

**МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ОЧАГА СЕЙСМОСОБЫТИЯ  
СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ШАХТНЫХ ПОЛЕЙ**

**Гармашов Я. В., Алекминский С. Ю.**

**Научный руководитель – к. т. н., доцент Непомнящий О. В.**

***Сибирский федеральный университет***

**Введение**

В настоящее время в горнодобывающей промышленности для решения различных задач по исследованию состояния горного массива широкое применение нашли сейсмоакустические методы. Слабым местом их является отсутствие теоретических и практических разработок по определению местоположения сейсмоакустических источников в момент приема и регистрации упругих колебаний.

Точность прогнозирования удароопасных ситуаций в шахтах при непрерывном контроле сейсмоакустической активности может быть значительно повышена, если, будет произведен не только количественный учет сейсмоакустических сигналов в отрабатываемом пласте за единицу времени, но также определены координаты источников зарегистрированных сигналов. При этом представляется реальная возможность для определения местоположения прогнозируемого внезапного выброса, что сулит большой социальный и экономический эффект.

При бурении глубоких скважин буровой инструмент является источником сейсмоакустических сигналов, регистрация этих сигналов позволит определить координаты забоя скважины и осуществлять процесс бурения по заданной программе без периодической выемки бурового инструмента из скважины.

Поскольку промышленный взрыв является сейсмоакустическим источником, то имеется реальная возможность из множества взорванных зарядов определить местоположение невзорвавшихся зарядов (отказов). В случае ведения взрывных работ в окрестности городов, рабочих поселков и под ними, возникает вопрос контроля допустимой мощности взрыва и его местоположения.

Шахтеры, попавшие при обрушениях и выбросах в завал, сообщают о своем местонахождении с помощью ударов твердым предметом по обнаженной поверхности горного массива. Определение координат этого источника позволит оказать шахтерам своевременную помощь.

**Структурная схема и общий принцип работы системы мониторинга шахтных полей**

Подземная телеметрическая сеть наблюдения осуществляет регистрацию микросейсмических и сейсмоакустических явлений, возникающих в контролируемых участках массивов горных пород шахтных полей и обеспечивает непрерывную передачу сейсмоинформации по кабельным линиям связи на поверхностный пункт сбора. Поверхностный пункт наблюдения обеспечивает регистрацию внешних сейсмических воздействий и телеметрическую передачу сейсмосигналов на пункт сбора.

Пункт сбора производит сбор поступающей телеметрической информации, распознавание сейсмоявлений на фоне технологических шумов и накопление файлов сейсмосигналов динамических и сейсмических явлений.

На сейсмостанции с помощью ПЭВМ, сервера сейсмостанции и соответствующего программного обеспечения организовано автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора – интерпретатора, где производится автоматизированная обработка зарегистрированных на Шерегешевском месторождении файлов сейсмособытий, с оп-

ределением координат и энергий произошедших с/явлений, построение карт с/явлений и карт микросейсмической и сейсмоакустической активности шахтных полей, другие виды обработки и интерпретации с/сигналов (спектральный анализ, построение гистограмм и др.) а также производится управление режимами работы аппаратуры, установленной на пункте сбора.

