
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ямииков В.С. Контроль процессов горного производства Учебник для ВУЗов. – М.: Недра, 1989.
2. Рогинский В.М. Проведение горно-разведочных выработок. Учебник для ВУЗов. – М.: Недра, 1987.
3. Курленя М.В., Миренков В.Е. Методы расчета подземных сооружений. – Новосибирск: Наука, 1986.
4. Молев М.Д. Геофизическое прогнозирование горно-геологических условий подземной разработки угольных пластов. Новочеркасск: ЮРГТУ, 2000.
5. ГОСТ 21153.0-75 - Породы горные. Отбор проб и общие требования к методам физических испытаний.
6. Загорский Л.С., Шкуратник В.Л., Пустовойтова Н.А. Повышение информативности резонансного акустического метода определения свойств массива горных пород. ФТПРПИ, № 4, Новосибирск, Сибирское отделение РАН, 2004.

Коротко об авторах

Пустовойтова Наталья Александровна – ведущий инженер, ОАО «Проектно-изыскательский институт транспортного строительства МОСГИПРОТРАНС», г. Москва.



© В.Ю. Дагаев, 2005

УДК 622.831

В.Ю. Дагаев

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК ЕМКОСТНОГО ЗОНДА
ДЛЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
СОСТОЯНИЯ МАССИВА В ОКРЕСТНОСТИ
ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК**

Семинар № 2

При проведении исследований состояния массива в горнотехнологических процессах возникает задача достаточно точного определения координат мерительного инструмента, погруженного в скважину. Сложность задачи заключается в необходимости проведения указанных измерений достаточно оперативно в реальных условиях шахты или другой подземной выработки.

Указанная задача обычно решается путем ручного или автоматического подсчета количества определенных меток, предварительно на-

несенных на подающую штангу, проходящих через горловину шпура в процессе погружения.

Более эффективным представляется путь прямого измерения глубины погружения инструмента в шпур с помощью емкостных методов уровнеметрии. Подобный глубиномер должен измерять электрическую емкость между металлической подающей штангой и стенками шпура.

Основными источниками погрешностей рассматриваемого метода следует считать широкий диапазон электрофизических характеристик массива, формирующего стенки шпура, и

возможные изгибы подающей штанги, приводящие к несоосности шпура и штанги. Первая проблема устраняется применением достаточно тонких подающих штанг [1] или начальной калибровкой. Вторую проблему рассмотрим подробно.

Электрическая емкость цилиндрического конденсатора с учетом несоосности определяется выражением [2]:

$$C(a, R1, R2, L) := \frac{1}{2} \cdot \left(\operatorname{acosh} \left(\frac{R1^2 + R2^2 - a^2}{2 \cdot R1 \cdot R2} \right) \right)^{-1} \cdot L$$

где R1 - радиус шпура; R2 - радиус штанги; а - расстояние между осями шпура и штанги (а < R1 -

Рис. 3. Зависимость чувствительности измерительной системы к величине радиуса подающей штанги

R2); L - глубина погружения штанги в шпур.

Зависимость емкости цилиндрического конденсатора от величины несоосности показана на рис. 1.

Как следует из графика, емкость исследуемого конденсатора резко нарастает по мере приближения поверхности штанги достаточно близко к стенке шпура. При несоосностях менее 50 %, эта зависимость довольно слабая.

С целью более подробного исследования задачи составим функцию Q(a, R1, R2, L) как отношение относительной чувствительности к изменению величины несоосности (паразитный сигнал) к относительной чувствительности к

изменениям информационного параметра - глубины погружения штанги в шпур.

Чувствительности измерительной системы к изменениям какого - либо параметра определяются соответствующими производными:

$$\frac{d}{da}(a, R1, R2, L) \rightarrow \frac{4}{a \cosh \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{R1^2 + R2^2 - a^2}{R1 R2} \right)^2} L^2 \times$$

$$\times \frac{a}{R1 R2 \left(2 \frac{R1^2 + R2^2 - a^2}{R1 R2} - 4 \right)^{\frac{1}{2}} \left(2 \frac{R1^2 + R2^2 - a^2}{R1 R2} + 4 \right)^{\frac{1}{2}}}$$

$$\frac{d}{dL} C(a, R1, R2, L) \rightarrow \frac{1}{2a \cosh \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{R1^2 + R2^2 - a^2}{R1 R2} \right)^2}$$

