

СОГЛАСОВАНО

Директор по реализации ФЦП
ФГУП «Госкорпорация по ОрВД»

В.М. Либов

20 10 г.

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
ЗАО «НПО Энергоформ»

А.Ю. Воробьев

20 10 г.

СОГЛАСОВАНО

Директор НИИ МТ РАМН
Академик РАМН

Н.Ф. Измеров

20 10 г.

Технический отчет № 01.05.09:

«Экспериментальное исследование защитных свойств индивидуальных
экранирующих комплектов для защиты человека от воздействия электромагнитных
излучений РЧ и СВЧ диапазонов. Методика и программа испытаний»

Москва, 2009 г.

19.04.10г. Аричев

Аннотация

Работа посвящена сравнительной оценке экранирующих свойств индивидуальных комплектов для защиты человека от воздействия электромагнитных излучений РЧ и СВЧ диапазонов, создаваемых объектами радиолокации, радионавигации и связи. Рассмотрены 3 комплекта средств индивидуальной защиты: определены основные характеристики каждого комплекта (коэффициент экранирования) путем проведения натурных измерений плотности потока энергии, создаваемых трассовым радиолокационным комплексом «УТЕС-Т» в местах возможного пребывания персонала. На основании полученных результатов даны санитарно-гигиенические рекомендации по обеспечению сохранения здоровья персонала при работе на подобных объектах.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения	4
1.1. Актуальность проведения работы	4
1.2. Цель работы	5
2. Используемая документация и решаемые задачи	5
3. Содержание работы	6
3.1. Объект испытаний, применяемые оборудование, материалы и образцы	6
3.2. Методика испытаний	8
4. Сравнительный анализ результатов измерений уровней ЭМИ и расчета коэффициентов экранирования различных образцов СИЗ	9
5. Заключение	12

1. Общие положения

1.1. Актуальность проведения работы

Эксплуатируемые сегодня предприятиями аэронавигации и связи объекты (радиолокационные средства) являются источниками мощного электромагнитного излучения (ЭМИ), в том числе, радиочастотного (РЧ) и сверхвысокочастотного (СВЧ) диапазонов. Режим функционирования объектов аэронавигации требует непрерывности цикла работы передающих устройств. Поэтому обслуживание и ремонт таких объектов нередко проводятся на неотключенном оборудовании, а, значит, связаны с риском воздействия на обслуживающий персонал электромагнитного поля (ЭМП), уровень которого на участках проведения работ может превышать предельно допустимые значения (ПДУ) в соответствии с СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях».

Основными способами защиты персонала от электромагнитного излучения являются так называемые организационные методы и технические мероприятия. К первым относятся ограничение времени пребывания человека в зоне облучения источников ЭМИ, согласно требованиям СанПиН 2.2.4.1191-03 («защита временем»), и удаление человека и (или) участка проведения работ из зоны облучения, или - на расстояние от нее, где уровень ЭМИ находится ниже ПДУ («защита расстоянием»). 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, далее - СИЗ).

Многолетняя практика эксплуатации и ремонта радиопередающих устройств, причем не только на объектах аэронавигации, показывает, что «защита временем» и «защита расстоянием» зачастую не применимы, так как осложняют (ограничивают) выполнение персоналом работ на функционирующем оборудовании. Стационарные и коллективные средства защиты также не функциональны или просто не применимы ввиду геометрии эксплуатируемых объектов. В таких случаях наиболее функциональным и оптимальным является применение СИЗ - индивидуальных экранирующих комплектов (далее - комплектов).

