

НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ: ЦИФРОВАЯ МАГНИТНАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ

Кириаков В.Х., Любимов В.В.

*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн
им. Н.В.Пушкова РАН*

В Институте земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В.Пушкова РАН (**ИЗМИРАН**) проводятся исследования и ведутся работы по созданию новых современных геофизических приборов для решения научных, прикладных и специальных задач. На протяжении многих лет одним из направлений деятельности инженерного состава института является разработка и создание новой измерительной аппаратуры для магнитных обсерваторий (**МО**) и существующих еще пунктов наблюдений. Уже давно назрела необходимость в замене старой магнитоизмерительной аппаратуры на ныне действующих магнитных обсерваториях как института, так и других исследовательских учреждений и научных организаций, на современные приборы на основе новых технологий и достижений современной техники. На базе разработанных в последние годы современных магнитометрических приборов на основе кварцевых [1-3] и протонных [4] датчиков появилась возможность создание цифровой магнитной обсерватории (**ЦМО**), отвечающей всем требованиям современного получения, обработки, хранения и представления данных.

Первые опытные образцы ЦМО были реализованы, установлены и испытаны на территории магнитной обсерватории «Арти» (пос. Арти, Свердловской области) Института геофизики УрО РАН в период 2006-2007 гг. и на территории магнитной обсерватории «Москва» в ИЗМИРАН (г.Троицк, Московской области) в 2008-2009 гг.

ЦМО это комплекс приборов, состоящий из магнитовариационной станции (**МВС**), протонного регистрирующего магнитометра (**ПМ**), сумматора цифровых данных (**СЦД**), приемника **GPS** и персонального компьютера (**ПК**), предназначенных для проведения относительных и абсолютных измерений составляющих вектора магнитной индукции (**ВМИ**) поля Земли и его модуля на магнитных обсерваториях и пунктах наблюдений. Функциональная схема ЦМО выполненной на базе МО «Арти» показана на *рис.1*.

МВС, созданная на базе магнитоизмерительного преобразователя (**МИП**) ЦМВС «Кварц-4», - является высокоточным и прецизионным магнитометрическим компонентным прибором. МВС выполнена на основе кварцевых магнитных датчиков (**КМД**) усовершенствованной, по сравнению с ранее выпускаемыми, конструкции и предназначена для непрерывной регистрации вариаций трех составляющих X (Н), Y (D), Z ВМИ поля Земли на МО и температуры окружающей среды, а также для исследования полей, создаваемых искусственными источниками и для специальных целей.

