

Особенности амплитудно-частотных характеристик измерителя электромагнитных полей ПЗ-60

Крылова М.А., Нескородов А.А., Соколовский С.А.

Измеритель электромагнитных полей ПЗ-60 (рис.1) идеальное техническое средство, удовлетворяющее требованиям практически всех отечественных стандартов и Сан-



Рис. 1. Измеритель электромагнитных полей ПЗ-60

ПиН [3], [4] в области нормирования низкочастотных электромагнитных полей. Основные технические характеристики прибора и правила работы с ним достаточно полно изложены в руководстве по эксплуатации [1], размещенной на сайте предприятия. Назначение данной статьи – дать читателю более тонкое понимание всех возможностей измерителя.

ПЗ-60 разрабатывался как профессиональное средство измерений, с использованием оригинальных технических решений, позволивших создать прибор, превосходящий на сегодняшний день по совокупности технических характеристик, аналогичные отечественные и зарубежные измерители электромагнитных полей низкочастотного диапазона.

Уникальность ПЗ-60 заключается, прежде всего, в его универсальности, широком частотном и динамическом диапазонах, высокой точности, малых габаритах при относительно невысокой цене.

Прибор функционально состоит из двух устройств (рис. 2): изотропного антенного преобразователя (АП) и блока измерений (БИ).

В АП интегрированы трехкоординатная экранированная магнитная антенна, трехкоординатная электрическая дипольная антенна, управляемые усилители - преобразователи сигналов и схема управления. При проектировании АП особое внимание уделялось обеспечению высокого отношения сигнал/шум, максимальному снижению чувствительности магнитной антенны к электрическому полю, а также эффективному подавлению синфазной составляющей. АП закреплены на телескопической рукоятке, выполненной из высококачественного диэлектрика. Его полная длина в раздвинутом состоянии составляет 600 мм, что позволяет минимизировать влияние оператора на результаты измерения электрического поля. В целях обеспечения высокого отношения сигнал/шум усиление

сигналов сосредоточено во входных каскадах усилителей - преобразователей антенного узла, имеющих переключаемую структуру. За счет этого удалось обеспечить широкий динамический диапазон АП на уровне 120 дБ при чувствительности 0,01 В/м по электрическому полю и 0,01 нТл по магнитному полю, обеспечить постоянство амплитудно-частотных характеристик прибора во всем динамическом диапазоне. Найденные схемотехнические решения и новые методы настройки входных каскадов позволили обеспечить уровень синфазной составляющей не более -40 дБ.

