

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ
ДОНЕЦСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

КАСЬЯНОВ Владимир Алексеевич

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА
ЭЛЕКТРОЕМКОСТНОГО МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ
ТРЕЩИНОВАТОСТИ ПОРОД
ВОКРУГ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Специальности: 05.15.02 — «Подземная разработка
месторождений полезных ископаемых»;
05.15.11 — «Физические процессы
горного производства»

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

г. Алчевск, 1997 г.

АВ 37.058

Диссертацией является рукопись

Работа выполнена в Донбасском горно-металлургическом институте

Научный руководитель: Заслуженный деятель науки и техники
Украины, докт. техн. наук, проф.,
академик АС Украины Литвинский Г.Г.

Официальные оппоненты: докт. техн. наук, ст. науч. сотр. Маевский В.С.
канд. техн. наук, доц. Штанько Л.А.

Ведущая организация: Донецкий государственный
технический университет

Защита состоится 21 марта 1997 года в 14 час. 00 мин.
на заседании специализированного совета К 39.01.01 в Донбасском горно-металлургическом институте.

Адрес: 349104, г. Алчевск, Луганской обл., пр. Ленина, 16.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ДГМИ.

Автореферат разослан 14 февраля 1997 г.

Ученый секретарь
специализированного совета,
кандидат технических наук

Висен В.Н. Белозерцев

ЛНБ України ім.В.Стефаніка



00751698 (-)

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Большинство проблем горной промышленности связано с необходимостью значительного снижения себестоимости угля. В настоящее время в Украине свыше ста шахт ведут горные работы на глубине более 800 м и существует тенденция к ее дальнейшему увеличению, что ведет к росту горного давления и, как следствие, к снижению устойчивости подготовительных горных выработок, возрастанию затрат на их поддержание и ремонт.

Для эффективного применения прогрессивных технологий необходимо иметь на горнодобывающих предприятиях средства контроля состояния породного массива, сочетающих достаточную информативность, оперативность и небольшую трудоемкость.

Состояние массива горных пород во многом определяется степенью его неоднородности (трещины, контакты, слоистость, неравномерность распределения включений, влаги, и т. д.). Задача оценки степени неоднородности массива тесно связана с проблемами геомеханики по прогнозу проявлений горного давления и выбору способов и средств управления его состоянием. Однако, эта задача далека от своего окончательного решения и требует освоения новых методов и средств, позволяющих прогнозировать и измерять состояние массива горных пород, развитие процессов его разрушения, в том числе и трещинообразования.

Поэтому остаются актуальны исследования по разработке оперативного и надежного способа измерения трещиноватости (неоднородности) массива горных пород, что позволит более эффективно использовать технологическое оборудование, применять прогрессивные технологии ведения горных работ, повысить безопасность труда.

Связь работы с планами НИР. Диссертация выполнена в соответствии с тематическими планами научно-исследовательских работ ДГМИ, Мидуглепрома СССР, Министерства образования Украины и отражена в отчетах НИР: "Исследовать параметры и разработать технологию способа сооружения породонесущей крепи для капитальных горных выработок Машинского блока ш. Ворошиловградская № 1", 1989 г., ГР 01860060732; "Исследование и разработка способов обеспечения устойчивости горных выработок породонесущими конструкциями из разгруженных взрывом и упрочненных пород", 1993 г., ГР 0193U007967, по которым автор являлся исполнителем.

Цель работы - разработка электроемкостного метода измерения

ЛНБ ім. В. Стефанька
АН України

трещиноватости горных пород вокруг горных выработок при их сооружении и эксплуатации.

Идея работы заключается в измерении относительной диэлектрической проницаемости массива горных пород, комплексно отражающей пространственную и временную изменчивость трещиноватости массива в результате влияния горно-геологических и горнотехнических факторов при ведении горных работ.

Методы исследований: анализ и освоение известных методов и средств контроля за состоянием массива горных пород; аналитические и экспериментальные исследования влияния неоднородностей типа трещин на изменение состояния массива горных пород; методы математической статистики и планирования эксперимента.

Научные положения, полученные в диссертации и выносимые на защиту:

- наиболее информативным показателем, комплексно отражающим пространственную и временную изменчивость состояния массива горных пород (в том числе, трещиноватость), является отношение разности значений физического параметра для однородного массива и его значения на измеряемом участке массива, к разности величин этого же параметра для однородного массива и неоднородности;

- абсолютное значение показателя неоднородности при измерении электроемкостным датчиком характеризует суммарное раскрытие трещин массива, а знак разности величин физического параметра для однородного массива и измеряемого участка позволяет идентифицировать наличие заполнителя (воды, воздуха) в трещине;

- показатель неоднородности массива при его измерении на границе сред с разными значениями физического свойства (например, электромагнитного) изменяется по закону гиперболического тангенса с расстоянием между асимптотами по нормали равным единице;

- масштабным коэффициентом, позволяющим перейти от относительного показателя к линейным размерам неоднородности, является длина эффективной зоны чувствительности датчика, определяемая его конструктивными параметрами и равная проекции на горизонтальную ось отрезка, отсекаемого асимптотами гиперболического тангенса от касательной, проведенной в его точке перегиба.