В настоящее время в России разработано и выпущено несколько основных типов комплектов для защиты от ЭМИ. В общем случае эти изделия 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 эти элементы должны быть гальванически соединены, образуя замкнутую экранированную оболочку вокруг тела человека и реализуя тем самым принцип «клетки Фарадея». Экран, создаваемый таким комплектом, должен быть полностью непрерывным, а поверхность электропроводящего материала должна быть непроницаема для электромагнитных волн в широком частотном диапазоне. Поэтому ячейка материала (сетки или ткани с нанесенным поверхностным электропроводящим слоем) должна иметь размер, достаточный для отражения и поглощения волн с длиной, соответствующей всему диапазону частот рабочего поля. Кроме того, места соединения элементов комплекта (одежды, головного убора, перчаток и обуви), в том числе, швы, застежки и лицевой экран, должны быть снабжены специальными электропроводящими уплотнениями («электромагнитными замками»), также обеспечивающими непрерывность экрана для эффективного экранирования поля СВЧ и РЧ диапазона. Материалы, которые применяются для защиты от ЭМИ, в том числе, при изготовлении индивидуальных экранирующих комплектов, подразделяются на три основных типа:

- 1) ткани с вплетенной металлической нитью,
- 2) ткани с металлической сеткой, оплетенной нитью общего назначения,
- 3) ткани с гальванически нанесенным электропроводящим слоем.

Каким бы совершенным ни был процесс гальванической обработки ткани, адгезия металла к органическим материалам всегда конечна. Поэтому ткани последнего типа должны изготавливаться по специальной технологии, обеспечивающей нанесение электропроводящего слоя не на поверхность (поверхности) материала, а на нити тканевой основы для того, чтобы, во-первых, было возможным создать прочные стыковые швы еще на стадии изготовления, и, во-вторых, затруднить отслоение металла от тканевой основы в процессе эксплуатации уже готового изделия. При выполнении этого условия сплошной материал (размер ячейки ткани составляет всего лишь десятки-сотни микрон) в сочетании с конструкцией комплекта, имеющей эффективные «электромагнитные замки», полностью охватывали бы необходимый частотный диапазон без существенной потери износостойкости и эргonomики. С другой стороны, ткани первого и второго типов более стабильны в плане износостойкости, однако они более «прозрачны» для ЭМИ РЧ и СВЧ, а в случае достижения того же размера ячейки, что и у тканей с гальваническим нанесением, тяжелы и не эргономичны.

Очевидно, что основной характеристикой комплектов, которая определяет их свойства как СИЗ, является коэффициент экранирования (K_e) готового изделия. Поэтому для того, чтобы определить целесообразность применения тех или иных типов ткани и конструкций изделий, обеспечивающих K_e , при котором выполняются требования безопасных условий труда в соответствии с СанПиН 2.2.4.1191-03 во всем диапазоне рабочих частот, оправдано проведение сравнительных измерений уровней ЭМИ внутри разных комплектов, помещаемых в поле источника излучения.

1.2. Цель работы

1.2.1. Определение коэффициентов экранирования ЭМИ индивидуальных экранирующих комплектов, изготовленных из разных типов материалов и имеющих различную конструкцию, с моделированием воздействия на них поля реальной установки (радиолокационного средства) с рабочими частотами мощностью, охватывающими диапазоны большинства устройств, применяемых на объектах аeronавигации.

1.2.2. Сравнение результатов измерений (K_e - коэффициент экранирования) указанных комплектов.

1.2.3. Определение целесообразности применения того или иного комплекта для защиты персонала объектов аeronавигации от ЭМИ.

2. Используемая документация и решаемые задачи

2.1. При выполнении работы использовались данные о физических и электрических характеристиках материалов, а также конструктивных решениях, применяемых при производстве комплектов разных производителей (ТУ-8572-003-49352590-2001, ТУ-8572-157-00209600-2002, ТУ 6950-74).

2.2. В работе исследовались защитные свойства экранирующих комплектов для защиты персонала от ЭМИ путем измерения коэффициента экранирования (K_e) этих изделий, надетых на радиопрозрачный (не содержащего электропроводящие компоненты – уголь и(или) металл) манекен в полном снаряжении, при воздействии ЭМИ первичного радиолокатора «Утёс-Т» в стационарном режиме.

2.3. Результаты испытаний анализировались с целью совершенствования конструкции комплектов, оптимизации применяемых в их производстве технологий, специальных тканей и других материалов, уточнению их технических характеристик и области применения.

2.4. При определении эффективности защиты комплектов от ЭМИ применялся СанПиН 2.2.4.1191-03.

