

УДК 614.875

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ЧЕЛОВЕКА ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

© 2014 Н.Б. Рубцова¹, В. И. Фараджев², С.Ю. Перов¹, О.В. Белая¹

¹ Научно-исследовательский институт медицины труда РАМН, г. Москва

² Закрытое акционерное общество «ПО Энергоформ»

Поступила в редакцию 30.09.2014

Представлен анализ состояния вопроса обеспечения индивидуальной защиты от электромагнитных полей посредством экранирующих комплектов, и рассмотрены методы оценки их эффективности. Предложена методика оценки защитных свойств от электромагнитных полей радиочастотного диапазона.

Ключевые слова: *электромагнитное поле, здоровье человека, средство индивидуальной защиты, коэффициент экранирования*

Обеспечение защиты здоровья человека от неблагоприятного влияния различных факторов электромагнитной природы является одной из главных проблем безопасности производственной и окружающей среды. Важной задачей является исключение вредного воздействия электромагнитных полей (ЭМП), уровни которых на рабочих местах персонала могут превышать предельно допустимые значения (ПДУ), установленные СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях» [1]. На практике основными источниками высокоинтенсивных ЭМП, вблизи которых необходимо проведение работ, являются элементы токопередающих систем различного напряжения промышленной частоты, а также мощные радиотехнические установки (антенны сотовой и спутниковой связи, теле- и радиопередающие устройства, радиолокаторы). Выделяют 3 принципа защиты человека от неблагоприятного влияния ЭМП: защиту временем, защиту расстоянием и защиту с применением средств защиты. Согласно гигиеническим требованиям, обеспечение защиты работающих от неблагоприятного влияния ЭМП осуществляется путем проведения организационных, инженерно-технических и лечебно-профилактических мероприятий [1]. К организационным мерам относятся ограничение времени пребывания человека в зоне воздействия ЭМП («защита временем») и удаление человека и (или) участка проведения работ из зоны

воздействия, или - на расстояние от нее, где уровень ЭМП находится ниже ПДУ («защита расстоянием»). Принцип защиты временем реализован в большинстве гигиенических нормативов ЭМП и применяется в тех случаях, когда отсутствует возможность уменьшить интенсивность воздействия ЭМП до предельно допустимых уровней. Защита расстоянием заключается в выведении работающих из зоны с повышенными уровнями ЭМП посредством применения механизации, автоматизации производственных процессов, использования дистанционного управления, манипуляторов, размещения рабочих мест с учетом направления и свойств источника ЭМП.

Технические мероприятия включают обеспечение условий безопасности объектов при их проектировании и строительстве (путем создания компоновки и геометрии объектов, учитывающих требования безопасности труда), применение стационарных и/или переносных коллективных или индивидуальных экранирующих устройств – средств индивидуальной защиты (СИЗ). В качестве средств коллективной защиты используются устройства, ограничивающие поступление электромагнитной энергии на рабочие места (поглотители мощности, экранирование). Для индивидуальной защиты применяют защитные экраны, одежду, очки и пр. Основной характеристикой любого средства защиты является степень ослабления ЭМП, выражающаяся в коэффициенте поглощения, либо в коэффициенте экранирования.

Многолетний опыт обслуживания и ремонтных работ на электроустановках подстанций, воздушных линиях, радиопередающих установках показывает, что «защита временем» и «защита расстоянием» зачастую неприменимы, так как осложняют (ограничивают) выполнение

Рубцова Нина Борисовна, доктор биологических наук, профессор, заведующая научно-организационным отделом. E-mail: rubtsovanb@yandex.ru

Фараджев Валентин Игоревич, генеральный директор. E-mail: valentin@energoform.ru

Перов Сергей Юрьевич, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник

Белая Ольга Викторовна, младший научный сотрудник

персоналом работ на функционирующем оборудовании. Стационарные и коллективные средства защиты также не всегда функциональны или просто неприменимы ввиду геометрии эксплуатируемых объектов. В таких случаях наиболее эффективным, удобным, универсальным является применение СИЗ, представляющих собой в наиболее оптимальном варианте индивидуальные экранирующие комплекты. Важным преимуществом является возможность использования таких комплектов как специальной рабочей одежды с необходимыми элементами индивидуальной защиты.

Используемые в настоящее время изделия СИЗ включают в себя одежду (комбинезон), средства защиты головы (шлем с лицевым экраном), средства защиты рук (перчатки и(или) рукавицы) и средства защиты ног (носки, бахилы и(или) ботинки), выполненные из электропроводящих материалов. При этом все элементы экранирующего комплекта должны быть электрически соединены, образуя по принципу «клетки Фарадея» замкнутую оболочку вокруг тела человека, препятствующую проникновению ЭМП, что должно обеспечивать снижение уровня воздействия ЭМП до безопасного в течение времени, определяемого назначением изделия. Основной характеристикой комплектов, которая определяет их свойства как СИЗ, является коэффициент экранирования (K_3) готового изделия, выражающий степень ослабления средством защиты уровня воздействия на человека вредного или опасного фактора.

