

Министерство науки, высшей школы и технической политики РФ

Санкт-Петербургский ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
ордена Трудового Красного Знамени Государственный горный
институт имени Г.В.Плеханова
(Технический университет)

На правах рукописи

АРХИПОВ Алексей Германович

РАЗРАБОТКА МЕТОДА УСКОРЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ АЛМАЗНОГО
ПОРОДРАЗРУШАЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА НА ОСНОВЕ СПЕКТРАЛЬНОГО
АНАЛИЗА АКУСТИЧЕСКОГО ПОЛЯ

специальность 05.15.14 - "Технология и техника
геологоразведочных работ"

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени кандидата
технических наук

Санкт-Петербург
1993

Работа выполнена во Всесоюзном научно-исследовательском институте методики и техники разведки (ВИТР).

Научный руководитель – доктор технических наук
В.И.Онищин

Официальные оппоненты – доктор технических наук,
профессор Л.К.Горшков

– кандидат технических наук
Ю.Е.Будюков

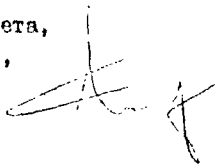
Ведущая организация – Государственное геологическое
предприятие "Севзапгеология"

Защита состоится " 14 " мая 1993 г. в 15 час.
15 мин. на заседании специализированного совета Д.063.15.12
в Санкт-Петербургском Государственном горном институте имени
Г.В.Плеханова по адресу: 199026, Санкт-Петербург, В.О., 21-я линия
д.2, ауд.№ 2214.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан " 2 " апреля 1993 г.

Ученый секретарь
специализированного Совета,
доктор технических наук,
профессор



И. П. Тимофеев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность тем. Разработка и серийный выпуск новых типов алмазного породоразрушающего инструмента является важной задачей повышения эффективности бурения. Неотъемлемой частью процессов разработки и серийного выпуска инструмента являются испытания, в ходе которых проверяется эффективность заложенных конструктивных решений и оценивается качество изготовления. До настоящего времени основным методом испытаний является совместная отработка опытных и базовых образцов инструмента в производственных условиях. Производственные испытания сопряжены с большой трудоемкостью, расходуется во времени и становятся нецелесообразными в рыночных условиях. При этом информативность производственных испытаний нередко недостаточна для принятия объективных и быстрых решений по совершенствованию конструкции инструмента и технологии его изготовления. В этих условиях большое значение приобретает разработка метода ускоренных испытаний алмазного породоразрушающего инструмента, который мог бы быть применен при разработке и серийном выпуске инструмента.

При испытаниях на стадии разработки нового типа породоразрушающего инструмента важно оперативно оценить его работоспособность. Для этого необходимо получить информацию об оптимальных режимах бурения и прогнозировать ресурс инструмента. Определение оптимальных режимов бурения основывается на принятом критерии оптимальности. С точки зрения физики процесса разрушения горной породы, наиболее объективным критерием оптимальности является величина удельной объемной энергии разрушения W_d , характеризующая затраты энергии на единицу объема разрушенной породы. Прогноз ресурса инструмента на различных режимах можно осуществить, контролируя интенсивность износа коронки \dot{U} в процессе бурения. Для контроля величин W_d и \dot{U} необходимо установить их связь с какими-либо величинами, которые можно измерять в процессе бурения.

Контроль качества при серийном выпуске породоразрушающего инструмента может быть решен путем создания опорного "образа" эталонного образца типа породоразрушающего инструмента. Тогда испытания по проверке качества серийно-выпускаемого инструмента сведутся к сравнению "образов" эталонного и изготовленного инструментов.

Величины удельной объемной энергии разрушения и интенсивности износа инструмента являются производными от процесса разрушения породы, да и сам процесс разрушения при бурении конкретным

породоразрушающим инструментом имеет характерные особенности. Отсюда можно предположить, что информация о величинах W_D и J и "образе" типа инструмента содержится в параметрах физических явлений, сопровождающих процесс разрушения. Одно из таких явлений - акустическое поле. Анализ результатов акустических исследований показал, что изучение акустического поля является перспективным направлением для разработки методов и технических средств ускоренных испытаний алмазного породоразрушающего инструмента. Акустическое поле может стать источником информации о величинах W_D и J и служить "образом" типа породоразрушающего инструмента.

Работа выполнялась во Всесоюзном научно-исследовательском институте методики и техники разведки в соответствии с постановлением коллегии Мингео СССР №281 от 05.06.66, этап II2 договора 203, и в рамках программы Госкомитета по геологии Российской Федерации "Синтетические алмазы России", этап 4 договора 734.

Цель работы. Разработка метода ускоренных испытаний алмазного породоразрушающего инструмента на основе спектрального анализа акустического поля.

Задачи исследования:

- определение наиболее информативных параметров акустического поля для контроля процессов разрушения горной породы и износа породоразрушающего инструмента;

- установление зависимости информативных параметров акустического поля от типа, состояния и интенсивности износа породоразрушающего инструмента, физико-механических свойств разбуриваемых горных пород, режима бурения и удельной объемной энергии разрушения;

- опытно-промышленное апробирование метода с целью выяснения его возможностей при решении различных задач, возникающих при разработке и серийном выпуске породоразрушающего инструмента.