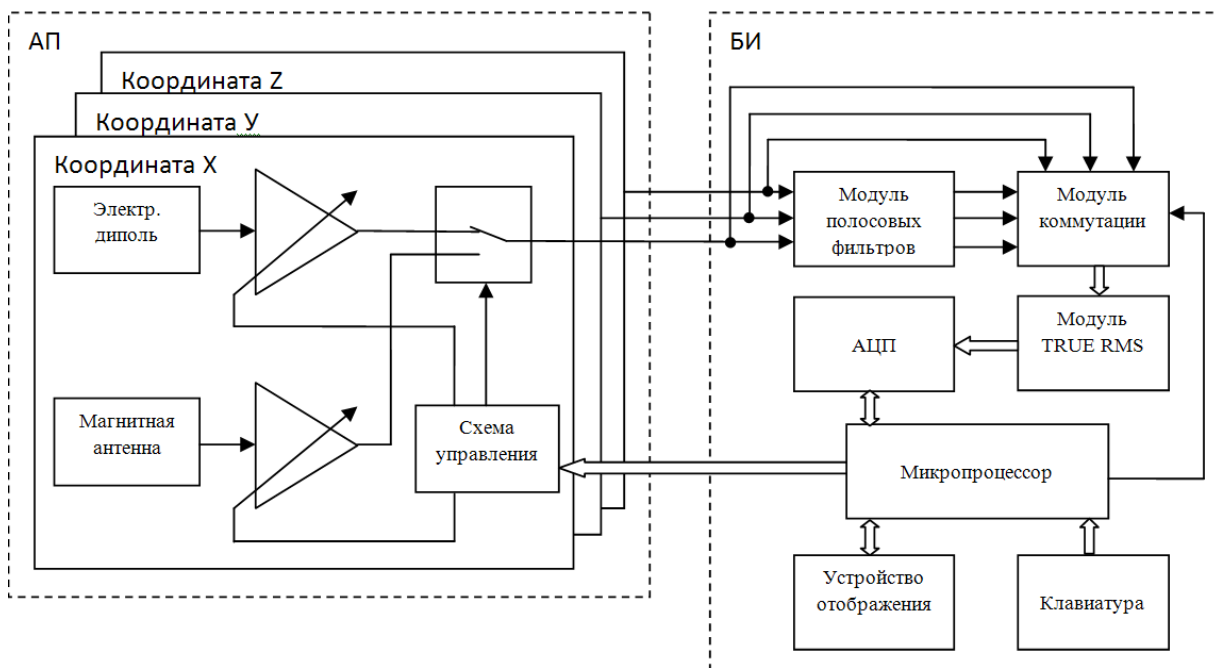


Рис. 2. Функциональная схема измерителя электромагнитных полей ПЗ-60

В БИ производится аналоговая и цифровая обработка нормированного сигнала, поступающего с выходов АП. С этой целью в блоке установлены фильтры нижних частот второго порядка с частотами среза 2 кГц, фильтры верхних частот второго порядка с частотами среза 2 кГц, 400 кГц и полосовые фильтры на частоту (50 ± 2) Гц. Частота среза 5 Гц обеспечивается конструкцией АП. За счет программной коммутации фильтров в сочетании с байпасными линиями достигается оперативное изменение частотных характеристик прибора.

Одним из основных элементов широкополосных измерителей полей, определяющим их динамические и частотные возможности, несомненно, является преобразователь среднеквадратического значения [2]. Примененные в ПЗ-60 технические решения позволили обеспечить измерение истинных среднеквадратических значений (TRUE RMS) им-

пульсных сигналов с коэффициентом амплитуды не менее 4 во всех в динамическом и частотном диапазонах.

Прибор имеет развитое меню, позволяющее удовлетворить потребности пользователей с различным уровнем подготовки. В нем предусмотрены, как автоматические режимы измерения, позволяющие минимизировать затраты времени при проведении большого количества однотипных измерений, например, при аттестации рабочих мест, так и интерактивные, позволяющие оператору самому принимать решение относительно выбора частотного диапазона, а также необходимости сохранения результатов измерения в энергонезависимой памяти прибора.

Рассмотрим амплитудно-частотные характеристики режимов измерения предусмотренных в измерителе электромагнитных полей ПЗ-60 .

1. Режим «Электрическое поле 1 полоса».

В этом режиме измерения включается байпасная линия и сигнал с усилитель-преобразователей электрических антенн АП поступает непосредственно на входы преобразователей среднеквадратических значений (ПСКЗ).

Амплитудно-частотная характеристика в этом режима представлена на рис.3

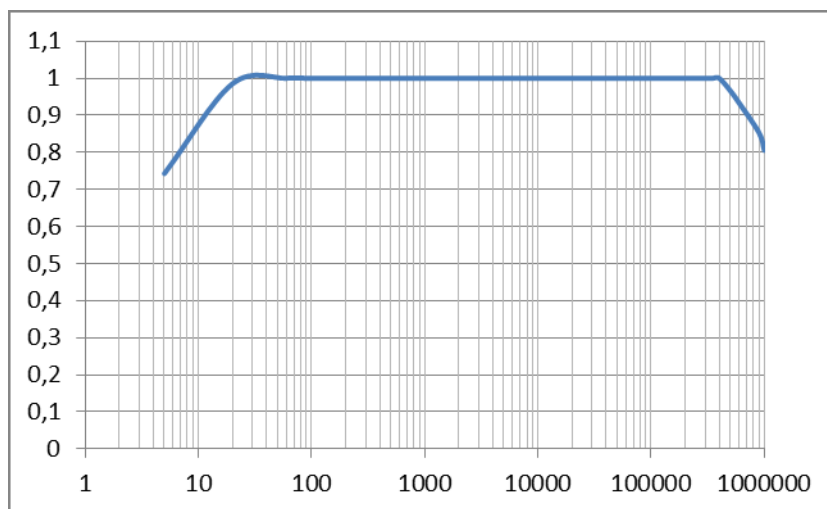


Рис. 3. АЧХ в режиме «Электрическое поле 1 полоса»

Как видно из графика, этот режим позволяет измерять электрические поля в диапазоне частот от 20 Гц до 400 кГц с неравномерностью АЧХ не более 2% или в диапазоне от 5 Гц до 1 МГц с неравномерность АЧХ не более 3 дБ.

