

УДК 622.456:622.868.4

*Е.А. Головченко, завотделом, **Б.И. Кошовский**, канд. хим. наук, ведущий науч. сотр., В.П. Орликова, ст. науч. сотр., А.М. Луганский, мл. науч. сотр. НИИГД «Респиратор», Донецк*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УТЕЧЕК ВОЗДУХА В ИЗОЛИРОВАННЫХ ПОЖАРООПАСНЫХ УЧАСТКАХ ШАХТЫ

*Ye.A. Golovchenko, department head, **B.I. Koshovsky**, Cand. Sci. (Chem.), senior research assistant, V.P. Orlikova, senior researcher, A.M. Lugansky, associate scientist (NIIGD “Respirator”, Donetsk)*

DETERMINATION OF AIR LOSSES IN ISOLATED FIRE-HAZARDOUS DISTRICTS OF A MINE

Цель. Рассмотрение способа определения утечек воздуха в изолированном пожароопасном участке путем введения трассер-газа, а также установление возможности использования ацетилена в качестве трассер-газа.

Методика. Базируется на принципе определения утечек воздуха. Предложена установка, позволяющая проводить испытания в реальных условиях.

Результаты. Рассмотрен конкретный пример использования трассер-метода для определения утечек воздуха за изолирующими перемычками.

Новизна. Метод впервые использован для оценки эффективности мер противопожарной защиты при аварийных ситуациях.

Практическая значимость. Предложенный способ позволяет получить объективную информацию о направлении и скорости воздушных потоков в изолированных участках горных выработок.

Ключевые слова: утечка воздуха, изолированный участок, индикаторный газ, трассер-газ.

Постановка проблемы. В результате тушения подземных пожаров возникают проблемы, связанные с контролем шахтного воздуха, и соответственно состоянием очага пожара. В таких случаях, как показывает практика, состав пожарных газов даст возможность уточнить местонахождение очага подземного пожара в выработанном пространстве, своевременно усилить изоляцию отработанных горных выработок в необходимых местах для исключения отравления пожарными газами людей в действующих выработках.

Оценить состояние очага пожара по абсолютной концентрации продуктов, образующихся из горящего материала, невозможно из-за отсутствия значений объема утечек воздуха на изолированном пожарном участке.

Существующие способы определения утечек воздуха, основанные на непосредственном измерении скорости струй или депрессии вентиляционных устройств, не всегда применимы в практике тушения пожаров методом изоляции. Поэтому в таких случаях решать поставленную задачу можно путем запуска индикаторного газа или трассер-газа, неспецифического для данного шахтного воздуха.

В качестве трассер-газа могут быть использованы нетоксичные и инертные по отношению к шахтной среде газо- и парообразные вещества, объемную долю которых можно определить с высокой точностью и чувствительностью.

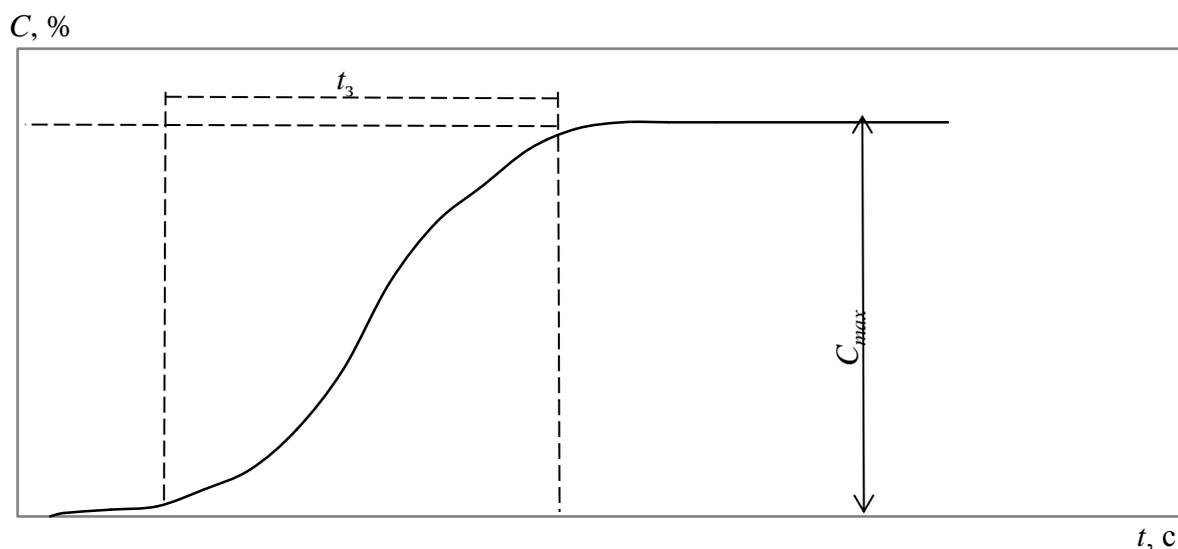
Трассер-метод уже давно применяется в химической технологии при разработке и контроле работы аппаратов. Этот метод позволяет следить за макроперемешиванием материальных потоков, контролировать соответствие аппаратов расчетным данным.