2.5. Испытания проводились в соответствии с «Планом производства работ» (ППР), согласованным участниками испытаний и утвержденным в установленном порядке.

3. Содержание работы

3.1. Объект испытаний, применяемые оборудование, материалы и образцы

3.1.1. Для проведения испытаний использовался испытательный манекен (рис.1) из радиопрозрачного материала (не содержащего электропроводящие компоненты – уголь и(или) металл). Манекен был изготовлен из полого торса, на спинной поверхности (примерно на уровне грудины) которого вырезано квадратное отверстие размером 250 × 250 мм с целью размещения внутри антенн измерительных приборов. Для удобства надевания испытуемых образцов на манекене были предусмотрены ножные стойки, плечи и головная стойка.

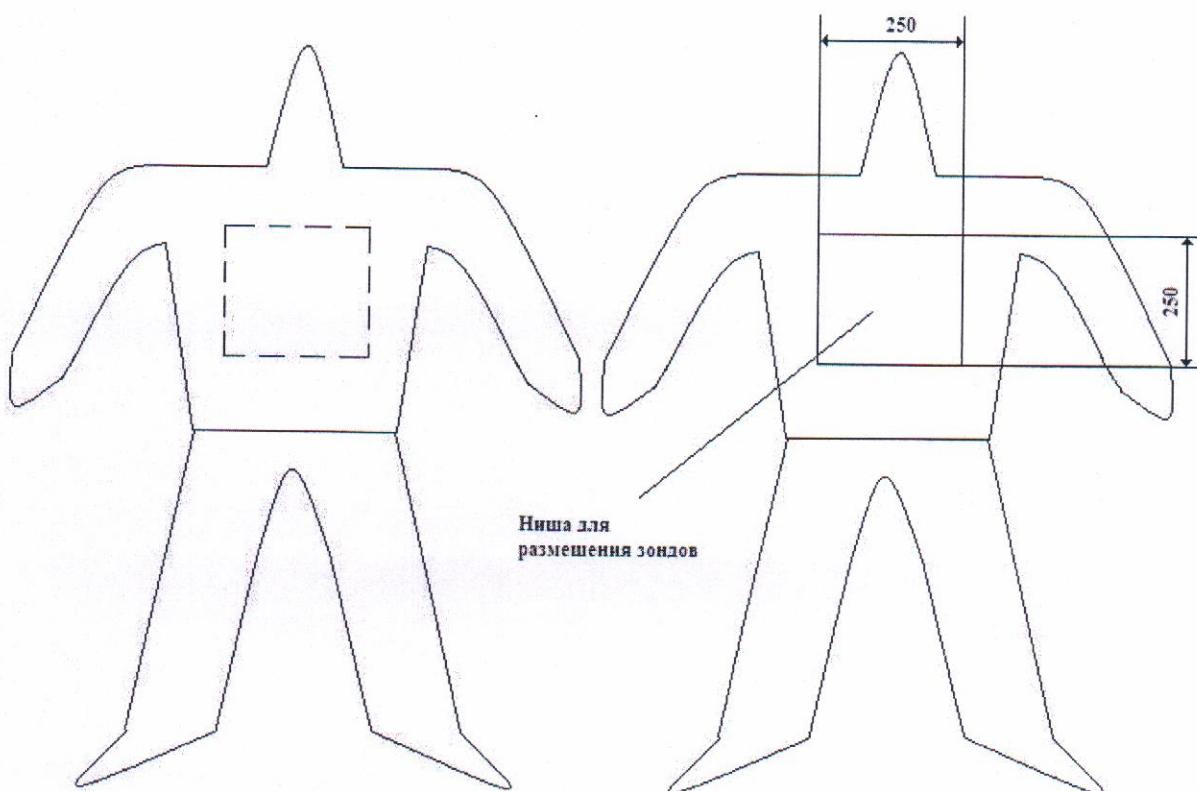


Рис. 1 Эскиз испытательного манекена

3.1.2. В качестве источника ЭМИ, в поле которого помещался манекен с измерительным прибором и испытуемым образцом применялся первичный радиолокатор типа «Утес-Т» (далее - радиолокатор), установленный на РЛП «Домодедово» (далее - объект). Основные параметры радиолокатора приведены в Табл. 1.