2. Режим «Электрическое поле 2 полоса».

С целью снижения влияния на результат измерения фоновых полей на частоте 50 Гц предусмотрен режим измерения «Электрическое поле 2 полоса». В этом режиме

происходит переключение структуры входного каскада АП и формируется АЧХ представленная на рис.4. Режим обеспечивает измерение полей в диапазоне частот от 2 кГц до 400 кГц с неравномерностью АЧХ не более 2% или в диапазоне частот от 500 Гц до 1 МГц с неравномерность АЧХ не более 3 дБ.

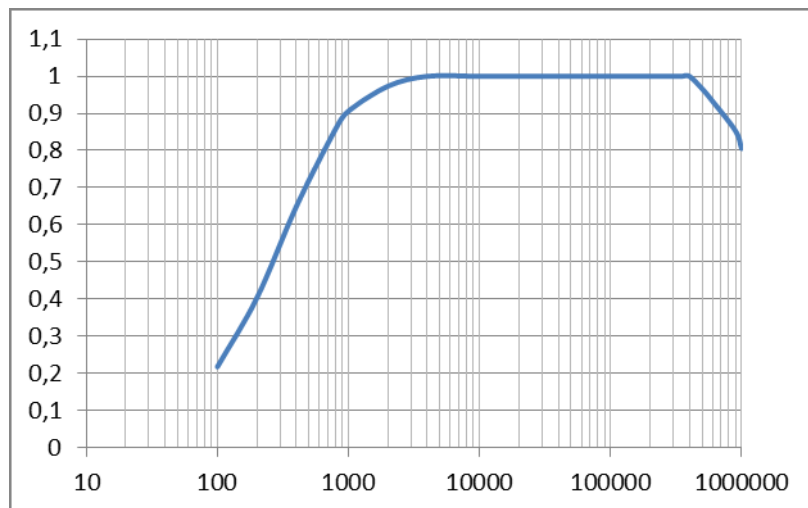


Рис. 4. АЧХ в режиме «Электрическое поле 2 полоса»

В приборе предусмотрены специальные режимы измерения полей, создаваемых средствами вычислительной техники, предусмотренные ГОСТ Р 50949-03.

3. Режим «Электрическое поле СВТ 1 полоса»

На рис. 5 приведена АЧХ в режиме «Электрическое поле СВТ 1 полоса». В этом случае сигналы АП подаются на входы ПСКЗ через фильтр нижних частот при этом формируется АЧХ с нижней частотой среза 2 кГц и спадом не менее 40 дБ на декаду.

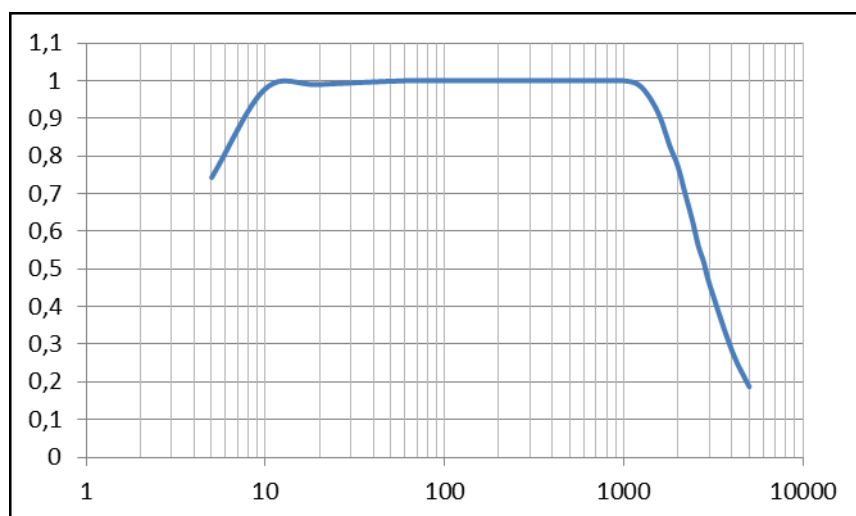


Рис. 5. АЧХ в режиме «Электрическое поле СВТ 1 полоса».

4. Режим «Электрическое поле СВТ 2 полоса»

В режиме «Электрическое поле СВТ 2 полоса» сигналы АП подаются на входы ПСКЗ через фильтр верхних частот с частотой среза 2 кГц и фильтр нижних частот с частотой среза 400 кГц, которые формируют АЧХ приведенную на рис. 6.