Достоверность научных положений и выводов, приведенных в диссертационной работе, подтверждается:

обоснованием и достаточно большим объемом экспериментальных исследований в лабораторных (около 400 опытов на трех лаборатор-

ных стендах) и шахтных условиях (более 100 опытов, по 30...50 замеров в каждом, проведенных в измерительных шпурах горных выработок 3 шахт в течение трех лет); удовлетворительной сходимостью результатов (до 20...30%), полученных при измерении в шахтных условиях электроемкостным и известными методами (реометрией, контурными и глубинными реперами); достаточной сходимостью теоретических и лабораторных стендовых исследований (коэффициент вариации при экспериментальных замерах - 0,1...2,0 %; коэффициент вариации между опытными данными и теоретическими зависимостями составил 1,5...10 %); соответствием полученных аналитических зависимостей и результатов экспериментальных измерений известным физическим закономерностям; положительными результатами шахтных испытаний и внедрением электроемкостного метода на шахтах.

Научное значение работы заключается в установлении зависимости между неоднородностью (трещиноватостью) массива горных пород и его электромагнитными свойствами в виде информативного показателя неоднородности, учитывающего значение диэлектрической проницаемости в однородном и нарушенном массиве пород, а также обосновании методик измерения и расчета трещиноватости массива горных пород вокруг выработок.

Практическая ценность работы состоит в разработке электроемкостного метода измерения трещиноватости пород и конструкции прибора (интроскопа), состоящего из электроемкостного датчика и блока измерения, в виде частотомера, позволяющего реализовать разработанный метод на практике для оценки состояния массива пород вокруг горных выработок.

Реализация работы. Предложенный метод и разработанная аппаратура были использованы:

- при определении качества ведения работ по возведению крепи "Монолит" из разгруженных взрывом и упрочненных горных пород в восточном полевом откаточном штреке пл.16н горизонта 530 м Машинского блока ш. "Луганская N 1" ПО "Луганскуголь";
- при проведении контроля скрытых работ по активной разгрузке и последующего упрочнения массива горных пород в почве магистрального штрека горизонта 956 м ш. "Самсоновская - Западная" ПО "Краснодонуголь";
- при проведении исследований и разработке рекомендаций по повышению устойчивости 4-го и 5-го западных бремсбергов пл. КЭн ш. "Неревальская" ПО "Луганскуголь".

- в учебном процессе при подготовке бакалавров спец. 5.090304.01 и инженеров спец. 7.090304.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались на научно-технических конференциях Донбасского горно-металлургического института (Алчевск, 1987-96), на техсоветах шахт "Луганская №1", "Перевальская", треста "Луганскуглестрой", на научных семинарах кафедр СШ и ПС, РИМ ДГМИ.

Публикации. По результатам выполненных исследований опубликовано 4 печатных работы и получено 5 авторских свидетельств на изобретения.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав и заключения, изложенных на 115 страницах машинописного текста, содержит 44 рисунка, 3 таблицы, перечень ссылок из 86 источников и 2 приложения.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Проблемы, связанные с определением состояния массива вокруг выработок при ведении горных работ, привлекали внимание многих исследователей. Основными задачами такого контроля являются: исследование распределения напряжений, определение их максимума; выявление зон неупругих деформаций, трещиноватости; измерение раскрытия отдельных трещин, степени их заполнения раствором и т.д.

Вопросами изучения трещиноватости горного массива и разработкой методов ее исследования занимались К.А.Ардашев, Н.Н.Гавриш, А.С.Денисов, П.В.Егоров, Ю.З.Заславский, М.И.Зборщик, Г.А.Катков, Э.Я.Кипко, К.В.Кочелев, Г.Г.Литвинский, В.С.Маевский, А.М.Маларчук, Г.Я.Новик, В.И.Опарин, Ю.А.Полозов, И.Ф.Потапкин, С.М.Простов, М.В.Рац, Е.Г.Соболев, В.М.Усаченко В.А.Химяляйтнен, В.С.Ямщиков и многие другие.

Анализ работ, посвященных этой задаче показал, что среди различных неоднородностей, встречающихся в массиве горных пород, наиболее распространенными и важными являются трещины и межслоевые контакты. Для их оценки применяют датчики, измеряющие диэлектрическую проницаемость, магнитную восприимчивость, электрическое сопротивление, параметры распространения волн, теплопроводность, отражательную способность пород и др. При исследованиях вблизи

контура выработки существующие датчики и методы не дают достаточно надежной информации о трещиноватости горных пород, а зачастую их технически сложно использовать.