Методы исследований. Анализ известных научных работ по испытаниям алмазного породоразрушающего инструмента и акустическим исследованиям в процессе бурения. Теоретическое обоснование взаимосвязи процессов разрушения горной породы и износа породоразрушающего инструмента со спектральным составом акустических колебаний. Экспериментальные исследования акустического поля в стендовых и производственных условиях с использованием стандартной измерительной аппаратуры и специализированного датчика акустических колебаний. Спектральный и амплитудно-временной анализ акустических сигналов. Обработка экспериментальных данных на ЭМ с использо-

нием методов математической статистики.

На основе результатов экспериментальных и теоретических исследований были сформулированы основные положения метода ускоренных испытаний алмазного породоразрушающего инструмента.

Научная новизна. Теоретически и экспериментально обоснован выбор информативных параметров высокочастотного диапазона 7-20 кГц акустического поля для объективного контроля процессов разрушения горной породы и износа породоразрушающего инструмента. Экспериментально установлены зависимости информативных параметров акустического поля от типа, состояния и интенсивности износа породоразрушающего инструмента, физико-механических свойств горных пород, режима бурения и удельной объемной энергии разрушения. Разработан метод ускоренных испытаний алмазного породоразрушающего инструмента на основе спектрального анализа акустического поля. Метод защищен двумя авторскими свидетельствами.

Достоверность научных положений подтверждается большим объемом теоретических и экспериментальных исследований, использованием современных методов исследований и обработки результатов экспериментов, практическим опробованием разработанного метода.

Практическая ценность работы заключается в возможности использования результатов анализа акустического поля для ускоренных испытаний алмазного породоразрушающего инструмента.

Метод позволяет для конкретного породоразрушающего инструмента оценивать механизм разрушения горной породы, определять область оптимальных режимов бурения, прогнозировать ресурс на различных режимах (для импрегнированной коронки), контролировать состояние при бурении и рекомендовать рациональные области применения. Метод дает возможность выявлять отклонения в серийно выпускаемой продукции.

Реализация результатов работы. Результаты исследований использованы при составлении методических рекомендаций для ускоренных испытаний алмазного породоразрушающего инструмента на основе спектрального анализа акустического поля. Методические рекомендации внедрены и используются во Всесоюзном научно-исследовательском институте методики и техники разведки (ВМТР) при разработке алмазного породоразрушающего инструмента.

Апробация работы. Основные результаты исследований и отдельные положения работы докладывались и обсуждались на IV региональной научно-технической конференции молодых ученых и специалистов Северо-запада "Научные и практические проблемы геологоразведки" (1991), 2-м международном симпозиуме по бурению скважин в ослож-

ненных условиях (1992). Серии работ по использованию акустических полей для решения практических задач бурения занимали призовые места в конкурсах внеплановых работ НТО "Горное" (1989г.-II место, 1990г.-I место, 1991г.-III место).

Публикации. По теме диссертации опубликовано шесть статей и получено одно авторское свидетельство и одно положительное решение по заявкам на изобретение.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав и выводов, содержит 150 страниц машинописного текста, 22 таблицы, иллюстрирована 30 рисунками. Список литературы включает 97 наименований.

Введение содержит обоснование актуальности темы, общую характеристику работы, а также основные положения выносимые на защиту.

В первой главе освещены существующие методы испытаний алмазного породоразрушающего инструмента и результаты исследований акустических полей в процессе бурения.

Во второй главе поставлены цель и задачи исследований, описана методика исследований, технические средства и метрологическое обеспечение работ, обработка и интерпретация экспериментальных данных.

В третьей главе теоретически и экспериментально обоснован выбор информативных параметров акустического поля, показана связь спектра акустических колебаний с процессом износа алмазной коронки, проведена классификация процессов, протекающих в скважине при бурении, по частоте акустических колебаний, предложена гипотеза о генезисе высокочастотных акустических колебаний в процессе бурения.

В четвертой главе приведены результаты экспериментальных исследований зависимости акустического поля от типа, состояния и интенсивности износа алмазного породоразрушающего инструмента, физико-механических свойств горных пород, режима бурения и удельной объемной энергии разрушения.

В пятой главе сформулированы основные положения метода ускоренных испытаний алмазного породоразрушающего инструмента на основе спектрального анализа акустического поля и приведены примеры его практического использования.

В шестой главе показана экономическая эффективность использования метода ускоренных испытаний.

В заключении приведены основные выводы по работе.

Работа над диссертацией проводилась под научным руковод-

ством доктора технических наук В.П.Оничина, которому автор выражает свою глубокую признательность.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

На основании результатов исследований были сформулированы следующие защищаемые положения:

I. Акустические колебания в диапазоне частот 7-20 кГц, возникающие при взаимодействии породоразрушающего инструмента с забоем, непосредственно связаны с процессом разрушения горной породы. Информативными параметрами акустического поля для объективного контроля процессов разрушения горной породы и износа породоразрушающего инструмента являются параметры, характеризующие амплитудно-частотные свойства диапазона 7-20 кГц - энергия диапазона W_{Δ} и частота, разделяющая диапазон на две части с равными энергиями, f_{Δ} .

