ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 622.861 DOI 10.21440/2307-2091-2017-1-55-58

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СКВАЖИН ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ ПРОВЕТРИВАНИЯ И СПАСЕНИЯ ЗАСТИГНУТЫХ АВАРИЕЙ ЛЮДЕЙ В УСЛОВИЯХ УГОЛЬНОЙ ШАХТЫ

М. Г. Коряга, А. Н. Домрачёв

Prospects of wells application for assurance of the emergency modes of airing and rescuing people caught in an accident in coal mine

M. G. Koryaga, A. N. Domrachev

The article provides an analysis of the chronology of accidents, indicating the imperfection of the system of emergency protection of coal mines. Authors determined the time of retrieval of personnel to the surface and operative localization of arisen fire or consequences of explosion. The most pressing problem in case of accidents with the long period of development and the risk of blocking of emergency exits is to rescue personnel of mine, especially when time of retrieval to the surface exceeds the time of protective effect of self-rescuer. Authors also set a number of objectives for rescue of the personnel in an emergency and determined estimated time of retrieval of worker with self-rescuer to a surface in a normal mine atmosphere. The article presents the most likely scenarios for mine personnel in case of an unexpected development of the accident. If coal mine has a station of switching to reserve self-rescuers (SSRS) then it becomes possible to reach the surface in a time exceeding the time of the protective effect of the self-rescuer, but upon leaving the SSRS personnel falls under the shock wave effect or other damaging factors that form in the process of accident development. Chronology of mining accidents shows that if rescuers have not managed to eliminate the source of fire or explosion effects of methane-air mixture in the first hours of the accident, in the next 24 hours the situation would only get worse. Authors considered the rescue of mine personnel by the means of collective rescue of personnel or refuge chambers. One can find the review of commercially available models of refuge chambers, as well as their main technical characteristics. Authors propose a variant of extending the functionality of the refuge chamber and substantiate the integration of advanced drilling technologies in the emergency protection system of the mine of modern technological level.

Keywords: accident; mine rescue; refuge chamber; well.

Приведен анализ хронологии аварий, свидетельствующий о несовершенстве системы противоаварийной защиты угольных шахт. Определено время вывода персонала на поверхность и оперативную локализацию возникшего пожара или последствий взрыва. В свете этого наиболее актуальной проблемой при воз-никновении аварий с длительным периодом развития и опасностью блокирования запасных выходов является спасение персонала шахты, особенно когда время выхода на поверхность превышает время защитного действия самоспасателя. Поставлен ряд задач для спасения персонала в аварийной ситуации. Определено расчетное время выхода рабочего, включенного в самоспасатель, на поверхность в нормальной атмосфере шахты. Приведены наиболее вероятные варианты событий для персонала шахты в случае непредвиденного развития аварии. Отмечено, что если имеется пункт переключения в резервные самоспасатели (ППРС), то обеспечивается возможность выхода на поверхность за время, превышающее время защитного действия самоспасателя, но по выходу из ППРС персонал попадет под действие ударной волны или других поражающих факторов, формирующихся в процессе развития аварии. Хронология аварий в шахтах показывает, что если не удалось ликвидировать очаг возгорания или последствия взрыва метано-воздушной смеси в первые часы аварии, то в последующие 24 часа ситуация только ухудшается. Рассмотрено спасение персонала шахты средствами коллективного спасения персонала (ПКСП) или камерами-убежищами. Произведен обзор серийно выпускаемых моделей камер-убежищ. Приведены их основные технические характеристики. Предложен вариант расширения функциональных возможностей камеры-убежища. Обоснована интеграция перспективных буровых технологий в систему противоаварийной защиты шахты современного технического уровня.

Ключевые слова: авария; шахта; спасение; камера-убежище; скважина.

Расследования причин аварий в период 2004–2010 гг. (взрывов метано-воздушной смеси, угольной пыли и пожаров) свидетельствуют о несовершенстве системы противоаварийной защиты угольных шахт [1].