Диаграмма направленности радиолокатора показана на рис. 2.

Таблица 1 Основные параметры радиолокатора типа ПРЛ «Утес-Т»

№ п/п	Параметр	Значение
1	Средняя мощность, кВт	1,5
2	Импульсная мощность, кВт	35
3	Диапазон рабочих частот, ГГц	1,24-1,30
4	Коэффициент усиления антенн, дБ	35
5	Скважность (или длительность импульса)	1,6 мкс; 120 мкс

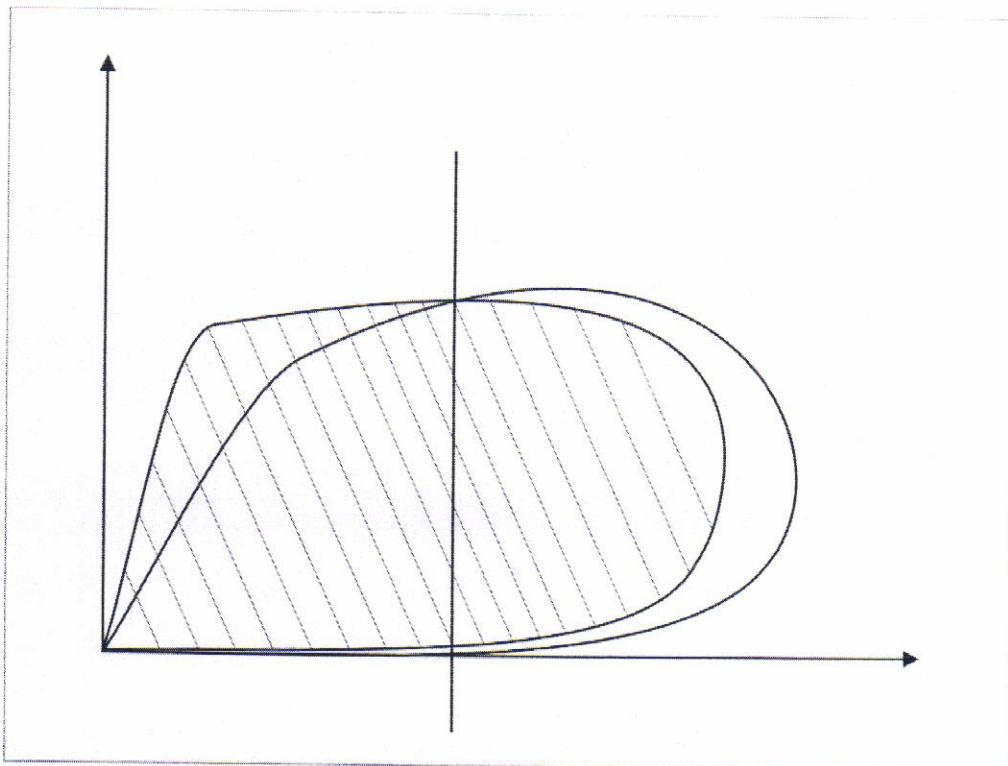


Рис. 2 Эскиз диаграммы направленности первичного радиолокатора «Утес-Т»

3.1.3. В качестве измерительного прибора (далее - прибор) применялся измеритель электромагнитного поля EMR-200 (заводской номер АС-0061) с рабочим диапазоном частот от 10 МГц до 18 ГГц (E-field 0.9), имеющий изотропные антенны различного типа (далее - зонды). Свидетельство о поверке № 200/202-01256-09.

3.1.3.1. Прибор имел возможность записи полученных данных на компьютер (далее – ПК).

3.1.3.2. Для передачи данных на ПК в процессе измерений прибор был снабжен экранированным кабелем.

