

АЭРОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ И БАРЬЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ

Е.Л. Гришин

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: Одним из широко используемых инструментов в области промышленной безопасности является обоснование безопасности опасного производственного объекта, позволяющее в полной мере учесть специфику различных горных предприятий и обосновать экономические затраты на внедрение современных систем промышленной безопасности. Однако данная область сталкивается с дефицитом нормативно-методической литературы, отсутствием методик оценки и расчета величины отдельных видов риска. В данной работе описано понятие аэрологического риска, представлены подходы к оценке аэрологического риска на горных предприятиях с подземным способом добычи, расчету и анализу величины риска, определению необходимости и достаточности барьеров безопасности, выбору параметров компенсирующих мероприятий.

Ключевые слова: рудничная вентиляция, промышленная безопасность, обоснование безопасности опасного производственного объекта, аэрологический риск, анализ рисков, барьеры безопасности, компенсирующие мероприятия.

Единый сценарий аэрологического риска

Аэрологический риск – это риск нарушения системы вентиляции рудника, при котором возникает вероятность несчастных случаев вследствие отравления ядовитыми газами, поступающими в рудничную атмосферу, или вероятность возникновения взрыва ввиду превышения предельно-допустимой концентрации (ПДК) по горючим газам. Для оценки аэрологического риска вне зависимости от его конкретных причин используется единый сценарий аэрологического риска, предполагающий анализ всей системы вентиляции рудника в целом. В рамках данного сценария выделены отдельные составляющие аэрологического риска (рисунок 1), отвечающие за различные аспекты изменения параметров рудничной атмосферы в рабочих зонах, являющихся основными потребителями воздуха в системе вентиляции рудника.

1. Первая составляющая (красный цвет на рисунке) отвечает за количество свежего воздуха, поступающего на проветривание. В рамках данной составляющей анализируется та часть системы вентиляции рудника, которая влияет на его расход по тракту движения к рабочим зонам. Например, отклонения параметров работы вентиляторов, изменение величины утечек воздуха и т.д. [1, 2]

2. Вторая составляющая (оранжевый цвет) отвечает за выделение опасных и ядовитых компонентов непосредственно в пределах потребителя воздуха. В рамках данной составляющей анализируются источники загрязнения рудничной атмосферы непосредственно в местах ведения горных работ. Например, такие риски как: некорректное определение требуемого количества воздуха, отсутствие периодических замеров газобиличности рабочих зон и т.д. [3].

3. Третья составляющая (синий цвет) отвечает за процессы накопления газа в пределах рабочей зоны как отдельно рассматриваемого потребителя воздуха. Анализируется часть вентиляционной системы, обеспечивающая поддержание параметров проветривания непосредственно рабочей зоны. Например, при проветривании рабочей зоны с помощью вентилятора местного проветривания (ВМП) анализируется риск выхода из строя или неправильно определенных параметров ВМП, разрыва вентиляционного воздухопровода, наличия рециркуляции и т.д.

4. Четвертая составляющая (зеленый цвет) отвечает за качественный состав подаваемого на проветривание потребителей воздуха. В классической вентиляции считается, что на проветривание поступает свежий воздух с нулевыми концентрациями опасных примесей. Однако существует риск изменения качественного состава поступающей на проветривание струи воздуха. В данной составляющей анализируются такие риски как: наличие последовательного проветривания, выброс газов на свежей струе и т.д.

