

ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

*Рубцова Н.Б.
д.б.н., профессор*

*1-ый Международный молодежный форум «ПРОФЕССИЯ И ЗДОРОВЬЕ»,
Москва, 31 мая-03 июня 2016 г., школа-семинар*

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ

- ✓ Внедрение новых источников ЭМП (сотовая, спутниковая, транкинговая связь, ПЭВМ, смартфоны, электробытовая техника)
- ✓ Усложнение электромагнитной обстановки на производстве и в местах проживания
- ✓ Увеличение числа лиц, подвергающихся воздействию ЭМП (различных частотных диапазонов и режимов генерации) в сочетании с другими факторами производственной и окружающей среды
- ✓ Соизмеримость экспозиций к ЭМП в жилых помещениях, детских, лечебных, учебных учреждениях с профессиональными

Наименование	Длины волн	Частоты
Квазипостоянные		0-3 Гц
Крайне низкие, КНЧ	100 000 км-10 000 км (декамегаметровые)	3-30 Гц
Сверхнизкие, СНЧ	10 000 км-1 000 км (мегаметровые)	30-300 Гц
Инфранизкие, ИНЧ	1 000 км-100 км (гектокилометровые)	0,3-3 кГц
Очень низкие, ОНЧ	100 км-10 км(мириаметровые)	3-30 кГц
Низкие, НЧ	10 км-1 км (километровые)	30-300 кГц
Средние, СЧ	1 км-100 м (гектометровые)	0,3-3,0 МГц
Высокие, ВЧ	100 м -10 м (декаметровые)	3-30 МГц
Очень высокие, ОВЧ	10 м – 1 м (метровые)	30-300 МГц
Ультравысокие, УВЧ	1 м – 10 см (дециметровые)	0,3-3 ГГц
Сверхвысокие, СВЧ	10 см - 1 см (сантиметровые)	3-30 ГГц
Крайне высокие, КВЧ	1 см - 0,1 см (миллиметровые)	30-300 ГГц

ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ ЭМП

Ближняя зона (зона индукции)

$$r < \lambda / 2\pi$$

Промежуточная зона (зона интерференции)

$$\lambda / 2\pi < r < 2\pi \lambda$$

Дальняя зона (волновая зона)

$$r > 2\pi \lambda$$

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ И В МЕСТАХ ПРОЖИВАНИЯ

- ГИПОГЕОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ;
- ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЕ ПОЛЕ;
- ПОСТОЯННОЕ МАГНИТНОЕ ПОЛЕ;
- ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ (50 Гц);
- ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ РАДИОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА (10 кГц - 300 ГГц / 30 кГц-300 ГГц)

ГИГИЕНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ЭМП

СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях»

- ◆ ВДУ ослабления геомагнитного поля; ПДУ электростатического поля, ПДУ постоянного магнитного поля,
- ◆ ПДУ ЭП и МП промышленной частоты 50 Гц, имп. МП (сварка);
- ◆ ПДУ электрического и магнитного полей в диапазоне частот 10 кГц – 300 МГц; ПДУ электромагнитных полей в диапазоне частот 300 МГц – 300 ГГц

СанПиН 2.1.8/2.2.4-1383 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов»

СанПиН 2.2.4.1329 – 03 «Требования по защите персонала от воздействия импульсных электромагнитных полей»

СанПиН 2.2.2/2.4-1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»

СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи»

СанПин 2.5.2/2.2.4.1989-06 «Электромагнитные поля на плавательных средствах и морских сооружениях. Гигиенические требования безопасности»

СанПиН 2.1.8/2.2.4.2489-09 «Гипогеомагнитные поля в производственных, жилых и общественных зданиях и сооружениях»

ГИГИЕНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ ВНЕПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ЭМП

- СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи»
- СанПиН 2.1.8/2.2.4-1383 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов»
- СанПиН 2.2.2/2.4-1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»
- СанПиН 2.1.2.2801-10 «Изменения и дополнения № 1 к СанПиН 2.1.2.2645-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях».
- ГН 2.1.8/2.2.4.2262-07 «Предельно допустимые уровни магнитных полей частотой 50 Гц в помещениях жилых, общественных зданий и на селитебных территориях»
- СанПиН 2.1.8/2.2.4.2489-09 «Гипогеомагнитные поля в производственных, жилых и общественных зданиях и сооружениях»
- «Санитарные нормы и правила защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты» № 2971-84
- СанПиН 2.2.1./2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов»

ПОЛИСИМПТОМНОСТЬ НАРУШЕНИЙ

Критические органы и системы:

- ◆ центральная нервная система,
- ◆ глаза,
- ◆ гонады,
- ◆ кровеносная система;
- ◆ эффекты со стороны сердечно-сосудистой и нейроэндокринной системы, иммунитета, обменных процессов,
- ◆ данные об индуцирующем влиянии на процессы канцерогенеза

Острые поражения

- ✓ Развитие катаракты (при воздействии ЭМП с ППЭ более 80-100 мВт/см²) на глаза)

ХРОНИЧЕСКИЕ НАРУШЕНИЯ

- ✓ Астенический синдром
- ✓ Астено-вегетативный синдром (НЦД)
- ✓ Гипоталамический синдром
- ✓ При ПМП – периферический вазовегетативный синдром

ОТДАЛЕННЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

- ✓ Ранний атеросклероз
- ✓ Ишемическая болезнь сердца
- ✓ Гипертоническая болезнь
- ✓ Онкологические заболевания
- ✓ Нарушения течения беременности
- ✓ Врожденные пороки развития у детей
- ✓ Нейродегенеративные заболевания (болезни Альцгеймера, Паркинсона, прогрессирующая мышечная атрофия, ALS, депрессия)

РИСК РАЗВИТИЯ ЛЕЙКЕМИИ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ЭМП

Профессия	Относительный риск	Доверительный интервал
Операторы телеграфа, радио и РЛС	1,8*	1,4-2,6
Техники-электронщики	1,3	0,9-1,8
Инженеры электрики и электронщики	1,2	1,0-1,5
Электрики	1,1	0,9-1,2
Сборщики электрооборудования	2,4	1,0-4,8
Оперативно-диспетчерский персонал ПС	1,6	0,8-3,0
Линейный персонал (электроэнергетика)	1,3	1,0-1,6
Персонал-ремонт и установка телефонов	0,9	0,6-1,3
Рабочие алюминиевой	1,9*	1,2-2,9

КАТЕГОРИИ РИСКА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

Электромагнитные поля
электроэнергетических, теле- и
радиопередающих объектов, систем
сухопутной подвижной радиосвязи и пр.

фактор риска потери здоровья

Для лиц, профессионально связанных с их
обслуживанием и эксплуатацией:

ЭМП – фактор осознанного риска

Для других категорий работающих и
населения:

ЭМП - фактор вынужденного риска

Для пользователей мобильными телефонами,
Bluetooth, ноутбуками

ЭМП - фактор произвольного риска

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ КАК ФАКТОР РИСКА

Международное агентство по исследованию рака (IARC):

- 2002 г. сверхнизкочастотные магнитные поля (диапазон 30-300 Гц) отнесены к категории возможных канцерогенов («Group 2b») (лейкозы у детей);
- 2011 г. при рассмотрении ЭМП радиочастотного диапазона как фактора риска развития онкологических заболеваний отнес ЭМП, создаваемые аппаратами сотовой связи, к категории "2b" - потенциальных канцерогенов по рискам развития глиом у пользователей при длительной эксплуатации мобильных телефонов (более 10 лет)
- 2013 г. - сообщение о возможной связи ЭМП мобильных телефонов и возрастанием риска злокачественных новообразований щитовидной железы.