3.1.4. В качестве испытываемых образцов (далее - образцов) в работе использовались индивидуальные экранирующие комплекты различных конструкций:

- индивидуальный экранирующий комплект Эи-2 (экранирующий комбинезон, экранирующие ботинки, экранирующий головной убор на основе электротехнической каски «Superboss» с лицевым экраном, экранирующие перчатки), размер одежды 48-50, рост 170-176, размер обуви 43, ТУ 8572-003-49352590-2001, производитель – ЗАО «НПО Энергоформ» (далее – образец 1);

- комплект для защиты от электромагнитного излучения в диапазоне радиочастот, выполненный по заказу ОАО «ЦентрТелеком» (экранирующий комбинезон, экранирующие бахилы, экранирующий головной убор (шлем) с маской для лица,

экранирующие рукавицы), ТУ отсутствуют, производитель – ООО «ТехИмСнаб», размер одежды 48-50, рост 170-176 (далее – **образец 2**);
 - экранирующий комплект арт. ТК 6911-А (экранирующий комбинезон, экранирующие бахилы, экранирующий головной убор (шлем) с маской для лица, экранирующие перчатки), ТУ 6950-74, производитель – швейная фабрика Славянск Н-К, размер одежды 48-50, рост 170-176 (далее – **образец 3**).

3.2. Методика испытаний

3.2.1. Схема проведения испытаний на объекте в общем виде представлена на рис. 3.

3.2.2. Прибором производилось измерение уровня ЭМИ в зоне излучения радиолокатора (рис. 3) в режиме отключенного радиолокатора (фон), в рабочем режиме радиолокатора в зоне остановки луча без комплекта СИЗ.

3.2.3. Измерения поля внутри образцов производилось в следующей последовательности:

- зонд прибора (п.п. 3.2.2) устанавливался в нишу манекена (рис. 1);
- на манекен надевался образец 1, включая обувь, перчатки и шлем
- связь с ПК осуществлялась через оптоволоконный интерфейсный канал (кабель), который был надлежащим образом экранирован;
- манекен с образцом 1 устанавливался в плоскости диаграммы направленности луча радиолокатора (рис. 3);
- радиолокатор включался в режиме остановки луча;
- устанавливалась частота и максимальный уровень мощности излучателя;
- прибором производилось измерение уровней ЭМИ внутри образца 1;
- временной интервал измерений менялся исходя из рабочей частоты и режима работы, но составлял не менее 6 минут при установлении максимального и минимального уровней излучения радиолокатора в данном режиме генерации.

3.2.4. Вся последовательность измерений п.п. 3.2.3 повторялась поочередно на образцах 2 и 3 при тех же режимах работы (частоте, модуляции, уровне мощности и т.д.).

3.2.5. Для каждого измерения (на данном образце, с данными параметрами поля) рассчитывается коэффициент экранирования по формуле (1):

$$K_{\text{внешне}} = 10 \cdot \lg \left(\frac{P_{\text{внешне}}}{P_{\text{внутренне}}} \right), \quad (1)$$

где: $K_{\text{внешне}}$ - коэффициент экранирования i -го образца (дБ),

$P_{\text{внешне}}$ – плотность потока мощности поля радиолокатора, рассчитанная по результатам измерений п.п. 3.2.2,

$P_{\text{внутренне}} i$ – плотность потока мощности поля внутри i -го образца, рассчитанная по результатам измерений п.п. 3.2.3, 3.2.4