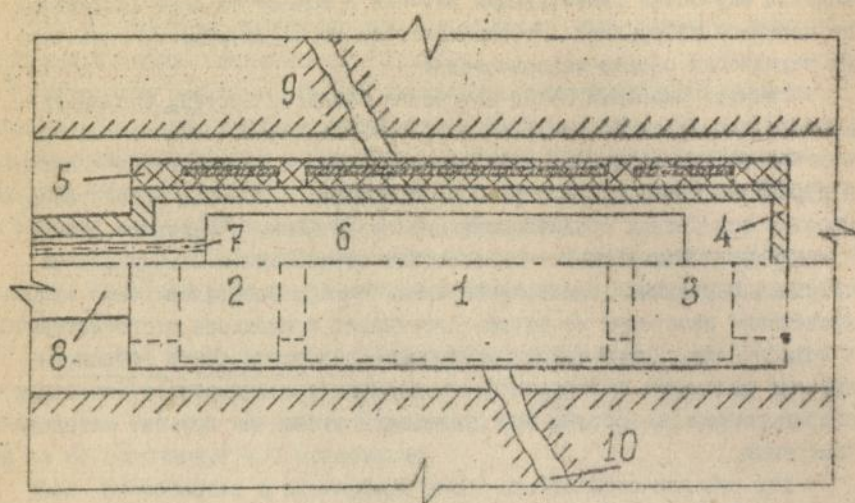
Электроемкостный метод измерения неоднородностей, используемый для непрерывного контроля влажности полезного ископаемого на обогатительных фабриках, контроля структуры и качества материалов в строительстве и машиностроении, позволяет с помощью достаточно простых аппаратных средств получить оперативные и надежные данные о неоднородности. Однако недостаточно отработанная методика и отсутствие первичных электроемкостных преобразователей (ЭП) для проведения измерений из шпуров сдерживают применение этого метода в горном деле. Кроме того, отсутствовало теоретическое обоснование для надежной количественной оценки трещиноватости массива вокруг горной выработки при применении этого и других методов измерения.

Для решения этой задачи была предложена и разработана конструкция ЭП (рис. 1), состоящего из цилиндрических колец, выполненных из проводящего материала и расположенных соосно. Такая форма ЭП позволяет помещать датчик в шпур, пробуренный в массив горных пород и измерять диэлектрическую проницаемость по всей длине шпура при поминтервальном перемещении по нему датчика.

Датчик с ЭП создает в окружающем его массиве тороидальное электромагнитное поле, а электрическая емкость ЭП зависит от диэлектрической проницаемости той области массива, куда распространяется это поле. Измерительный автогенератор вырабатывает напряжение с частотой, зависящей от емкости преобразователя, подключенного к колебательному контуру датчика. Поэтому при перемещении датчика в однородных породах частота автогенератора не изменяется, а в присутствии неоднородности, например трещины, частота напряжения, вырабатываемого измерительным автогенератором, изменится, что фиксирует блок измерения.

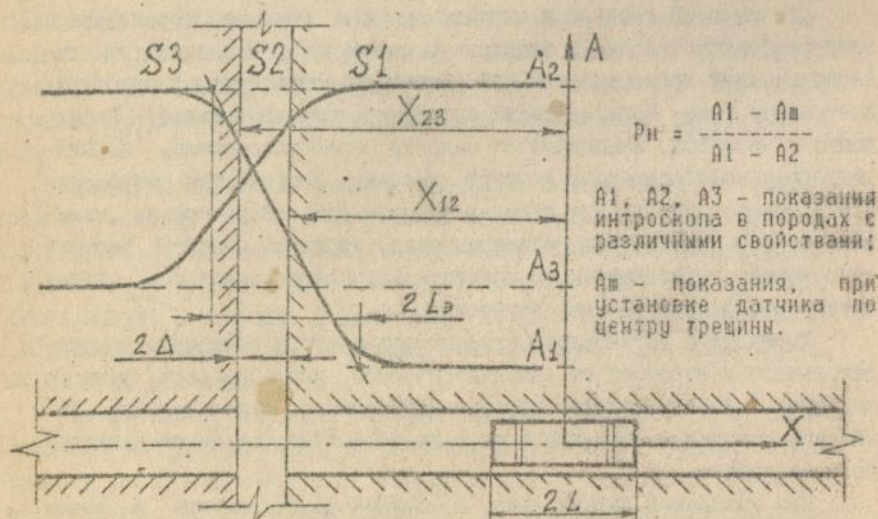
Тарировкой установлена зависимость частоты напряжения измерительного генератора от диэлектрической проницаемости горного массива. В расчетах целесообразно использовать относительное показание измерительного прибора, а не абсолютное значение измеряемого параметра.