2014 г. – Публикация "Microwave News":

MICROWAVE NEWS <http://microwavenews.com>

Cell Phone Radiation Boosts Cancer Rates in Animals

U.S. Government Expected To Advise Public of Tumor Risk

- The cell phone cancer controversy will never be the same again.
- The U.S. National Toxicology Program (NTP) is expected to issue a public announcement that cell phone radiation presents a cancer risk for humans. The move comes soon after its recently completed study showed statistically significant increases in cancer among rats that had been exposed to GSM or CDMA signals for two-years.
- Discussions are currently underway among federal agencies on how to inform the public about the new findings. NTP senior managers believe that these results should be released as soon as possible because just about everyone is exposed to wireless radiation all the time and therefore everyone is potentially at risk.

DIRECTIVE 2013/35/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 26 June 2013

Новые определения и критерии оценки:

- ◆ **"Exposure limit values (ELVs)"** - величины, установленные на основе биофизических и биологических соображений, в частности, на основе научно установленных кратковременных и острых эффектов, в первую очередь тепловых и электрической стимуляции тканей;
- ◆ **"Health effects ELVs"** - уровни, при превышении которых у работников могут отмечаться неблагоприятное влияние ЭМП, в частности, нагрев организма или стимуляция нервных и мышечных тканей;
- ◆ **"Sensory effects ELVs"** уровни, при превышении которых возможны преходящие нарушения сенсорного восприятия и незначительные изменения функционирования мозга;
- ◆ **"Action levels (ALs)"** - эксплуатационные уровни, которые разработаны и представлены в целях упрощения процесса соблюдения действующих ПДУ или в случае необходимости разработки неких профилактических мероприятий.

Для электрических полей низкие и высокие ALs обозначают уровни, которые связаны с конкретными защитными или профилактическими мерами, а для магнитных полей - низкие ALs связаны с сенсорными эффектами ПДУ, а высокие - с ПДУ влияния на здоровье.

ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ НОВАЦИИ В ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ ЭМП ПЧ

- ◆ «Экспозиционные нагрузки» как основной критерий степени воздействия фактора на работающих для соответствующих профессиональных групп определяются на основании интенсивностных и временных характеристик воздействия ЭП и МП ПЧ. Это осуществляется путем пересчета полученных средневзвешенных значений Е и Н в условно высчитываемые экспозиционные нагрузки: за рабочую смену и за год с учетом числа рабочих смен в год для каждой профессиональной группы. Полученные данные пересчитываются на условно усредненную для каждой профессиональной группы "нагрузку" за сутки и в час. Расчеты производятся по формулам:

РАСЧЕТ ЭКСПОЗИЦИОННОЙ НАГРУЗКИ К ЭП И МП ПЧ

$$\text{ЭН}_E = \frac{E_{\text{ср.взв}} \cdot T \cdot N}{365 \cdot 24}$$

$$\text{ЭН}_H = \frac{H_{\text{ср.взв}} \cdot I_{\text{max}}/I_i \cdot T \cdot N}{365 \cdot 24}$$

- ◆ ЭН_E - экспозиционная нагрузка по ЭП
- ◆ ЭН_H - экспозиционная нагрузка по МП
- ◆ T – среднее время работы за смену
- ◆ N – число рабочих смен в год
- ◆ I_{max}/I_i - отношение максимального рабочего тока к току электроустановки при измерениях

НОВОЕ В ГИГИЕНИЧЕСКОМ НОРМИРОВАНИИ ЭМП РЧ

Предельно допустимые уровни среднеквадратического корреktированного значения напряженности электрического поля в диапазоне частот 3 Гц— <30 кГц на рабочих местах (ПРОЕКТ)

Полоса частот, f	ПДУ E_w , кВ/м	
	Воздействие более 2 ч	Воздействие до 2 ч
3— < 30 Гц	5	10
30— < 300 Гц*	2,75	5,5
300— < 3 000 Гц	0,6	1,2
3— < 30 кГц	0,5	1,0

