

## ПРИМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМОВ ОТРАБОТАННЫХ КАМЕР ШАХТ И ДРУГИХ ПУСТОТ ГОРНЫХ МАССИВОВ

*А.В.Третьяк, Е.В.Городецкая, Национальный горный университет, Украина*

Приведены способы маркшейдерских съёмок объектов. В данной работе новый способ вычисления объёма камеры по изменению химического состава рудничной атмосферы

Добыча полезных ископаемых подземным способом всегда сопровождается образованием пустот. В горных массивах, составленных слабыми породами, как правило, находятся пластовые месторождения, что предопределяет особые способы подготовки шахтного поля и добычи полезных ископаемых. Если же месторождение имеет магматическое происхождение, то горный массив имеет значительную крепость, что позволяет осуществлять добычу другими способами. Один из наиболее продуктивных способов добычи рудных полезных ископаемых является камерный способ. Он состоит в том, что участок рудной жилы с промышленным содержанием полезного компонента оконтуривается со всех сторон в пространстве подэтажными выработками. Если полезное ископаемое имеет значительную крепость  $f$  по шкале проф. Протодяконова М. М. (от 6 и выше), добыча производится, как правило, буровзрывным способом. Ярким примером может служить добыча железной руды на шахтах Кривого Рога. В результате применения этого способа добычи, в горном массиве возникают большие пустоты. Съёмка таких пустот является одной из задач маркшейдерской службы шахты. Необходимость маркшейдерской съёмки обусловлена несколькими производственными задачами:

- установление истинного объёма пустоты с целью прогноза и управления влиянием горных работ на земную поверхность, а также на геодинамическое состояние горного массива;
- контроль качества и эффективности выполнения добычных работ, а также контроль эффективности эксплуатации месторождения;
- маркшейдерский контроль оперативного учёта добычи полезного ископаемого.

Несмотря на то, что добыча рудных полезных ископаемых производится на территории Украины значительно более 100 лет, вопрос качества маркшейдерской съёмки подземных камер и пустот по-прежнему остаётся актуальным. Связано это, прежде всего, непосредственно с технологией добычи. В результате выполнения буровзрывных работ, образовавшиеся камеры представляют собой зону повышенной опасности. Значительная высота камер (до 60...80 м) никоим образом не позволяют осуществить полный осмотр контура обнажения пород, а тем более – выполнить оборку сколов и нависающих обломков пород. В результате этого сами камеры являются такими участками шахты, в которые запрещено заходить персоналу шахты. При этом задача качественного определения объёма пустот не снимается с маркшейдерской службы.

Существует множество способов маркшейдерских съёмок указанных объектов. Например, съёмка тахеометрическим способом. При этом предусмотрено применение специальных тахеометров типа Д1м. Однако область применения этого способа ограничена максимальной длиной измеряемых расстояний (до 60 м), ограниченным углом наклона линии визирования, а также необходимостью присутствия персонала непосредственно на границе опасной зоны. Кроме тахеометрического способа маркшейдерской съёмки камер и пустот были предложены и применены на практике более сложные – физические методы. Среди них – фотограмметрический, телеметрический, звуколокационный, радиолокационный. Все эти способы требуют нахождения приборов непосредственно в камере, что приводит либо к необходимости работы персонала шахты практически в опасной зоне, либо к дорогостоящему бурению скважины для каждой камеры, что не всегда является физически возможным.

В связи с изложенным, следует вывод об актуальности разработки маркшейдерских способов определения объёмов подземных камер и пустот с достаточной точностью. В данной работе предлагается новый способ. Суть его заключается в том, чтобы вычислить объём ка-

меры по изменению химического состава рудничной атмосферы. Такая работа должна выполняться в несколько этапов.

Этап 1. Обследование камеры. На этом этапе необходимо изучить документацию, в которой указана проектная и фактическая характеристика добычной камеры, результаты выполнения проходческих и буровзрывных работ. При наличии доступа к камере в подготовительных подэтажных выработках, выполнить осмотр и, при необходимости, установить воздушные перемычки на границе камеры.

