

В.В. Мамаев, канд. техн. наук, зам. завотделом НИИГД «Респиратор»

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ УРОВНЯ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

(представлено д-ром техн. наук Соболев А.Н.)

Рассмотрены современные методы оценки уровня пожарной опасности объектов. Предложен метод определения уровня пожарной опасности подземных объектов с учетом вероятности воздействия опасных факторов пожара на горнорабочих и возможности их эвакуации в условиях угольных шахт. По результатам выполненных исследований разработан и введен в действие отраслевой стандарт.

Ключевые слова: пожарная опасность, подземный объект, опасные факторы пожара, пожарный риск, зоны загазирования, эвакуация горнорабочих.

Постановка проблемы. Разработка аналитических методов оценки уровня пожарной опасности объектов обусловлена получением максимально экономически эффективного решения при проектировании новых объектов и систем их противопожарной защиты, а также уже эксплуатируемых путем обеспечения минимально допустимого уровня пожарной безопасности с заданной степенью риска, а также возможностью анализировать опасные ситуации на объекте в автоматизированном режиме.

Анализ последних исследований и публикаций показывает, что методы определения опасности возникновения пожара могут быть разделены на три группы [1 - 3].

К первой относят методы оценки уровня пожарной опасности, основанные на ее индексации. Они не отражают фактический уровень опасности, но помогают определить ее условный уровень, используются в основном для сравнительной классификации объектов по степени опасности и при выборе средств предупреждения пожаров и защиты объектов.

Вторая группа включает детерминированные методы оценки допустимого уровня опасности, в соответствии с которыми определяют параметры, характеризующие допустимые значения показателей пожаровзрывоопасности веществ и материалов, технологических процессов и объектов. Их достоверность тем надежнее и выше, чем объективнее методика определения этих показателей.

Третья группа объединяет статистико-вероятностные методы, которые наиболее применимы для расчета возможности возникнове-

ния пожара на объекте, так как учитывают случайный характер пожароопасных событий и позволяют анализировать динамику пожара, распространение дыма и эвакуацию людей из аварийного объекта как функцию времени, оценивать фактический уровень пожарной опасности технологических аппаратов, процессов, помещений, а также объектов в целом. Примером документа, построенного на вероятностном подходе, является ГОСТ 12.1.004-91 [4]. Этот документ регламентирует требования к мероприятиям по пожарной профилактике и системам противопожарной защиты исходя из условия, чтобы вероятность воздействия на людей опасных факторов пожара (ОФП), превышающих по величине предельно допустимые значения, была не выше 10^{-6} в год. Назначение в этом стандарте определенного уровня безопасности является обстоятельством, обеспечивающим принципиальную возможность обоснованного выбора систем защиты и затрат на них.

Метод вероятностной оценки пожарной опасности основан на постулате, что авария - событие случайное, подчиняющееся статистическим закономерностям и за критерии, определяющие вероятность (уровень) опасности, принимаются величины индивидуального и социального рисков [3, 5, 6]. При этом реализуется так называемый гибкий подход к обеспечению безопасности, когда не регламентируются жестко все необходимые защитные мероприятия для определенного класса объектов, а формулируются критерии безопасности и в самом общем виде пути достижения этих критериев.

Постановка задачи и ее решение. В связи с принятием закона Украины [7] актуальность использования понятия «пожарный риск» для нормирования уровня обеспечения пожарной безопасности объектов существенно возросла. При этом наиболее важными вопросами являются выбор методов оценки пожарного риска, определение критериев его предельно допустимого значения и управление пожарным риском. Для определения вероятностей возможных нежелательных событий пожара специалистам отрасли необходимо владеть знанием разработки вероятностных моделей систем безопасности, умением создавать возможные сценарии возникновения и развития подземного пожара, спасения горнорабочих и защиты материальных ценностей.

В 2010 году НИИГД «Респиратор» были выполнены исследования и разработан отраслевой нормативный документ [8], в котором изложен метод определения пожарной опасности подземных объектов угольных шахт на основе вероятностного подхода к возникновению пожара, возможности воздействия ОФП на горнорабочих и эва-

куации их с аварийного участка.

При разработке этого метода была использована концепция «приемлемого риска» и принцип «предвидеть и предупредить», когда существует единственный уровень риска, который является границей между допустимыми и недопустимыми его значениями. Пожарную безопасность подземных объектов определяют с помощью критериев: индивидуального ($R_{и}$) или социального ($R_{с}$) рисков, то есть оценки вероятности и уровня возможного нанесения вреда здоровью горнорабочих в опасной ситуации с целью разработки необходимых мер безопасности. Эти риски классифицируют следующим образом:

область пренебрежимо малого риска ($R_{и} \leq 10^{-6}$; $R_{с} \leq 10^{-5}$). В этой области риск считают обеспеченным, так как или частота возникновения ОФП настолько мала, или последствия настолько незначительны, что никаких мер по снижению риска пожара не требуется;

область недопустимого риска ($R_{и} > 10^{-4}$; $R_{с} > 10^{-3}$). В этой области риск считают не допустимым, так как частота и последствия пожара слишком велики. В этом случае обязательны меры по снижению риска или соответствующие проектные изменения, когда снижение его является экономически нецелесообразным;

промежуточная область ($10^{-6} < R_{и} \leq 10^{-4}$; $10^{-5} < R_{с} \leq 10^{-3}$). В этой области риск считают приемлемым, если приняты меры, позволяющие сделать частоту и последствия аварии настолько низкими, насколько это практически целесообразно.