* — за исключением синусоидальных ЭП и МП частотой 50 Гц

НОВОЕ В ГИГИЕНИЧЕСКОМ НОРМИРОВАНИИ ЭМП

РЧ Предельно допустимые уровни среднеквадратического скорректированного значения напряженности магнитного поля в диапазоне частот 3 Гц— <30 кГц на рабочих местах (ПРОЕКТ)

Полоса частот, f	ПДУ H_w , А/м	
	воздействие более 2 ч	Воздействие до 2 ч
3— < 30 Гц	200	1000
30— < 300 Гц*	55	270
300— < 3000 Гц	12	25
3— < 30 кГц	10	25

* – за исключением синусоидальных ЭП и МП частотой 50 Гц

НОВОЕ В ГИГИЕНИЧЕСКОМ НОРМИРОВАНИИ ЭМП РЧ

Предельно допустимые уровни среднеквадратического скорректированного значения напряженности электрического и магнитного поля в диапазоне частот 3 Гц— <30 кГц для населения (ПРОЕКТ)

Полоса частот, f	ПДУ	
	E_w , кВ/м	H_w , А/м
3— < 30 Гц	500	20
30— < 300 Гц*	250	3
300— < 3000 Гц	100	2
3— < 30 кГц	50	1

* – за исключением синусоидальных ЭП и МП частотой 50 Гц

НОВАЦИИ В ПОДХОДАХ К ОЦЕНКЕ ЭМП В ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ 3 Гц - < 30 кГц

- ◆ Среднеквадратические скорректированные значения напряженностей электрического или магнитного поля могут определяться методом прямого измерения или с использованием метода частотного анализа. Методики непрямых измерений (частотного анализа) должны быть аттестованы в установленном порядке
- ◆ Среднеквадратическая скорректированная напряженность ЭП (E_w) и МП (H_w) определяется соотношениями:

$$E_w (B / м) = A_D \sqrt{\sum_{i=1}^N w(f_i)^2 E_i^2}$$

$$H_w (A / м) = A_D \sqrt{\sum_{i=1}^N w(f_i)^2 H_i^2}$$

- ◆ E_i (H_i) – среднеквадратическая напряженность гармонической составляющей электрического поля в В/м (магнитного поля в А/м) для частоты f_i ;
- ◆ $w(f_i)$ – весовой коэффициент;
- ◆ A_D – декадный нормировочный множитель.

ПДУ электромагнитных полей на рабочих местах пользователей персональными компьютерами (ПК) и другими средствами информационно- коммуникационных технологий (ИКТ) (ПРОЕКТ)

Нормируемые параметры		ПДУ
Напряженность электрического поля	30— < 300 Гц	250 В/м
	300— < 3000 Гц	100 В/м
	3— < 30 кГц	50 В/м
	30— < 300 кГц	25 В/м
Напряженность магнитного поля	30— < 300 Гц	3 А/м
	300— < 3000 Гц	2 А/м
	3— < 30 кГц	1 А/м
Плотность потока энергии	300 МГц—300 ГГц	10 мкВт/см ²
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м
Коэффициент ослабления геомагнитного поля		1,5

ПРИНЦИПЫ ЗАЩИТЫ

- *Защита временем* - применяется при отсутствии возможности уменьшения интенсивности воздействия до ПДУ. реализован в гигиенических нормативах
- *Защита расстоянием* - наиболее эффективный метод (выведение человека из зоны влияния ЭМП): санитарно-защитные зоны = «санитарные разрывы»).
- *Защита с помощью применения средств защиты* (коллективных и индивидуальных).

СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ЧЕЛОВЕКА ОТ ЭП ПЧ

- ◆ ГОСТ 12.4.154-85 ССБТ «Устройства экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты. Общие технические требования, основные параметры и размеры»
- ◆ ГОСТ 12.4.172-87 ССБТ «Комплект индивидуальный экранирующий для защиты от электрических полей промышленной частоты. Общие технические требования и методы контроля».
- ◆ ГОСТ 12.4.172-2014 ССБТ. «Комплект индивидуальный экранирующий для защиты от электрических полей промышленной частоты. Общие технические требования и методы испытаний»

Высоковольтный экспериментальный стенд "Установка электрического поля":

- ✓ плоскопараллельный конденсатор из двух алюминиевых пластин, в воздушном зазоре между которыми обеспечивается сравнительно равномерное ЭП ПЧ.
- ✓ манекен размещается горизонтально на изоляционном листе на нижней заземленной пластине конденсатора, на верхнюю пластину подается высокое напряжение. :



Оценка по току смещения	Оценка по напряженности электрического поля
Металлизированный манекен	Непроводящий сухой манекен
$K_{\sigma} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{U_1}{U_2},$ <p>где I_1 - ток смещения через манекен без комплекта, рассчитанный по измеренному напряжению U_1 на шунте R, I_2 - ток смещения через манекен в комплекте, рассчитанный по измеренному напряжению U_2 на шунте R.</p>	$K_{\sigma} = \frac{E_1}{E_2},$ <p>где E_1 - напряженность внешнего ЭП, измеренная без комплекта, E_2 - напряженность ЭП, измеренная внутри комплекта.</p>