Этап 2. Подготовка места отбора проб рудничной атмосферы. На этом этапе в наиболее удобном и безопасном месте у нижней границы камеры необходимо установить герметичную перемычку, в которой монтируется клапан для подачи газа и для введения в камеру зонда заборника проб.

Этап 3. Первичный отбор проб рудничной атмосферы. Необходимо подготовить сосуд для отбора пробы, ввести через клапан зонд заборника проб и закачать в сосуд небольшой объем рудничной атмосферы, находящейся в камере.

Этап 4. Принудительное изменение состава рудничной атмосферы в камере. Необходимо доставить к перемычке с клапаном баллон со сжатым инертным газом (например, с азотом), с применением редуктора и счётчика объёма поданного газа ввести этот газ через клапан в камеру. При необходимости – увеличить подаваемый объём газа.

Этап 5. Вторичный отбор проб рудничной атмосферы. Перед этим этапом необходимо дождаться диффузирования поданного газа в объёме камеры до усреднения состава рудничной атмосферы. После этого выполнить те же операции, которые описаны в этапе 3.

Следует подчеркнуть, что для ускорения процесса усреднения состава рудничной атмосферы в камере возможно применение для кратковременного включения вентилятора местного проветривания.

После каждого отбора проб сосуда с рудничной атмосферой необходимо доставить в лабораторию для определения процентного содержания контрольного газа. В данной работе было рассмотрено применение инертного газа азота, который не влияет на безопасность рудничной атмосферы для персонала шахты.

После получения из лаборатории результатов измерения процентного содержания контрольного газа, можно вычислить фактический объём камеры. Для этого вычисляется разность процентного содержания контрольного газа в первичной пробе  $P_1, \%$  и во вторичной пробе  $P_2, \%$ :

$$\Delta P = P_2 - P_1 \quad (1)$$

При этом дополнительный объём поданного в камеру контрольного газа  $\Delta V$  равен разности показаний счётчика газа до начала и по окончании подачи газа из баллонов. Учитывая то, что дополнительный объём контрольного газа  $\Delta V$  дал изменение процентного содержания этого газа на величину  $\Delta N$ , тогда общий объём камеры вычисляется по формуле:

$$V = \frac{\Delta V}{\Delta P} * 100 \% \quad (2)$$

Очевидно, что точность определения объёма камеры или другой пустоты в горном массиве зависит от нескольких показателей:

- количество подаваемого дополнительного объёма контрольного газа  $\Delta V$ ;
- погрешность измерения подаваемого дополнительного объёма контрольного газа  $m_{\Delta V}$ ;
- погрешность определения процентного содержания контрольного газа в первичном и вторичном отборе проб  $m_{P1}$  и  $m_{P2}$ ;
- качество усреднения содержания контрольного газа в рудничной атмосфере.

Главным критерием подбора методики выполнения описанных измерений и выбора необходимого для этого оборудования является погрешность определения объёма камеры. Согласно нормативным требованиям, при выполнении маркшейдерских работ по определению объёмов добычи, максимальная точность этих работ составляет  $\pm 2\%$  от общего объёма. Если совокупное влияние всех перечисленных источников погрешностей даст результат опреде-

ления объёма камеры не более этого значения, то предложенный способ можно считать допустимым к использованию на производстве.

Учитывая, что погрешность измерения подаваемого дополнительного объёма контрольного газа  $m_{\Delta V}$  зависит от используемого при его подаче и измерении счётчика, есть возможность максимально уменьшить данную погрешность путём подбора наиболее точного типа газового счётчика.

Погрешность определения процентного содержания контрольного газа в первичном и вторичном отборе проб  $m_{P1}$  и  $m_{P2}$  также зависит от точности способа определения содержания выбранного газа, и, соответственно, от точности применяемого при этом лабораторного оборудования.

Качество усреднения содержания контрольного газа в рудничной атмосфере зависит от нескольких факторов:

- от скорости естественной диффузии;
- от использования или не использования принудительного перемешивания;
- от продолжительности принудительного перемешивания в случае его применения;
- от степени герметизации камеры;
- от правильного выбора сроков отбора вторичных проб рудничной атмосферы.