тогда:

$$Q(a, R1, R2, L) := \frac{\frac{d}{da} C(a, R1, R2, L)}{\frac{d}{dL} C(a, R1, R2, L)} \cdot \frac{R1}{L}$$

Рис. 1. Зависимость емкости "стенки шпура - поверхность штанги" от величины несоосности. Конструктивные размеры в мм:

R1 := 21 L := 100 R2 := 8

a := 0, 0.1.. [(R1 - R2) - 1]

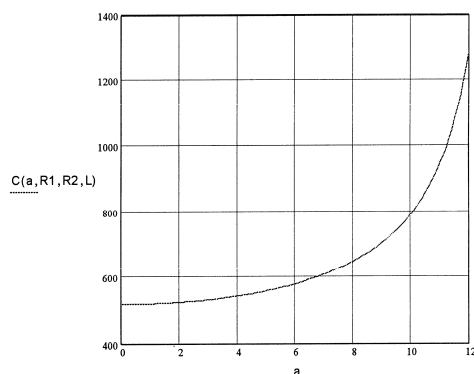
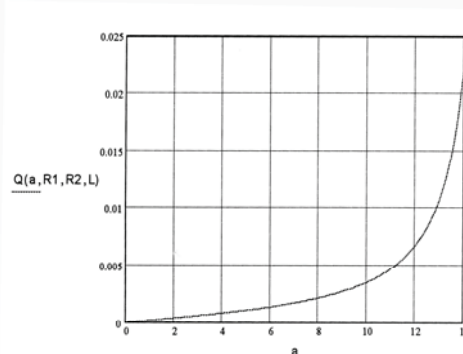


Рис. 2. Зависимость отношения паразитного параметра к информационному в функции величины несоосности: R1 := 21 R2 := 6

L := 1 a := 0, 0.1.. [(R1 - R2) - 1]



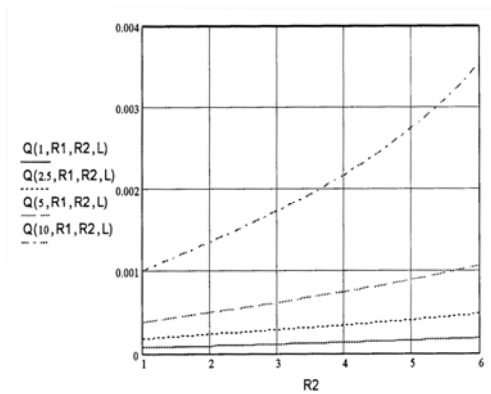
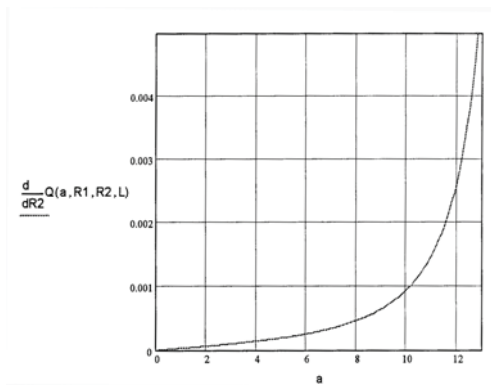


Рис. 4. Зависимость относительной погрешности измерения глубины погружения подающей штанги в шпур в функции радиуса штанги при четырех значениях несоосности 1, 2,5, 5, 10 мм: $R1 := 21$ $R2 := 1, 1.1.. 6$

$$Q(a, R1, R2, L) \rightarrow \frac{4}{a \cosh\left(\frac{1}{2} \cdot \frac{R1^2 + R2^2 - a^2}{R1R2}\right)} L^2 \times$$

$$\times \frac{a}{R1^2 R2 \left(2 \frac{R1^2 + R2^2 - a^2}{R1R2} - 4\right)^{\frac{1}{2}} \left(2 \frac{R1^2 + R2^2 - a^2}{R1R2} + 4\right)^{\frac{1}{2}}}$$

График полученной функции в указанном ниже диапазоне изменений величины несоосности показан на рис. 2.

Из графика следует, что погрешность от смещения оси подающей штанги в заданных условиях остается менее 0.5% вплоть до величины смещений до 80% от радиуса шпура.