Для защиты персонала электроустановок сверхвысокого напряжения применяются экранирующие комплекты от воздействия электрического поля промышленной частоты (ЭП ПЧ), которые должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.4.172-87 ССБТ «Комплект индивидуальный экранирующий для защиты от электрических полей промышленной частоты. Общие технические требования и методы контроля» [2]. Защита работающих от неблагоприятного влияния магнитного поля промышленной частоты (МП ПЧ) не обеспечивается применением СИЗ. В этом случае используются принципы защиты расстоянием и временем, а также техническим способом путем адекватных компоновок силового оборудования или применения пассивных или активных экранов.

Эффективность экранирования СИЗ ЭМП различных частотных диапазонов определяется путем испытаний. Испытаниям экранирующих комплектов предшествуют испытания экранирующих материалов, токсикологическая оценка с целью подтверждения нетоксичности тканей, определяются гигиенические свойства, а также

стойкость к истиранию, разрывная нагрузка, другие механические характеристики [3]. Методика испытаний эффективности экранирующих комплектов для защиты человека от ЭП ПЧ изложена в ГОСТ 12.4.172-87 [2]. Защитные свойства комплектов проверяются в однородном поле плоского конденсатора по схеме испытательного стенда, изображенной на рис. 1.

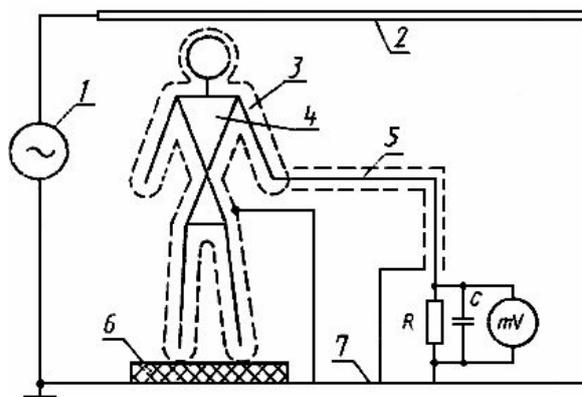


Рис. 1. Схема стенда для испытания комплектов от воздействия ЭП ПЧ:

1 – источник высокого напряжения; 2 – электропроводящая пластина; 3 – комплект; 4 – электропроводящий манекен; 5 – провод; 6 – изолирующая подставка; 7 – заземляющая пластина

Испытательный манекен без комплекта устанавливается на изолирующую подставку и соединяют с резистором. Включают источник питания и измеряют падение напряжения U_1 на резисторе R. После отключения источника питания на манекен надевают комплект и заземляют его. Включают источник питания и измеряют падение напряжения U_2 на резисторе R. Коэффициент экранирования защитного комплекта определяется по формуле (1):

$$K_3 = \frac{U_1}{U_2} \quad (1)$$

СИЗ для защиты человека от неблагоприятного влияния ЭМП радиочастотного диапазона имеют конструктивное отличие от экранирующих комплектов, предназначенных для защиты от ЭП ПЧ. Оно заключается в том, что все элементы соединены между собой гальванически не при помощи контактных выводов, а поверхностями концевых участков одежды, перчаток и обуви (манжет рукавов и перчаток, голенищ ботинок, низа брюк комбинезона, шейной части экранирующего головного убора). Кроме того, шлем комплекта снабжен специальными электропроводящими клапанами для исключения проникновения ЭМП через зазоры между экранирующей тканью и лицевым экраном. Благодаря этому отличию и достигается эффективное

экранирование от ЭМП более высоких частот. Для того, чтобы экран, создаваемый таким комплектом, был полностью непрерывным, а поверхность электропроводящего материала должна быть непроницаема для электромагнитных волн в широком частотном диапазоне, ячейка материала (сетки или ткани с нанесенным поверхностным электропроводящим слоем) должна иметь размер, достаточный для отражения или поглощения волн с длиной, соответствующей всему рабочему диапазону частот ЭМП.

Эффективность средств защиты от ЭМП радиочастотного диапазона (РЧ) определяется по степени ослабления интенсивности ЭМП, выражающейся коэффициентом экранирования по электрической составляющей в диапазоне частот 10 кГц до 300 МГц (2) и по плотности потока энергии в диапазоне частот от 300 МГц до 300 ГГц (3).

$$K_s = 20 \log \frac{E_1}{E_2} \quad (20)$$

где E_1 – среднеквадратичное значение напряженности электрической составляющей ЭМП РЧ без комплекта, E_2 – среднеквадратичное значение напряженности электрической составляющей ЭМП РЧ внутри комплекта.

$$K_s = 10 \log \frac{ППЭ_1}{ППЭ_2} \quad (3)$$

где $ППЭ_1$ – среднеквадратичное значение плотности потока энергии ЭМП РЧ без комплекта, $ППЭ_2$ – среднеквадратичное значение плотности потока энергии ЭМП РЧ внутри комплекта.