Последний фактор, по сути, является результирующим и зависящим от предыдущих факторов, и должен быть определён экспериментальным путём в конкретных производственных условиях. Для оценки точности предложенного способа определения объёмов камер и других подземных пустот, формула (2), с учётом формулы (1), записывается в виде:

$$V = \frac{\Delta V}{P_2 - P_1} * 100\% \quad (3)$$

Тогда погрешность определения объёма  $m_V$  может быть выражена в виде:

$$m_V^2 = \left( \frac{\partial V}{\partial \Delta V} \right)^2 * m_{\Delta V}^2 + \left( \frac{\partial V}{\partial P_1} \right)^2 * m_{P1}^2 + \left( \frac{\partial V}{\partial P_2} \right)^2 * m_{P2}^2 \quad (4)$$

Погрешности  $m_{\Delta V}$ ,  $m_{P1}$  и  $m_{P2}$  зависят от применяемого оборудования. При этом  $m_{P1}$  и  $m_{P2}$  равны между собой, так как анализ процентного содержания контрольного газа в рудничной атмосфере выполняется на одном и том же оборудовании и в первичном, и во вторичном отборе проб. Тогда формула (4) принимает вид:

$$m_V^2 = \left( \frac{\partial V}{\partial \Delta V} \right)^2 * m_{\Delta V}^2 + 2 * \left( \frac{\partial V}{\partial P} \right)^2 * m_P^2 \quad (5)$$

Взяв частные производные и подставив их в формулу (5), получена формула вычисления погрешности  $m_V$ :

$$m_V^2 = \left( \frac{m_{\Delta V}}{\Delta P} \right)^2 + 2 * \left( \frac{\Delta V}{\Delta P^2} \right)^2 * m_P^2 \quad (6)$$

На основании формулы (6) построены графики, отображающие зависимости погрешности определения объёма камеры от различных влияющих факторов (рисунки 1, 2, 3).