Разрушение горной породы и износ породоразрушающего инструмента являются следствием процесса взаимодействия пары "инструмент-горная порода". В триботехнике существует гипотеза, базирующаяся на положении, что механическое изнашивание при трении представляет собой процесс усталостного разрушения поверхностного слоя, происходящего в результате вынужденных колебаний частиц материала на выступающих части которых действуют переменные силы.

В процессе взаимодействия породоразрушающего инструмента с горной породой имеет место преобразование кинетической энергии вращающегося снаряда. Допустим, что источниками возмущающих колебаний являются частицы торцевой поверхности матрицы коронки. При их колебаниях вглубь матрицы распространяются звуковые волны, затухающие по мере удаления от торца коронки. При установившемся режиме механического изнашивания уравнение баланса энергии в любом сечении матрицы, параллельном торцу коронки, может быть представлено в виде:

$$q = I_m + \int_0^x Q(z) dz$$

где I_m - удельный поток энергии, проходящей через данное сечение материала матрицы коронки; $Q(z)$ - удельный поток энергии, поглощаемой на единице высоты матрицы; Z - высота матрицы, X - текущая координата расстояния.

Для плоской наружной поверхности, какой является торец коронки, можно принять звуковую волну плоской с конечной величиной сме-

нения. Исходя из основных уравнений динамики - уравнения движения и уравнения неразрывности и волнового уравнения получено выражение для количества энергии, проходящей в единицу времени, через единичную площадь поверхности, расположенной перпендикулярно направлению распространения звука. Если звуковое давление и колебательная скорость частиц материала матрицы находятся в фазе:

$$I_m = \frac{1}{2} \rho a A_m^2 \omega^2$$

где ρ - плотность материала матрицы; a - скорость звука; A_m - амплитуда колебаний; ω - круговая частота колебаний.

Часть потока энергии I_m , проходящего вглубь матрицы коронки, поглощается материалом матрицы и идет на изменение его структуры и соответственно прочности. Величина поглощенной энергии должна зависеть от свойств материала и ее наибольшее значение определяется следующим образом:

$$Q(z) = \frac{\partial I_m}{\partial z} = -\rho a \omega^2 A_m \frac{\partial A_m}{\partial z}$$

Величина $Q(z)$ зависит от частоты и амплитуды колебаний поверхностного слоя матрицы коронки. Отсюда следует, что в амплитудно-частотных (спектральных) характеристиках акустических колебаний, зарегистрированных на некотором расстоянии от поверхности забоя, содержится информация о потерях энергии на изменение структуры материала матрицы коронки. Аналогичные выводы сделаны и для процесса разрушения горной породы.

Источниками акустических колебаний при бурении является скважинные процессы и работа бурового оборудования. Проблема заключалась в выделении акустических колебаний, связанных с разрушением горной породы, из суммарного акустического сигнала, принимаемого датчиком. Для его решения был изучен спектральный состав акустических колебаний всех источников, формирующих акустическое поле при бурении:

- фоновый акустический шум;
- работа бурового оборудования;
- протекание промывочной жидкости;
- вибрации снаряда;
- работа породоразрушающего инструмента.

Экспериментальные исследования показали, что высокочастотные акустические колебания в диапазоне 7-20 кГц возникают только при разрушении горной породы (рис.1). На основе этого был сделан вывод, что параметры диапазона 7-20 кГц акустического поля наиболее

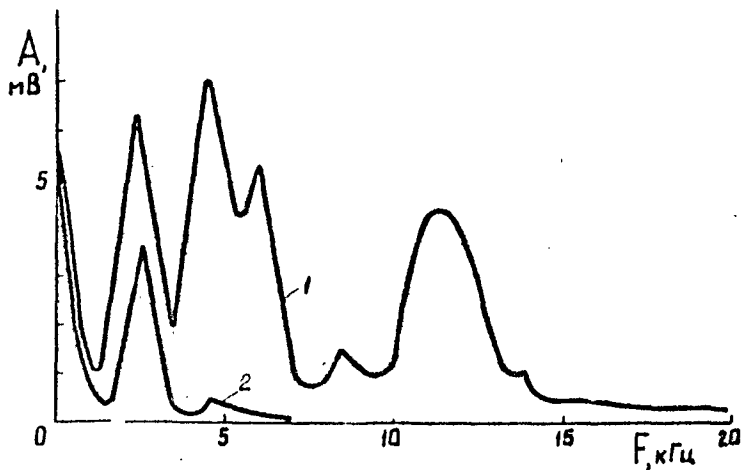


Рис. 1. Акустические спектры при бурении импрегнированной алмазной коронкой типа ИВ-3 в нормальном состоянии (1) и при полной потере рыхлых свойств (2)