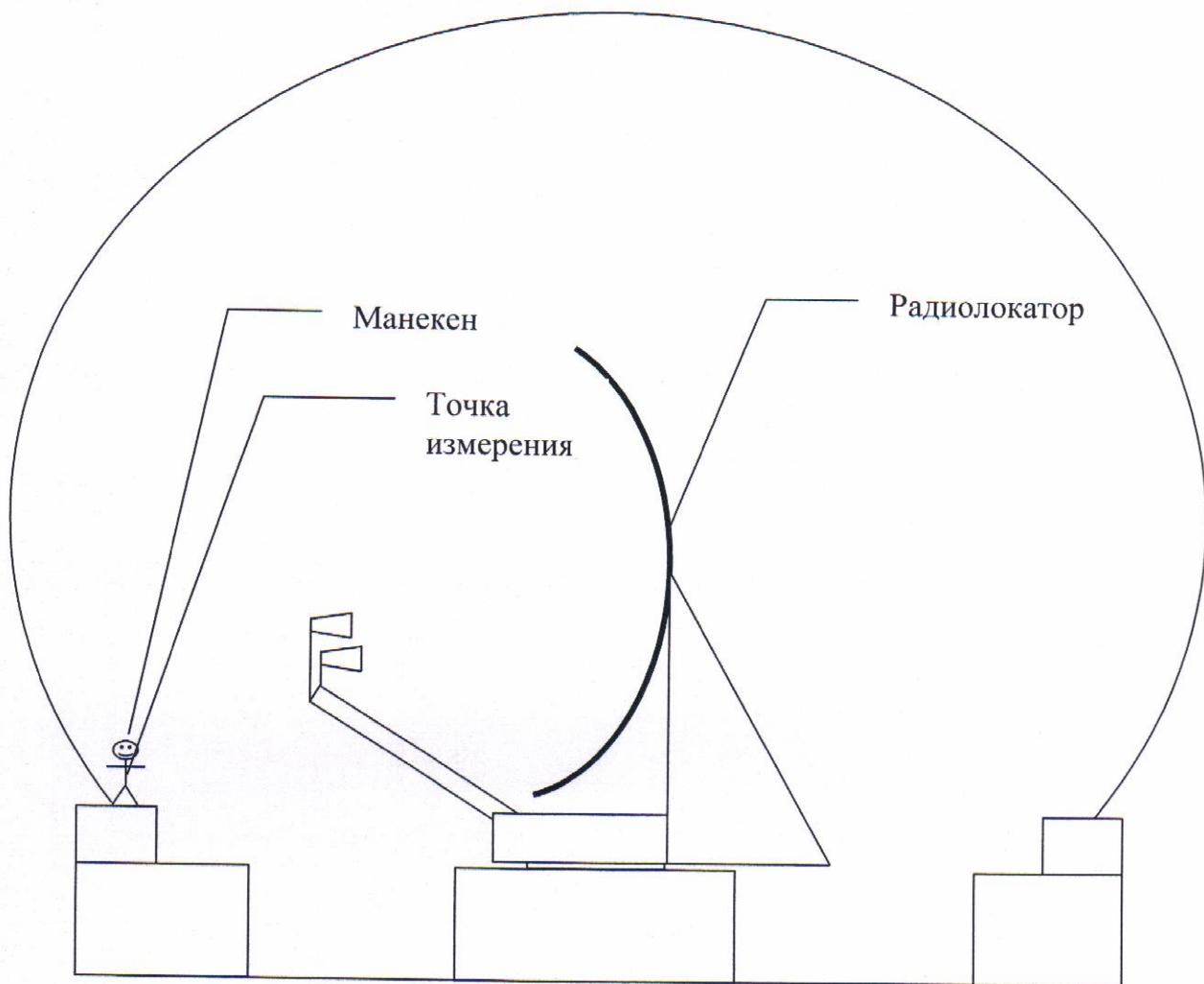


Рис. 3 Схема проведения испытаний на объекте

3.2.6 Результаты измерений п.п. 3.2.2, 3.2.3, 3.2.4 и расчетов п.п. 3.2.5 заносились в протоколы испытаний, оформляемые отдельно для каждого образца.

3.2.7 Производилось сравнение результатов испытаний п.п. 3.2.6 между собой.

3.2.8 На основании протоколов п.п. 3.2.6, а также результатов анализа п.п. 3.2.7, оформлялось экспертное заключение в соответствии с целями, задачами и результатами настоящей работы, изложенными в разделах 1 и 2.

4. Сравнительный анализ результатов измерений уровней ЭМИ и расчета коэффициентов экранирования различных образцов СИЗ

Результаты измерений уровней ЭМИ, создаваемых первичным радиолокатором «Утес-Т» в одной и той же точке пространства вне и под экранирующими комплектами спецодежды и расчета коэффициентов экранирования представлены в таблице 2 и на рис. 4 – рис. 7.