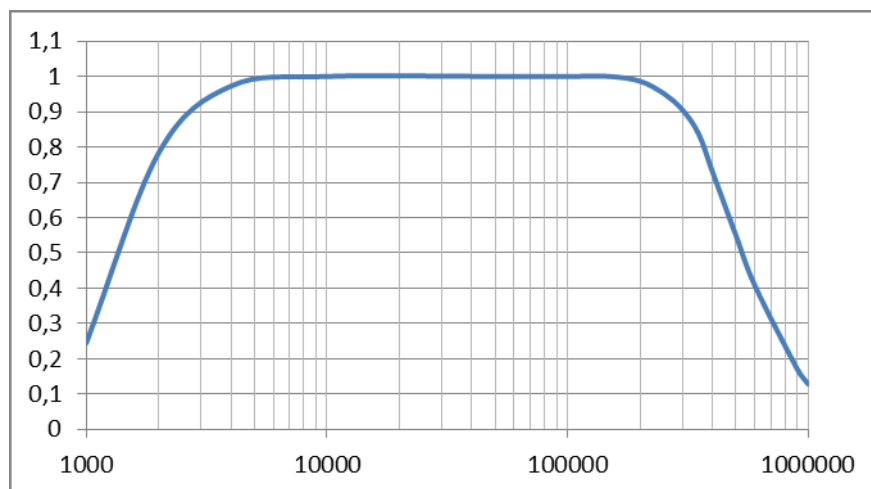


Рис. 6. АЧХ в режиме «Электрическое поле СВТ 2 полоса»

5. Режим «Электрическое поле 50 Гц»

Для селективного измерения полей созданных источниками, работающих на промышленной частоте 50 Гц в приборе установлен фильтр с полосой пропускания (50 ± 2) Гц. Вид АЧХ прибора в этом режиме представлен на рис. 7.

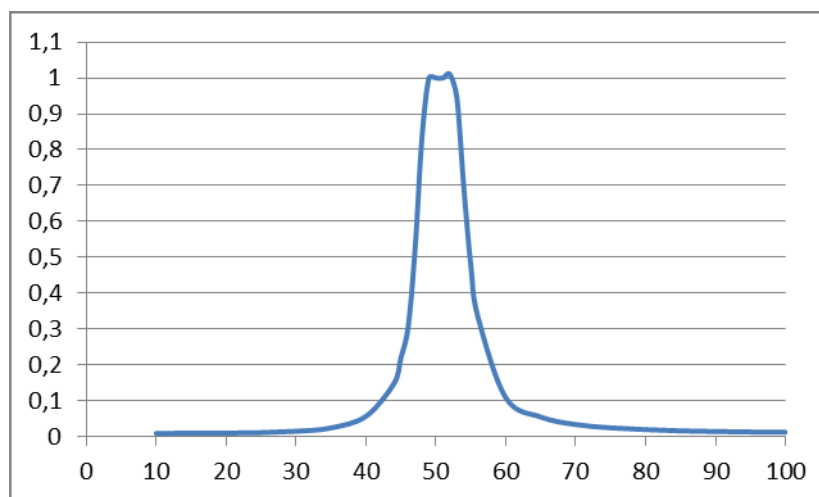


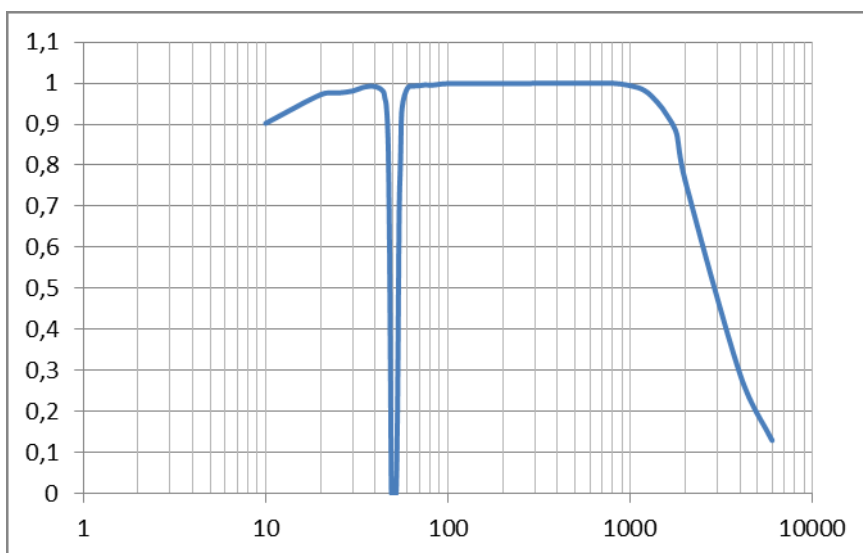
Рис. 7. АЧХ в режиме измерения электрического поля на частоте 50 Гц