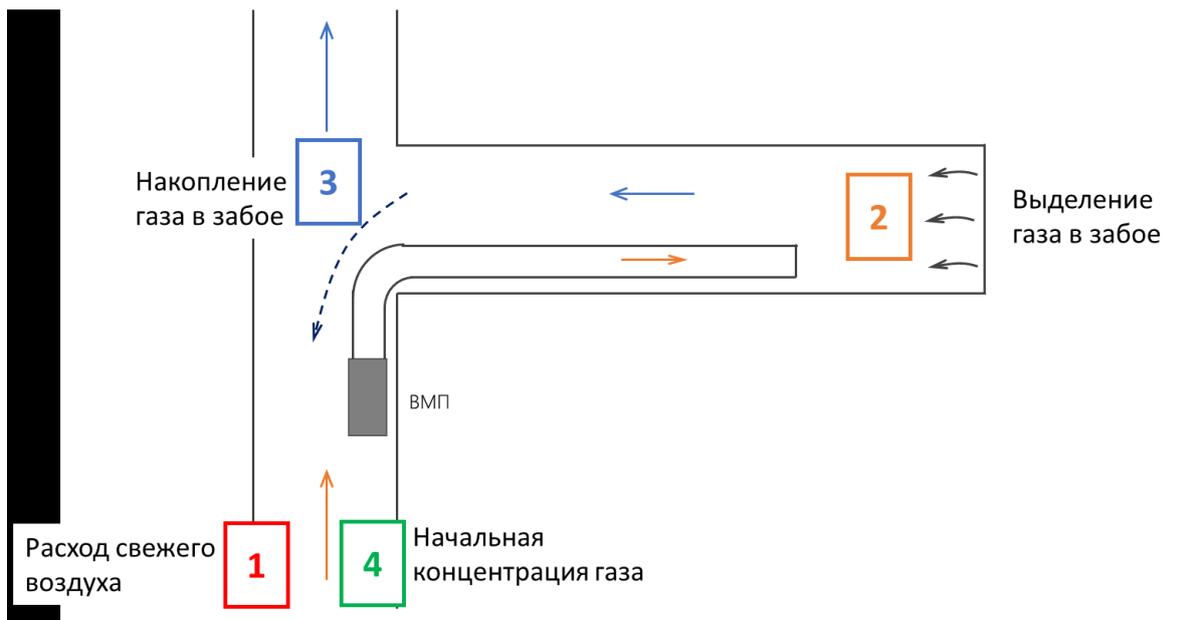


Рис. 1. Схема единого сценария аэрологического риска

Расчет величины аэрологического риска

Для расчета величины аэрологического риска используется метод «Анализа дерева отказов» [4]. Этот метод позволяет получить количественную величину риска, уложить причинно-следственные связи отдельных событий в рамках единого сценария аэрологического риска с учетом описанных его составляющих, показать последовательность отказов различных элементов системы вентиляции, инцидентов, ошибок персонала, внешних воздействий, приводящую к внештатной ситуации.

На рисунке 2 представлен пример схемы расчета величины аэрологического риска в виде дерева отказов. Схема разработана в рамках расчета аэрологического риска при отступлении безопасности для реального опасного производственного объекта в части изменения схемы и способа проветривания рудника. На схеме выделены отдельные составляющие единого сценария аэрологического риска (цвета представлены в соответствии с рисунком 1). Прослеживаются причинно-следственные связи, позволяющие определить инициирующие события (голубые прямоугольники) в рамках отдельных частей системы вентиляции рудника.

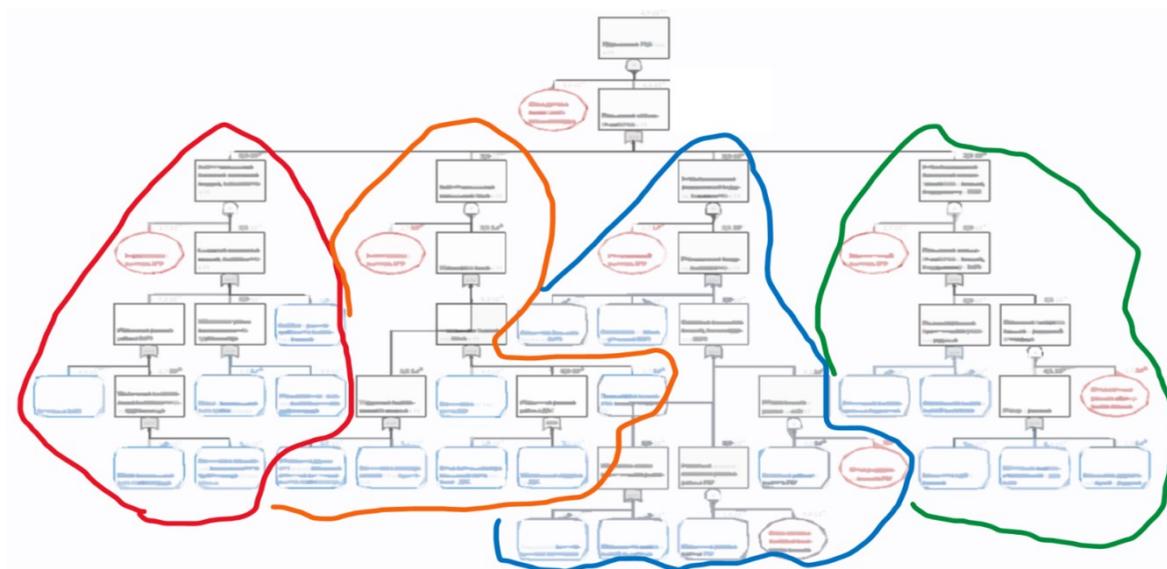


Рис. 2. Схема расчета величины аэрологического риска с учетом его отдельных составляющих

Оценка аэрологического риска в рамках обоснования безопасности

В рамках обоснования безопасности предлагается проводить сравнение аэрологического риска до принятых отступлений от требований промышленной безопасности и в рамках их внедрения не для всего аэрологического риска в целом, а только для тех его составляющих, которые претерпевают изменения при отступлении от требований промышленной безопасности (либо разработке новых требований) [5].

