

УТВЕРЖДАЮ

Директор ФГБУН «Пермский федеральный  
исследовательский центр Уральского отделения  
Российской академии наук»  
Член-корреспондент РАН, д.т.н., профессор



 А.А. Барях

12.03. 2018 г.

### ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук» на диссертационную работу Кормнова Алексея Алексеевича «Обоснование и разработка ультразвукового корреляционного метода диагностики структуры и напряжённого состояния массива в окрестностях горных выработок», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.16 – «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр»

**Актуальность темы диссертационного исследования.** Обеспечение структурной и функциональной устойчивости горных выработок является важнейшим условием эффективного и безопасного ведения горных работ при освоении месторождений полезных ископаемых, строительстве и эксплуатации подземных сооружений различного назначения. Реализация такого обеспечения предполагает обязательное наличие надёжной информации о состоянии массива в окрестностях выработок. Для её получения привлекаются различные геологические, маркшейдерско-геодезические и занимающие сегодня приоритетное место в геоконтроле геофизические методы. Важное место среди последних принадлежит ультразвуковым методам, в основе которых лежат времяимпульсные измерения с использованием контрольных скважин, пробуренных в приконтурном массиве. Такие измерения, опыт

применения которых насчитывает уже более 50-и лет, характеризуются с одной стороны, достаточно высоким уровнем аппаратного и методического обеспечения, а с другой относительно низкой чувствительностью и информативностью при выявлении структурных неоднородностей геосреды и оценке её напряжённо-деформированного состояния. Представленное диссертационное исследование направлено на исключение указанных недостатков за счёт отказа при проведении скважинных ультразвуковых измерений от импульсных сигналов в пользу непрерывных шумовых в сочетании с их корреляционной обработкой в точках приёма. В связи с этим тема указанного исследования, которое выполнялось в рамках госзадания № 2014/113 Минобрнауки РФ на 2014-2016 гг., представляется несомненно актуальной.

**Новизна исследований, полученных результатов, выводов и рекомендаций.** Проведённое автором научное исследование отличается существенной новизной как по используемым методам и подходам, так и по полученным научным результатам, основные из которых заключаются в следующем:

1. Теоретически и экспериментально показана взаимосвязь между корреляционными характеристиками ультразвуковых шумовых сигналов, прошедших исследуемую базу геосреды с её структурной неоднородностью и напряжённо-деформированным состоянием;
2. Показано, что в качестве модели рассматриваемого метода контроля может быть использована корреляционная матрица, элементы которой представляют собой результаты измерения информативных параметров автокорреляционных и взаимных корреляционных функций ультразвукового шумового сигнала в точках приема исследуемого объёма геосреды, в одной из точек которого действует источник шумового сигнала с шаровой симметрией диаграммы направленности.

3. Установлены возможные и обоснованы наиболее эффективные схемы реализации и информативные параметры скважинного ультразвукового корреляционного метода контроля.
4. Обоснована возможность существенного снижения величины возбуждающего излучающий пьезоэлектрический преобразователь шумового электрического сигнала по сравнению с импульсным при сохранении базы прозвучивания.
5. Исследован характер изменения корреляционных информативных параметров при ультразвуковых каротажных измерениях в области воздействия эксперимента, пересекаемой трещиновидными дефектами или границей пород с различной акустической жёсткостью.
6. Получены количественные оценки чувствительности ультразвукового каротажа при выявлении трещиновидных дефектов в прискважинной области в зависимости от ориентации, местоположения и размеров этих дефектов.
7. Выявлены закономерности помехового влияния качества контактных условий пьезоэлектрических преобразователей с массивом на амплитудные, частотные и фазовые характеристики принимаемого ультразвукового шумового сигнала и корреляционные информативные параметры контроля. Обоснован критерий достижения оптимального давления прижима преобразователей, обеспечивающего минимизацию влияния контактных условий на результаты взаимного корреляционного контроля.
8. Обоснованы защищённые патентами на изобретения способы определения структурной повреждённости и пространственного распределения напряжений в приконтурном массиве на основе межскважинного ультразвукового прозвучивания и каротажа с использованием шумовых сигналов и их корреляционной обработки.
9. Обоснованы требования, технические характеристики и принципы построения аппаратуры для реализации скважинного ультразвукового корреляционного метода контроля



**Научная значимость полученных в работе результатов** заключается в том, что их совокупность позволила обосновать принципиально новый подход к реализации скважинных ультразвуковых измерений в окрестностях горных выработок, имеющий важное значение для дальнейшего развития геоакустики ультразвукового диапазона частот.