Таблица 2. Сравнительные данные по оценке эффективности экранирования ЭМИ различными комплектами спецодежды

№ п/п	Наименование экранирующего комплекта	Источники излучения и режим работы	ППЭ, мВт/см ² (средние значения)		Коэффициент экранирования, дБ
			без комплекта	в комплекте	
1.	2	3	4	5	6
1.	Образец 1	передатчик 1+2, режим остановки луча	0,0638	0,0006	20,21
2.	Образец 2	передатчик 1+2, режим остановки луча	0,0638	0,0083	4,74
3.	Образец 3	передатчик 1+2, режим остановки луча	0,0638	0,0139	2,52

Как видно из таблицы 2, использование экранирующих комплектов разных образцов приводит к снижению уровней ЭМИ внутри манекена. Для улучшения экранирующих свойств **образец 1** был модифицирован путем уплотнения шлема, установки дополнительной экранирующей прокладки под застежкой комбинезона и использования новых перчаток.

Наиболее низкие коэффициенты экранирования выявлены у образца 2 (4,74 дБ) и образца 3 (2,52 дБ).

Представленные в таблице данные наглядно отражены на рисунках 4-5.

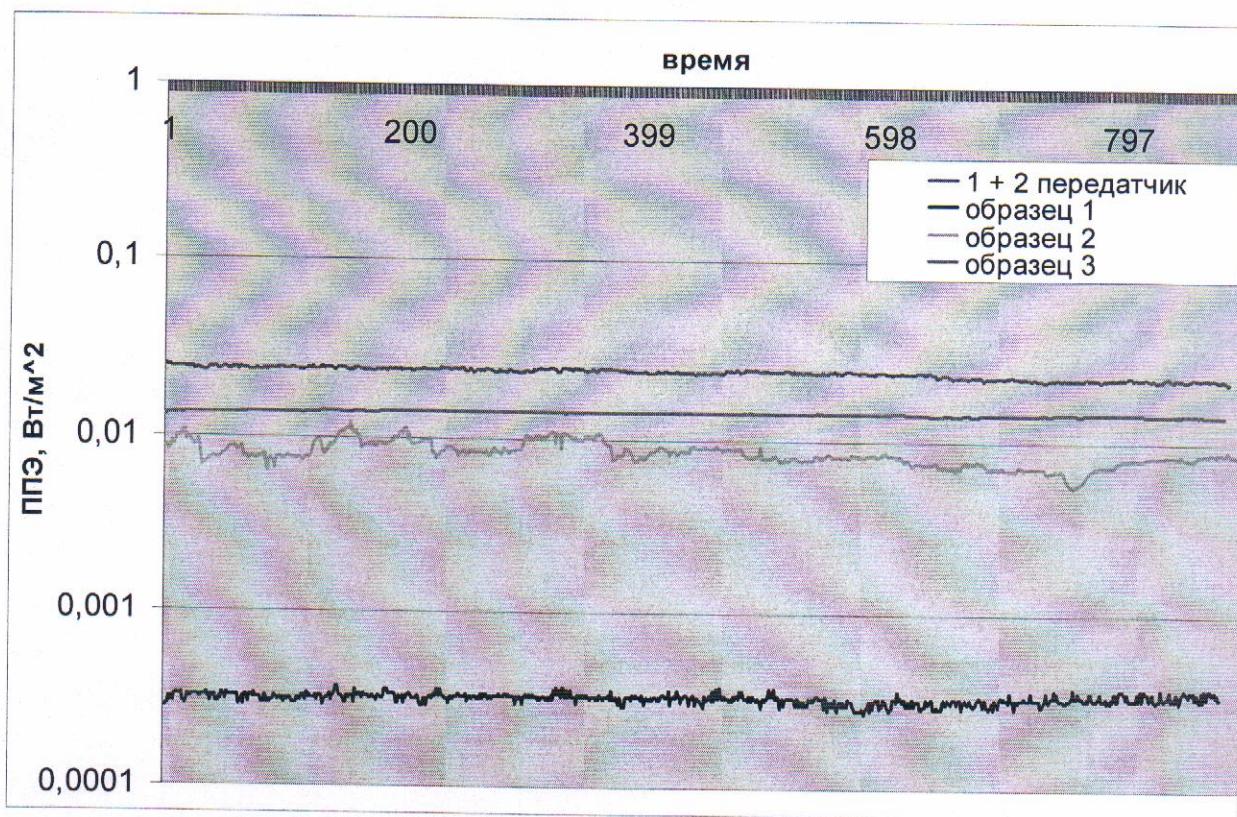


Рис. 4 Уровни ЭМИ, создаваемые ПРЛ «Утес-Т» в режиме остановки луча в одной и той же точке пространства вне и под экранирующими комплектами спецодежды

