

УДК 622.831.3: 550.370

Г.И. Кулаков, Н.А. Бритков

СКВАЖИННЫЙ ЗОНД ЗЭМИ-1

Приведено описание конструкции и результаты промышленных испытаний скважинного электромагнитного зонда ЗЭМИ-1, предназначенного для исследования электромагнитного излучения (ЭМИ) горных пород в подземных горных выработках при размещении его в измерительной скважине.

Ключевые слова: электромагнитное излучение горных пород, измерительная скважина, антенны – электрическая, ферритовая, источник питания, напряженность электромагнитного поля, блочная схема.

При отработке удароопасных рудных месторождений в последние годы для контроля и прогнозирования динамических проявлений горного давления в массиве успешно используется метод регистрации электромагнитного излучения деформируемых горных пород [1, 2, 3].

Известно, в качестве профилактических мероприятий по снижению повышенных напряжений в локальных участках обрабатываемых массивов используются разгрузочные скважины. Количество таких скважин на рассматриваемых горных предприятиях достигает многих десятков и сотен. Кроме того, в горных выработках всегда имеется сеть геолого-разведочных скважин. Использование их в целях контроля и прогноза геодинамического состояния породных массивов позволяет снизить затраты на профилактику динамических проявлений [4].

В ИГД СО РАН для выполнения исследований по этой проблеме был разработан скважинный зонд ЗЭМИ-1. Зонд включает диэлектрическую штангу, на удаленном конце которой закреплен первичный преобразователь напряженности элек-

тромагнитного поля в напряжение на выходе емкостной или ферритовой антенны. На противоположном конце диэлектрической штанги (рис. 1) размещён регистратор ЭМИ типа РЭМИ-2 [2].

Блочная схема зонда (рис. 2) включает антенный блок и регистратор РЭМИ-2. Антенный блок содержит ёмкостный или индуктивный преобразователь дифференциального типа, подключённый ко входам повторителя напряжения (ПН), питающегося от источника двухполярного напряжения. Выход усилителя коаксиальным кабелем связан с регистратором, который имеет три канала: цифровой индикации (А), аварийной звуковой (Б) и световой (В) сигнализации. Срабатывание сигнализации указывает на возрастание напряжённого состояния горного массива и интенсификацию процессов трещинообразования в приконтурной зоне горной выработки, в которой ведутся измерения. На удароопасных месторождениях появление звуковых и световых сигналов свидетельствует о появлении опасности горного удара, что связано, с одной стороны, с ростом трещинообразования, а, с другой, с формиро-