Анализ хронологии аварий показывает, что время на вывод персонала на поверхность и оперативную локализацию воз-никшего пожара или последствий взрыва составляет в среднем 60 мин, после чего события развиваются для шахты катастрофически. При этом на этапе ввода в действие ПЛА все сложнее становится определить причину и локализовать место возникновения аварии.

План ликвидации аварий (ПЛА) на шахте всегда предусматривает случай, когда шахтер будет двигаться из наиболее удаленной точки шахты, включившись в изолирующий самоспасатель [2].

В свете этого наиболее актуальной проблемой при возникновении аварий с длительным периодом развития и опасностью блокирования запасных выходов является спасение персонала шахты, особенно когда время выхода на поверхность превышает время защитного действия самоспасателя.

Руководству шахты для спасения персонала в аварийной ситуации и локализации и ликвидации аварии на начальной стадии необходимо решить ряд задач:

1. Определить время выхода из наиболее удаленной точки шахты рабочего, включившегося в изолирующий самоспасатель;

2. В случае, если время защитного действия самоспасателя не обеспечивает выход на поверхность или свежую струю воздуха, предусмотреть расположение средств коллективной защиты персонала в шахте;

3. Создать условия для сосредоточения находящихся в шахте членов вспомогательных горноспасательных команд (ВГК) и формирования из них отделений, способных при наличии необходимого оснащения быстро и эффективно локализовать аварию на начальной стадии.

В инструкции по составлению ПЛА [3] указано, что «…если расчетное время выхода работника от рабочего места до ближайшей свежей струи при пожаре составляет более 30 минут, проводится непосредственный вывод всех работников, занятых

Рисунок 1. Модуль ППРС.

на данном рабочем месте, включенных в самоспасатели. Время, полученное при выводе работников (зачет по последнему), увеличивается в 1,43 раза. Для случаев пожара в выработках с наибольшей пожарной нагрузкой (выработки, оборудованные ленточными конвейерами) повышающий коэффициент k принимается равным 2».

На практике при расчете применяется наибольший коэффициент, равный 2. Учитывается также то, что есть модели самоспасателей с временем защитного действия 50 мин.

Таким образом, время выхода рабочего, включенного в самоспасатель, рассчитывается по формуле:

$$T_{ч.а} k \leq T_{з.д.с},$$

где $T_{ч.а}$ – время выхода рабочего в самоспасателе в чистой атмосфере шахты, мин; k – повышающий коэффициент, равный 2; $T_{з.д.с}$ – время защитного действия самоспасателя, мин.

Соответственно $T_{ч.а}$ определяется:

$$T_{ч.а} \leq T_{з.д.с}/k,$$

В случае времени защитного действия самоспасателя 50 мин время выхода из наиболее удаленной точки шахты в незадымленной атмосфере должно составлять не более 25 мин.

Если за это время рабочие успевают выйти на поверхность, то подземные средства коллективной защиты персонала не требуются.

Основная проблема может возникнуть в случае, кода работники не успевают выйти на поверхность или доходят только до выработки со свежей струей воздуха.

Во-первых, в случае непредвиденного развития аварии этой свежей струи воздуха может уже и не быть.

Во-вторых, как отмечено ранее, 60 мин – это время, после которого авария может начать развиваться катастрофически, и время, близкое к истечению времени защитного действия самоспасателя.

Пожар, переходящий во взрыв метана и угольной пыли, или серия взрывов метано-воздушной смеси (МВС) создаст ударную волну [4], распространяющуюся по выработкам со скоростью, близкой к скорости звука.

Если имеется пункт переключения в резервные самоспасатели (ППРС), то обеспечивается возможность выхода на поверхность за время, превышающее время защитного действия самоспасателя, но по выходу из ППРС персонал попадет под действие ударной волны или других поражающих факторов, формирующихся в процессе развития аварии.

Кроме того, серийно производимые пункты переключения в резервные самоспасатели не могут обеспечить долговременную защиту персонала в случае пожара или затопления шахты.

ППРС [5] предназначен только для защиты людей от воздействия вредных факторов рудничной атмосферы при переключении работников шахт в резервные самоспасатели в аварийных ситуациях (рис. 1).