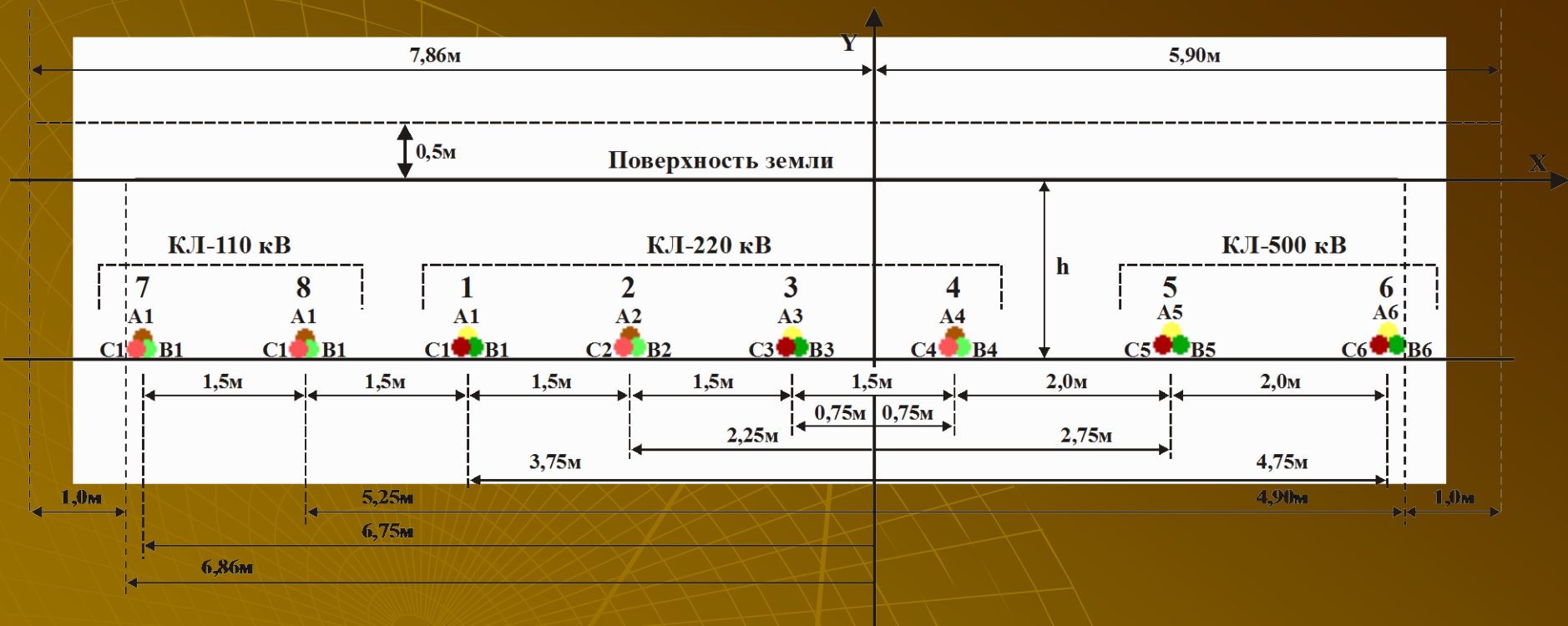


Схема расположения 2-х КЛ-110 кВ, 4-х КЛ-220 кВ
и
2-х КЛ-500 кВ

- ◆ По ГОСТ 12.1.051-90 ССБТ «охранная зона вдоль подземных кабельных линий электропередачи устанавливается в виде участка земли, ограниченного параллельными вертикальными плоскостями, отстоящими по обе стороны линии на расстоянии по горизонтали 1 м от крайних кабелей».
- ◆ Санитарно-защитные зоны для КЛ вне зависимости от класса напряжения не предусмотрены. Если допустить рассмотрение охранной зоны КЛ как аналога санитарно-защитной зоны для воздушных линий электропередачи, то внутри охранной зоны КЛ значение напряженности МП не должно превышать 16 А/м, а вне ее границ - 8 А/м. Т.е. возможно рассмотрение территории над трассой прокладки КЛ как населенной местности, требующей соблюдения гигиенического норматива 20 мкТл (16 А/м).

СанПиН 2.2.1./2.1.1.1200-03 (ПРЕДЛОЖЕНИЯ)

- ◆ В целях защиты населения от воздействия магнитного поля, создаваемого подземными кабельными линиями (КЛ) электропередачи напряжением 110, 220 и 500 кВ устанавливаются санитарные разрывы вдоль трассы высоковольтной линии, за пределами которых напряженность магнитного поля на поверхности земли не превышает 10 мкТл (8 А/м).
- ◆ Для вновь проектируемых КЛ, а также зданий и сооружений допускается принимать границы санитарных разрывов вдоль трассы КЛ без средств снижения напряженности магнитного поля по обе стороны от нее в виде участка земли, ограниченного параллельными вертикальными плоскостями, отстоящими по обе стороны линии на расстоянии по горизонтали 2 м от крайних кабелей в направлении, перпендикулярном к КЛ.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РАЗРАБОТКИ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ СНИЖЕНИЯ ЭМП ПЧ

- ◆ Антенный метод снижения уровней электромагнитного излучения коронного разряда на ВЛ СВН;
- ◆ Экранирование электрических полей ВЛ СВН с помощью пассивных, активных и резонансных тросовых экранов;
- ◆ Экранирование магнитных полей ВЛ СВН с помощью пассивных, активных и резонансных направленных контурных экранов;
- ◆ Методы снижения уровней МП ПЧ, создаваемых КЛ;
- ◆ Электромагнитные экраны для снижения уровней напряжённости магнитного поля электрических реакторами без ферромагнитного сердечника;
- ◆ Конструкции электрических реакторов без ферромагнитного сердечника со сниженными уровнями напряженности магнитного поля, создаваемого ими в окружающем пространстве

СИЗ ОТ ЭМП РАДИОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА

- ◆ Разработан ГОСТ Р 12.4.292-2013 ССБТ. Комплект экранирующий для защиты персонала от электромагнитных полей радиочастотного диапазона. Общие технические требования.
- ◆ 2015 г. подготовлен проект Межгосударственного стандарта Евразийского совета по стандартизации, метрологии и сертификации (ЕАСС) ССБТ Комплект экранирующий для защиты персонала от электромагнитных полей радиочастотного диапазона. Методы контроля. Документ включает в себя методы контроля эффективности экранирующих материалов, методы контроля эффективности экранирующих комплектов в целом, в т.ч. в свободном пространстве и с использованием дозиметрических фантомов.

