



УДК 622.82:622.454.2

JUSTIFICATION OF THE CHOICE OF EMERGENCY VENTILATION MODES FOR EXTINGUISHING UNDERGROUND FIRES ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА АВАРИЙНЫХ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ РЕЖИМОВ ПРИ ТУШЕНИИ ПОДЗЕМНЫХ ПОЖАРОВ

Mineev S.P. / Минеев С.П.

d.t.s., prof. / д.т.н., проф.

Smolanov S.N. / Смоланов С.Н.

aspirant / соискатель

Belikov I.B. / Беликов И.Б.,

aspirant / соискатель

Samopalenko P.M. / Самопаленко П.М.

*aspirant / соискатель**ИГТМ им. Н.С. Полякова НАН Украины, Днепр, ул. Симферопольская 2а, 49005**IGTM N.S. Polyakova NASU, Dnepr, Simferopolska 2a, 49005*

Аннотация. В последние 3-4 года на шахтах Украины произошел ряд серьезных аварий. При этом неоднократно при ликвидации подземного пожара происходили повторные взрывы метановоздушных смесей, которые существенно осложняют работы и нередко приводят к дополнительному травмированию работников.

Для интенсификации тушения пожаров в изолированных участках применяют многократное реверсирование. Однако комплекс вопросов, связанных с безопасностью и эффективностью применения данного метода, характером и длительностью переходных аэродинамических процессов, возникающих на аварийном участке при многократном реверсировании струи, является неизученным. Разработаны новые эффективные технологии тушения сложных подземных пожаров на основе совершенствования существующих методов тушения. Эти методы и внедрение результатов исследований в практику горноспасательного дела является важной и актуальной проблемой для горнодобывающей отрасли.

Ключевые слова: угольная шахта, пожар, ликвидация аварии, взрывы метана, реверсирование.

Аварийность на угольных шахтах остается достаточно высокой. Так, с 1998 по 2000 год в угольных шахтах Украины произошло 232 подземных аварий, на ликвидацию которых привлекались подразделения Государственной военизированной горноспасательной службы в угольной промышленности (ГВГСС). Практикой ведения горноспасательных работ установлено, что успех спасения горнорабочих, застигнутых в шахте аварией, эффективность действий горноспасателей по ее ликвидации и, наконец, размер материального ущерба во многом зависит от правильного выбора аварийного вентиляционного режима [1-5].

Вентиляционные режимы, применяемые при подземных авариях в угольных шахтах, подразделяют по своему назначению на две группы [1,5,6]: режимы, обеспечивающие безопасный выход людей из аварийного участка или со всей шахты на поверхность и направленные на предотвращение или уменьшение распространения продуктов горения в другие выработки шахты; режимы, обеспечивающие выполнение первоочередных мер по тушению пожара.



Режимы первой группы обычно предусматриваются планами ликвидации аварий, а второй – оперативными планами, разрабатываемыми при ведении горноспасательных работ. Обычно при возникновении аварий применяются следующие вентиляционные режимы: сохранение нормального режима проветривания с увеличением или уменьшением расхода воздуха, поступающего к месту аварии; общешахтное реверсирование вентиляционных струй; местное реверсирование вентиляционной струи; остановка вентиляторов главного проветривания (так называемый «нулевой режим»); закорачивание вентиляционных струй.

Общешахтное реверсирование вентиляции является наиболее распространенным аварийным вентиляционным режимом, который предусматривается в планах ликвидации аварии на всех угольных шахтах. Его применение возможно, как на стадии возведения изолирующих сооружений, так и непосредственно для возвращения продуктов горения в очаг пожара.

Под общешахтным реверсированием вентиляционных струй обычно понимается изменение направления движения воздуха во всех выработках шахты. Это осуществляется двумя способами: изменением направления вращения колеса вентилятора (реверсивные вентиляторы типа ВОД, ВОКР) или же с помощью ляд и обводных каналов вентиляторной установки.

Главная задача применения этого аварийного вентиляционного режима при возникновении пожара – предотвратить распространение продуктов горения по горным выработкам и, тем самым, обеспечить безопасные условия эвакуации горнорабочих на земную поверхность.

Применение такого режима проветривания предусматривается при возникновении пожара (взрыва) в пределах определенной группы выработок – в, так называемой, зоне реверсирования. Согласно действующих «Правил безопасности», в зону общешахтного реверсирования обязательно должны включаться воздухоподающие стволы и их околоствольные дворы.