**Функциональная схема магнитометрической аппаратуры установленной
в рабочих павильонах магнитной обсерватории "АРТИ"**

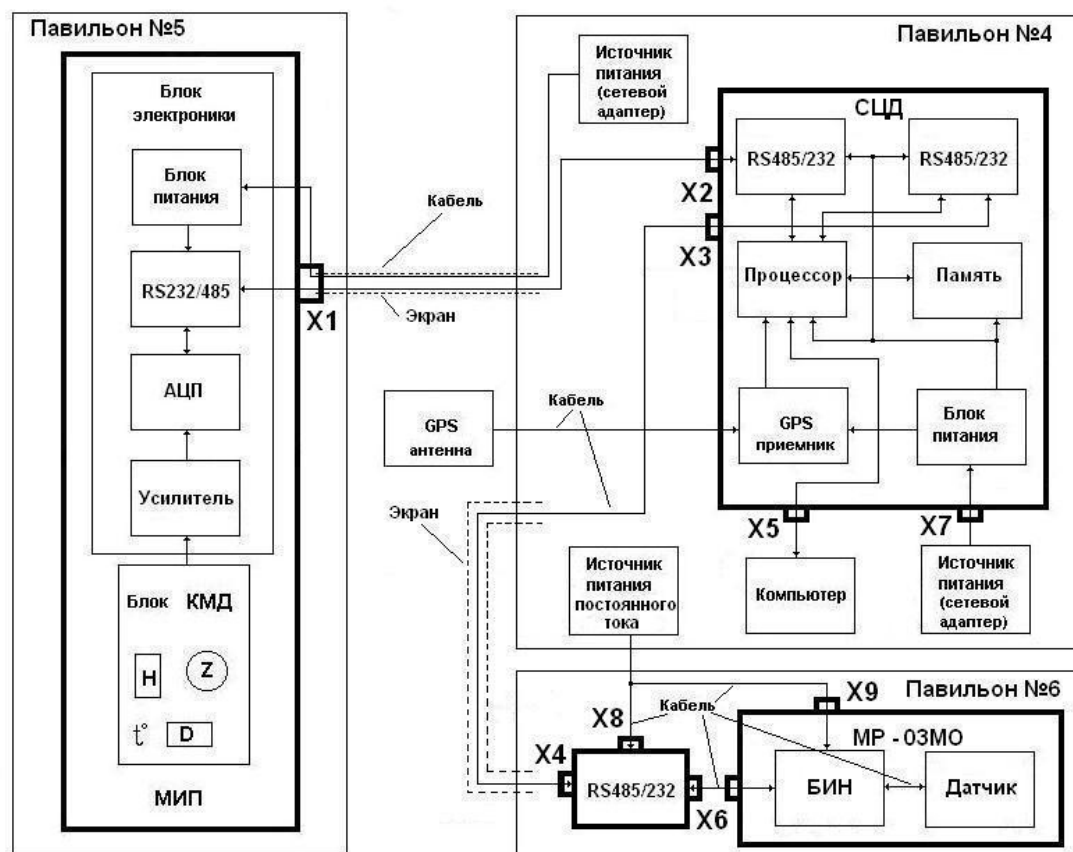


Рис.1.

ПМ, выполненный на базе магнитометра МР-03М с датчиком погружного типа, - является абсолютным прибором и предназначен для автоматического измерения модуля ВМИ поля Земли (**Вт**) и накопления данных во внутренней памяти.

Комплекс приборов ЦМО на территории МО «Арти» был расположен в трех отстоящих друг от друга на расстоянии от 60 до 80 м рабочих павильонах. В немагнитных павильонах №5 и №6 были установлены соответственно МИП ЦМВС «Кварц-4» и МР-03МО, датчик которого был вынесен из помещения и укреплен на его крыше. В рабочем павильоне №4 (см. *рис.1*) были расположены СЦД, приемник GPS, антенна которого была установлена вне помещения (на его крыше), компьютер и источники питания всего комплекса приборов.

МВС и ПМ, при помощи соединительных экранированных кабелей, были подключены к СЦД, служащему для накопления данных от приборов в цифровой форме, к которому также подключены приемник GPS и ПК. Общий вид аппаратуры, входящей в состав ЦМО представлен на *рис.2*.



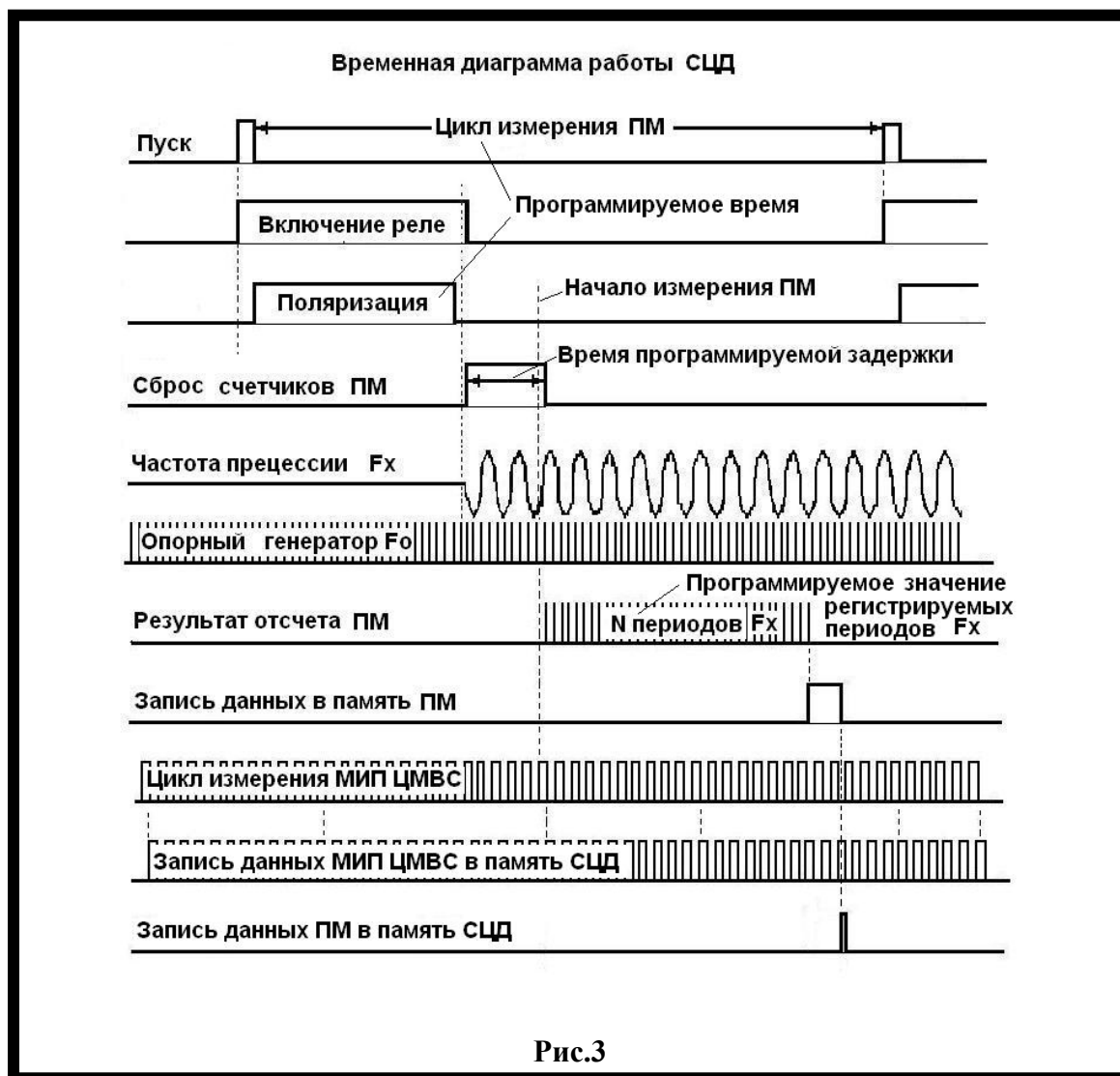
Рис.2.