Аналогичный подход применяют при количественном анализе в хроматографии. Этот подход получил название внутреннего стандарта, сущность его заключается во введении точно известного количества эталонного вещества в анализируемую смесь с последующим анализом ее. Применение внутреннего стандарта значительно повышает точность метода анализа.

С конца прошлого столетия трассер-газы начали применять в горном деле для определения в выработках объема утечек воздуха через перемычки и установления аэродинамических связей между горными выработками и горизонтами. В качестве трассер-газа широкое распространение приобрел гексафторид серы SF_6 , который неядовит, химически инертен, мало растворим в воде и легко обнаруживается хроматографическим путем [1]. Известен способ определения путей фильтрации воздуха и уточнения местонахождения очагов самонагрева угля в выработанном пространстве с использованием в качестве трассер-газа тетрафтордибромэтана $C_2F_4Br_2$, более известного под другим названием – хладон 114B2 [2]. Это вещество практически нетоксично и обладает незначительной сорбционной способностью по отношению к углю. Однако при использовании хладона 114B2 возможно искажение получаемых результатов из-за возможного попадания его в низкие слои и участки шахтных выработок вследствие высокой плотности газа. Кроме того, на некоторых шахтах возможно наличие фоновой концентрации хладона 114B2, так как при авариях его могут использовать для обработки обрушенных пород в выработанном пространстве.

Цель исследования. Установить принципиальную возможность применения в качестве трассер-газа ацетилена для оперативного определения утечек воздуха в изолированном пожароопасном участке.

Материалы и результаты исследований. Принцип измерения утечек воздуха изолированного пожарного участка заключается в том, что через «принимающую» перемычку с постоянной скоростью подается трассер-газ, который утечками воздуха переносится по горным выработкам. Через некоторое время трассер-газ достигнет «выдающей» перемычки. Это время зависит от скорости утечек, объема горных выработок и адсорбционной способности используемого вещества. Объемная доля трассер-газа в пробах воздуха, отобранных из-за «выдающей» перемычки, будет возрастать во времени по S-образной кривой (см. рисунок).



Выходная кривая изменения объемной доли трассер-газа во времени

Симметричный вид S-образной кривой получается только в том случае, если изотерма сорбции трассер-газа боковыми породами имеет линейный характер. Но, независимо от вида изотермы, утечки воздуха определяют исходя из максимального значения объемной доли трассер-газа в воздухе «выдающей» перемычки C_{\max} по формуле

$$V = \frac{W}{10^4 C_{\max}}, \quad (1)$$

где V – утечки воздуха на изолированном пожарном участке, м³/мин;

W – объемная скорость подачи трассер-газа, см³/мин;

C_{\max} – максимальное значение объемной доли трассер-газа, %.

Максимальное значение объемной доли трассер-газа C_{\max} устанавливается спустя некоторое время t_3 , которое получило название время запаздывания. При этом если расстояние от точки запуска трассер-газа до точки его отбора равно L , м, то время t_3 , мин, необходимое для преодоления этого расстояния, будет равно

$$t_3 = L/u, \quad (2)$$

где u – линейная скорость трассер-газа, м/мин.

Систему подачи газа собирают следующим образом. Баллон с ацетиленом, который должен находиться в вертикальном положении, через редуктор, сопротивление и расходомер соединяют с трубопроводом, проложенным в перемычке и ведущим в изолированное пространство. Кроме этого, из трубопровода, длина которого 20 м, отбирают воздух для определения объемной доли трассер-газа.

После сборки системы перед проведением экспериментов необходимо проверить герметичность газовых линий. Для этого плавно открывают вентиль баллона и при помощи регулирующего винта устанавливают давление $\sim 0,1$ МПа, мыльной пеной обмывают все соединения, где возможны утечки. При обнаружении негерметичности закрывают вентиль баллона, сбрасывают давление на редукторе и, подтягивая соединения, устраняют появившуюся утечку. После устранения утечки плавно открывают вентиль баллона и регулируемым винтом редуктора устанавливают давление $0,155$ МПа. Объемную скорость подачи трассер-газа (ацетилена) W для используемого сопротивления рассчитывают по формуле

$$W = 71,8 + 276,1p, \quad (3)$$

где p – давление на манометре редуктора, МПа.