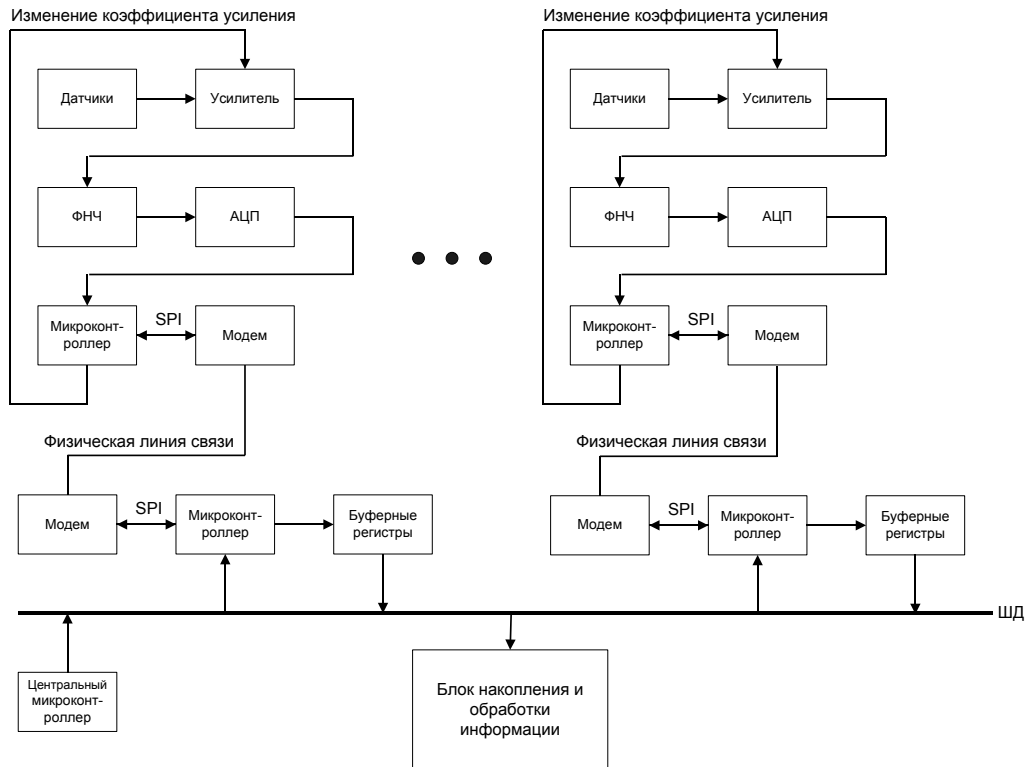


Рис. 1. Структурная схема системы мониторинга шахтных полей

### Определение координат очага сейсмособытия

При расчете координат очага сейсмособытий используется расчет SPAM (Seven point approximate method). Определение координат выполняется методом «Семи точек». Это метод последовательных приближений и заключается в следующем:

1. За нулевое приближение принимаются координаты ближайшего к гипоцентру пункта наблюдения ( $X_0, Y_0, Z_0$ ), рассчитывают базовую ошибку (погрешность приближения) по следующей последовательности формул:

$$\begin{aligned} \Delta t_{i,j} &= t_{i,j} - t_{0,j} \\ t_{i,j} &= D_{i,j} / V_B \\ D_{i,j} &= \sqrt{(X_i - X_j)^2 + (Y_i - Y_j)^2 + (Z_i - Z_j)^2} \\ Q_j &= \frac{1}{n-1} \sqrt{\sum (\Delta \Delta_i - \Delta t_{i,j})^2} \end{aligned}$$

где

$\Delta t_{i,j}$  – рассчитанная задержка прихода сейсмволны от  $j$ -го вычисленного источника до  $i$ -того приемника относительно прихода сейсмволны от того же  $j$ -го вычисленного источника до ближайшего к нему сейсмоприемника ( $i=0$ );

$t_{i,j}$  – рассчитанное время прихода сейсмволны от  $j$ -го вычисленного источника до  $i$ -го приемника;

$t_{0,j}$  – рассчитанное время прихода сейсмволны от  $j$ -го вычисленного источника до ближайшему к нему приемника ( $i=0$ );

$D_{i,j}$  – рассчитанное расстояние между  $j$ -м вычисленным источником и  $i$ -м приемником;

$V_B$  – скорость продольных сейсмических волн;

$X_i, Y_i, Z_i$  – координаты  $i$ -го приемника;

$X_j, Y_j, Z_j$  – координаты  $j$ -го вычисленного источника;

$\Delta T_i$  – фактическая задержка прихода сейсмволны от  $j$ -го вычисленного источника до  $i$ -го приемника относительно прихода сейсмволны от того же  $j$ -го вычисленного источника до ближайшего к нему сейсмоприемника ( $i=0$ );

$n$  – количество сейсмоприемников;

$Q_j$  – погрешность приближения для  $j$ -го вычисленного источника.

Параметры формул представлены на рисунке 2.