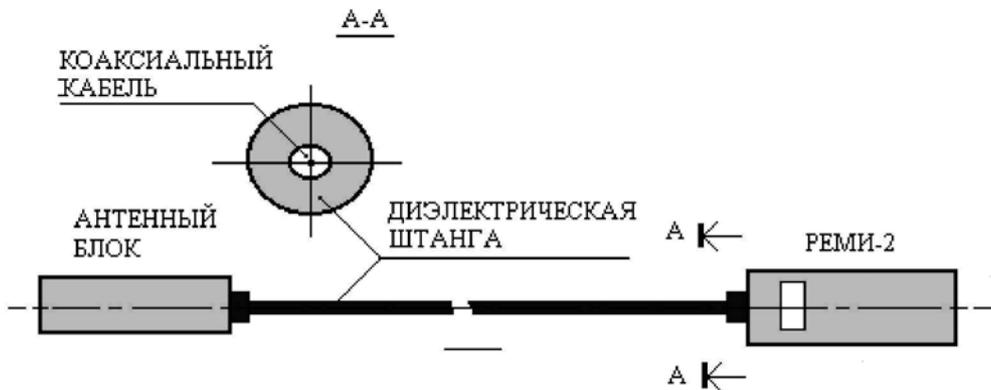


Рис. 1. Зонд скважинный электромагнитный ЗЭМИ-1

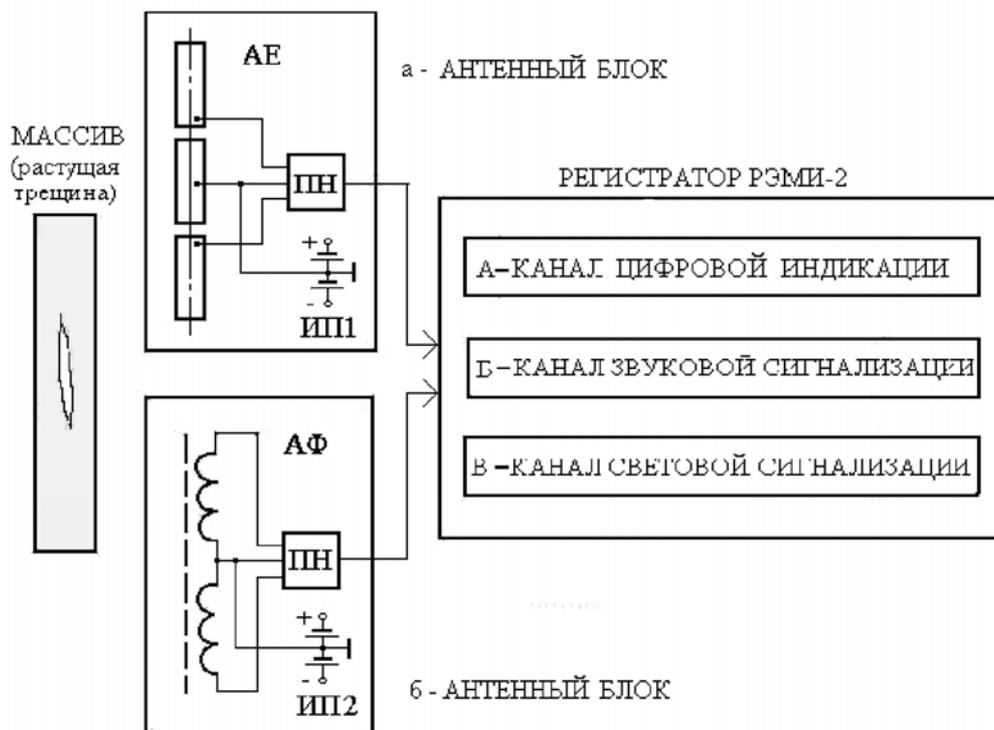


Рис. 2. Блочная схема модификаций скважинного зонда в вариантах ЗЭМИ-1Е и ЗЭМИ-1Ф

ванием в массиве магистральной трещины и появлением выталкивающей составляющей горного давления.

В зависимости от свойств горных пород предусмотрены две модификации скважинных зондов, электрические схемы которых отличаются ти-

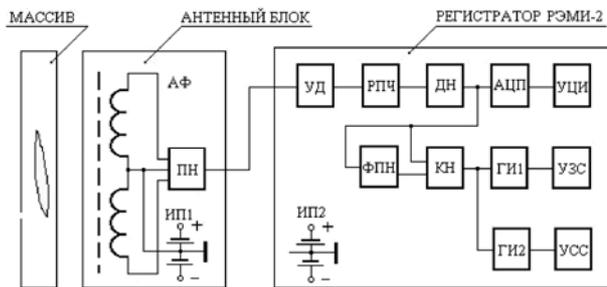


Рис. 3. Электрическая схема зонда ЗЭМИ-1Ф

пом первичного преобразователя-антенны. Скважинный зонд ЗЭМИ-1 для исследования ЭМИ осадочных пород (рис. 2, а) оснащён ёмкостной цилиндрической антенной АЕ, зонд для исследования ферромагнитных пород оснащён ферритовой антенной АФ (рис. 2, б).

Вариант одного из возможных схем каналов блоков регистрации применительно к ферромагнитному зонду ЗЭМИ-1Ф приведён на рис. 3. Источником излучения сигналов ЭМИ является растущая трещина [3] (рис. 2), образованная в массиве горных пород под действием сил горного давления в околоскважинном пространстве. Электромагнитный преобразователь АФ размещён в отдельном диэлектрическом корпусе.