Зона реверсирования на каждой шахте определяется самостоятельно, исходя из конкретных горнотехнических условий. Решение о включении какой-то выработки в зону реверсирования в основном принимается при наличии следующих факторов [4- 6]:

- время выхода горнорабочих из зоны распространения пожарных газов до ближайшей выработки со свежим воздухом превышает время защитного действия самоспасателя;

- при возникновении пожара в наклонной выработке не обеспечивается устойчивость вентиляционных потоков, т.е. существует опасность их опрокидывания под действием тепловой депрессии пожара, возникновения рециркуляции продуктов горения и, в некоторых случаях, выхода продуктов горения с высокой температурой на маршруты движения горнорабочих;

- время движения горноспасателей в зоне загазирования превышает время защитного действия респираторов.

Общешахтное реверсирование вентиляции, как правило, предусматривается в планах ликвидации аварий (ПЛА) на всех шахтах Украины и СНГ. При формировании зоны реверсирования следует обращать



внимание на следующие возможные недостатки этого режима проветривания [1,2,4,6]:

- сопротивление вентиляционных сооружений (двери, шлюзы) уменьшается из-за низкого качества реверсивных дверей;

- герметизация вентиляционных сооружений в устьях стволов (на которых установлены ВГП), чаще всего, не рассчитана на реверсивный режим проветривания;

- действие естественной тяги противонаправлено реверсивной работе вентиляторных установок (наиболее сложные условия возникают в холодное время года – на глубоких шахтах величина естественной тяги может достигать 100-150 даПа);

- на газовых шахтах после выполнения реверсирования нередко возникает опасность поступления повышенной концентрации метана в очаг пожара [7,8].

Суммарное действие первых трех факторов может привести к тому, что поступление воздуха в шахту в реверсивном режиме проветривания уменьшится на 40-50 %; в отдельных выемочных полях – на 50-60 %; а в лавах – на 60-80 %. В некоторых выработках возможна остановка вентиляционной струи или сохранение «нормального» направления движения воздуха [1,4,6,8].

Важной особенностью при принятии решения о необходимости общешахтного реверсирования является наличие определенного переходного периода, в течение которого формируется реверсивный режим проветривания горных выработок [1]. Этот период можно условно разделить на две части: первая часть связана с остановкой ВГП и переводом вентиляторной установки в реверсивный режим работы, а вторая часть отсчитывается с момента включения вентилятора до реверсирования вентиляционной струи во всех выработках шахты. Длительность первого периода регламентируется нормативными документами [4,5]. Правилами безопасности и не должна превышать 10 минут. Продолжительность второго периода не регламентируется, но его величина составляет 25...30 минут. Такое запаздывание, как правило, возможно в выемочных участках, значительно удаленных от стволов.

Также установлено, что одним из основных факторов, определяющих длительность переходного процесса при реверсировании вентиляции, является аэродинамическое сопротивление сети выработок, на которую работает вентилятор. Аэродинамическое сопротивление изолированных пожарных участков значительно (в тысячу раз) превосходит сопротивление открытых вентиляционных сетей. Вероятно, в таких условиях длительность переходных процессов более значительна, что необходимо учитывать на практике. Однако этот вопрос в достаточной степени остается не изученным.

Анализ литературных источников, технической документации и результатов экспериментальных исследований, посвященных реверсивному режиму проветривания, показывает, что этот режим рассматривается, в основном, как способ создания приемлемых климатических условий для спасения людей, застигнутых в шахте аварией. Отдельные вопросы, связанные с использованием этого вентиляционного режима при тушении пожаров, до



последнего времени остались вне внимания исследователей. Это можно объяснить тем, что тушение пожаров методом рециркуляции и многократного реверсирования практически не применялось. Поэтому очевидно, что необходимы дополнительные исследования по вопросам формирования реверсивного потока в удаленных выемочных участках, расположенных вне зоны реверсирования. При этом следует учитывать влияние дополнительных источников тяги – естественной тяги и тепловой депрессии пожара.

Необходимо отметить, что местные режимы проветривания в виде закорачивания вентиляционных струй и местного реверсирования в основном направлены на то, чтобы отвести продукты горения (полностью или частично) кратчайшим путем в общую исходящую струю и создать более благоприятные условия для выхода людей из зоны возможного поражения [1,7,11]. В то же время возможности этих режимов в качестве одного из элементов способа тушения подземных пожаров, ранее рассматривались достаточно фрагментарно, без учета особенностей формирования аэродинамических параметров элементов сложных вентиляционных сетей угольных шахт.