**Практическая значимость результатов работы** заключается в следующем:

1. Разработаны элементы электроакустического тракта аппаратуры для реализации ультразвукового корреляционного метода геоконтроля.
2. Разработана «Методика структурной диагностики массива в окрестностях горных выработок на основе ультразвуковых каротажных измерений с использованием шумовых сигналов», применение которой позволит повысить качество прогноза устойчивости горных выработок при разработке месторождений полезных ископаемых. Методика передана для практического использования в Институт горного дела ДВО РАН и Горный институт КНЦ РАН и Горный институт УрО РАН, которым используется на рудниках ПАО «Уралкалий».
3. Материалы диссертационной работы использованы при подготовке учебного пособия «Физико-технический контроль и мониторинг процессов горного производства» которое используется при подготовке специалистов в НИТУ «МИСиС»

Результаты работы, отражающие вопросы аппаратурного и методического обеспечения ультразвукового корреляционного метода контроля, рекомендуются к использованию специальными службами горных предприятий и исследовательскими институтами, сфера деятельности которых связана с контролем и прогнозом состояния массива в окрестностях горных выработок, в частности ИПКОН РАН, ИГД СО РАН, ИГДС СО РАН, АО «НЦ ВостНИИ» и др.

**Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций работы подтверждается:**

1. Корректным теоретическим обоснованием корреляционного метода гео-контроля, проведённым с учётом современных подходов к статистической обработке ультразвуковых шумовых сигналов для извлечения содержащейся в них информации.
2. Хорошей воспроизводимостью данных компьютерного и физического моделирования, а также натурных измерений при установлении закономерностей влияния на корреляционные характеристики ультразвуковых шумовых сигналов, распространяющихся в геосреде, её структурных неоднородностей и напряжённого состояния. Представительным объёмом указанных экспериментальных данных.
3. Применением при проведении экспериментальных исследований как разработанной, так и серийно выпускаемой промышленностью аппаратуры с высокими метрологическими характеристиками, а также апробированных и хорошо зарекомендовавших себя методов и программных средств компьютерного моделирования и обработки измерительной информации.

**Оценка содержания диссертации.** Диссертация состоит из введения, 4-х глав, заключения и списка использованной литературы. В 1-ой главе проведён исчерпывающий анализ рассматриваемой проблемы, на основе которого сформулирована цель и задачи диссертационного исследования. Во 2-й главе рассмотрены теоретические предпосылки корреляционного метода контроля, а в 3-й - представлены результаты компьютерного и физического моделирования, на основе которых выявлены основные закономерности, лежащие в основе метода. 4-я глава посвящена разработке аппаратного обеспечения и обоснованию конкретных способов реализации метода, а также его испытаниям в натурных условиях горных предприятий. Все разделы работы характеризуются достаточной полнотой изложения соответствующих вопро-

сов и логически взаимоувязаны между собой, что обеспечивает завершённость диссертации в целом.

Все основные положения, результаты и выводы диссертации полностью отражены в 10-и публикациях автора, среди которых 6 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ и 2 патента на изобретения. Автореферат соответствует основным положениям диссертации.

### **Замечания по работе:**

1. При очевидных достоинствах предлагаемого метода следует отметить, что учитывая необходимость бурения контрольных скважин, он является достаточно трудоёмким. Поэтому его применение скорее всего будет ограничено контролем состояния массива в окрестностях наиболее ответственных выработок, или выработок, потенциальная опасность которых предварительно выявлена дистанционными (бесскважинными) методами.
2. В работе неоднократно указывается, что предлагаемый метод, по сравнению с традиционным времяимпульсным является более помехозащищённым. При этом объяснение помехозащищённости, хотя бы на качественном уровне, отсутствует.
3. Очевидно, что при реализации взаимно-корреляционного ультразвукового метода контроля в качестве помехового фактора могут выступать различия в характеристиках каждого из двух приёмных акусто-электрических трактов, в том числе характеристики соответствующих пьезоэлектрических преобразователей. Этому вопросу в работе следовало бы уделить специальное внимание.

Отмеченные замечания носят рекомендательный характер и не снижают общего положительного впечатления о работе.




### **Заключение:**

Представленная работа по своей актуальности, научной и практической значимости, обоснованности и достоверности основных результатов полностью соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Она, представляет собой научно-квалификационную работу, в которой на основе проведённых автором теоретических и экспериментальных исследований закономерностей влияния структурных неоднородностей и напряжённо-деформированного состояния горных пород на корреляционные характеристики распространяющихся в них шумовых акустических сигналов решена актуальная задача обоснования и разработки ультразвукового корреляционного метода диагностики состояния массива в окрестностях горных выработок, что имеет важное значение для эффективного и безопасного освоения месторождений полезных ископаемых, строительства и эксплуатации подземных сооружений.

Зав. лабораторией физических процессов  
освоения георесурсов «ГИ УрО РАН»

д.т.н., профессор



В.А. Асанов

Отзыв заслушан и обсужден на заседании Учёного совета Горного института «ГИ УрО РАН» филиала Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук» 06.03.2018 г., протокол № 2.

Секретарь Ученого совета,  
к.г.-м.н.



Ю.И. Степанов