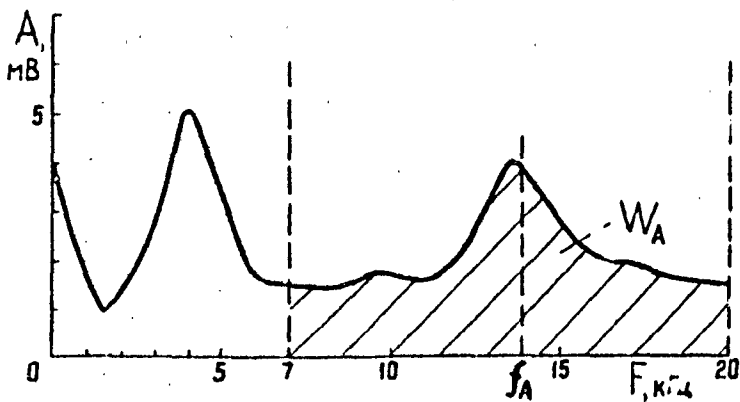


Рис. 2. Акустический спектр с выделенным высокочастотным диапазоном 7-20 кГц

пригодны для контроля процессов разрушения горной породы и износа породоразрушающего инструмента при бурении. В низкочастотном диапазоне 0-7 кГц акустического поля вместе с колебаниями, возникающими при взаимодействии породоразрушающего инструмента с забоем, присутствуют шумы от вибрации снаряда и других непроизводительных процессов.

Проведенный анализ опубликованных результатов исследований механизма разрушения горной породы позволил высказать гипотезу о том, что наиболее вероятными источниками акустических колебаний в диапазоне частот 7-20 кГц при бурении, являются процесс взаимодействия резцов инструмента с забоем и процесс трещинообразования, протекающий в горной породе перед ее разрушением.

Информативные параметры акустического поля, которые можно было бы использовать для контроля процессов разрушения горной породы и износа породоразрушающего инструмента, должны отражать амплитудные и частотные свойства акустического сигнала в диапазоне 7-20 кГц. Одним из важнейших параметров акустического сигнала, который напрямую связан с амплитудой колебаний, является энергия. Для отражения изменения энергии сигнала была выбрана величина определяемая как интеграл от спектра по частоте в диапазоне 7-20 кГц:

$$W_A = \int_7^{20} X(f) df$$

Величина W_A определяется площадью, ограниченной кривой спектра в диапазоне 7-20 кГц (заштрихованная область на рис.2).

Для характеристики частотных свойств акустического сигнала была выбрана величина f_A , которая представляет собой частоту, разделяющую диапазон 7-20 кГц на две части в равных энергиях (см. рис.2). Внутри диапазона 7-20 кГц акустического спектра с левой и правой сторон от частоты f_A площади спектра равны. Смещение частоты f_A в сторону высоких частот свидетельствует об увеличении доли высокочастотных колебаний в общем балансе энергии и, наоборот, уменьшение f_A характеризует увеличение доли низкочастотных колебаний.

Энергия W_A и частота f_A позволяют оценивать изменения в акустическом сигнале как по амплитуде, так и по частоте. Это позволяет использовать их в качестве информативных параметров акустического поля для контроля процессов разрушения горной породы и износа породоразрушающего инструмента при алмазном бурении.

2. Спектральный состав акустических колебаний, связанных с разрушением горной породы, определяется типом породоразрушающего инструмента, свойствами горных пород и режимом бурения. Акустический спектр может быть использован в качестве "образа" типа породоразрушающего инструмента.

Главными факторами, определяющими характер протекания процесса разрушения горной породы, являются тип породоразрушающего инструмента, свойства горной породы и режим бурения.

Для определения возможности использования акустического поля для создания "образа" типа алмазной коронки, сравнивались акустические спектры, зафиксированные при бурении алмазными коронками различных типов на постоянном режиме в породах VI-X категорий по буримости. Использовались коронки типа А4ДП, АКУ, ИАГС, ИЗЮЗ, 4ДП, ИБДХ, ИМ, ВС и др. диаметром 59 мм, которые охватили широкий диапазон конструктивных параметров алмазного породоразрушающего инструмента: зернистости, качества алмазов, насыщенности и т.д.. Каждый тип алмазной коронки при бурении создает акустическое поле определенного спектрального состава, в то же время однотипные коронки имеют близкие акустические спектры (рис.3 и 4). Высокочастотный диапазон 7-20 кГц акустического спектра каждого типа коронки имеет характерное расположение максимумов амплитуды по оси частот и распределение энергии внутри диапазона. Это дает возможность использовать акустический спектр в качестве "образа" типа алмазной коронки.