При измерении датчик (рис. 2) длиной $2L$ расположен в среде S_1 на расстоянии $X/2$ от контакта сред S_1 и S_2 . Зависимость показаний прибора от расстояния между плоскостями контакта сред и цен-



1, 2, 3 - электроды ЭП; 4 - корпус датчика; 5 - слой диэлектрика; 6 - измерительный генератор; 7 - кабель; 8 - дозиметрическое устройство; 9 - массив; 10 - трещина.

Рисунок 1 - Электроёмкостный датчик с симметричным расположением электродов



$$P_{11} = \frac{A_1 - A_{11}}{A_1 - A_2}$$

A_1, A_2, A_3 - показания интроскопа в породах с различными свойствами;

A_{11} - показания, при установке датчика по центру трещины.

Рисунок 2 - Расчетная схема определения трещиноватости массива

тром датчика (см. рис. 2), из физических соображений должна быть кривой с двумя горизонтальными асимптотами, расстояние между которыми по нормали равно разности показаний прибора в каждой из сред с центром симметрии совпадающим с плоскостью контакта. Аналитическим выражением такой кривой является гиперболический тангенс. Поэтому показания A_{12} прибора, когда его датчик размещен в среде S1 вблизи контакта со средой S2, можно представить зависимость:

$$A_{12} = a_{12} + b_{12} \operatorname{th}(\alpha_{12} X_{12}) . \quad (1)$$

где a_{12} - показание прибора, когда центр датчика совпадает с плоскостью контакта сред, определяемое по формуле

$$a_{12} = (A_1 + A_2)/2; \quad (2)$$

b_{12} - максимальная полуразность показаний прибора в двух средах:

$$b_{12} = (A_2 - A_1)/2; \quad (3)$$

A_1, A_2 - показания прибора, когда его датчик находится соответственно в средах S1 и S2 на бесконечном удалении от их контакта;

α_{12} - модуль чувствительности прибора:

$$\alpha_{12} = \frac{1}{b_{12}} \frac{\partial A_{12}}{\partial X_{12}} = \frac{1}{L_9} . \quad (4)$$

где L_9 - половина длины эффективной зоны чувствительности датчика прибора, м.

Правомерность этих зависимостей подтверждает выполнение граничных условий, вытекающих из физической сути задачи.

На рис. 2 виден геометрический смысл эффективной длины $2L_9$ датчика как горизонтальной проекции касательной, проведенной к кривой показаний интроскопа в точке перегиба. Эффективная длина $2L_9$ полностью предопределяется конструктивными размерами ЭП датчика интроскопа и является постоянной величиной для данного прибора.

В более общем случае, когда датчик расположен вблизи двух параллельных контактов трех различных сред (рис. 2), показания прибора будут определяться формулой

$$A_{(1)23} = A_{12}(X_{12}) + A_{23}(X_{23}) - A_2 \quad (5)$$

где A_{123} - показания прибора при размещении датчика в одной из трех сред S_1 (в скобки взят индекс $i=1,2,3$ той среды, в которой находится датчик). Подставив (1) в (5), получим

$$A_{123} = a_{13} + b_{12} \operatorname{th}(\alpha_{12} X_{12}) + b_{23} \operatorname{th}(\alpha_{23} X_{23}) \quad (6)$$

И в этом случае проверка граничных условий также подтверждает правильность полученных соотношений.

С практической точки зрения наибольший интерес и важность представляет расположение трещины в однородной среде, что сводится к подстановке в (6) равенства $A_3 = A_1$

$$A_{123} = A_1 + b_{12} \{ \operatorname{th}(\alpha_{12} X_{12}) - \operatorname{th}(\alpha_{12} X_{23}) \} \quad (7)$$

Формула позволяет рассчитать показания прибора в зависимости от ширины трещины и расстояния от ее центра до центра датчика.

Если датчик установить по центру трещины шириной 2Δ , получим формулу

$$A_m = A_1 + (A_2 - A_1) \operatorname{th}(\alpha_{12} \Delta) \quad (8)$$

где A_m - показания прибора при установке датчика по центру трещины, причем граничные условия соблюдаются: при $\Delta = 0$

$A_m = A_1$, а при $\Delta \rightarrow \infty$ $A_m = A_2$.

Из формулы (8) выводится зависимость для определения полуширины раскрытия трещины при прямых замерах в шпурах:

$$\Delta = \frac{I_{\text{э}}}{2} \ln \frac{\Delta A_2 + \Delta A_m}{\Delta A_2 - \Delta A_m} \quad (9)$$

где $\Delta A_2 = A_2 - A_1$; $\Delta A_m = A_m - A_1$; A_1, A_2 - показания прибора в массиве горных пород S_1 и в заполнителе трещины S_2 соответственно.