Приемник GPS позволяет определять координаты места, в котором устанавливается аппаратура ЦМО, и осуществлять привязку (*синхронизацию*) всех асинхронных измерений и измерительных каналов, подключенных к СЦД к мировому времени с высокой точностью. Для иллюстрации этого на *рис.3* представлена временная диаграмма работы блока СЦД, позволяющая понять процесс измерения различными приборами, входящими в состав ЦМО, в реальном рабочем режиме.

При помощи ПК осуществляется контроль за работой всех составных частей комплекса ЦМО, регистрация и визуализация полученных данных в реальном времени. С помощью встроенного оригинального программного обеспечения реализован также режим просмотра полученных ранее данных в многооконном режиме, а также автоматическая организация базы данных.

Динамический диапазон измерения вариаций каждой из составляющих ВМИ поля Земли для МВС равен $\pm (2...4)$ мкТл, а диапазон измеряемых полей ПМ составляет от 35 до 65 мкТл. Отсчетная точность ЦМО при регистрации магнитометрических данных МВС и ПМ, - составляет 0,1 нТл. Точность регистрации температуры окружающей среды

встроенным датчиком, который установлен в непосредственной близости от КМД (*Z-канала*), составляет $0,1^{\circ}\text{C}$. Емкость внутренней энергонезависимой памяти для накопления данных в блоке СЦД составляет 32 Мб. Следует отметить, что в новой версии СЦД авторами разработки реализована возможность накопления измеренных данных во внешний накопитель, - съемную Flash-память (1...4) Гб. Объем (емкости) такого накопителя хватает для накопления данных в символьном виде в течение года. Общий вид нового малогабаритного и мало потребляющего блока СЦД показан на *рис.4*.



Цикл автоматических измерений ЦМО устанавливается программно, в зависимости от условий и необходимых задач регистрации, при этом максимальная частота оцифровки измерительных аналоговых каналов МВС с помощью встроенного четырехканального 24-х разрядного АЦП составляет 100 Гц. Схемное построение АЦП позволяет реализовать программное управление всеми режимами его работы и скоростью оцифровки аналоговых измерительных каналов МИП. Питание всех блоков и устройств ЦМО осуществляется

при помощи аккумуляторных батарей или от источников постоянного тока (сетевых адаптеров) напряжением 12 ± 3 В, при этом среднее потребление энергии МВС и СЦД от источников питания составляет не более 5 Вт, а всего комплекса приборов ЦМО, - не более 20 Вт.



Рис.4.