Исследования зависимости акустического поля от свойств разбиваемых горных пород проводились при бурении осадочных, магнитических и метаморфических горных пород. Вместе с измерением акустических спектров определялись величины, характеризующие физико-механические свойства горных пород: плотность γ , модуль Га E , коэффициент Пуассона μ , скорость распространения продольных упругих волн U_p , предел прочности породы на сжатие $\sigma_{сж}$. Кроме этого, изучались петрографические характеристики горных пород. В результате исследований получена определенная зависимость информативных параметров акустического поля от прочностных и упругих свойств разбиваемых горных пород (предела прочности породы на сжатие, скорости распространения продольных упругих волн, модуля Га). С ростом прочностных и упругих свойств пород наблюдается увеличение энергии высокочастотного диапазона акустического поля и смещение энергии в сторону высоких частот внутри диапазона (табл. I). Зависимость информативных пара-

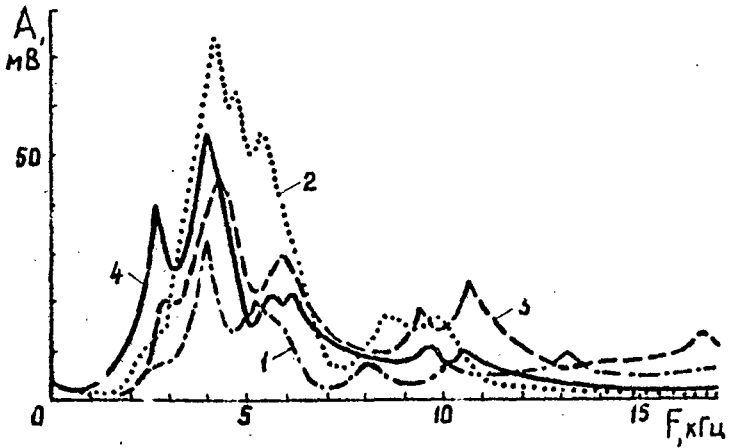


Рис.3. Акустические спектры при бурении биотитового гранита алмазными коронками типа БС (1), ИБДХ (2), И4ДП (3) и А4ДП (4)

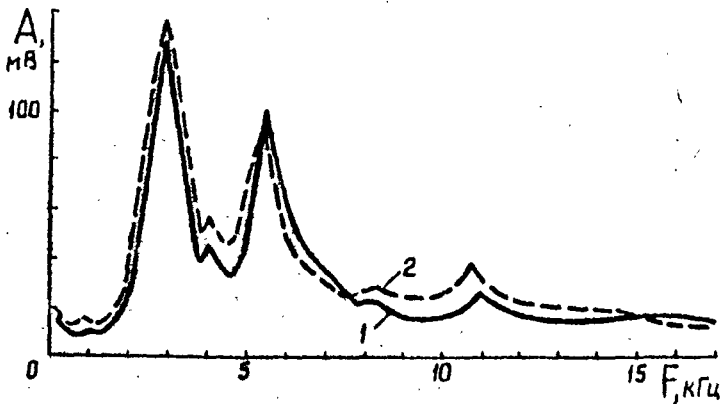


Рис.4. Акустические спектры при бурении биотитового гранита алмазными коронками типа ИБКС #2 (1) и #251 (2)

тров акустического поля W_A и f_A от скорости распространения продольных упругих волн U_p и предела прочности пород на сжатие $\sigma_{сж}$ для горных пород, имеющих значительные различия в прочностных и упругих свойствах, носит линейный характер:

$$\begin{aligned} W_A &= 0,72 U_p - 1,8; & f_A &= 0,48 U_p + 6,4; \\ W_A &= 1,7 \cdot 10^{-2} \sigma_{сж} - 0,7; & f_A &= 1,2 \cdot 10^{-2} \sigma_{сж} + 7,1. \end{aligned}$$

Таблиц. I.

Физико-механические свойства горных пород и информативные параметры акустического поля при бурении коронкой типа ОИАЗ

Горная порода	γ , г/см ³	E, мПа	μ , -	U_p , км/с	$\sigma_{сж}$, мПа	W_A , усл. ед.	f_A , кГц
Сланец глинистый	2,87	1,2	0,37	2,2	19	0	7,0
Сланец известняк	2,81	3,27	0,32	2,8	56	0,12	8,0
Песчаник	2,75	5,19	0,21	3,3	83	0,47	8,4
Ловчоррит	2,81	7,16	0,28	6,3	195	2,81	9,3

Влияние режима бурения на параметры акустического поля изучалось при бурении алмазными коронками типа О2КЗ, И4ДЦ, И6ДХ, БС, ДН, ЛУ, К-01 диаметром 59 мм и коронками типа К-01-3 и ИВ-3 диаметром 46 мм в породах VII-X категорий по буримости. Диапазон изменения режимных параметров составлял, по осевой нагрузке P от 0 до 2000 даН, по частоте вращения N от 0 до 1500 мин⁻¹.

Сход промышленной жидкости не изменялся и был равен 19 дм³/мин. Регулирование режима бурения приводит к изменению акустического спектра, причем характер изменения также зависит от типа применяемого перфорированного инструмента (табл. 2). Частота вращения и осевая нагрузка неадекватны по характеру воздействия на акустический спектр. Увеличение частоты вращения снаряда приводит к росту энергии акустического поля в диапазоне 7-20 кГц и смещению энергии в сторону низких частот внутри диапазона. Зависимость энергии W_A от частоты вращения для большинства коронок аппроксимируется линейной функцией вида $y=kx+b$. Зависимость информативных параметров акустического поля от осевой нагрузки нелинейна, внутри диапазона регулирования осевой нагрузки возможно получение экстремумов для функции энергии W_A и частоты f_A от осевой нагрузки как аргумента.

Таблица 2.