Производя разложение этой зависимости в степенной ряд и оставив линейные члены, получим

$$P_{II} = \frac{\Delta}{L_0} = \frac{A_2 - A_m}{a_2 - A_1} \quad (10)$$

где P_{II} - относительный показатель неоднородности (трещиноватости) массива; A_m - показания прибора, когда датчик установлен по центру трещины; A_1, A_2 - показания когда датчик, соответственно, находится в массиве или трещине бесконечного раскрытия.

Исследования показали, что до значений $\Delta/L_0 < 0,5$ наблюдается почти линейная зависимость показателя неоднородности от ширины раскрытия трещины. Это существенно упрощает расшифровку показаний и дает основание для вывода линейной зависимости между ними. При этом формула (10) в пределах 10% ошибки верна в достаточно широком диапазоне значений показателя неоднородности (от 0 до 0,5), причем при $P_{II} < 0,4$ ошибка менее 5%.

Полученные теоретические соотношения можно использовать при исследовании неоднородностей массива типа трещин другими геофизическими методами (при измерении электропроводности пород, параметров волновых процессов, и др.) в случае, если датчик размещен в скважине, и измеряют значение соответствующего физического параметра массива по его длине.

Целью лабораторных исследований являлась проверка и уточнение результатов аналитических исследований на моделях слоистых и трещиноватых сред. Они проводились на различных стендах. Для исследования перехода датчика интроскопа через контакт воздуха и другой среды, был спроектирован и изготовлен стенд в виде емкости, в которой находилась основная среда с необходимой диэлектрической проницаемостью. В качестве такой среды использовались цементно-песчаный блок, сухой и влажный песок, вода и др. С целью уменьшения влияния краевых эффектов поперечный размер стенда был не менее 2,5...3,0 длин электроемкостного преобразователя датчика. Датчик передвигали по шпуре в модели горного массива при помощи досылочного устройства измеряя перемещения с точностью 0,5 мм. Датчик располагали в одной из сред и фиксировали начальный отсчет, после чего поинтервально перемещали по направлению другой среды. Показания снимали на каждом интервале измерения до тех пор, пока датчик не переходил во вторую среду.

Для исследования параметров раскрытия трещины датчик интроскопа перемещали по шнуру, пересекающему трещину заданного раскрытия.

Экспериментальные результаты достаточно удовлетворительно совпали с теоретическими расчетами. Так, была подтверждена форма кривой, описывающей показания прибора при переходе датчика из одной среды в другую (1), доказана линейная зависимость показателя неоднородности от величины раскрытия трещины до ее значения равного половине эффективной длины датчика. Достоверность совпадения теоретических и экспериментальных зависимостей определяется тем, что при коэффициенте вариации в экспериментальных замерах равном 0,1...2,0 %, коэффициент вариации между опытными данными и теоретическими зависимостями составил 1,5...10 %.

Из анализа экспериментальных данных при измерении неоднородности горного массива датчиком с ЭП следует, что показания прибора зависят от раскрытия трещины Δ ; величины отклонения (эксцентриситета) оси датчика от оси шнура K ; зазора между поверхностью ЭП и стенкой шнура δ . Для исследования этой зависимости и взаимного влияния факторов при измерении неоднородности с помощью теории оптимального планирования эксперимента был проведен полный трехфакторный эксперимент. В результате обработки его результатов и проведенных расчетов были получены коэффициенты уравнения регрессии и информация, необходимая для проверки их значимости. Уравнение регрессии имеет вид:

$$P_n = \frac{100 \cdot (1,6 \cdot \Delta + K + 0,2 \cdot \delta - 6 \cdot \Delta \cdot \delta - 5 \cdot K \cdot \delta)}{A_2 - A_1} \quad (11)$$

Эта математическая модель адекватно описывает процесс измерения трещиноватости массива, так как расчетное значение критерия Фишера равно 3 при критическом 19. Анализ уравнения (11) позволил сделать вывод о необходимости центровки датчика в шнуре, поскольку из него следует, что это основной источник погрешности измерений. Для ее устранения в конструкции интроскопа были предусмотрены гибкие центрирующие элементы по краям датчика.

Разработанный прибор предназначен для контроля изменения состояния массива пород вокруг выработки в процессе ведения горных работ (например, камуфлетные взрывы для увеличения трещиноватости, заполнение трещин упрочняющим раствором вблизи контура выработки и т.п.). Поэтому важно знать, какой объем пород, окружаю-

ших датчик интроскопа, контролируется им для повышения достоверности замеров и обоснования методик измерения в различных условиях. Этот объем зависит от расстояния, на которое распространяется поле датчика. Оно было определено экспериментом, результаты которого показали, что 90% поля вокруг датчика интроскопа находится в объеме пород, ограниченном круговым цилиндром, радиус которого равен

$$R = r + 1,5 L_э \quad (12)$$

где r - радиус ЭП датчика, м; $L_э$ - эффективная полудлина датчика, м. Например, датчик длиной 0,2 м с одной установки контролирует вокруг шпура цилиндрическую область радиусом около 0,17 м и длиной 0,2 м.

