

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ АКУСТО-ЭМИССИОННЫЙ МЕТОД МОНИТОРИНГА ДИНАМИКИ ГЕОСРЕД

**Терешкин А.А.¹, Рассказов И.Ю.², Аникин П.А.¹, Цой Д.И.¹,
Рассказов М.И.¹**

*¹Институт горного дела – обособленное подразделение ХФИЦ ДВО РАН
(ИГД ДВО РАН)*

*²Хабаровский Федеральный исследовательский центр Дальневосточного отделения
Российской академии наук (ХФИЦ ДВО РАН) г. Хабаровск
andrey.tereshkin@bk.ru*

Акусто-эмиссионный (АЭ) метод мониторинга является перспективным геофизическим методом контроля горных выработок, которому в последние годы уделяется большое внимание.

Методика расчета удароопасности основывается на анализе основных параметров проявления акустической эмиссии, которая сопровождает процесс нагружения и разрушения горных пород [1].

Данный метод обладает рядом преимуществ, среди которых:

- оперативность оценки геодинамической обстановки;
- возможность разработки и дополнения комплексного критерия нестабильного геодинамического состояния на основе анализа значений основных количественных и качественных характеристик импульсов АЭ;
- локализация очагов повышенного горного давления [1];
- возможность достоверной оценки в условиях наличия технологических помех
- возможность детального анализа основных параметров импульсов естественной акустической эмиссии, а так же технологического шума различной природы.

Локальный инструментальный АЭ метод является частью комплексного геодинамического мониторинга и может выступать как дополнением к имеющимся стационарным системам контроля, так и самостоятельным методом.

Разработанный в 2013 году в институте горного дела прибор локального контроля первого поколения «Prognoz-L» [3–7] получил широкое распространение и зарекомендовал себя как надежное и оперативное средство мониторинга краевых частей массива на предприятиях обрабатывающих месторождения подземным способом, в том числе на рудниках Дальнего Востока, Забайкалья, Кольского полуострова, а так же стран СНГ.

Накопленный в Хабаровском институте горного дела более 10 лет опыт разработки и эксплуатации технических и методических инструментальных средств локального контроля позволил реализовать макет новой версии прибора «Prognoz-L2», рисунок 1. За время эксплуатации предыдущей версии прибора возникли новые решения, направленные на расширение технических возможностей для повышения его потенциала.



Рис. 1. Внешний вид и функции управления прибором «Prognoz-L2»

Для надежной оценки состояния выработок, а так же практичности эксплуатации оператором различной степени квалификации, в новой версии прибора реализовано: измерение текущего уровня шумов; динамические пороги обнаружения сигнала при измерении АЭ; визуализация результатов и процесса измерения; просмотр сигналограмм и параметров сигналов в режиме реального времени; статистические параметры принятых сигналов АЭ; настройки фильтров в ручном и автоматическом режиме; оперативное изменение и дополнение критериев оценки удароопасности; учетные записи пользователей; возможность воспроизводить записи и просматривать результаты из истории измерений; передача звука по Bluetooth; выгрузка данных на сторонние устройства через Wi-Fi и т.д. Всего разработано более 80 новых рабочих видовых экранов и всплывающих оконных сообщений.

Модернизированная версия прибора «Prognoz-L2» основана на современной и перспективной компонентной базе. Структурно прибор состоит из платы управления собственной разработки, блока беспроводной (Qi) зарядки и организации питания с встроенным активным барьером искробезопасной цепи, платы микрокомпьютера Raspberry Pi Zero W, IPS экрана и Li-ро аккумуляторной батареи.

Прибор используется совместно с пьезокерамическими вибропреобразователями серии AP2099-1000 которые разработаны специально для приборов серии «Prognoz-L2» и отличаются высокой чувствительностью, низким уровнем собственных шумов, надежностью, равномерностью АЧХ в диапазоне 1-16 кГц. Конструкция датчика, а так же соединительного кабеля исполнена шумо- виброизоляционной оболочкой для подавления внешних шумов негативно влияющих на процесс измерения.

Конструктив первичного преобразователя и корпуса прибора соответствует рудничному взрывозащищенному исполнению.

Корпус прибора разработан и изготовлен из VG280 (полиуретан) с повышенной стойкостью к механическим и температурным воздействиям. Для механической защиты конструктив корпуса содержит элементы в составе эластичного материала VytaFlex60. Корпус имеет степень защиты IP 65.