Основной характеристикой СИЗ, определяющей эффективность защиты, является коэффициент экранирования $K_{э}$, дБ, определяемый в диапазоне частот 10 кГц-300 МГц (1) по E , и по ППЭ в диапазоне частот 300 МГц- 60 ГГц (2).

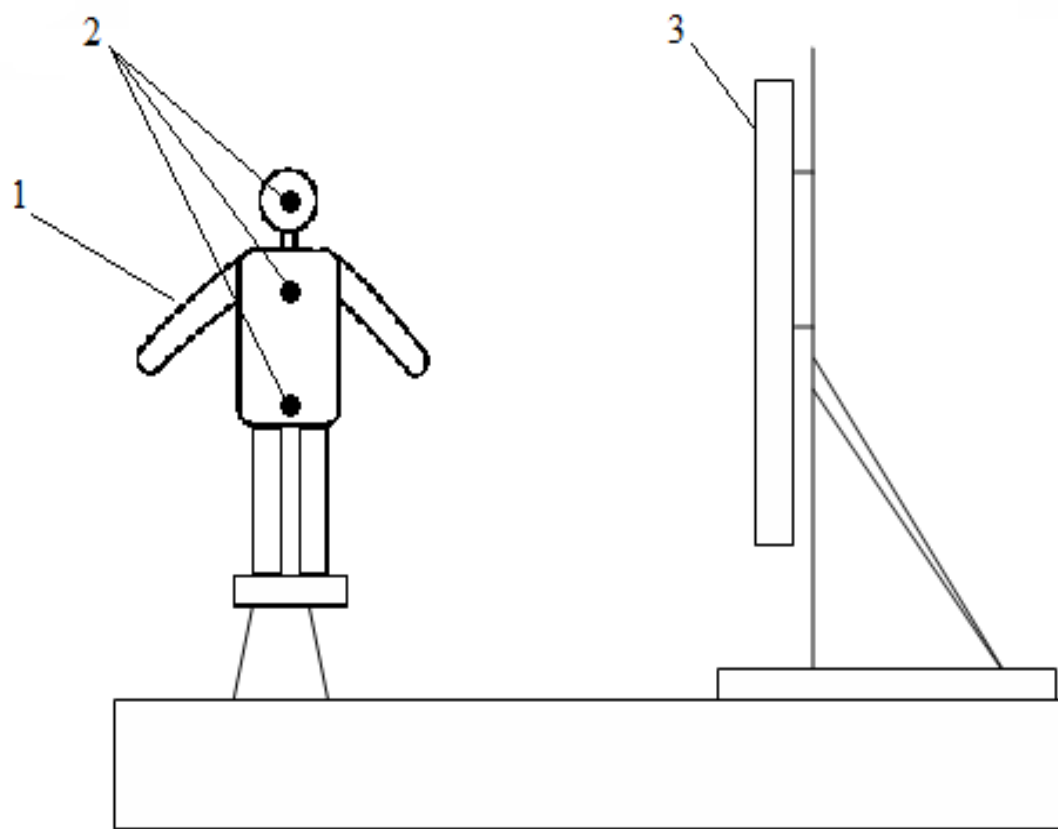
$$K_{SE} = 20 \log \frac{E_1}{E_2} \quad (1)$$

Где E_1 – напряженность электрического поля без экранирующего комплекта
 E_2 – напряженность электрического поля при экранирующем комплекте

$$K_{SE} = 10 \log \frac{PD_1}{PD_2} \quad (2)$$

где PD_1 – плотность потока энергии без СИЗ,
 PD_2 – плотность потока энергии при наличии экранирующего комплекта