Информативные параметры акустического поля при бурении гранито-гнейса коронками типа И4ДП и А4ДП

Тип коронки	И4ДП				А4ДП				
	$R_{д\sigma H}$	500	1000	1500	2000	500	1000	1500	2000
$P_{, мин}$									
	1. Энергия W_A , усл. ед.								
100	6	5,5	7	5,5	4	7,5	10,5	8	
200	8,5	7	9	15	4,5	9	14	11	
300	10,5	11,5	14,5	17	4,5	14	19,5	13,6	
400	16,5	22,5	25,5	25,5	5	24,5	24	36	
500	21	36	39,5	30,5	9	67,5	46,5	49	
	2. Частота f_A , кГц								
100	11,2	11,3	12,3	12,4	12,6	11,7	11,3	11,8	
200	10,5	11,4	11,8	10,0	12,9	10,9	10,8	11,2	
300	10,4	11,6	11,9	11,1	12,1	10,5	10,7	10,8	
400	10,3	10,4	11,6	11,3	11,8	10,4	10,6	10,5	
500	10,4	10,8	11,1	10,8	10,0	10,4	10,7	10,4	

Исследования показали зависимость спектрального состава акустических колебаний, возникающих при взаимодействии породоразрушающего инструмента с забоем, от типа породоразрушающего инструмента, физико-механических свойств горных пород и режима бурения. Фиксирование двух факторов в процессе бурения дает возможность по изменению спектрального состава акустического поля определять отклонения в третьем факторе. При фиксировании режима бурения по определенной горной породе акустический спектр может быть использован в качестве "образа" типа породоразрушающего инструмента для выявления отклонений в его конструктивных особенностях.

3. Информативные параметры акустического поля могут быть использованы для оценки механизма разрушения горной породы. С позиции обеспечения при бурении минимальных затрат энергии на разрушение, критерием оптимальности процесса разрушения горной породы является достижение при бурении с помощью регулирования режима бурения или подбором типа породоразрушающего инструмента минимальных значений частоты f_A при достаточно высоких значениях энергии W_A .

Оценка механизма разрушения горной породы основывается на

нятом критерии оптимальности. С точки зрения физики процесса разрушения, наиболее объективным критерием оптимальности является величина удельной объемной энергии разрушения W_a :

$$W_a = \frac{W_3}{Q} = \frac{N_3}{V_n \cdot S}, \quad \text{Дж/м}^3,$$

где W_3 - энергия, расходуемая на забое, Дж; Q - объем разрушенной породы, м³; N_3 - мощность, реализуемая на забое, Вт; V_n - механическая скорость бурения, м/с; S - площадь забоя, м². Большие энергозатраты являются объективным критерием любого физического процесса и широко используются для оценки процесса деагрегации руд в обогащении и управления режимом резания в металлургической промышленности. Сложность применения критерия W_a непосредственно в процессе разрушения горной породы заключается в выделении энергии, расходуемой на забое W_3 , из суммарных энергозатрат, куда кроме W_3 входят потери энергии на вращение снаряда и в трансмиссии станка.

Связь информативных параметров акустического поля с удельной объемной энергией разрушения изучалась при определении зависимости акустического поля от типа применяемого породоразрушающего инструмента, свойств горных пород и режима бурения. Для вычисления W_a , мощность, реализуемая на забое, определялась как разность измеренных мощностей на бурение и холостое вращение. Исследования показали, что изменение при бурении типа алмазной коронки горной породы или режима бурения приводит к изменению не только параметров акустического поля, но и значений механической скорости бурения, мощности, реализуемой на забое, и удельной объемной энергии разрушения. Для всех факторов, определяющих характер процесса разрушения горной породы (тип породоразрушающего инструмента, режим бурения и свойства горной породы), выявлены качественно одинаковая связь удельной объемной энергии разрушения с частотой f_A (табл. 3).

Таблица 3.

Коэффициенты корреляции информативных параметров акустического поля с удельной объемной энергией разрушения

Информативные параметры акустического поля	Изменяемый фактор		
	Тип алмазной коронки	Режим бурения	Горная порода
W_a	-0,70	-0,88	0,89
f_A	0,76	0,78	0,85

При возрастании частоты f_A удельная объемная энергия разрушения увеличивается. Таким образом, именно спектральный состав высоко частотных колебаний является определяющим фактором для энергоемкости разрушения. Связь энергии W_A с удельной объемной энергией разрушения при изменении типа породоразрушающего инструмента и режима бурения целом отличается от зависимости $W_Q = f(W_A)$ при смене горной породы (табл.3). В первом случае рост удельной объемной энергии разрушения происходит вместе с увеличением частоты f_A , но увеличение энергии W_A (при неизменной частоте f_A) приводит к снижению W_Q . При смене горной породы рост удельной объемной энергии разрушения сопровождается как увеличением частоты f_A так и ростом энергии W_A .