Контролировать подачу ацетилена на изолированный участок необходимо по истечении $5 \dots 10$ мин с начала его запуска. Для этого трубопровод, конец которого находится на расстоянии $3 \dots 5$ м от внутренней стенки перемычки, промывают $1,5 \dots 2$ л анализируемого воздуха при помощи аспиратора АМ-5. Пробу воздуха отбирают в медицинский шприц, через который предварительно пропускают $3 - 5$ раз анализируемый воздух. Количественный анализ ацетилена проводят в лабораторных условиях.

Предложенный способ определения утечек воздуха прошел апробацию на шахте имени М.И. Калинина. После активного тушения пожара в соответствии с мероприятиями оперативного плана был разработан специальный проект изоляции аварийного участка четырьмя гипсовыми взрывоустойчивыми перемычками. На 2-м восточном полевом откаточном штреке пласта h_{10} у перемычки была смонтирована установка, выпускающая трассер-газ в изолированный аварийный участок, и произведен запуск газа за перемычку.

В изолированный объем аварийного участка было подано 2593 дм^3 ацетилена. На баллоне с ацетиленом было установлено давление, при котором расход равнялся $0,348$ $\text{дм}^3/\text{мин}$. Для контроля хода подачи ацетилена из-за перемычки по истечении 10 мин с начала запуска газа была отобрана газовая проба в медицинский шприц объемом 20 см^3 и проанализирована в лаборатории НИИГД «Респиратор».

Согласно результатам анализа объемная доля ацетилена в пробе воздуха, отобранной из-за перемычки, составила $0,1$ %. Таким образом, утечки воздуха на изолированном пожарном участке, рассчитанные по формуле (1), будут равны $0,348$ $\text{м}^3/\text{мин}$.

Исходя из того, что среднее сечение выработок в изолированном пространстве аварийного участка равно 10 м^2 , скорость продвижения ацетилена в заперемыченном объеме равна на данный момент $0,035$ м/мин. Учитывая большую протяженность выработок изолированного аварийного участка, ориентировочное время полного выхода ацетилена на точку контроля возле

перемычки, определенное по формуле (2), равно 45 сут. Анализ отобранных проб это подтверждает.

Выводы. Предложенный способ позволяет получить объективную информацию о направлении и скорости воздушных потоков в изолированных участках горных выработок и таким образом оценить эффективность мер противопожарной защиты в аварийных ситуациях.

Список литературы / References

1. Технология непрерывного контроля и измерения утечки воздуха на шахте с применением следящего газа SF₆ / Шао Хуэй и др. // Мэйтань Кэлюэ Цзишу Coal Sci Technol. – 1990. – № 9. – С 4 – 6.

Shao, Huey etc. (1990), *Tekhnologiiia nepreryvnogo kontrolia i izmereniia utechki vozdukha na shakhte s primeneniem slediashtchego gasa SF₆* [Technology of the continuous control and measurement of the air loss with the use of the tracer gas SF₆], *Maytan Kelue Tsishu Coal Sci. Technol.*, no. 9, pp. 4-6.

2. Борьба с авариями в шахтах: сб. науч. тр. РосНИИГД. – Кемерово: Кузбассвузиздат, 2003. – 200 с.

Borba s avariiami v shahtah [Control of accidents in mines] (2003), Kemerovo, Russia.

*Рекомендовано к публикации канд. техн. наук В.И. Лебедевым.
Дата поступления рукописи 28.04.2014*

Ціль. Розгляд способу визначення витоків повітря на ізолюваній пожежонебезпечній ділянці шляхом уведення трассер-газу, а також установлення можливості використання ацетилену як трассер-газу.

Методика. Базується на принципі визначення витоків повітря. Запропонована установка, що дозволяє проводити випробування в реальних умовах.

Результати. Розглянутий конкретний приклад використання трассер-методу для визначення витоків повітря за ізолюючими перемичками.

Новизна. Метод уперше використаний для оцінювання ефективності заходів протипожежного захисту у випадку аварійних ситуацій.

Практична значущість. Запропонований спосіб дозволяє одержати об'єктивну інформацію щодо напрямку й швидкості повітряних потоків на ізолюваних ділянках гірничих виробок.

Ключові слова: витік повітря, ізолювана ділянка, індикаторний газ, трассер-газ.

Purpose. Consideration of the method of determination of the air losses in the isolated fire-hazardous district by means of bringing-in the tracer gas as well ascertainment of the possibility of the use of acetylene as the tracer gas.

Methodology. The methodology is based on the principle of determination of the air losses. An installation is proposed that allows carrying-out the tests under real conditions.

Results. The concrete example of the use of the tracer method to determine the air losses beyond the isolating stoppings is considered.

Novelty. The method is applied for the first time to estimate the efficiency of the fire protection measures in the case of emergency situations.

Practical value. The method proposed allows receiving the objective information about direction and velocity of the air flows in the isolated districts of the mine workings.

Keywords: air loss, isolated district, indicator gas, tracer gas.