Здесь: АФ – антенна ферритовая; ИП1 и ИП2 – источники двухполярного напряжения; ПН – повторитель напряжения; УД – усилитель дифференциальный; РПЧ – расширитель полосы частот; ДН – детектор напряжения; АЦП – аналого-цифровой преобразователь; УЦИ – устройство цифровой индикации; ФПН – формирователь порогового напряжения; КН – компаратор напряжения; ГИ1 и ГИ2 – генераторы импульсов напряжения; УЗС и УСС – устройства звуковой и световой сигнализации.

Он содержит ферритовый стержень с согласно намотанными на нём антенными катушками, средняя точка которых заземлена, а выводы подключены ко входам повторителя напряжения ПН, назначение которого уменьшить влияние наводок на входную цепь регистратора.

Питание элементов регистратора РЭМИ-2 осуществляется от основного источника двухполярного питания ИП2, нулевая шина которого связана с нулевой шиной источника питания ИП1.

Регистратор РЭМИ-2 кроме цифровой индикации интенсивности ЭМИ выдаёт аварийную световую и звуковую сигнализацию об опасном возрастании горного давления и возможном вывалообразовании в зоне измерения. Первый канал А (рис. 2) для цифровой регистрации интенсивности ЭМИ включает последовательно соединённые дифференциальный усилитель УД, расширитель полосы частот РПЧ, детектор напряжения ДН, аналого-цифровой преобразователь АЦП и устройство цифровой индикации УЦИ.

Второй Б и третий В каналы аварийной сигнализации содержат общие формирователь порогового напряжения ФПН и компаратор напряжения КН, генераторы прямоугольных импульсов ГИ1 и ГИ2, устройства звуковой УЗС и световой УСС сигнализации. При этом первый вход компаратора напряжения КН подключён к выходу формирователя порогового напряжения ФПН, а второй вход – к выходу детектора напряжения ДН. Выход компаратора КН подсоединён к генераторам прямоугольных импульсов ГИ1 и ГИ2.

Технические характеристики зонда ЗЭМИ-1

№ п/п	Наименование параметра	Единица измерения	Величина	Примечание
1.	Показание индикатора	отн. ед.	2000	66,7 В/м
2.	Диапазон частот сигналов ЗМИ	кГц	0,1х100	
3.	Чувствительность	В/м	1,5	
4.	Динамический диапазон	дБ	40	не менее
5.	Неравномерность АЧХ	дБ	± 3	
6.	Напряжение питания	В	9	
7.	Потребляемый ток	мА	7	не более
8.	Время непрерывной работы	час	60	
9.	Масса вместе со штангой	кг	2,5	длина 1,7 м
			3,5	длина 3,0 м
10.	Габаритные размеры	мм	1700х75х60	ЗЭМИ-1Ф
			3000х75х60	ЗЭМИ-1Е

В табл. 1 приведены технические характеристики зонда ЗЭМИ-1, электрическая схема регистратора которого имеет отличие от РЭМИ-2. В частности, изменены некоторые номиналы конденсаторов в межкаскадных связях операционного усилителя К1401УД2А, а также способ подключения цилиндрической антенны к регистратору.

Методика исследований ЭМИ с помощью скважинного зонда ЗЭМИ-1 приведена на рис. 4. Она включает бурение измерительной скважины, размещение в ней зонда и снятие отсчетов по цифровому табло регистратора [5]. В этом случае отсчеты представлены в относительных единицах (отн. ед.).

Для перевода зафиксированной интенсивности электромагнитного излучения в физическую величину напряженности электромагнитного поля (Вольт/метр) зонды следует тарировать в однородном стандартном поле. В простейшем случае используются кольца Гельмгольца.

Первые скважинные исследования с применением зонда были выполнены на рудниках «Октябрьский» и «Таймырский» ОАО «ГМК «Норильский никель», а так же в борту карьера «Ложок» Новосибирской обл., который ведёт добычу извест-

няка для Искитимского цементного завода. Были использованы горизонтальные скважины соответственно глубиной 12 и 6 м, диаметром 112 и 220 мм и зонд с длиной диэлектрической штанги соответственно 1,7 и 3 м.