Характер изменения удельной объемной энергии разрушения и информативных параметров акустического поля при смене горной породы можно объяснить на основе установленной зависимости параметров акустического поля от прочностных и упругих свойств горных пород. Увеличение энергии W_A и частоты f_A говорит об увеличении прочностных свойств горных пород, трудности их разбуривания. И наоборот повышение энергии W_A и частоты f_A сопровождается ростом удельной объемной энергии разрушения. Полностью объяснить связь спектрального состава акустического поля с удельной объемной энергией разрушения по-видимому можно лишь на уровне микрощеппов, протекающих при разрушении. Это должно стать предметом дальнейших исследований, однако уже сейчас результаты экспериментальных исследований позволяют сформулировать критерий оптимальности процесса разрушения горной породы на основе спектрального анализа акустического поля. На основе экспериментально установленной зависимости удельной объемной энергии разрушения с информативными параметрами высокочастотного диапазона 7-20 кГц акустического поля критерий оптимальности процесса разрушения можно сформулировать в виде:

$$\begin{aligned} W_A &\rightarrow \max \\ f_A &\rightarrow \min \end{aligned}$$

Физический смысл этого критерия заключается в необходимости разрушать горную породу с максимальной интенсивностью, но с наименьшей энергоемкостью. Критерий может использоваться для оценки механизма разрушения горной породы при бурении конкретным породоразрушающим инструментом, поиска оптимального режима бурения. Перспективным направлением исследований является использование информативных параметров акустического поля для разработки новой кл

фикации горных пород по буримости.

4. Процесс изнашивания породоразрушающего инструмента связан энергией акустических колебаний в диапазоне частот 7-20 кГц. Измерение энергии W_A при бурении позволяет контролировать состояние инструмента и прогнозировать интенсивность износа (ресурс) импрегнированных алмазных коронок на различных режимах.

При экспериментальных исследованиях изучалась зависимость энергии W_A от состояния и интенсивности износа алмазной коронки.

Для установления зависимости энергии W_A от состояния коронки различные типы одноосейных и импрегнированных алмазных коронок буривались на постоянных режимах. В результате исследований установлено, что при бурении импрегнированными коронками на режимах, обеспечивающих самозатачиваемость, энергия W_A в течение всего времени бурения не изменяется. Изменение энергии W_A происходит только при полном износе алмазосодержащего слоя матрицы импрегнированной коронки: в акустическом спектре отсутствуют колебания выше 7 кГц и, соответственно, энергия W_A равна нулю. Ухудшение режущих свойств алмазов в однослойных и импрегнированных коронках при бурении сопровождается уменьшением энергии W_A . Таким образом, уменьшение энергии W_A можно использовать в качестве контрольного признака ухудшения режущих свойств коронки в процессе бурения.

Зависимость интенсивности износа J импрегнированной коронки от энергии W_A устанавливалась по результатам обработки коронок на ИБДХ, ИЧДН, БС и ИИ диаметром 59 мм и коронки типа ИМВ-3 диаметром 46 мм в монолите биотитового гранита IX категории по буримости. Каждой коронкой бурилось несколько скважин глубинами 0,5 м и различной сочетания осевой нагрузки и частоты вращения. Расход промывочной жидкости не изменялся и был равен 19 дм³/мин. Частота вращения снаряда изменялась в пределах 100-1000 мин⁻¹, осевая нагрузка - 500-1500 даН. Средний износ матрицы коронки по высоте определялся профилометром по окончании бурения по 15 точкам на рце коронки. При расчетах использовалось среднее значение энергии W_A по 5 точкам измерения (интервал 0,1 м по глубине скважины). Интенсивность износа коронки J на данном режиме определялась по формуле:

$$J = \frac{\Delta h}{\Delta H} \quad , \quad \text{мм/м} \quad ,$$

где Δh - средний износ матрицы коронки по высоте, мм; ΔH - интервал бурения, м.

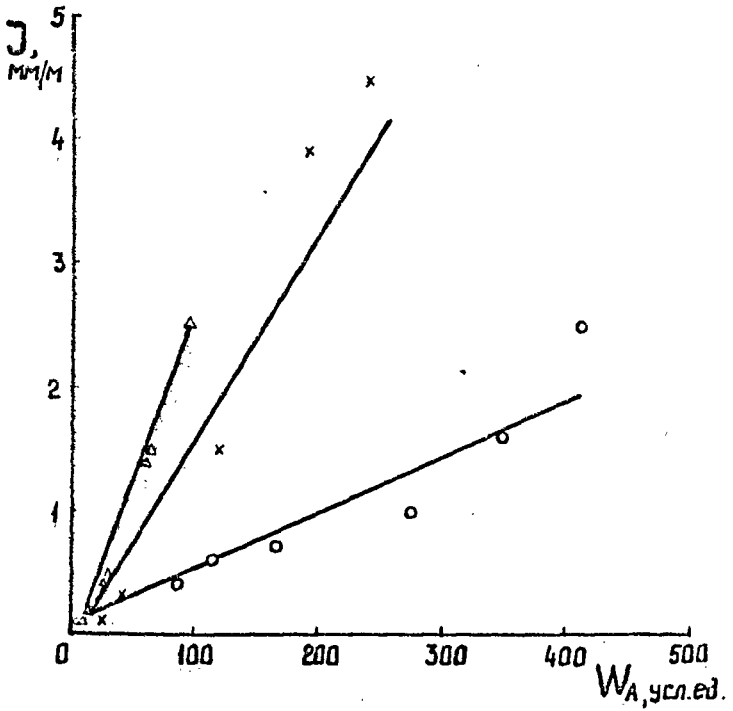


Рис.5. Зависимости интенсивности износа коронки J от энергии W_A при бурении коронками типа ИБДХ, ИЖ и ИМВ
o - ИБДХ, x - ИЖ, Δ - ИМВ