На программном уровне разработаны алгоритмы надежного выделения импульсов естественной акустической эмиссии в условиях техногенного шума, которые реализованы фильтрами четырех типов конфигурации:

- Фильтр верхних частот (ФВЧ), позволяет отсеивать импульсы, сгенерированные в результате работы тяжелой техники, транспортного, бурового, а так же погружного оборудования.

- Фильтр низких частот (ФНЧ), позволяет отсеивать импульсы как техногенного, так и природного характера генерирующих высокочастотные импульсы.

- Полосовой фильтр (ПФ) позволяет параллельно применять ФНЧ и ФВЧ с заданными значениями.

- Полосно-заграждающий (режекторный), позволяет производить фильтрацию шумовых импульсов с определенным значением параметра частоты, действующих в диапазоне регистрации естественной акустической эмиссии. К ним относятся импульсы механического происхождения при работе циклического оборудования.

Специфика использования прибора предполагает нахождение оператора в удароопасном месте продолжительное время (в участке проявления горного давления). Для безопасности в приборе реализовано дистанционное прослушивание аудиопотока оператором по беспроводному интерфейсу Bluetooth, а так же управление и обмен данными прибора с



Рис. 2. Прибор «Prognoz L2» в режиме проведения измерений

внешними устройствами (гарнитура, ноутбук, планшет, ПК) по интерфейсу Wi-Fi. Это позволяет получать результат и управлять прибором в процессе измерения на расстоянии до 20 м. Информация о результатах измерений, а также история работы прибора сохраняется на встроенной карте памяти формата micro-SD объемом до 128 ГБайт. Память прибора без выгрузки может вместить до 3000 измерений длительностью по 5 мин.

Основным преимуществом прибора «Prognoz-L2» является оперативная и достоверная оценка динамики геосред в условиях влияния внешних факторов на исследуемый локальный участок, рисунок 2.

«Prognoz L2» прошел промышленные испытания в условиях подземного рудника, на него получен патент нового средства измерения, а также сертификат соответствия рудничному исполнению (РН1 – рудничное нормальное).

Модернизация прибора локального контроля позволяет реализовать более совершенные алгоритмы измерения параметров акустических событий, повысить достоверность их интерпретации и анализа, учитывать сложные технологические условия мониторинга, а так же оперативно реализовывать дополнительные критерии оценки удароопасности.

Литература

1. Рассказов И.Ю., Аникин П.А., Цициашвили Г.Ш. Прогноз динамических проявлений горного давления на месторождении «Антей» по данным геоакустического мониторинга // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. № 10. С. 162-169.

2. Гладырь А.В., Корчак П.А., Стрешнев А.А. и др. Установка автоматизированной системы контроля горного давления «Prognoz ADS» на опытно-участке объединенного Кировского рудника АО «АПАТИТ» // Маркшейдерия и недропользование. 2019. № 4(102). С. 52-56.
3. Рассказов И.Ю., Мигунов Д.С., Аникин П.А. и др. Геоакустический портативный прибор нового поколения для оценки удароопасности массива горных пород // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2015. № 3. С. 169-179.
4. Сидляр А.В., Потапчук М.И., Терешкин А.А. Геомеханическое обоснование мер безопасности при разработке Николаевского полиметаллического месторождения, опасного по горным ударам // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2017. № 7. С. 184-194.
5. Tereshkin An., Rasskazov I., Anikin Pa. [et al.] Improvement of technology and procedures of local rockburst hazard control // IOP Conference series: Earth and environmental Science: Geodynamics and Stress State of the Earth's Interior, Novosibirsk, 30 сентября – 04 2019 года. Vol. 773. Novosibirsk: IOP Publishing Ltd, 2021. P. 012062. DOI 10.1088/1755-1315/773/1/012062.
6. Tereshkin A.A., Anikin P.A., Migunov D.S. Express assessment of rockburst hazard in “Nikolaevsk” and “International” mines by geoacoustic method // Problems of Complex Development of Georesources : electronic resource, Khabarovsk, 25–27 сентября 2018. Khabarovsk: EDP Sciences, 2018. P. 02021. DOI 10.1051/e3sconf/20185602021.
7. Терешкин А.А., Рассказов И.Ю., Аникин П.А., Мигунов Д.С. Результаты применения геоакустического метода локального контроля удароопасности на рудниках Дальнего Востока // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2017. № S24. С. 338-347. DOI 10.25018/0236-1493-2017-11-24-338-347.