Комплекс ЦМО, изготовленный для МО «Москва», отличается от комплекса установленного в МО «Арти» тем, что в качестве МВС применяется новая усовершенствованная версия МИП под названием «Кварц-4МО», который оснащен малогабаритной юстировочной платформой, позволяющей использовать МВС в полевых и в походных условиях, а также используется новая версия СЦД (см. *рис.4*). Для этого комплекса ЦМО разработана также и новая версия протонного магнитометра под наименованием **МР-03МО**, который позволяет проводить измерения поля с любым типом протоносодержащего рабочего вещества, использовать кабель любого типа и любой длины без изменения своих основных технических характеристик, указанных выше. Этот

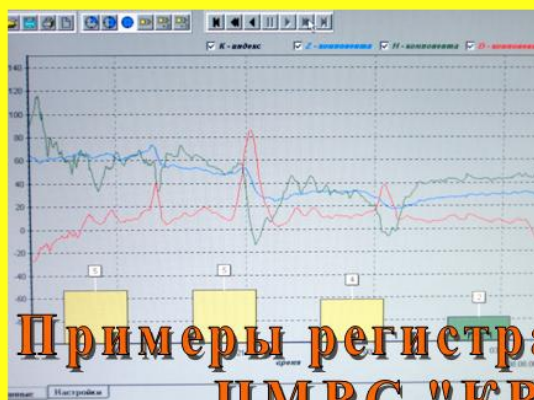
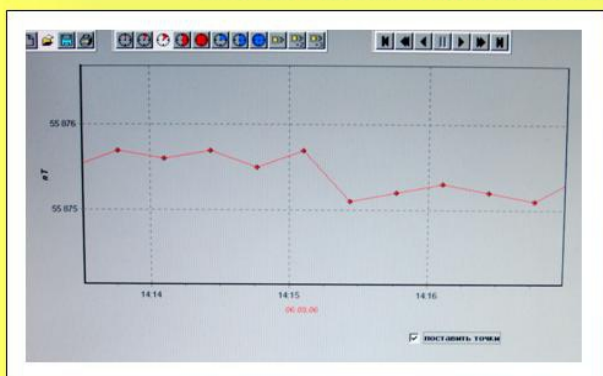
прибор может работать при изменении питающего напряжения в широких пределах от 10...12 до 40 В.

Создано также новое программное обеспечение, позволяющее легко и удобно визуализировать процесс измерения, процесс управления приборами, входящими в состав ЦМО, позволяющее упростить процесс накопления измеренных данных и организацию базы данных. Общий вид приборов, входящих в состав комплекса ЦМО для обсерватории «Москва» показан на *рис.5*.



Схемное построение и реализация высоких технических характеристик отдельных приборов, входящих в комплекс ЦМО, позволяет ей легко интегрироваться в работу международных цифровых систем сбора и обработки данных, например, в систему ИНТЕРМАГНЕТ. Образцы полученных цифровых записей составляющих ВМИ на обсерваториях «Арти» и «Москва» представлены на *рис.6*.

**Пример регистрации данных ПМ МР-03МО «ИМПЕДАНС»
в МО «АРТИ» и МО «МОСКВА».**



**Примеры регистрации вариаций
ЦМВС "КВАРЦ-4"
в МО "МОСКВА"**



Рис.6.

Литература.

1. Бурцев Ю.А., Кириаков В.Х., Любимов В.В. Цифровая магнитовариационная станция «КВАРЦ-4» // *Датчики и Системы* / Новые приборы. М.: «ООО СенСиДат», 2005. No.2. С.45-48.
2. Белов Б. А., Бурцев Ю. А., Кириаков В. Х., Любимов В. В. Цифровые кварцевые магнитные вариационные станции // *Датчики и Системы* / Новые приборы. М.: «ООО СенСиДат», 2006. No.5 С.35-38.
3. Бурцев Ю.А., Кириаков В.Х., Любимов В.В. Цифровая магнитовариационная станция «КВАРЦ-4» для магнитных обсерваторий // Материалы Международного семинара «170 лет обсерваторских наблюдений на Урале: история и современное состояние». Екатеринбург, 17-23 июля 2006 г. Екатеринбург: Институт геофизики УрО РАН, 2006. С.38 – 41.
4. Зверев А.С., Кириаков В.Х., Любимов В.В. Протонные магнитометры // *Экономика и производство. /Технологии, оборудование, материалы* / Журнал организаторов производства. М., 2005. No.2. С.71-73.