ППРС имеет модульную конструкцию. Модули между собой соединяются герметично, концевые модули имеют герметично закрывающиеся двери. В одном модуле располагается 15 изолирующих самоспасателей. Пункт оснащен запасным литровым баллоном со сжатым кислородом для аппарата искусственного дыхания.

Хронология аварий в шахтах [6, 7] показывает, что если не удалось ликвидировать очаг возгорания или последствия взрыва МВС в первые часы аварии, то в последующие 24 часа ситуация только ухудшается. Задымление, распространение пожара, (повторные) взрывы МВС и угольной пыли отрезают подходы горноспасателей к оставшимся под землей людям.

Из этого следует вторая задача, которую необходимо решить руководству шахты или проектирующей организации на стадии создания проекта предприятия – это определение мест расположения пунктов коллективного спасения персонала (ПКСП) или камер-убежищ.

В документах по безопасности, надзорной и разрешительной документации в угольной промышленности четко прописаны требования только для тупиковых выработок шахт, разрабатывающих пласты угля, склонные к внезапным выбросам угля (породы) и газа.

В тупиковых выработках протяженностью более 500 м передвижные спасательные пункты должны устанавливаться в 80–100 м от забоя, остальные средства коллективной защиты персонала располагаются так же, как и ППРС.

В настоящее время камеры-убежища серийно выпускаются только иностранными производителями, в России работы пока находятся в стадии формирования технических требований и нормативной базы.

Австралийская компания Mine ARC Systems [8] выпускает целый модельный ряд бункеров-убежищ. Разработаны и производятся модели высотой от 1,1 до 2,2 м. Масса таких передвижных модулей колеблется от 11 до 20 т, вместимость от 8 до 24 человек. Система жизнеобеспечения имеет запас воздуха в баллонах, климатическую установку, систему регенерации кислорода и аккумуляторное обеспечение электроэнергией. Необходимо отметить, что управление таким модулем не является полностью автоматизированным. Оно состоит более чем из 15 операций, выполняемых находящимися внутри шахтерами.

На рис. 2 показан бункер-убежище для выработок высотой до 1,2 м.

Американская компания Strata world wide [9] разработа-

Рисунок 2. Бункер-убежище, модель LowSeamCoalSAFECSLS-54119-ECB.

Рисунок 3. Бункер-убежище Strata world wide.

Рисунок 4. Камера-убежище компании Dräger.

ла модельный ряд подземных убежищ различного назначения: надувное изолирующее убежище, бункер-убежище, модульное бункер-убежище и пункт переключения в резервные самоспасатели.

Бункер-убежище и его модульная модификация оснащены системой жизнеобеспечения, имеют запас воздуха в баллонах, климатическую установку, систему регенерации кислорода и аккумуляторное обеспечение электроэнергией. На рис. 3 показан бункер-убежище Strata world wide.

Пункт переключения в резервные самоспасатели Strata world wide комплектуется запасом продувочного воздуха в баллонах, комплектом изолирующих самоспасателей и опционально изолирующими респираторами.

Компания Dräger [10] производит камеры-убежища со сроком пребывания до 48 ч. В комплект камер входят запас воздуха в баллонах, климатическая установка, система регенерации кислорода, аккумуляторное обеспечение электроэнергией, химический туалет, запас воды и продуктов.

На рис. 4 показана такая камера-убежище. Все рассмотренные камеры-убежища обеспечивают защиту персонала шахты в случае аварии. Продолжительность и характер защиты определяются их конструктивными особенностями.

Они отвечают предъявляемым к ним требованиям по защите и автономному жизнеобеспечению укрывшегося персонала шахты, но имеют один общий недостаток – отсутствие внешнего источника воздуха.