В последнее время в аварийных условиях при ликвидации пожаров все чаще применяется так называемый «нулевой» режим. После его осуществления движение воздуха в шахте осуществляется под действием естественной тяги [1,11]. В работах ряда авторов рассмотрены методы определения естественной тяги, ее сезонные изменения, устойчивость вентиляции при естественном проветривании шахты, время стабилизации проветривания после остановки вентиляторов главного проветривания и другие приемы [1,4,9-11]. При этом некоторыми исследователями отмечается, что переход на естественное проветривание сопровождается также экономией электроэнергии. Поэтому результаты исследований «нулевого» режима проветривания могут быть использованы при разработке технологии тушения сложных подземных пожаров.

Выбранный аварийный вентиляционный режим должен способствовать снижению утечек воздуха через изолированные пожарные участки. Вопросам определения и управления утечками воздуха в шахте посвящен ряд работ [1 и др.]. Однако в них не затрагиваются специфические вопросы, связанные с тушением пожаров методами рециркуляции и многократного реверсирования. Так, например, известно [1,6], что при создании рециркуляционного контура с помощью трубопровода, последний является наиболее слабым звеном. Через неплотности в трубопроводе в изолированное пространство заходит свежий воздух и через них в действующие выработки проникают ядовитые продукты горения. Как уже отмечалось, различные неплотности в трубопроводе компенсируют подачей в изолированное пространство инертных газов.

Таким образом, учитывая изложенное, разработка новой эффективной технологии тушения сложных подземных пожаров на основе исследования новых и совершенствования существующих методов тушения и широкое внедрение результатов исследований в практику ликвидации аварий является актуальной задачей для горнодобывающей отрасли. Для ее решения необходимо:



- изучить процесс формирования в изолированном пространстве тепловой депрессии пожара и ее изменения в процессе повторной подачи продуктов горения к очагу пожара, а также исследовать процессы взаимодействия различных источников тяги (тепловая депрессия, естественная тяга, депрессия ВГП) на аварийном участке;

- исследовать переходные аэродинамические процессы, возникающие на аварийном участке при многократном реверсировании струи и разработать меры по сокращению длительности переходных процессов;

- исследовать влияние аварийных вентиляционных режимов на эффективность тушения пожара методом рециркуляции и многократного реверсирования, а также разработать методы контроля процесса тушения пожаров в изолированном участке.

Выводы

1. Ускорить тушение сложных подземных пожаров можно путем рециркуляции продуктов горения в изолированном участке. Однако применяемые на практике схемы рециркуляции с использованием вентилятора местного проветривания в качестве источника тяги и вентиляционного трубопровода для подачи продуктов горения не соответствует условиям безопасности.

2. Для тушения пожаров целесообразно применить метод многократного реверсирования. Однако комплекс вопросов, связанных с безопасностью и эффективностью применения данного метода, характером и длительностью переходных аэродинамических процессов, возникающих на аварийном участке при многократном реверсировании струи, является не достаточно изученным. Существующие методы определения характера протекания процесса горения, температуры газов и угля в недоступных местах не учитывают специфику тушения пожаров рециркуляцией и многократным реверсированием.

3. Эффективность действий горноспасателей по ликвидации пожара и размер материального ущерба во многом зависит от правильного выбора аварийного вентиляционного режима.

Литература:

1. Смоланов С.Н. Ликвидация сложных подземных аварий методами вентиляционного воздействия. – Днепропетровск: Наука и образование, 2002. – 272 с.

2. Минеев, С.П. Расследование аварии с двумя взрывами метановоздушной смеси // С.П. Минеев, В.Н. Кочерга, А.И. Дубовик, В.И. Лосев, М.А. Кишкань. - Уголь Украины, 2016, №9-10. - С. 14-22.

3. Мінеєв, С.П. Дослідження аварії з вибухом метану на шахті «Новодонецька» // С.П. Мінеєв, Е.А. Колесніченко, С.В. Дрозд, С.С. Лисняк, О.М. Бутирський. - Уголь Украины, 2018, №4-5, С. 24-30.

4. Эндогенные пожары на угольных шахтах Донбасса. Предупреждение и тушение. Инструкция / НИИГД.- Донецк, 1996.- 72 с.

5. Устав ГВГСС по организации и ведению горноспасательных работ. – Киев, 1993.- 44 с.



6. Болбат И.Е. Тушение подземных пожаров в изолированном участке путем многократного опрокидывания газоздушного потока // Уголь Украины.- 1995.- №7.- С. 36-37.

7. Булгаков Ю.Ф. Тушение пожаров в угольных шахтах. - Донецк: ДонГТУ, 2001. - 270 с.