При малых значениях энергии W_A интенсивность износа незначительна, рост энергии W_A сопровождается увеличением интенсивности износа коронки. Для всех типов коронки зависимости интенсивности износа J от энергии W_A аппроксимируются линейными функциями (рис. 5). Это дает возможность прогнозировать интенсивность износа коронки на различных режимах. Проводя тарировочное бурение и установив коэффициент K на одном из режимов ($K = J/W_A$), по известным значениям энергии W_A можно прогнозировать интенсивность износа коронки:

$$J = K W_A \quad , \text{ мм/м .}$$

При известной интенсивности износа коронки ее ресурс определяется по формуле:

$$H_K = \frac{h_m}{J} \quad , \text{ м ,}$$

где h_m - высота алмазосодержащего слоя коронки, мм.

Бурение при повышенных значениях энергии W_A может привести к образованию на торце коронки борозд-канавок. Это говорит о необходимости установления для каждого типа алмазной коронки предельного уровня энергии W_A , превышение которого может привести к возникновению аномальных видов износа.

Проведенные экспериментальные исследования подтвердили предположение о тесной связи акустических колебаний с процессом износа породоразрушающего инструмента. Измерение энергии W_A дает возможность оперативно определять ухудшение режущих свойств коронки и прогнозировать интенсивность износа (ресурс) импрогнированной коронки на различных режимах.

Основные выводы и рекомендации

1. Информативными параметрами акустического поля для объективного контроля процессов разрушения горной породы и износа породоразрушающего инструмента являются параметры, характеризующие амплитудно-частотные свойства диапазона 7-20 кГц : энергия диапазона W_A и частота, разделяющая диапазон на две части с равными энергиями, f_A .

2. Установлена зависимость информативных параметров акустического поля от типа, состояния и интенсивности износа алмазного породоразрушающего инструмента, физико-механических свойств горных пород, режима бурения и удельной объемной энергии разрушения.

3. Разработанный метод ускоренных испытаний алмазного породоразрушающего инструмента на основе спектрального анализа акустического поля предназначен для оценки работоспособности макетов, экспериментальных и опытных образцов инструмента по сравнению с лучшими образцами серийной продукции и проверки качества серийно выпускаемой продукции.

4. Метод позволяет для конкретного породоразрушающего инструмента оценивать механизм разрушения горной породы, определять область оптимальных режимов бурения, прогнозировать ресурс на различных режимах (для импрегнированных коронок), контролировать состояние инструмента при бурении и рекомендовать рациональные области применения. Метод позволит выявлять отклонения в серийно выпускаемой продукции.

5. Перспективными направлениями исследований акустического поля являются: создание шкалы буримости горных пород, разработка технических средств для управления процессом бурения, выработка рекомендаций по совершенствованию конструкций породоразрушающего инструмента и установления физической сущности явления разрушения горной породы при бурении.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах.

1. Архипов А.Г. Исследование взаимодействия породоразрушающего инструмента с забоем при шарошечном и гидроударно-алмазном бурении. - В сб.: Тезисы докл. IV регион. науч. техн. конф. молодых ученых и специалистов Северо-запада "Научные и практические проблемы геологоразведки". Л., ВИТР, 1991, с.11-12.

2. Архипов А.Г., Авдеев С.А. Исследование процесса бурения акустическим методом в стендовых условиях. - Там же, с.15-16.

3. Архипов А.Г., Авдеев С.А., Андреев О.С., Шатров Б.Б. Использование акустических полей для оценки эффективности конструкции алмазных коронок при бурении. - В сб.: Применение синтетических алмазов в бурении. Л., ВИТР, 1991, с.65-72.

4. Архипов А.Г., Гореликов В.Г. Исследования распределения энергии на забое при алмазном бурении. - В сб.: Исследование и внедрение новых технических средств для бурения геологоразведочных скважин. Л., ВИТР, 1991, с.114-122.

5. Архипов А.Г., Авдеев С.А., Андреев О.С., Шатров Б.Б. Исследование возможности контроля состояния коронки при бурении на основе акустических измерений. - В сб.: Автоматизация процесса бурения на геологоразведочных работах. СПб., ВИТР, 1992, с.69-75.

6. Архипов А.Г. Оценка механизма разрушения горной породы при бурении алмазными коронками на основе спектрального анализа акустического поля.- В сб.: Тезисы докл. 2-го межд. симпозиума по бурению разведочных скважин в осложненных условиях. СПб., 1992, с.82.

7. А.С. 1661386, СССР. Способ регулирования режима бурения./ С.А.Авдеев, О.С.Андреев, А.Г.Архипов, Н.П.Рудакова, Б.Б.Шатров. Заявл. 03.07.89. Опубл. 07.07.91. Бвл.#25.