Поскольку в шахтных условиях придется вести измерения в шпурах, заполненных водой, важно разработать методику измерения трещин и определить работоспособность прибора в водной среде. С этой целью были проведены исследования доказавшие возможность проведения таких замеров. В этих экспериментах датчик полностью погружали в воду и перемещали в среду, моделирующую массив пород. При этом прибор сохранял работоспособность и давал предсказываемые зависимостями (9, 10) показания.

В формулу (10) входят постоянные коэффициенты A_1 и A_2 . Их значения, соответственно, равны показаниям интроскопа в ненарушенном, однородном массиве и в заполнителе трещин. Эти коэффициенты зависят от среды в трещине и шпуре. Поэтому для проведения расчетов трещиноватости необходимо определить их значения.

Постоянную массива A_1 определяли непосредственно при проведении измерений в шпурах. Ей соответствует минимальное (в воздухе) или максимальное (в воде) показание интроскопа по длине шпура.

Постоянная (для заполнителя трещины) A_2 может принимать несколько значений (в зависимости от условий измерения). В лабораторных экспериментах были определены значения коэффициентов, когда датчик полностью окружен воздухом или водой; датчик окружен водой через кольцевой воздушный зазор или воздухом через водяной зазор. Опыты проводились для датчика интроскопа с диаметром ЭП 32 мм и шпуров с диаметрами 42...50 мм. Эти данные необходимы для обработки измерений трещиноватости пород вокруг шпуров.

В результате лабораторных исследований:

- подтверждена линейность показателя неоднородности от суммарного раскрытия трещин;

- установлены зависимости влияния диэлектрической проницаемости, эффективной длины датчика, раскрытия трещины, центровки датчика в шпуре, соотношения диаметров датчика и шпура, заполнителя трещины и т.д. на результаты измерения трещиноватости;

- определен объем пород горного массива, контролируемый интроскопом с одной установки датчика;

- доказана возможность использования датчика в шпурах заполненных водой;

- составлен комплекс программ для обработки данных шахтных измерений на ЭВМ.

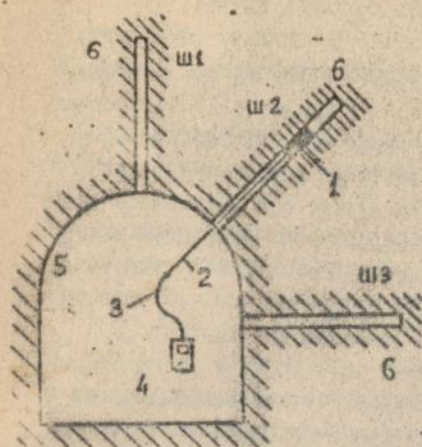
Разработанные приборы и электроемкостный метод измерения неоднородности (трещиноватости) массива горных пород применялись для определения зон трещиноватости вокруг горных выработок угольных шахт ПО "Луганскуголь" и "Краснодонуголь".

На ш. "Самсоновская-Западная" электроемкостный метод измерения трещиноватости массива сравнивался с известным геометрическим. Определено изменение трещиноватости массива вокруг горной выработки на ш. "Луганская N. 1", где был использован для оценки качества выполнения скрытых работ при возведении крепи "Монолит".

На ш. "Перевальская" были проведены испытания электроемкостного метода измерения неоднородности массива горных пород в течение 1993-95 г. г. Конструкция замерной станции ЭС показана на рис. 3, а в табл. 1 приведены характерные результаты измерения и расчета трещиноватости массива. Коэффициент вариации при измерении интроскопом ИНСЭ-2 не превышал 15...20 %, а сопоставление его показаний с результатами замеров контурными и глубинными реперами показало удовлетворительную сходимость, т. к. максимальные отклонения не превышали 30 %. Результаты проведенных замеров трещиноватости массива с использованием электроемкостного метода были использованы при разработке рекомендаций по повышению устойчивости подготовительных выработок шахты.

Натурные и лабораторные исследования позволили уточнить конструктивные параметры интроскопа и отработать методику проведения замеров. Методика шахтных измерений трещиноватости массива включает:

- снятие непрерывных или дискретных показаний прибора при поинтервальном перемещении датчика в массиве;



1 - катчик с ЭП; 2 - досылочное устройство; 3 - кабель; 4 - блок измерения; 5 - горная выработка; 6 - измерительные шпур.

Рисунок 3 - Замерная станция (ЗС) для контроля трещиноватости массива.