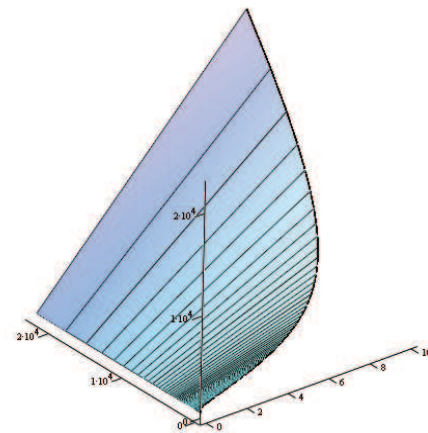


Рис. 5. Зависимость величины функции Q от величины несоосности и радиуса подающей штанги в трехмерном виде

Указанная погрешность значительно нарастает в непосредственной близости поверхности штанги от стенки шпура. Для исключения этого явления целесообразно покрыть подающую штангу полимерным материалом, толщиной порядка 1–2 мм, как это было предложено в [1].

Представляет значительный интерес оценка требований к основному конструктивному параметру - радиусу подающей штанги. Составим функцию чувствительности измерительной системы к вариациям радиуса подающей штанги, вычислив соответствующую производную. График полученной функции показан на рис. 3.

Из анализа графика следует, что величина радиуса штанги существенна лишь при больших отклонениях оси штанги от оси шпура.

Исследуем подробнее зависимость функции качества измерительной системы от радиуса подающей штанги, приняв его за независимую переменную. Соответствующий график для четырех значений величины несоосности показан на рис. 4.

На рис. 5 показана зависимость величины Q от радиуса подающей штанги $R2$ и величины несоосности a в трехмерном виде.

Из приведенных графиков следует, что при малых значениях величины несоосности, качество системы практически не зависит от радиуса подающей штанги. Величина радиуса подающей штанги становится существенной лишь при значительных отклонениях оси штанги от оси шпура. Однако и в этих услови-

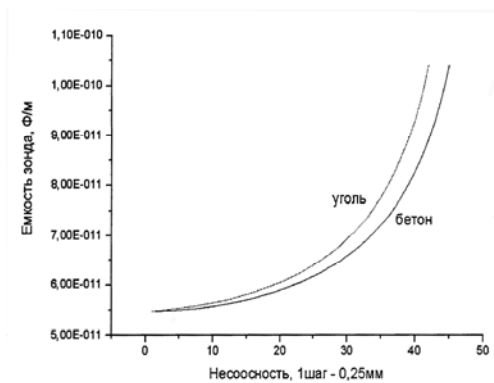


Рис. 6. Зависимости емкости «штанга – стенки шпура» от величины несоосности для двух сред для штанги, имеющей диэлектрическое покрытие

ях эта зависимость достаточно слабая и ей можно пренебречь. Другими словами, радиус штанги следует выбирать из других соображений, например, из соображений механической прочности.

С целью количественных оценок погрешностей исследуемого метода было проведено моделирование измерительной системы средствами программы "ELCUT".

Радиус шпура принимался равным 21 мм, радиус подающей штанги - 9,5 мм по покрытию, толщина покрытия - 1 мм, его диэлектрическая проницаемость - 3. График расчетного значения электрической емкости штанги относительно стенок шпура в зависимости от величины несоосности для мас-

сива с диэлектрическими характеристиками угля и бетона представлен на рис. 6

Из результатов моделирования следует:

Величина емкости штанги в этих условиях составляет величину 60,5 пФ/м.

Емкость штанги при ее касании стенки шпура по всей длине составляет 123 пФ/м. Относительная погрешность, связанная с плотным прилеганием штанги к стенке шпура по всей длине, - порядка 50 %. Погрешность порядка 1 % возникает при длине участка касания около 15 см.

При проведении скважинных измерений емкостным методом следует учитывать наличие соединительного кабеля в шпуре, как правило, располагающегося рядом с подающей штангой. Учет наличия в шпуре кабеля с заземленным экраном, диаметром 6 мм приводит к увеличению емкости штанги на 5 пФ/м, что создает дополнительную погрешность около 10 %, однако эта погрешность устраняется путем начальной калибровки измерительной системы, или размещением кабеля во внутренней полости штанги.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кративин А.М. Автоматизированный контроль и управление уровнем жидких и сыпучих материалов на основе диэлькометрического метода измерения. Кандидатская диссертация. МГТУ, 2003.
2. Батыгин В.В., Топтыгин И.Н. Сборник задач по электродинамике. - М. Наука 1976.

Коротко об авторах

Дагаев Ю.В. – аспирант, кафедра «Физико-технический контроль процессов горного производства», Московский государственный горный университет.



© А.Ю. Бауков, С.В. Павлов,
2005