Необходимость в обеспечении вентиляции камеры-убежища воздухом, подаваемым через скважину, дает возможность поддерживать через эту же скважину связь, подачу воды и продуктов отрезанным под землей шахтерам, что в свою очередь дает дополнительное время для проведения спасательных работ. Кроме того, такая камера практически соответствует требованиям действующего и разрабатываемых уставов ВГСЧ к подземной базе для ведения аварийно-спасательных работ (п. 319 [4]). С учетом благоприятных условий хранения оборудования и средств экипировки такая камера может быть заранее укомплектована резервными респираторами, аппаратами искусственной вентиляции легких, и т. д., что позволяет использовать ее как пункт сосредоточения, формирования и дооснащения отделений из отдельных членов ВГК, а также как подземную базу для ведения работ профессиональными горноспасателями.

Следовательно, наиболее перспективным является строительство подземной камеры-убежища в виде изолированной выработки с пробуренной в нее с поверхности скважины [11, 12].

В такую выработку-убежище при необходимости может быть пробурена скважина большого диаметра [13], позволяющая выполнить спуск-подъем спасательной капсулы для доставки людей непосредственно на поверхность. В случае необходимости скважина большого диаметра позволяет обеспечить нагнетательное проветривание с использованием временной вентиляторной установки на поверхности как при создании камеры выравнивания давления, так и реализации дополнительных аварийных вентиляционных режимов в соответствии с оперативным планом (планами) ликвидации аварии.

Из всего сказанного можно сделать вывод, что интеграция перспективных буровых технологий в систему противоаварийной защиты шахт современного технического уровня способна не только обеспечить защиту персонала в аварийной ситуации, но и повысить эффективность ведения аварийно-спасательных работ как на начальной, так и на последующих стадиях локализации и ликвидации аварии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Годовые отчеты о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2004–2012 гг. URL: http://arch.gosnadzor.ru/osnovnaya_deyatelnost_slujby/
2. Правила безопасности в угольных шахтах: ПБ 05-618-03. Сер. 05. Вып. 11. М.: НТЦ «Промышленная безопасность», 2013. 184 с.
3. Инструкция по составлению планов ликвидации аварий на угольных шахтах. Сер. 05. Вып. 20. 2-е изд., исправл. М.: ЗАО «Научно-технический центр исследования проблем промышленной безопасности», 2015. 120 с.
4. Устав военизированной горноспасательной части (ВГСЧ) по организации и ведению горноспасательных работ на предприятиях угольной и сланцевой промышленности: утв. Минтопэнерго Рос. Федерации и Госгортехнад-

зором России 27.06.97. М., 1997. 197 с.
5. Пункт переключения в резервные самоспасатели ППРС. URL: http://www.kezsb.ru
6. Авария на шахте «Ульяновская»: слишком высокая цена дешевого угля. URL: http://industrial-disasters.ru/disasters/shahta-ulyanovskaya-2007
7. Хронология первых трех дней аварии на шахте «Распадская» в 2010 году. URL: http://ria.ru/spravka/20120509/641892887.html
8. CoalMiningMineARCCoalSAFE. URL: http://www.minearc.com/category/coal-mines.
9. Strata Worldwide: Камеры-убежища. URL: http://www.strataworldwide.com/chambers
10. Dräger Россия. Спасательные системы и укрытия. URL: http://www.draeger.com/sites/ru_ru/Pages/Applications/Advisor.aspx?navID=1581
11. Черепов А. А., Ерусланов А. П., Ярош А. С., Кузнецов Д. А., Сергеев О. А., Мусинов С. Н. Безопасность подземного персонала, застигнутого чрезвычайной ситуацией: концепция и пути решения проблемы // Уголь Кузбасса. 2015. № 6 (046) С. 72–76.
12. Коряга М. Г., Исаченко А. А. Вентиляционные скважины большого диаметра и перспективы их применения для спасения застигнутых аварией людей в условиях угольной шахты // Наукоемкие технологии и использование минеральных ресурсов. 2016. № 2. С. 493–496 .
13. Китайских горняков подняли из-под завалов через месяц после обрушения шахты. URL: https://lenta.ru/news/2016/01/29/china/