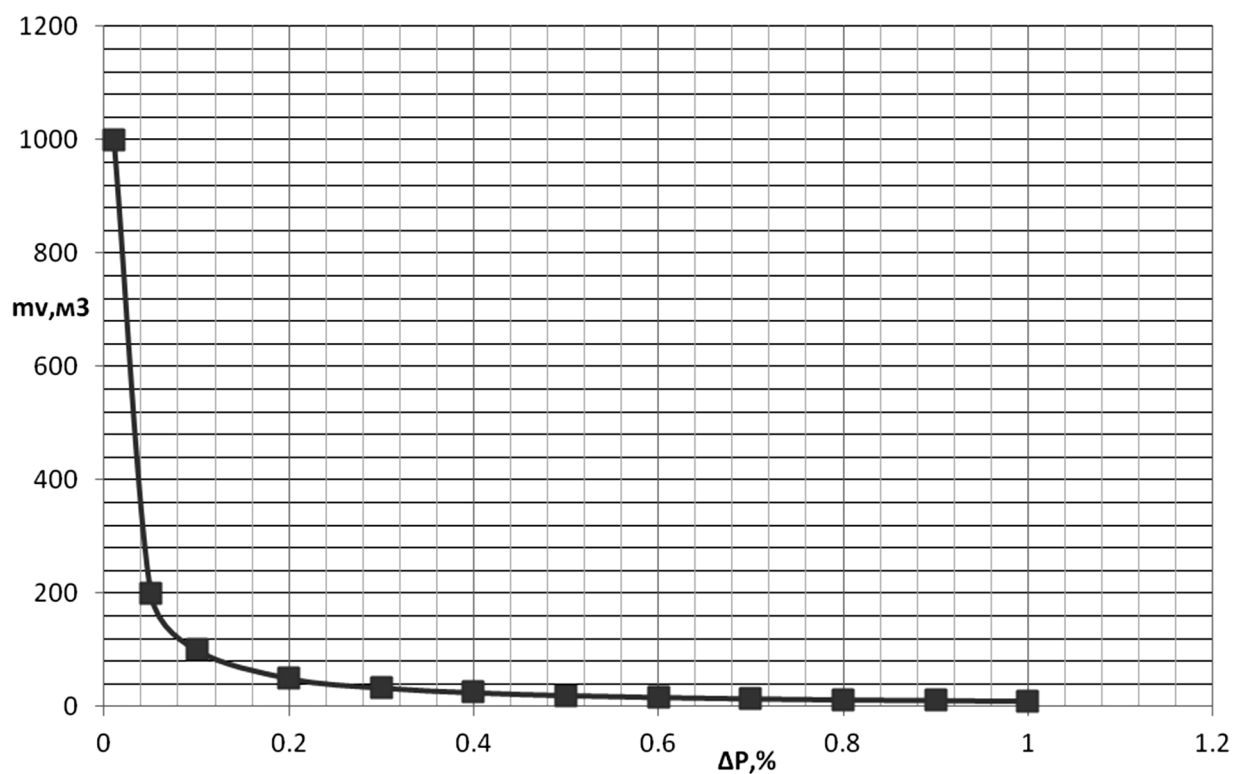


Рисунок 1. Зависимость абсолютной погрешности определения объёма от величины изменения процентного содержания газа.

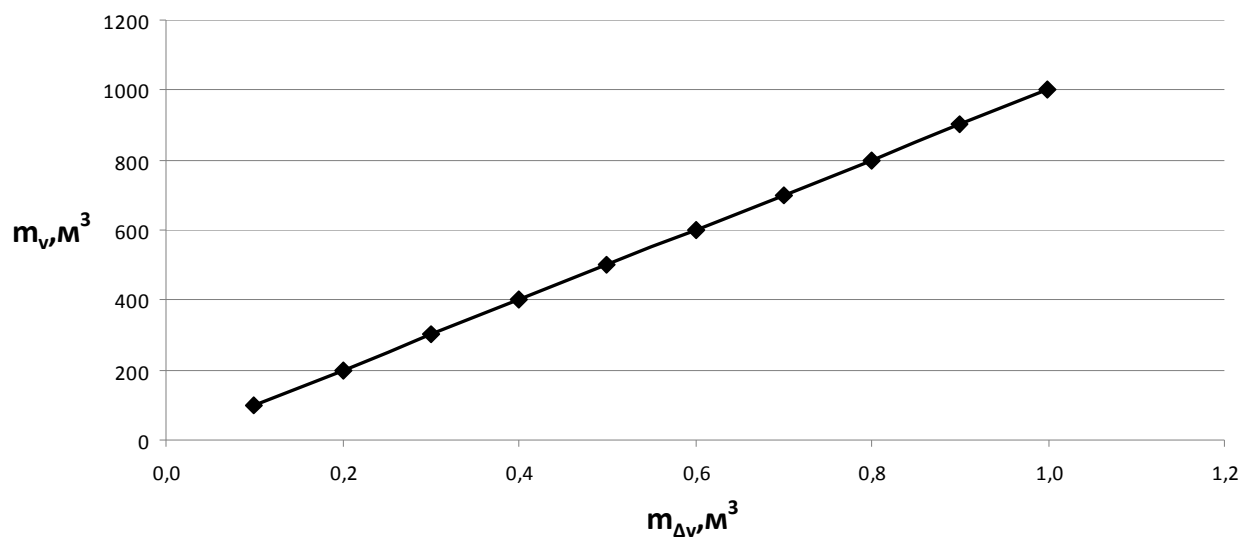


Рисунок 2. Зависимость абсолютной погрешности определения объёма от приборной погрешности измерения дополнительного объёма контрольного газа.