8. Минеев, С.П. Враг или друг шахтный метан? Это решают люди // С.П. Минеев. - Охрана труда: Приложение к журналу, 2017, № 12. – С. 49- 53.

9. Минеев, С.П. О предупреждении аварий, связанных со взрывами метана в угольных шахтах // С.П. Минеев. - Уголь Украины, 2018, №1-2, С. 50-59.

10. Mineev, S.P. Questions of the analysis of the applicable schemes of conveying the moving sites on Ukrainian mines and effectiveness of degasation // S.P. Mineev, V.N. Kocherga, R.N., Narivskiy, A.S.Yanzhula. - The International Scientific Periodical Journal "Modern Scientific Researches" – Minsk, Belarus, 2018. – Issue №3, Vol. 1 – p. 35-43.

11. Осипов С.Н., Жадан В.М. Динамика пожара в горизонтальной горной выработке // Уголь Украины. - 1967.- №9.- С. 35-38.

References

1. Smolanov S.N. Likvidatsiya slozhnykh podzemnykh avariy metodami ventilyatsionnogo deystviya. - Dnepropetrovsk: Nauka i obrazovaniye, 2002. - 272 s.

2. Mineev, S.P. Rassledovanie avarii s dvumya vzryva metanovozdushnoy smesi // S.P. Mineev, V. N. Kocherga, A.I. Dubovik, V.I. Losev, M.A.Kishkan'. - Ugol' Ukrainy, 2016, №9-10. - S. 14-22.

3. Mineev, S.P. Issledovaniye avarii so vzryvom metana na shakhte «Novodonetskaya» // S.P. Mineev, Ye. Kolesnichenko S.V. Drozd, S.S. Lisnyak, A.N. Butyrskiy. - Ugol' Ukrainy, 2018, №4-5, S. 24-30.

4. Ustav GVGSS po organizatsii i vedeniyu gornospasatel'nykh rabot. - Kiyev, 1993. 44 s.

5. Endogennyye pozhary na ugol'nykh shakhtakh Donbassa. Preduprezhdeniye i tusheniye. Instruksiya / NIIGD.- Donetsk, 1996.- 72 s.

6. Bolbat I.Ye. Tusheniye podzemnykh pozharov v izolirovanno uchastke putem mnogokratnogo oprakidyvaniya gazovozdushnogo potoka // Ugol' Ukrainy.- 1995.- №7.- S. 36-37.

7. Bulgakov YU.F. Tusheniye pozharov v ugol'nykh shakhtakh. - Donetsk: DonGTU, 2001. - 270 s.

8. Mineev, S.P. Vrag ili drug shakhtnyy metan? Eto reshayut lyudi // S.P. Mineev. - Okhrana truda: Prilozheniye k zhurnalu, 2017, № 12. - S. 49- 53

9. Mineev, S.P. V preduprezhdenii avariy, svyazannykh so vzryvom metana v ugol'nykh shakhtakh // S.P. Mineev. - Ugol' Ukrainy, 2018, №1-2, S. 50-59.

10. Mineev, S.P. Questions of the analysis of the applicable schemes of conveying the moving sites on Ukrainian mines and effectiveness of degasation // S.P. Mineev, V.N. Kocherga, R.N., Narivskiy, A.S.Yanzhula. - The International Scientific Periodical Journal "Modern Scientific Researches" - Minsk, Belarus, 2018. - Issue №3, Vol. 1 - p.35-43.

11. Osipov S.N., Zhadan V.N. Dinamika pozhara v gorizontal'noy gornoy vyrabotke // Ugol' Ukrainy. - 1967.- №9.- S. 35-38.

Annotation. In the last 3-4 years, a number of serious accidents have occurred in the mines of Ukraine. At the same time, repeated explosions of methane-air mixtures occurred repeatedly during the elimination of the underground fire, which significantly complicate the work and often lead to additional traumatization of workers.

To intensify extinguishing of fires in isolated areas, repeated reversal is used. However, the complex of issues related to the safety and effectiveness of the application of this method, the nature



and duration of the transient aerodynamic processes occurring in the emergency area with repeated reversal of the jet, is unexplored. New effective technologies for extinguishing complex underground fires are developed on the basis of improving existing extinguishing methods. These methods and the introduction of research results into the practice of mine rescue are an important and urgent problem for the mining industry.

Key words: *coal mine, fire, liquidation of the accident, methane explosions, reversal.*

Научный руководитель: д.т.н., проф. Минеев С.П.

Рецензент: д.г.н. Баранов В.А.

Статья отправлена: 18.10.2018 г.