При исследованиях напряжённого состояния в слоевом штреке СШ 45-12 рудника «Таймырский» установлена разница в показаниях зонда по левому и правому борту, что говорит о неравномерном распределении горного давления в массиве. Отсчёты прибора в 30 отн. ед. соответствует напряжённость поля ЭМИ в 1 В/м. Электромагнитный фон ЭМИ в скважинах подземных горных выработках Норильска на глубине 900х1500 м находится в пределах 30х75 отн. ед. или 1х2,5 В/м. Измерения не были приурочены к моменту проведения взрывных работ, но в местах динамических проявлений горного давления показания интенсивности ЭМИ достигали 140 отн. ед. или 4,13 В/м.

При исследованиях ЭМИ в бортовой скважине и на дне карьера «Ложок» установлено, что показаний скважинного зонда ЗЭМИ-1 сильно изменяются после проведения взрывных работ. Так, в зимний период с 01.12.06 по 17.03.07 г. динамика



Рис.4. Схема измерений с помощью скважинного зонда ЗЭМИ-1

изменения показаний цифрового табло зонда в скважине была следующей: 200/174, 178/214, 215/29 и 117/30 отн. ед., где числа в числите-

ле – суть показания до взрыва, в знаменателе – после взрыва. Только 16.12.06 г. отмечено некоторое повышение фонового значения ЭМИ в скважине после взрыва (178/214 отн. ед. или 5,6/7 В/м).

Заслуживает внимание исследование фонового ЭМИ в более высоком диапазоне частот.

Способ и устройство защищены Патентом РФ.

Работа выполнена при финансовой поддержке интеграционных проектов СО РАН № 93 и № 6.18.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Опарин В.Н.* Приборы и оборудование для сейсмодеформационного мониторинга техногенных землетрясений и горных ударов /В.Н. Опарин, А.П. Тапсиев, Юшкин В.Ф. (ИГД СО РАН, Новосибирск), Чугуй Ю.В., Поташников А.К., Плотников С.В. (КТИНП СО РАН, Новосибирск), Аршавский В.В., Бадтиев Б.П., Бабкин Е.А. (ЗФ ОАО «Норильский никель», Норильск // Труды конференции с участием иностранных учёных «Фундаментальные проблемы формирования техногенной геосреды (10–13 октября 2006 г.). В II т. Т.1 Геотехнологии. – Новосибирск: Ин-т горного дела СО РАН, 2006. – С. 158–164.
2. *Курленя М.В.* Фоновое электромагнитное излучение горных пород, регистрируемое в подземных выработках /М.В. Курленя, Г.И. Кулаков, А.Г. Вострецов, В.А. Ваганова, С.В. Моисеев, Г.Е. Яковичка //ФТПРПИ. – 2002. – № 2. – С. 10–12.
3. *Егоров П.В.* Динамика трещин и электромагнитное излучение горных пород / П.В Егоров, В.А. Иванов, Л.А. Пимонов, А.Г. Колпакова // ФТПРПИ. – 1988. – №5. – С. 20–27.
4. *Ерёменко В.А.* Обработка технологических блоков с учётом геодинамических процессов в массиве горных пород / В.А. Ерёменко, В.Н Колтышев, И.Ф. Матвеев, В.А. Штирц // Труды конф. с участ. иностр. учён. «Фундаментальные проблемы формирования техногенной геосреды» 10–13 октября 2006 г. В II т., Т. I. «Геотехнологии». – Новосибирск: Ин-т горного дела СО РАН. – 2007. – С. 95–98.
5. *Климко В.К.* Комплекс геофизических средств оценки НДС массива Таштагольского месторождения /В.К. Климко, В.А. Ваганова // Сб. науч. трудов «Техника натурального геомеханического эксперимента». – Новосибирск: Ин-т горного дела СО АН СССР. – 1985. – С. 135–139. **ИЛАС**

Коротко об авторах

Кулаков Г.И. – доктор технических наук, главный научный сотрудник, Институт горного дела СО РАН, admin@misd.nsc.ru
Бритков Н.А. – научный сотрудник, Институт горного дела СО РАН, zinval@rambler.ru