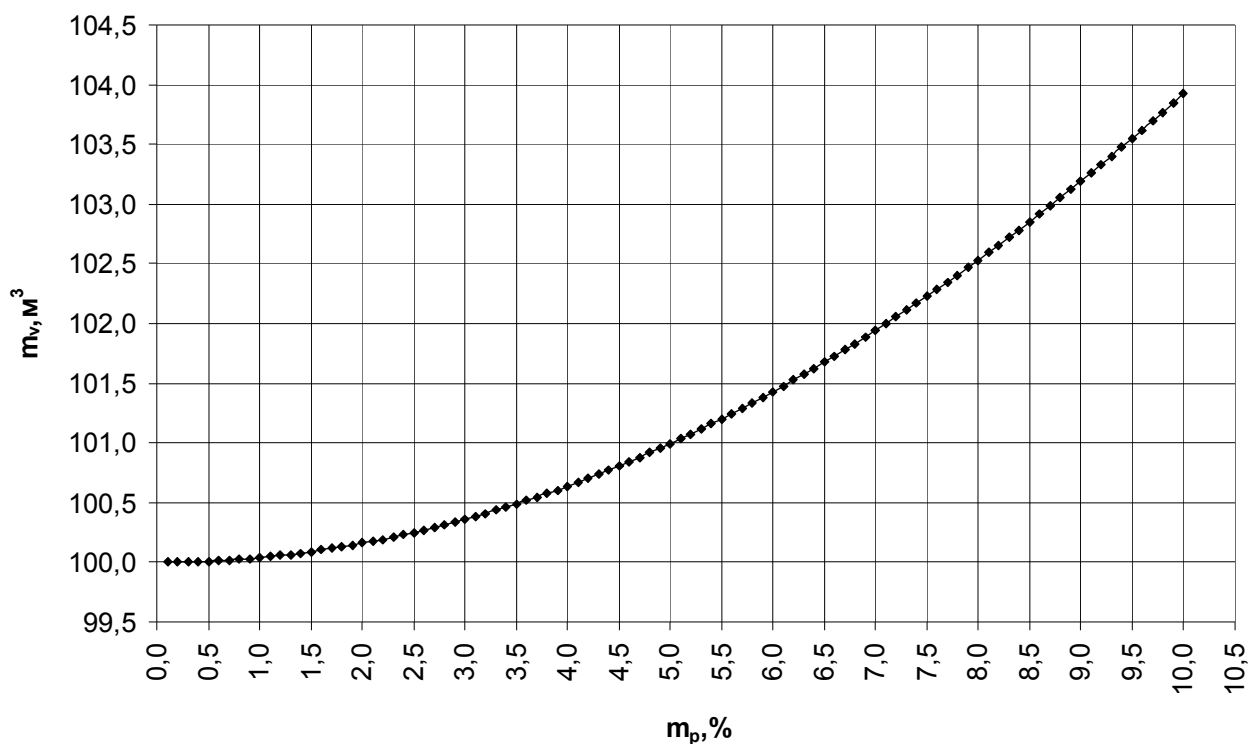


Рисунок 3. Зависимость абсолютной погрешности определения объема от приборной погрешности определения процентного содержания контрольного газа.

Анализ существующего оборудования химических лабораторий и переносных приборов для определения процентного содержания газа в газовой смеси [2, 3] показывает на возможность его использования в предложенном в данной работе способе определения объемов камер различного генезиса. Также был сделан обзор современных счётчиков газа. Он показал необходимость тщательного подбора оборудования для нового типа маркшейдерского оборудования, предназначенного для осуществления предложенного способа выполнения работ. В настоящее время осуществляется дальнейшая разработка химических методов для определения объемов отработанных камер шахт и других пустот горных массивов.

#### Литература

1. Маркшейдерское дело: Учебник для вузов/ Д. Н. Оглоблин, Г. И. Герасименко, А. Г. Акимов и др.-3е изд, «Недра», 1981. 704с.
2. Оборудование химических лабораторий. Справочник . Химия, 1978г-480с.
3. Газоанализаторы .Машиностроение. Павленко В.А.1965г-296с.
- 4.Азот и его соединения. Зельцман Г.Л., Яхимович Н.П., «Наука», 1968, -474с.
5. Павленко В. А., Газоанализаторы, М.-Л., МНТКС. – К.: – 227 с.,1965.
- 6.Физические методы в химии под ред. О.А. Реутова, издательство «МИР», Москва,1981
- 7.Аналитическая химия: В двух книгах: кн.2-М.:Химия, 1990.481-846 с .:ил