Экранирующие комплекты от воздействия ЭМП РЧ должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 12.4.292-2013 ССБТ «Комплект экранирующий для защиты персонала от электромагнитных полей радиочастотного диапазона. Общие технические требования» [4] и ТР ТС 019/2011 «О безопасности средств индивидуальной защиты» [5]. Единые принципы и методики оценки эффективности СИЗ для защиты от ЭМП РЧ до настоящего времени не разработаны.

В соответствии с основным назначением СИЗ должно обеспечить защиту организма человека от неблагоприятного влияния ЭМП РЧ. В соответствии с этим оценка эффективности СИЗ должна быть направлена на оценку коэффициента экранирования защитного комплекта от ЭМП РЧ в трех точках, соответствующих областям расположению наиболее критичных органов: область головы, груди и паха. С другой стороны эти точки целесообразно рассматривать из-за конструктивных особенностей защитных ком-

плектов в области соединения его компонент. Разработана методика, позволяющая осуществлять такие испытания. Для оценки экранирующих свойств защитного костюма используется испытательный стенд (рис. 2), позволяющий проводить измерения уровней интенсивности ЭМП РЧ без экранирующего комплекта и внутри него, а по полученным данным рассчитывать коэффициент экранирования для соответствующей частоты.

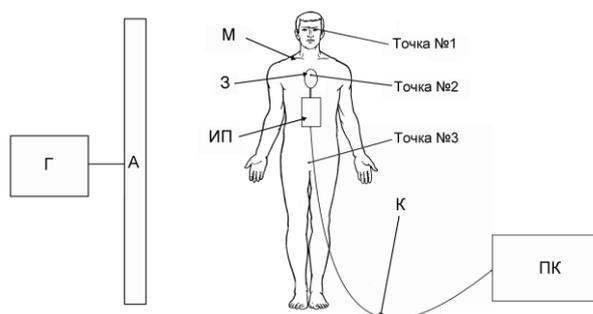


Рис. 2. Схема стенда для оценки эффективности СИЗ от ЭМП РЧ (положение измерительного зонда в точке №2)

Согласно представленной схеме, стенд включает манекен (М) из радиопрозрачного материала без электропроводящих элементов, внутри которого размещается измерительный прибор (ИП) с широкополосным зондом (З) для работы с ЭМП РЧ, передающий регистрируемые данные по оптоволоконному кабелю (К) в компьютер (ПК), где происходит их запись и хранение. Манекен находится в области ЭМП РЧ, формируемого широкополосной антенной (А), на вход которой поступает мощность от аналогового генератора РЧ сигналов (Г). Измерительный прибор с зондом располагается последовательно в трех контрольных точках внутри манекена (голова – точка № 1, грудь – точка № 2 и пах – точка № 3), области которых соответствуют расположению основных жизненно важных органов и систем организма человека. В каждой точке внутри манекена измерения уровней ЭМП проводятся без защитного комплекта (фоновые уровни) и в защитном комплекте (уровни ослабленного ЭМП), причем для каждой точки манекен в комплекте располагается как лицом, так и спиной к источнику ЭМП РЧ. Каждое измерение проводится на фиксированном расстоянии от источника до манекена в течение 6 мин, затем по усредненным за этот промежуток данным рассчитывается коэффициент экранирования.

Выводы: полученные при использовании данной методики результаты оценки эффективности СИЗ позволяют определить степень пригодности к его использованию для обеспечения

защиты работающих от неблагоприятного влияния ЭМП РЧ и дать рекомендации по дальнейшему совершенствованию конструкции защитного комплекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. СанПиН 2.2.4.1191-2003 «Электромагнитные поля в производственных условиях. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы».
2. ГОСТ 12.4.154-85 ССБТ «Устройства экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты. Общие технические требования, основные параметры и размеры»
3. Отморский, С.Г. Экранирующие комплекты // Техника без опасности. 2004. № 5. С. 13-18.
4. ГОСТ Р 12.4.292-2013 ССБТ. «Комплект экранирующий для защиты персонала от электромагнитных полей радиочастотного диапазона. Общие технические требования»
5. ТР ТС 019/2011 «О безопасности средств индивидуальной защиты»

PROVIDING THE HUMAN INDIVIDUAL PROTECTION FROM THE INFLUENCE OF ELECTROMAGNETIC FIELDS

© 2014 N.B. Rubtsova¹, V.I. Faradzhev², S.Yu. Perov¹, O.V. Belaya¹

¹ Scientific Research Institute of Occupational Medicine RAMS, Moscow

² CJSC “Energoform”

The analysis of condition the question of providing individual protection from electromagnetic fields by means of shielding sets is submitted, and methods of assessment of their efficiency are considered. The methods of assessment the protective properties from electromagnetic fields of radio-frequency range is offered.

Key words: *electromagnetic field, person's health, means of individual protection, shielding coefficient*

*Nina Rubtsova, Doctor of Biology, Professor,
Chief of the Scientific Organization Department.*

E-mail: rubtsovanb@yandex.ru

*Valentin Faradzhev, General Director. E-mail:
valentin@energoform.ru*

*Sergey Perov, Candidate of Biology, Leading
Research Fellow*

Olga Belaya, Minor Research Fellow