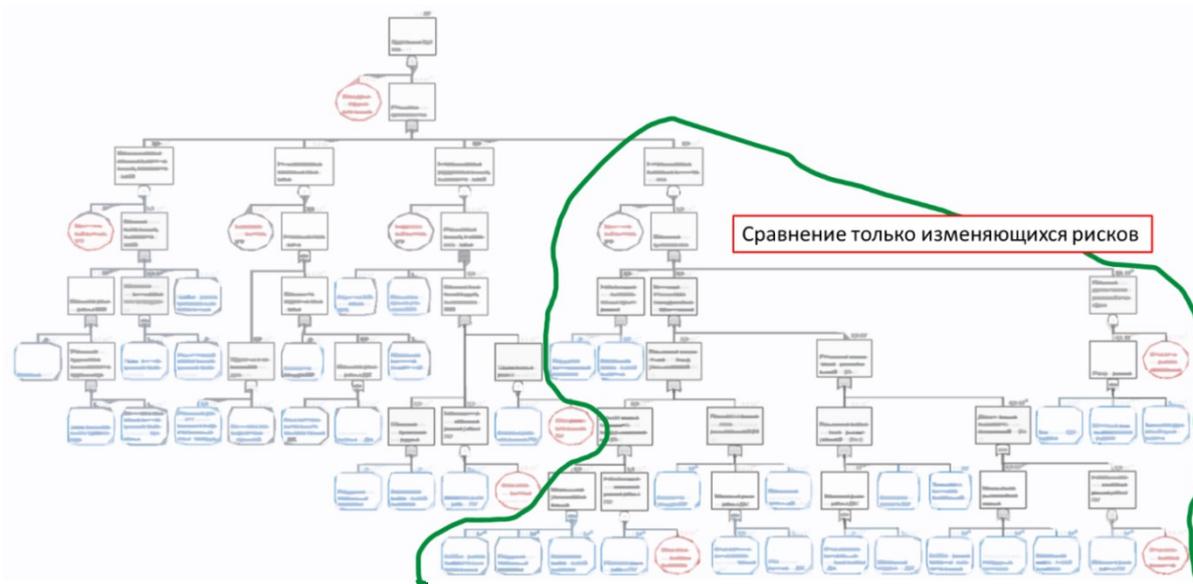


Рис. 3. Схема для оценки аэрологического риска при разработке обоснования безопасности

На рисунке 3 представлена схема оценки аэрологического риска при отступлении от требований промышленной безопасности (схема до отступления представлена на рисунке 2). Видно, что изменения претерпевает только величина риска, связанная с качественным составом свежего воздуха, поступающего на проветривание потребителей. Это позволяет не проводить подробный анализ инициирующих событий и частот их возникновения для других составляющих аэрологического риска. Тем самым снижаются трудозатраты и возрастает точность расчетов и корректность принимаемых решений по компенсации возникающих рисков.

Выбор барьеров безопасности и определение параметров компенсирующих мероприятий

На рисунке 4 представлен процесс определения необходимых барьеров безопасности для обеспечения величины риска не ниже той, которая была до внедрения отступления от требований промышленной безопасности в рамках обоснования безопасности. Используемый метод анализа деревьев отказов позволяет легко определить критичные узлы системы вентиляции и обеспечить увеличение уровня промышленной безопасности за счет внедрения компенсирующих мероприятий.

В рамках разработки барьеров безопасности, обеспечивающих увеличение уровня промышленной безопасности, мы используем следующие компенсирующие мероприятия.

5. Регламентные работы. Определение периодичности проведения газоздушных съемок, исследований газоносности массива. Обоснование периодичности контроля ИТР состояния и работоспособности вентиляционного оборудования.

6. Методическое обеспечение. Разработка дополнительных разделов РТПП с мероприятиями (требования к организации барьеров безопасности), расширение требований

должностных инструкций. Разработка дополнительных разделов расчета количества воздуха (например, коэффициенты запаса).