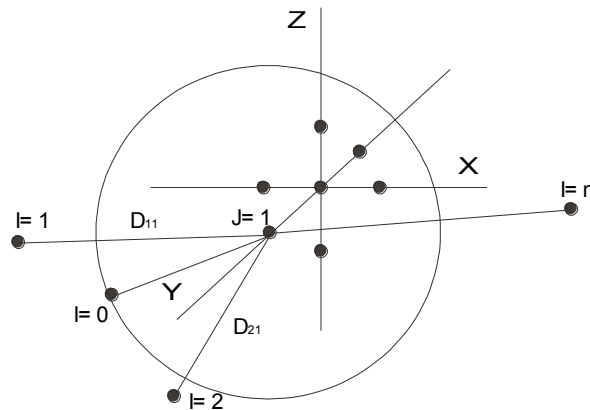


Рис. 2. Параметры формул

2. Относительно нулевого приближения производят вычисления шести пробных точек с определением координат (рис. 3) и считают погрешность приближения:

$X_{\delta-\delta}, Y_{\delta}, Z_{\delta}; X_{\delta+\delta}, Y_{\delta}, Z_{\delta}; X_{\delta}, Y_{\delta-\delta}, Z_{\delta}; X_{\delta}, Y_{\delta+\delta}, Z_{\delta}; X_{\delta}, Y_{\delta}, Z_{\delta-\delta}; X_{\delta}, Y_{\delta}, Z_{\delta+\delta};$

где  $\delta = \frac{\text{шаг расчёта}}{2}$

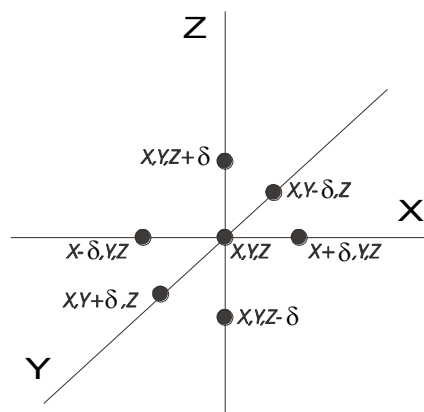


Рис. 3. Определение координат

3. Если минимальной является базовая ошибка, то уменьшают шаг расчёта в 2 раза, базовая точка остается прежней, повторяется шаг 2 (рис. 4).

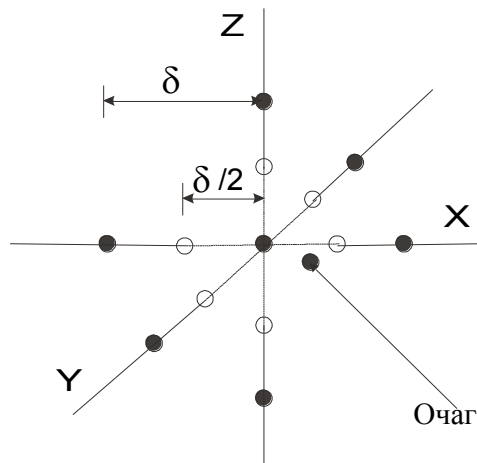


Рис. 4. Уменьшение шага расчёта

4. Если погрешность приближения в одной из точек меньше базовой то данная точка – новая базовая, повторяется шаг 2 (рис. 5).

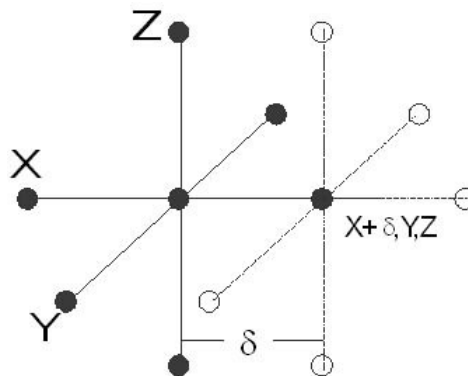


Рис. 5. Выбор Новой базовой точки

5. Если погрешность приближения при нескольких циклах становится меньше заданной минимальной погрешности приближения, то вычисления останавливаются и выбирается датчик ошибка на котором максимальна.

6. Если ошибка на выбранном датчике больше заданной минимальной погрешности, то датчик удаляется из расчёта и расчёт повторяется с шага 1 до тех пор пока не останется 5 датчиков или максимальная погрешность приближения на выбранном датчике будет меньше заданной минимальной погрешности приближения.

7. Если максимальная погрешность приближения на выбранном датчике меньше заданной минимальной погрешности приближения вычисления останавливаются и фиксируются координаты  $X, Y, Z$ .

#### Заключение

Создание и применение перспективных методов расчета параметров для автоматизированных систем удароопасности мониторинга шахтных полей, обеспечит значительное снижение количества чрезвычайных ситуаций, вызываемых техногенными и природными факторами и, как следствие, сокращение материального ущерба, сохранение здоровья и жизней работников.