6. Режим «Электрическое поле СВТ 1 полоса с режекцией 50 Гц»

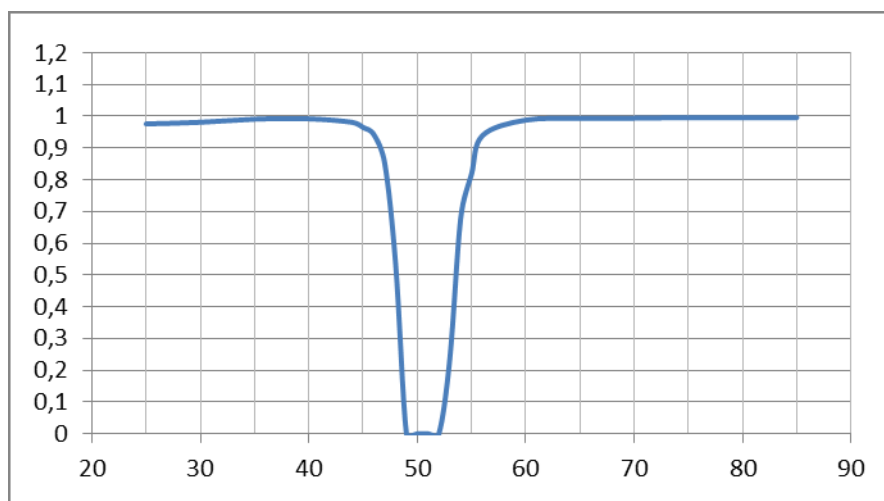
В соответствие с новыми нормами [3] в приборе в режимах измерения СВТ предусмотрена возможность режекции полей на частоте 50 Гц путем цифровой обработки сигнала. Алгоритм данного процесса выглядит следующим образом:

- 1) Измерить поля в диапазоне частот «СВТ 1 полоса» - $\Pi_{\text{СВТ}}$;
- 2) При тех же коэффициентах усиления измерить поля в режиме «50 Гц» - Π_{50} ;
- 3) Вычислить значение поля по формуле $\Pi_p = \sqrt{\Pi_{\text{СВТ}}^2 - \Pi_{50}^2}$.

На рис.8 (а, б) показаны АЧХ прибора в этом режиме.



а)



б)

Рис. 8.

- а) АЧХ прибора в режиме «Электрическое поле СВТ 1 полоса с режекцией 50Гц»;
- б) вид участка АЧХ в области режекции

Рассмотрим характеристики прибора в режимах измерения магнитных полей. Поскольку алгоритмы работы прибора остаются теми же, приведем амплитудно-частотные характеристики для этих режимов без дополнительных комментариев (рис. 9, рис. 10).

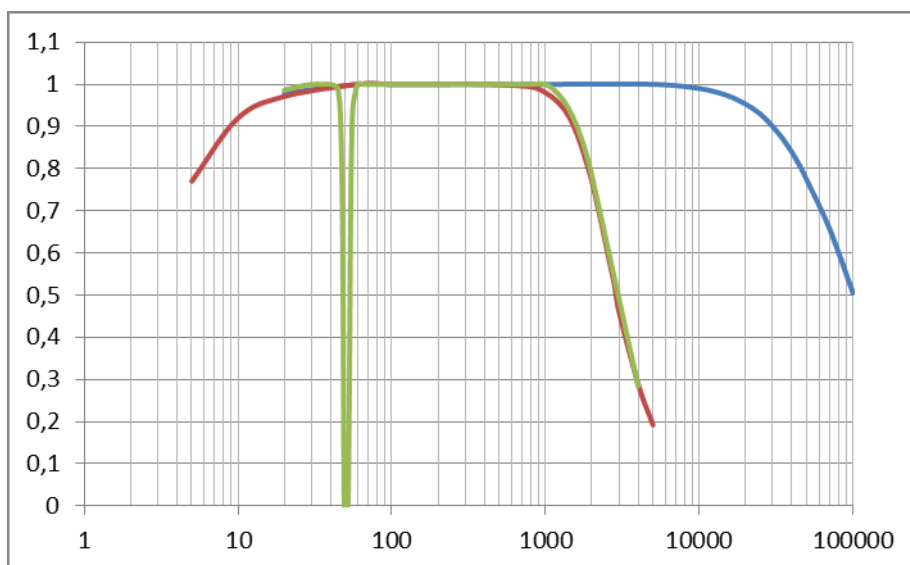


Рис. 9. АЧХ в режимах измерения магнитных полей в 1-полосе

— Режим измерения «Магнитное поле 1 полоса»