Согласно этому нормативному документу индивидуальный риск $R_{и}$ для каждого подземного объекта рассчитывают по формуле

$$R_{и} = P_{п} P_{пр} (1 - P_{э})(1 - P_{пз}), \quad (1)$$

где $P_{п}$ – вероятность пожара на объекте в течение года; $P_{пр}$ – вероятность присутствия горнорабочих на объекте в течение года при работе: 0,25 – в одну смену; 0,50 – в две смены; 0,75 – в три смены; 1,00 – в четыре смены; $P_{э}$ – вероятность эвакуации горнорабочих на объекте; $P_{пз}$ – вероятность эффективной работы технических средств противопожарной защиты.

При этом вероятность пожара на подземном объекте $P_{п}$ определяют в зависимости от вида объекта (штрек, камера, ходок и др.), категории шахты по газу, вида энергии (электро или пневмо-энергия), группы горючести крепления выработок и рассчитывают по формуле

$$P_{ii} = P_{ii} \ell_i, \quad (2)$$

где P_{ii} – удельная вероятность возникновения пожара на 1 погонном метре горной выработки, m^{-1} (для конкретных подземных объектов шахты значение P_{ii} приведены в приложении Б); ℓ_i – длина i -ой горной выработки, м.

При определении вероятности эвакуации горнорабочих с аварийного объекта $P_э$ рассматривают возможности эвакуации их также при включении в изолирующие самоспасатели и рассчитывают по формуле

$$P_э = 1 - (1 - P_{э1})(1 - P_{э2}), \quad (3)$$

где $P_{э1}$ – вероятность эвакуации горнорабочих без включения в самоспасатели; $P_{э2}$ – вероятность эвакуации горнорабочих в изолирующих самоспасателях.

Вероятность $P_{э1}$ определяют согласно [4]. Вероятность $P_{э2}$ рассчитывают по формуле

$$P_{э2} = \begin{cases} 0,999, & \text{если } \tau_{зс} > t_p; \\ 0, & \text{если } \tau_{зс} \leq t_p, \end{cases} \quad (4)$$

где $\tau_{зс}$ – время защитного действия изолирующего самоспасателя при одноступенчатой системе защиты, мин; t_p – расчетное время эвакуации горнорабочих из загазированной зоны аварийного участка, мин.

Если на подземном объекте принята многоступенчатая система защиты, тогда общее время защитного действия использованных горнорабочими самоспасателей должно составлять

$$\tau_{зс} = \sum_{i=1}^n \tau_{зсi}, \quad (5)$$

где $\tau_{зсi}$ – время защитного действия изолирующих самоспасателей на каждом i -ом участке движения горнорабочих с учетом переключения их в резервные самоспасатели в местах размещения пунктов переключения, мин; n – количество использованных самоспасателей для преодоления зоны загазирования.

В этом случае время эвакуации горнорабочих t_p определяют по

формуле

$$t_p = \sum_{j=1}^m L_{зj} / \mathcal{G}_{пj}, \quad (6)$$

где $L_{зj}$ - длина зоны загазирования объекта продуктами горения от подземного пожара, м; $\mathcal{G}_{пj}$ - средняя скорость передвижения горнорабочего в самоспасателе по j -му подземному объекту, м/мин; m - количество загазированных подземных объектов, по которым передвигаются горнорабочие в самоспасателях.

Длину зоны $L_{зj}$ загазирования горных выработок для различных режимов вентиляции и места возникновения подземного пожара рассчитывают согласно [9], а среднюю скорость $\mathcal{G}_{пj}$ передвижения в аварийной выработке в зависимости от направления движения горнорабочих определяют согласно приложению В [8].

Предполагается, что каждый опасный фактор воздействует на горнорабочих независимо от других. Параметры развития подземного пожара в горных выработках для определения предельных значений ОФП рассчитывают согласно [9, 10]. К таким параметрам, в частности, относят: дальность и скорость распространения пожара, площадь горящей поверхности, длину зоны действия конвективных потоков навстречу вентиляционному потоку, расход материала на горение, температуру воздушного потока на выходе из зоны горения, температуру исходящих газов на расстоянии от очага пожара.

