

**НАДЕЖНОСТЬ КАК ПЛАТФОРМА ДЛЯ РАЗВИТИЯ.  
ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРЫ ПОВЫШЕНИЯ  
НАДЕЖНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
СЕЙСМИЧЕСКИХ РЕГИСТРАТОРОВ «ЕРМАК-5»  
НА РАЗЛИЧНЫХ ОБЪЕКТАХ МОНИТОРИНГА**

П.Г. БУТЫРИН

*Горный институт УрО РАН, г. Пермь*

**Аннотация.** В статье приведены основные методы контроля и повышения надежности работы сейсмических регистраторов на примере «Ермак-5». Разработанные мероприятия основаны на двухлетнем опыте и могут быть использованы для приборов аналогичной функциональности и назначения. Кроме того, опыт эксплуатации стал основой для функциональной и эргономической модернизации.

**Ключевые слова:** сейсмический регистратор, надежность автономных приборов, автономная сейсмическая станция, сторожевой таймер, умножитель частоты, жизненный цикл приборов.

Напряженно-деформированное состояние породного массива оценивается комплексом геофизических методов, среди которых сейсмологический мониторинг выполняется в режиме, близком к реальному времени. Это становится возможным благодаря повсеместному использованию современных цифровых систем сбора и обработки данных [1], где основными элементами являются цифровые сейсмические регистраторы «Ермак-5», разработанные в «ГИ УрО РАН».

На данный момент регистраторы «Ермак-5» применяются на следующих объектах мониторинга:

- 1) территория г. Березники (БКПРУ-1) – 14 регистраторов [2];
- 2) территория г. Соликамск (СКРУ-2) – 4 регистратора [2];
- 3) сейсмологический мониторинг зоны Краснослободского разлома РУ-2 ОАО «Беларуськалий» (Республика Беларусь) [3] – 4 регистратора;
- 4) при проведении полевых исследований применяются 5 регистраторов.

Таким образом, всего в постоянной работе находится 27 регистраторов.

Эксплуатация такого количества приборов, зачастую на труднодоступных объектах, предъявляет все более строгие требования к надежности. Формально меры повышения надежности можно разделить на организационные и технические.

**Организационные меры повышения надежности**

1. Создание ремонтной базы для быстрой замены неисправных приборов и их компонентов.
2. Обеспечение регулярного сбора и анализа диагностической информации о всех используемых приборах.
3. Ведение журналов жизненного цикла приборов для всех установленных и выпускаемых приборов. Каждый регистратор имеет уникальный заводской номер, зависящий от идентификатора процессора. Этот номер является ключевым при записи сведений о регистраторе и событий в базу данных при эксплуатации.
4. Обеспечение своевременного обновления аппаратно-программных средств для устранения выявленных сбойных фрагментов микропрограммы. После выпуска очередной версии микропрограммы производится тестирование на стендовых образцах, где в первую очередь проверяются исправленные ветви алгоритма. Далее следует тестирование на легкодоступных объектах мониторинга с низким уровнем

критичности. После успешного тестирования всех необходимых режимов работы производится обновление микропрограмм на всех используемых регистраторах. Для оперативного обновления микропрограммы предусмотрены два основных механизма:

1) обновление с карты памяти, куда записываются двоичные файлы-имиджи микропрограммы;

2) обновление средствами удаленного доступа; при этом для проверки целостности переданных файлов используется механизм проверки контрольной суммы, что гарантирует запись в память процессора требуемого файла микропрограммы.

В июле 2019 г. была введена в строй система автоматизированного сбора диагностической информации о состоянии регистраторов. Системные параметры раз в 10 минут поступают в систему сбора и сохраняются в файловой базе данных. Возможен анализ первичной информации из файлов-журналов, а также подготовлен инструмент для визуального анализа диагностических данных. Например, анализ записей значений температуры и коррекции таймера высокого разрешения позволяет определить зависимость частоты тактового генератора от температуры. Введение поправочных механизмов в дальнейшем может увеличить точность хода часов в случае длительной автономной работы регистратора.

### **Технические меры повышения надежности**

В результате почти двухгодичной эксплуатации большого числа регистраторов [4] были определены узлы с наибольшим числом сбоев:

- 1) съемный носитель информации;
- 2) драйвер файловой системы, приводящий к зависанию центрального процессора;
- 3) умножитель частоты тактового генератора.