Таблица 1 - Данные по измерению трещиноватости в шпуре Ш1, обработанные на ЭВМ

А	Rн	L, м	Тр $\pm 0,5$, мм
2446.80	0.04	1.20	2.0
2446.70	0.03	1.15	1.7
2446.70	0.03	1.10	1.7
2447.40	0.07	1.03	3.5
2447.40	0.07	1.06	3.5
2447.10	0.05	0.95	2.8
2446.10	0.01	0.90	0.3
2446.00	0.00	0.85	
2446.40	0.02	0.80	1.0
2446.10	0.01	0.78	0.3
2446.10	0.01	0.70	0.3
2446.00	0.00	0.65	
2445.50	0.00	0.60	
2446.10	0.01	0.55	0.3
2446.20	0.01	0.50	0.5
2445.70	0.00	0.45	
2445.70	0.00	0.40	
2445.60	0.00	0.38	
2446.10	0.11	0.30	5.3
2446.40	0.12	0.28	6.0
2446.00	0.00	0.20	
	0.03	1.05	29.2

А - показания интроскопа, кгц; Rн - относительное раскрытие трещин; L - расстояние по длине шпура, м; Тр - суммарное раскрытие трещин на измеряемом интервале шпура, мм.

- статистическую обработку шахтных измерений и выделение однородных и нарушенных участков массива по длине штура;

- расчет параметров отдельных трещин (величины раскрытия, расстояния между ними) или коэффициента трещиноватости на исследуемом участке;

- построение общей картины распределения трещиноватости вокруг выработки на основе анализа результатов расчетов по всем измерительным штурам (см. табл. 1).

Сравнительная оценка технологичности применения данного метода измерения и широко применяемого метода глубинных реперов показала снижение трудоемкости и времени измерений в 3...5 раза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе решена актуальная научная задача по разработке электроемкостного метода измерения трещиноватости массива горных пород на основе регистрации изменения (в пространстве и времени) его электромагнитных свойств, в том числе и диэлектрической проницаемости, вблизи выработки при их проведении и эксплуатации.

Основные научные и практические результаты работы заключаются в следующем:

1. На основании аналитических и экспериментальных исследований показано, что диэлектрическая проницаемость массива пород, окружающих горную выработку, является достаточно информативным физическим параметром, комплексно отражающим пространственную и временную изменчивость его неоднородности (трещиноватости). Введен показатель неоднородности массива, зависящий от изменения свойств окружающих пород, определяемый по зависимости (10). Абсолютное значение этого показателя характеризует величину трещиноватости (раскрытия трещин) массива, а знак числителя позволяет идентифицировать заполнитель трещины (воздух, вода), при измерении прибором с ЗП.

2. Установлена зависимость показателя неоднородности при переходе датчика через границу между средами с разными величинами физического параметра, например, диэлектрической проницаемости, в виде гиперболического тангенса с расстоянием между асимптотами равным единице. Угол наклона касательной к этой кривой в точке перегиба характеризует конструктивные параметры датчика и равен обратному значению эффективной длины датчика. Последняя является

масштабным коэффициентом, позволяющим перейти от относительного показателя неоднородности к ее абсолютным размерам.

3. Разработана математическая модель, описывающая изменение показаний интроскопа при перемещении датчика по шпуре, пробуренному в слоистом или трещиноватом массиве. Установлено влияние величин раскрытия трещины, эксцентриситета датчика в шпуре, зазора между датчиком и шпуром, эффективной длины датчика на эти показатели.

4. Установлена линейная зависимость между изменением величины раскрытия трещины (или суммарного раскрытия нескольких трещин) и изменением показателя неоднородности.

5. Разработан прибор, - электроемкостный индуктивный интроскоп (ИНСЭ), - для измерения неоднородности массива горных пород через шпур, пробуренные в исследуемый участок массива. Прибор включает в себя: блок измерения и датчик, состоящий из измерительного генератора и первичного электроемкостного преобразователя. Использование интроскопа дает возможность оперативно определить границу и размеры области неупругого деформирования и разрушения пород. Он может успешно применяться для контроля качества инъекционных работ и оценки устойчивости горных выработок.

6. Разработаны методики проведения замеров для решения различных задач горного производства (определение неоднородности массива, измерение области трещиноватости и расчет параметров отдельных трещин, контроль качества скрытых работ, контроль за изменением параметров инъекционных растворов и др.).

Составлены программы расчета для ЭВМ, позволяющие использовать электроемкостный метод инженерно-техническим работникам шахт.

7. Прибор и электроемкостный метод измерения неоднородности массива горных пород предназначены для определения качества ведения работ при возведении породобетонной крепи, контроля скрытых работ, измерения зон трещиноватости, определения коэффициента трещиноватости и применены на шахтах ПО "Дуганскуголь" и "Краснодонуголь".