Вероятность эффективного срабатывания противопожарной защиты $P_{пз}$ вычисляют по формуле

$$P_{пз} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - R_{пзи}), \quad (7)$$

где $R_{пзи}$ - вероятность эффективного срабатывания i -го технического решения в течение года, которая является следствием реализации любой из видов защиты и вычисляют по формуле

$$R_{пзи} = 1 - \prod_{k=1}^5 (1 - R_{ик}^c), \quad (8)$$

где $R_{ик}^c$ - вероятность реализации любой из видов противопожарной защиты: применения на i -ом объекте первичных средств пожаротушения (переносные и передвижные огнетушители, пожарные стволы,

песок и т.д.); автоматических систем пожарной сигнализации и пожаротушения; устройств, обеспечивающих ограничение распространения пожара (негорючих зон, водяных завес и т.п.); конструкций крепления с регламентируемой огнестойкостью; деревянных элементов шахтной крепи, пропитанных огнезащитными составами или обработанных огнезащитными покрытиями.

Индивидуальный риск $R_{и}$ пожара на проектируемых (новых) объектах первоначально оценивают по формуле (1) при $P_э = 0$. Если при этом выполняется условие $R_{и} \leq 10^{-6}$, то безопасность рабочих на объекте обеспечена на требуемом уровне системой предотвращения пожара. Если это условие не выполняется, то расчет риска $R_{и}$ следует проводить по зависимостям (1) - (7). Пример расчета риска $R_{и}$ приведен в приложении Е разработанного отраслевого стандарта [8].

Выводы. Полученные зависимости для определения индивидуального риска позволяют прогнозировать и оценивать пожарную опасность подземного объекта угольной шахты с учетом особенностей динамики пожара, образования зон загазирования горных выработок, условий передвижения в них горнорабочих при аварии и принятых систем самоспасения на объекте, а также эффективности срабатывания противопожарной защиты. Это способствует усилению системы предотвращения пожара, обеспечению безопасности горнорабочих и защиты материальных ценностей на подземном объекте.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методы количественной оценки уровня пожаровзрывоопасности объектов: Обзорная информация / [В.М. Гаврилей, А.П. Шевчук, А.В. Матюшин, В.А. Иванов].- М.: ГИЦ МВД СССР, 1987.- 55 с.
2. Вогман Л.П. Основные подходы к оценке уровня пожарной опасности производственных объектов / Л.П. Вогман, В.А. Зуйков // Пожаровзрывоопасность.- 2004.- №2.- С. 23-30.
3. Система попереджувальної взаємодії служб шахти з оцінюванням ризику і його зниження в режимі реального часу / [М.В. Малеев, К.В. Дорофеев, Є.І. Соколов, М.І. Римар] // Безпека життєдіяльності. - 2005.- №4.- С. 17-20.
4. Пожарная безопасность. Общие требования: ГОСТ 12.1.004-91.-[Введ. 1992-07-01].- М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 1992.- 77 с.
5. Мамаєв В.В. Оцінка пожежної небезпеки підземних об'єктів шахт на основі розрахункового індивідуального ризику /

В.В. Мамаєв // Пожежна безпека-2009: Зб. тез доповідей ІХ Міжнар. наук.-практ. конф./ ЛДУ БЖД.- Львів, 2009.- С. 272-273.

6. Азаров В.И. Расчет риска поражения шахтеров от аварийного взрыва / С.И. Азаров, В.Л. Сидоренко // Уголь Украины.- 2010.- №12.- С. 39-40.

7. Про основні засади державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності: Закон України від 5.04.2007, №877-V.

8. Підземні об'єкти та гірничошахтне обладнання вугільних шахт. Метод визначення пожежної небезпеки: СОУ 10.1-00174102-010-2010. -[Чинний від 2010-10-01].- К.: Мінвуглепром України, 2010.- 52 с.

9. Зони загазування гірничих виробок вугільних шахт продуктами термодеструкції від підземних пожеж. Методика розрахунку: ГСТУ 10.1-00174102-008-2003. – [Чинний від 2004-07-01].- К.: Мінпаливенерго України, 2003.- 25 с.

10. Руководство по определению параметров подземного пожара и выбору эффективных средств его тушения: утв. ВУ ВГСЧ 09.09.85 / ВНИИГД.- Донецк, 1985.- 96 с.

Мамаєв В.В.

Прогноз та оцінка рівня пожежної небезпеки підземних об'єктів вугільних шахт

Розглянуто сучасні методи оцінки рівня пожежної небезпеки об'єктів. Запропоновано метод визначення рівня пожежної небезпеки підземних об'єктів за умов імовірності впливу небезпечних факторів підземної пожежі на гірників та можливості їх евакуації в умовах вугільних шахт. За результатами виконаних досліджень розроблено та упроваджено галузевий стандарт.

Ключові слова: пожежна небезпека, підземний об'єкт, небезпечні фактори пожежі, пожежний ризик, зони загазування, евакуація гірників.

Mamayev V.V.

Prognosis and estimation of the fire hazard level of underground objects of coal mines

The modern methods of estimation of the fire hazard level of the objects are considered. The method of determination of the fire hazard level of the underground objects taking into account probability of influence of hazardous factors of the fire on mine workers and possibilities of their evacuation under conditions of the coal mines is proposed. The branch standard is worked out and put into operation on results of the investigations fulfilled.

Key words: fire hazard, underground object, hazardous factors of the fire, fire risk, gassing zones, evacuation of the mine workers.