carried out using the VE-METR-AT-002 device in the strict accordance with the user guidelines of the device. The required distances from the sensor to the operator and to the objects with a fixed potential were ensured. **Novelty.** The paper presents the measurement results for all the main computer equipment device, which are sources of electromagnetic fields in offices. The measurements were carried out in horizontal and vertical planes, in the immediate vicinity of computer equipment at a distance of 0.5 m, for an uninterruptible power supply unit at a distance of 0.1 m. **The results** obtained in our own experimental research are presented in the tables. The obtained values are compared with the threshold limit values from the State Standard R 50948-2001 to identify non-compliance with the established requirements. **The practical relevance of the research.** Obtained results allow to conduct a numerical assessment of electromagnetic field characteristics of computer equipment, and estimate the exceedance of the threshold limit values regulated by State Standard R 50948-2001.

**Keywords:** electromagnetic environment, electromagnetic field, electromagnetic safety, adverse effects, maximum permissible levels, electromagnetic ecology.

### Information about Authors

*Vladimir Aleksandrovich Viktorov* – Doctoral Student. Senior Research Officer of Research Center. Military Communications Academy named after the Marshal of the Soviet Union S. M. Budenny. Field of research: collecting and processing of information; radiomonitoring; blockchain technology; numerical methods; code division multiple access communication systems. E-mail: vova7dima@gmail.com.

*Valentin Andreevich Meshalkin* – Ph.D. of Engineering Sciences, Associate Professor. Senior Research Officer of Research Center. Military Communications Academy named after the Marshal of the Soviet Union S. M. Budenny. Field of research: communication and control systems, active phased array antennas, electromagnetic compatibility of technical means, electro-magnetic ecology, pedagogy, digital signal processing, electro-dynamics, electromagnetic side radiation and interference. E-mail: vameshalkin@gmail.ru

Address: Russia, 194064, St. Petersburg, Tikhoretsky Ave., 3.

*Valentin Mihailovich Saltykov* – Dr. habil. of Engineering Sciences. Full Professor. The Honorary Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation. Full Member (Academician) of the International Academy of Sciences on Ecology and Safety of Vital Functions (MANEB). St. Petersburg energy Institute of advanced training. Field of research: electromagnetic compatibility in electric power systems and electrical installations, electromagnetic safety in the environment. E-mail: vmsaltykov@rambler.ru.

Address: Russia, 196135, St. Petersburg, Aviation str., 23.