7. Контроль состава рудничной атмосферы. Применение автоматических средств контроля параметров рудничной атмосферы, определение мест их размещения и обоснование минимально требуемого их количества. Разработка методического обеспечения для выполнения контрольных ручных замеров содержания ядовитых и взрывоопасных газов.

8. Требования к диспетчеризации. Единая система мониторинга вентиляционных устройств, расходов воздуха и качественного его состава. Разработка систем диспетчеризации на основе моделей вентиляционной сети с возможностью прогноза изменения проветривания. Интеграция системы мониторинга вентиляции с системой позиционирования транспорта и рабочих.

9. Аварийная автоматика. Автоматическое отключение электроэнергии, сигнализация при превышении ПДК, автоматическое увеличение расхода воздуха в критических ситуациях, автоматическое управление вентиляционными устройствами при возникновении аварийной ситуации.

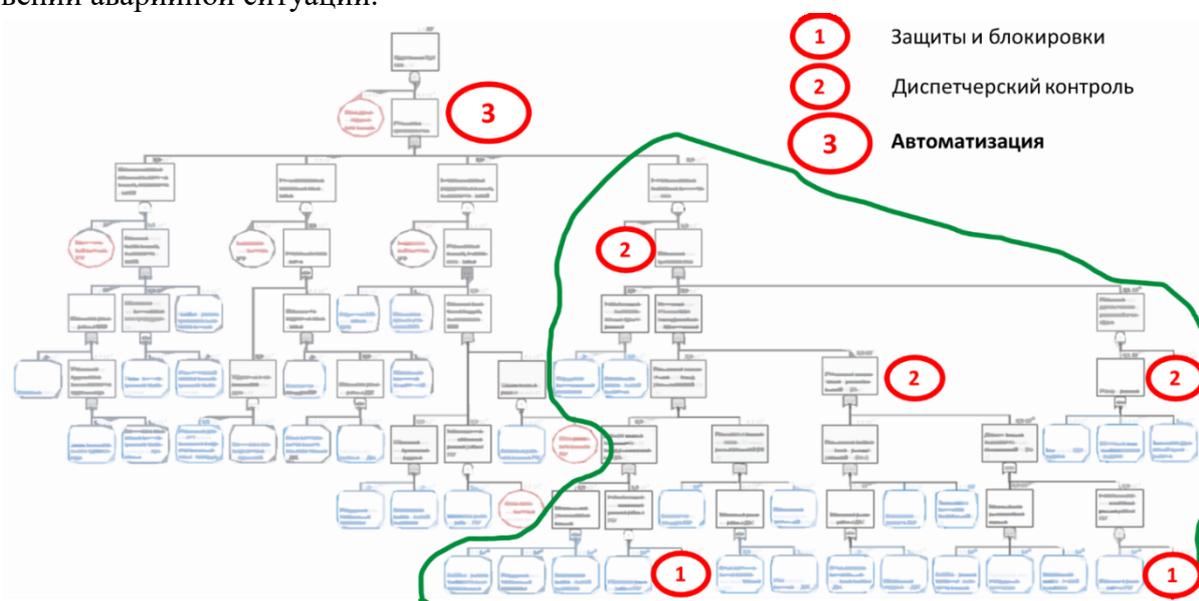


Рис. 4. Определение необходимых компенсирующих мероприятий (барьеров безопасности)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Казаков Б.П., Шалимов А.В., Киряков А.С. К вопросу энергосбережения проветривания рудников // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2013. – № 3. – С. 139-147.
2. Семин М.А., Гришин Е.Л., Левин Л.Ю., Зайцев А.В. Автоматизированное управление вентиляцией шахт и рудников. Проблемы, современный опыт, направления совершенствования // Записки Горного института. – 2020. – Т. 246. – С. 623-632. – DOI: 10.31897/PMI.2020.6.4.
3. Кузьминых Е.Г., Кормщиков Д.С. Анализ методов расчета требуемого количества воздуха для разжижения отработанных выхлопных газов // Горное эхо. – 2020. – № 3 (80). – С. 107-115. – DOI: 10.7242/echo.2020.3.21.
4. Руководство по безопасности «Методические основы анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах»: утв. 03.11.2022, № 387.
5. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Общие требования к обоснованию безопасности опасного производственного объекта»: утв. 15.07.2013, № 306. – М.: ЗАО «НТИ исследований проблем пром. безопасности, 2013. – 16 с. – (Документы межотраслевого применения по вопросам промышленной безопасности и охраны недр: сер. 03, вып. 73).