Методика испытаний в соответствии с проектом ГОСТ

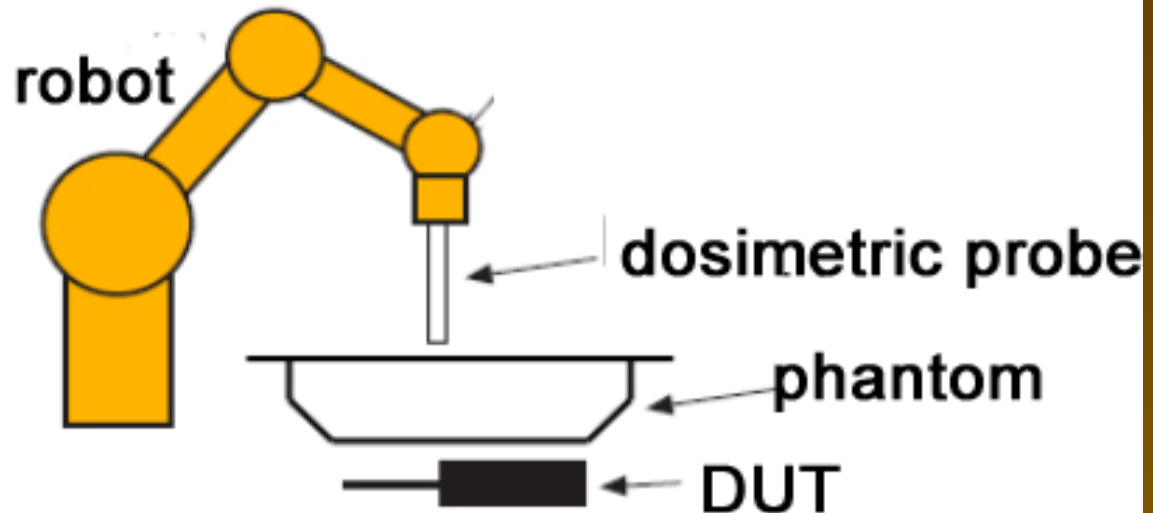


1- фантом,
2 – контрольные точки
измерений
(голова, грудь, пах),
3 – Источник ЭМП РЧ.

СИСТЕМА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ДОЗИМЕТРИИ



Specific Absorption Rate (SAR) - измерения осуществляются посредством дозиметрической системы DASYS 52 NEO (SPEAG AG, Switzerland).



СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ ОЦЕНКИ ЭМП РЧ В БЛИЖНЕЙ ЗОНЕ

- ◆ Нахождение человека в непосредственной близости от источника - дополнительные сложности в оценке уровней экспозиции в связи с неоднородностью распространения излучения, обусловленного наличием ближней зоны (зоны Фраунгофера). Действующий принцип оценки недостаточно корректен для оценки риска. Обосновывается необходимость комплексного подхода к определению дозы на фантоме (дозиметрия с оценкой SAR) и оценкой среднеквадратичного значения вектора напряженности магнитного поля в свободном пространстве, что позволит корректно оценивать реальные условия экспозиции и учитывать поглощение энергии человеком, находящимся в ближней зоне источника.
- ◆ Исследование применимости гипотезы о возможной связи магнитной составляющей электромагнитного поля с УПМ как основы для разработки нового методического подхода к гигиенической оценке персональных носимых устройств связи в ближней зоне источника подтвердило ее корректность (связь $УПМ_E$ и $УПМ_H$ для оценки поглощения энергии ЭМП РЧ в ближней зоне источника). Расхождение между методиками уменьшается с увеличением частоты. Для каждого из источников в ближней зоне имеется область сходимости, которая позволяет определить оптимальные условия применения предложенного подхода с ошибкой менее 2 дБ.

ПУТИ ГАРМОНИЗАЦИИ НОРМАТИВОВ И МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ЭМП

- Необходимость комплексного подхода к определению дозы на фантоме (дозиметрия с оценкой SAR) и оценкой среднеквадратичного значения вектора напряженности магнитного поля в свободном пространстве
- Три независимых этапа оценки:
 - теоретическая (численная) дозиметрия,
 - экспериментальная дозиметрия,
 - широкополосные измерения.

Спасибо за внимание!