В качестве съемного носителя информации в регистраторе применяется карта памяти типа micro-SD в индустриальном исполнении с требуемым рабочим температурным диапазоном, устойчивая к механическим воздействиям и электромагнитному излучению. Кроме того, предусмотрены технические средства для диагностики сбоев карты памяти и файловой системы, а также средства для восстановления после сбоев:

1) в случае сбоя или отказа файловой системы информация сохраняется в системном журнале, а прибор автоматически перезапускается;

2) если при запуске не удастся подключить карту памяти, регистратор переходит в режим работы без карты памяти, при этом доступно управление файловой системой для сохранения доступных данных, в критических случаях возможно форматирование карты памяти; после форматирования автоматически создаются рабочие директории и конфигурационный файл.

Аппаратные сбои – беда многих сложных процессорных систем. Разработчиками центрального процессора «Ермак-5» предусмотрены несколько подсистем для выхода из состояния «зависания».

1. Специальные системные вызовы, возникающие в случае отсутствия отклика от критически важных узлов процессора.

2. Сторожевой таймер «WatchDog» – подсистема, вызывающая аппаратный перезапуск процессора через определенный период времени (в нашем случае 16 сек, рис. 1). Эта подсистема использует отдельный внутренний генератор и не зависит от успешного запуска основного тактового генератора процессора. Чтобы избежать регулярных аварийных сбросов, приложение должно сбрасывать счетчик сторожевого таймера чаще, чем 1 раз в 16 секунд. Такая процедура встроена в работу секундного генератора. Таким образом, счетчик сбрасывается каждую секунду. Такая схема защищает нас только от очень редких аппаратных зависаний, но не позволяет избежать аварийных остановов при операциях с



**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Butyrin P.G., Verkholtantsev F.G., Verkholtantsev A.V., Shulakov D.Y. Digital Seismic Logger "Ermak-5". Experience of Development and Implementation // Seismic Instruments. – 2019. – Vol. 55, № 2. – P. 117–128. DOI: 10.3103/S0747923919020051.
2. Шулаков Д. Ю., Бутырин П. Г., Верхоланцев А. В. Сейсмологический мониторинг Верхнекамского месторождения: задачи, проблемы, решения // Горн. журн. – 2018. – № 6. – С. 25-29. DOI: 10.17580/gzh.2018.06.05
3. Дягилев Р.А., Богдан С.И., Барбиков Д.В. Влияние подземной разработки калийного месторождения на активность секущих тектонических нарушений // Развитие систем сейсмологического и геофизического мониторинга природных и техногенных процессов на территории Северной Евразии: материалы Междунар. конф., посвященной 50-летию открытия Центральной геофизической обсерватории в г. Обнинске / отв. ред. А.А. Маловичко; ФИЦ ЕГС РАН. – Обнинск, 2017. – С. 30.
4. Butyrin P., Shulakov D., Verkholtantsev P., Verkholtantsev A., Kichigin M. Seismic recorder "Ermak-5" as the part of the system of seismological monitoring of Verkhnekamskoe potash deposit // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM: 18<sup>th</sup> International Multidisciplinary Scientific Geoconference, SGEM 2018, Bulgaria, 2-8 July. – Albena, 2018. – V. 18, № 1.1. – P. 963-970. DOI: 10.5593/sgem2018/1.1/S05.120

**РУДНИЧНАЯ АЭРОГАЗОДИНАМИКА  
И ГОРНАЯ ТЕПЛОФИЗИКА**

УДК 622.416

DOI: 10.7242/echo.2019.1.16

**РАБОТА ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ  
В РУДНИКАХ**

Н.И. АЛЫМЕНКО

*Горный институт УрО РАН, г. Пермь*

**Аннотация:** В статье рассмотрена работа машин с двигателями внутреннего сгорания (ДВС) на разных рудниках и в разные годы. Для снижения концентрации вредных компонентов в отработавших газах предложен и испытан нейтрализатор эжекторного типа. В результате испытаний эжекторного нейтрализатора на технологическом автотранспорте получено снижение концентрации вредных веществ в отработавших газах. Установлено, что температура отработавших газов недостаточна для эффективной работы каталитического нейтрализатора. При движении отработавших газов по горной выработке концентрация вредных компонентов в них снижается. Было предложено рассчитывать количество воздуха по фактору «выхлопные газы ДВС», исходя из фактической их концентрации.

**Ключевые слова:** горная выработка, двигатель внутреннего сгорания (ДВС), отработавшие газы, выхлопы ДВС, эжекторный нейтрализатор, каталитический нейтрализатор.

**Введение**

Множество разнообразных способов решения задач по снижению токсичности отработавших газов можно разделить на ряд групп, объединенных общими признаками.

**К первой** группе отнесем наиболее перспективные, связанные с качеством используемого топлива.

**Ко второй** отнесем меры, предпринимаемые перед выбросом уже из выпускной системы автомобиля, т.е. перед выбросом в атмосферу.

**В третью** группу мер следует выделить конструктивные усовершенствования, которыми могут снабжаться автомобили на стадии производства.