— Режим измерения «Магнитное поле СВТ 1 полоса»

— Режим измерения «Магнитное поле СВТ 1 полоса с режекцией 50Гц»

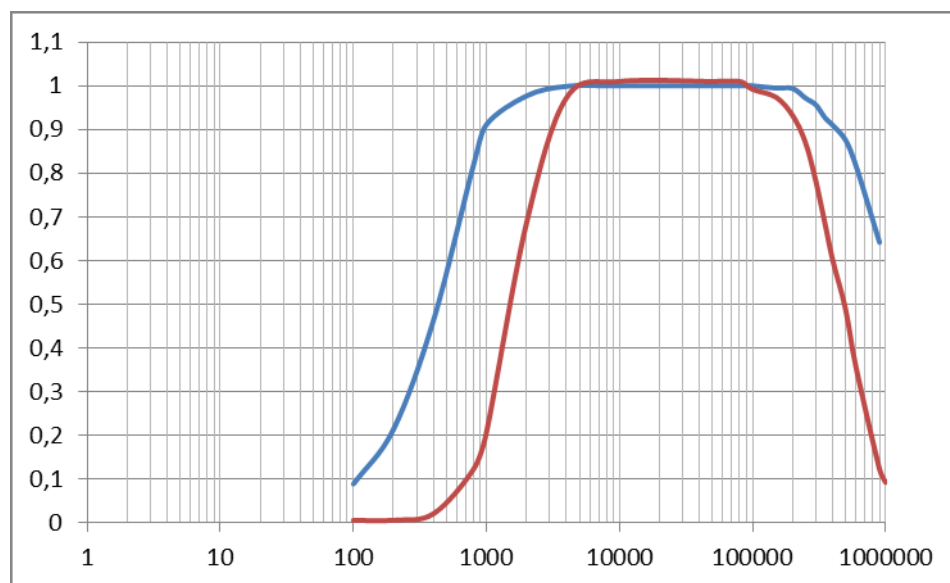


Рис. 10. АЧХ в режимах измерения магнитных полей

— Режим измерения «Магнитное поле 2 полоса»

— Режим измерения «Магнитное поле СВТ 2 полоса»

Выводы:

1. Измеритель ПЗ-60 оснащён многочисленными режимами измерения электромагнитных полей, имеющими высокую равномерность АЧХ в выбранной полосе частот.
2. Режимы, включающие полосовую и режекторную фильтрацию, обеспечивают возможность проведения измерения электромагнитных полей низкочастотного диапазона в соответствии с текущими требованиями СанПиН.
3. Широкий динамический диапазон измерения среднеквадратических значений напряженностей электрического и магнитного полей (например, в полосе 1, составляющий соответственно от 10 В/м до 100 кВ/м и от 55 мА/м до 2000 А/м) в сочетании с разнообразием режимов измерения позволяет рассматривать ПЗ-60, как универсальную метрологическую лабораторию для измерения электромагнитных полей низкочастотного диапазона.

Список литературы

1. Измеритель электромагнитных полей ПЗ-60. Руководство по эксплуатации. ЦКЛМ. 411183.001 РЭ. Фрязино. ЗАО «НПП «Циклон-Прибор». 2009. (http://www.ciklon-pribor.ru/pdf/P3-60_re.pdf).
2. Нескородов А.А. Соколовский С.А. Особенности измерения электромагнитных полей со сложным спектральным составом приборами с различными типами детекторов. Фрязино. ЗАО «НПП «Циклон-Прибор». 2011. (<http://www.ciklon-pribor.ru/pdf/IZM1.pdf>).
3. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работ. Изменения № 2 к СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.2/2.4.2620 -10 .
4. Физические факторы производственной среды. Электромагнитные поля в производственных условиях. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. СанПиН 2.2.4.1191-03.