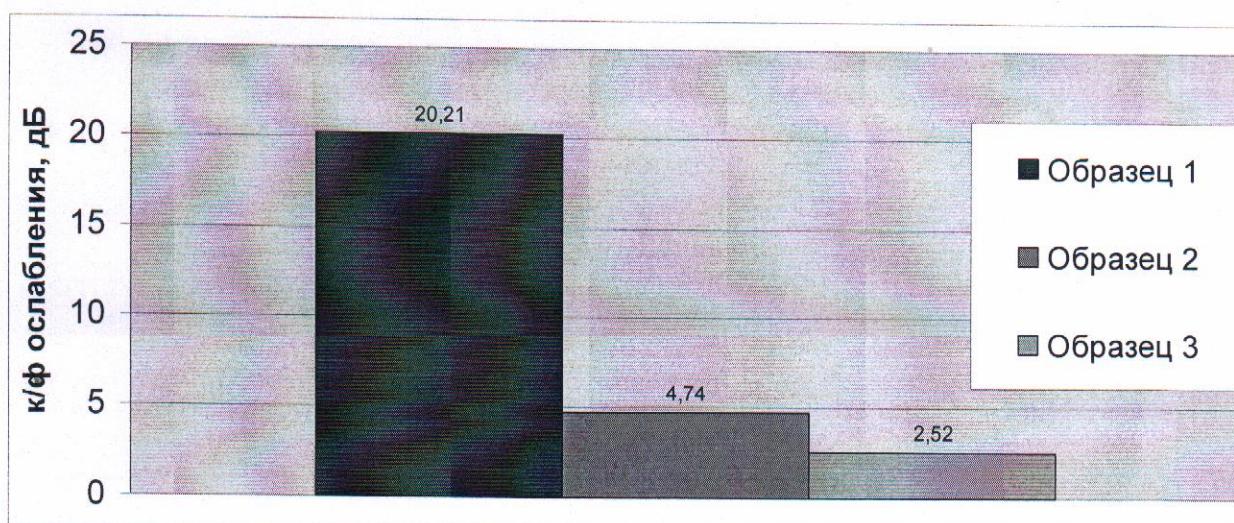


Рис. 5 Значения коэффициентов экранирования исследованных образцов

5. Заключение

На рабочие места персонала, осуществляющего эксплуатацию и ремонтно-профилактическое обслуживающего радиолокационных систем распространяются требования раздела 3.6. СанПиН 2.2.4.1191-03, в соответствии с которым ПДУ ЭМИ в зависимости от продолжительности облучения за смену могут составлять от 0,25 мВт·час/см² – 1 мВт·час/см². В соответствии с этим для обеспечения сохранения здоровья персонала рекомендуется при осуществлении обслуживания РЛС применение СИЗ (экранирующих комплектов)

Результаты сравнительной экспертной оценки эффективности СИЗ, предназначенных для экранирования ЭМИ радиочастотного диапазона, создаваемых средствами радиолокации, радионавигации и связи, свидетельствуют о том, что из представленных образцов наиболее выраженными защитными свойствами обладает модифицированный экранирующий комплект Эи-2 (образец 1, производитель – ЗАО «НПО Энергоформ»), который может быть рекомендован для практического использования в целях обеспечения сохранения здоровья персонала службы РТОС.