Основные положения диссертации опубликованы в работах:

1. Литвинский Г.Р., Касьянов В.А. Измерение структурных неоднородностей массива при сооружении выработок // Технология, механизация и организация строительства горных выработок: Межвуз.

об. науч. тр. /Редкол.: А.И.Петров (отв. ред.) и др.: Кузбас. политехн. ин-т. -Кемерово, 1989. -С.100-107.

2. Касьянов В.А. Исследование трещиноватости пород электроемкостным датчиком// Технологии, механизация и автоматизация горных работ: Сб. науч. тр. /Редкол.: В.Д.Ирклиевский (отв. ред.) и др. -Киев: УМК ВО, 1988. -С.37-39.

3. Касьянов В.А. Лабораторные исследования электроемкостного датчика// Проблемы разработки угольных пластов Донбасса: Сб. науч. тр. /Редкол.: В.Д.Ирклиевский (отв. ред.) и др. -Киев: УМК ВО, 1991. -С.88-93.

4. Литвинский Г.Г., Касьянов В.А. Теория измерения в массиве неоднородностей типа трещины// Строительство шахт, механика и разрушение горных пород: Сб. науч. тр. /Редкол.: В.А. Давиденко (отв. ред.) и др. -Алчевск: АТЗТ "Максим-полипринт", 1996. -С. 120-126.

5. А.с. 1376754 СССР. Скважинный интроскоп горных пород /Касьянов В.А., Литвинский Г.Г. (СССР). -N 4024977; Заявлено 11.02.86.

6. А.с. 1451272 СССР, МКИ Е 21 С 39/00. Устройство для определения трещиноватости горных пород /Литвинский Г.Г., Касьянов В.А., Куленич Б.И. (СССР); Коммунарский горно-металлургический ин-т (СССР). -N 4165650/22-03; Заявлено 18.12.86; Опубл. 15.01.89, бюл. N2.

7. А.с. 1453351 СССР, МКИ G 01 V 3/06. Радиоволновой интроскоп массива горных пород /Литвинский Г.Г., Касьянов В.А. (СССР); Коммунарский горно-металлургический ин-т (СССР). -N 4198597/31-25; Заявлено 24.02.87; Опубл. 23.01.89, бюл. N3.

8. А.с. 1631482 СССР, МКИ G 01 V 3/06. Электроемкостный зонд /Литвинский Г.Г., Касьянов В.А. (СССР); Коммунарский горно-металлургический ин-т (СССР). -N 4478943/25; Заявлено 2.09.88; Опубл. 28.02.91, Бюл. N8.

9. А.с. 1794253 СССР, МКИ G 01 V 3/18. Способ определения неоднородностей массива горных пород /Литвинский Г.Г., Касьянов В.А. (СССР); Коммунарский горно-металлургический ин-т (СССР). -N 4790255/25; Заявлено 8.02.90; Опубл. 7.02.93, бюл. N5.

А Н О Т А Ц І Я

Касьянов Володимир Олексійович. Дослідження та розробка електроємнісного методу вимірювання тріщинуватості порід навколо гірничих виробок.

Дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук за спеціальностями 05.15.02 "Підземна розробка родовищ корисних копалин" та 05.15.11 "Фізичні процеси гірничого виробництва", Донбаський гірсько-металургійний інститут, Алчевськ, 1997.

Захищається дисертаційна робота, в якій дано нове рішення актуальної наукової задачі по дослідженню та розробці електроємнісного методу вимірювання тріщинуватості порід навколо гірничих виробок, заснованого на реєстрації його електромагнітних властивостей поблизу гірничої виробки. Приведені методики вимірювання та розрахунку тріщинуватості порід, конструкції приладів для контролю неоднорідності гірського масиву.

A N N O T A T I O N

Vladimir A. Kasyanov,

Research and development of a electrical and magnetic method of measurement of parameters of cracks a rock massiv around underground openings.

The thesis of the dissertation on a scientific degree of the candidate of technical sciences on a speciality 05.15.02 " Underground development of deposits of useful mineral " and 05.15.11 " Physical processes of mining manufacture " Donbas Mining and Metallurgical institute, Alchevsk, 1997. By the purpose of the dissertation there is research and development of a electrical and magnetic method of measurement of parameters of cracks of a rock massiv around underground openings.

The author of the dissertation has given the new decision of a urgent scientific problem on research and development of a new method of measurement unhomogeneous rock massive, has proven reliability of results of research by laboratory and mines experiments.

Ключові слова: тріщинуватість, неоднорідність, масив, гірнича виробка, породи, електроємнісний метод.

435403

АВ 37.058

Заказ № 216 , тираж 100 экз.
Дата 10.02.97 г., ротопринт ДГММ