REFERENCES

1. *Godovye otchety o deyatel'nosti Federal'noy sluzhby po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru v 2004–2012 gg.* [Annual reports on the activities of Federal Service for Ecological, Technological and Nuclear Supervision in 2004-2012 years]. Available at: http://arch.gosnadzor.ru/osnovnaya_deyatelnost_slujby
2. 2013, *Federal'nye normy i pravila v oblasti promyshlennoy bezopasnosti ugol'nykh shakhtakh «Pravila bezopasnosti v ugol'nykh shakhtakh»* (PB 05-618-03) [Federal rules and regulations in the field of industrial safety of coal mines "Safety rules in coal mines" (PB 05-618-03)], Moscow, series 05, vol. 11, 184 p.
3. 2015, *Instruktsiya po sostavleniyu planov likvidatsii avariy na ugol'nykh shakhtakh* [Instructions on drawing up plans for the elimination of accidents in coal mines], Moscow, series 05, vol. 20, 120 p.
4. 1997, *Ustav voenizirovannoy gornospasatel'noy chasti (VGSCh) po organizatsii i vedeniyu gornospasatel'nykh rabot na predpriyatiyakh ugol'noy i slantsevoy promyshlennosti* [The Charter of the paramilitary mine rescue brigade in organizing and conducting of rescue works in the coal and oil shale industries], Moscow, 197 p.
5. *Punkt pereklyucheniya v rezervnye samospasateli PPRS* [Station of switching to reserve self-rescuer SSRS]. Available at: http://www.kezsb.ru
6. *Avariya na shakhte «Ul'yanovskaya»: slishkom vysokaya tsena deshevogo uglya* [The accident at the mine "Ulyanovsk": too high price of cheap coal]. Available at: http://industrial-disasters.ru/disasters/shahta-ulyanovskaya-2007
7. *Khronologiya pervykh trekh dney avarii na shakhte "Raspadskaya" v 2010 godu* [Chronology of the first three days of the accident on "Raspadskaya" mine in 2010]. Available at: http://ria.ru/spravka/20120509/641892887.html
8. Coal Mining minearc coalsafe. Available at: http://www.minearc.com/category/coal-mines
9. *Strataworldwide: Kamery ubezhishcha* [Strataworldwide: refuge chambers]. Available at: http://www.strataworldwide.com/chambers
10. *Dräger Rossiya. Spasatel'nye sistemy i ukrytiya* [Dräger Russia. Rescue systems and shelters]. Available at: http://www.draeger.com/sites/ru_ru/Pages/Applications/Advisor.aspx?navID=1581
11. Cherepov A. A. et al. 2015, *Bezopasnost' podzemnogo personala, zastignutogo chrezvychaynoy situatsiey: kontseptsiya i puti resheniya problemy* [Safety of underground personnel caught in emergency: Concept and workarounds]. *Ugol' Kuzbassa* [Kuzbass Coal], no. 6(46), pp. 72–76.
12. Koryaga M. G., Isachenko A. A. 2016, *Ventilyatsionnye skvazhiny bol'shogo diametra i perspektivy ikh primeneniya dlya spaseniya zastignutykh avariey lyudey v usloviyakh ugol'noy shakhty* [Ventilation wells of large diameter, and the prospects for their use for rescue of people caught in the accident in a coal mine]. *Naukoemkie tekhnologii i ispol'zovanie mineral'nykh resursov* [Science intensive technologies of development and usage of mineral resources], no. 2, pp. 493–496.
13. *Kitayskikh gornyakov podnyali iz-pod zavalov cherez mesyats posle obrusheniya shakhty* [Chinese miners lifted out of the rubble a month after the collapse of the mine]. Available at: https://lenta.ru/news/2016/01/29/china

Михаил Георгиевич Коряга,
R7080@ya.ru
Алексей Николаевич Домрачёв,
domrachev@zaoproxy.ru
Сибирский государственный индустриальный университет
Россия, Новокузнецк, ул. Кирова, 42

Koryaga Mikhail Georgievich,
R7080@ya.ru
Aleksey Nikolaevich Domrachev,
domrachev@zaoproxy.ru
Siberian State Industrial University
Novokuznetsk, Russia