

РУДНИЧНАЯ АЭРОГАЗОДИНАМИКА И ГОРНАЯ ТЕПЛОФИЗИКА

УДК 622.4

DOI:10.7242/echo.2024.4.12

АЛГОРИТМ РАСЧЁТА УСТОЙЧИВОСТИ ПРОВЕТРИВАНИЯ ПО ФАКТОРУ ТЕПЛОВОЙ ДЕПРЕССИИ ДЛЯ БОЛЬШИХ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СЕТЕЙ В АК «АЭРОСЕТЬ»

Е.А. Захаров, Д.С. Кормщиков, Н.А. Князев
Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: Статья посвящена одному из вопросов безопасности в горном деле, а именно влиянию пожаров на устойчивость проветривания в подземных выработках. Рассматривается проведение расчетов устойчивости проветривания при пожарах с использованием алгоритма, реализованного в аналитическом комплексе «Аэросеть», позволяющего в сетевой постановке выявить выработки, опасные по опрокидыванию. Приводится пример применения алгоритма на вентиляционной сети рудника с протяженностью сети более 96 километров. Подчеркивается значимость внедрения современных инструментов для повышения эффективности управления безопасностью и профилактики аварийных ситуаций на горных предприятиях.

Ключевые слова: подземные пожары, рудничная вентиляция, тепловая депрессия, профилактика аварий, анализ устойчивости, программные комплексы, расчеты.

Введение

Актуальность вопросов безопасности на горных предприятиях, особенно на крупных рудниках с разветвленной сетью подземных выработок и значительным количеством самоходной техники, требует особого внимания, ведь, несмотря на общее снижение числа аварий, сложность и время ликвидации растут, в некоторых случаях это связано с неопределенностью выбора аварийного вентиляционного режима [1]. В случае возникновения пожара помимо дыма и углекислого газа выделяется огромный объем тепла. При такой ситуации нарушается устойчивость воздушного потока, проходящего по выработке, что приводит к нарушению режима проветривания шахты и ведет к осложнению проведения эвакуации и аварийно-спасательных работ.

В таких условиях основным источником возгорания зачастую становится техника, которая постоянно перемещается по транспортной сети рудника, что делает невозможным проведение предварительной локализации места возникновения пожара. В связи с этим важной задачей является заблаговременное определение выработок, в которых может произойти опрокидывание, и разработка необходимых мероприятий.

Согласно требованиям пункта 26 Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Инструкции по локализации и ликвидации последствий аварий на опасных производственных объектах» [2], для эффективного ведения горноспасательных работ необходимо проводить расчет устойчивости проветривания при пожаре с помощью программного обеспечения, основанного на моделях топологии горных выработок.

Для поиска выработок, опасных по фактору опрокидывания, в аналитическом комплексе «Аэросеть» [3] реализован автоматический алгоритм, который позволяет проводить анализ устойчивости для сети горных выработок. В работе рассмотрен порядок выполнения расчетов для разработки мероприятий по формированию устойчивого режима проветривания опасных выработок.

Алгоритмы оценки устойчивости вентиляции

Ранее в программе был реализован алгоритм расчета устойчивости – «Устойчивость при пожаре», который определяет направление и расход воздуха при пожаре в одной выбранной выработке [4, 5]. Расчет производится по фактору тепловой депрессии. Для проведения расчета необходимо выбрать место возникновения пожара и задать мощность очага возгорания. После проведения расчета отображаются гарантированные расходы воздуха. Это позволяет сравнивать расход воздуха в выработках при моделировании нормального и аварийного распределения воздуха с учетом возникновения пожара. Изменение заливки на противоположный цвет показывает, в каких выработках происходит опрокидывание (рис. 1).

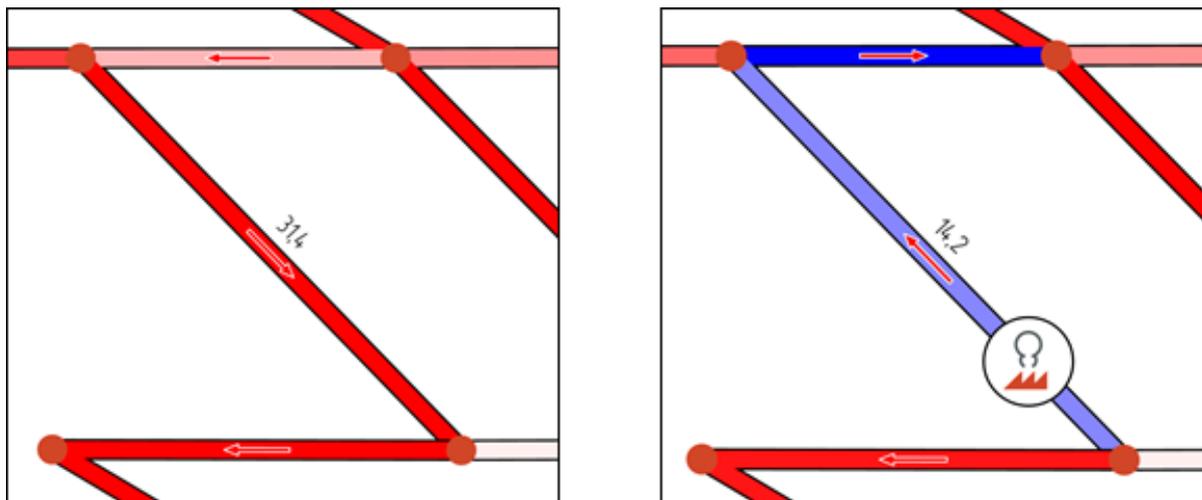


Рис. 1. Гарантированные расходы при выполнении расчета устойчивости

Описанный алгоритм демонстрирует конечный результат воздухораспределения, что облегчает разработку мероприятий по сохранению устойчивого проветривания и обеспечению безопасной эвакуации горнорабочих. Однако поиск опасных выработок в больших вентиляционных сетях, протяженность которых может достигать 300 километров, является долгим и трудоемким процессом. В процессе решения задачи автоматизации расчета устойчивости для больших вентиляционных сетей в программе реализован дополнительный алгоритм – «Анализ устойчивости при пожаре».

Усовершенствованный алгоритм позволяет выявлять наклонные и вертикальные выработки, подверженные опрокидыванию воздушной струи, а также вычислять необходимую тепловую депрессию для изменения направления движения воздуха. Стоит отметить, что при анализе устойчивости учитываются выработки только с нисходящей струей воздуха. Ключевым отличием данных алгоритмов является то, что во втором случае нет необходимости задавать место возникновения пожара вручную, программа автоматически анализирует возможность опрокидывания воздушной струи в каждой выработке, имеющей такую опасность.

В расчете опасными считаются вертикальные и наклонные выработки с углом наклона от 5 до 90 градусов. При этом имеется возможность изменить диапазон угла наклона, что позволяет варьировать количество анализируемых выработок. Результатом проведения расчета станут данные о тепловой депрессии, необходимой для изменения направления потока воздуха каждой проанализированной выработки в отдельности. Выработки, опасные по опрокидыванию подсвечиваются на схеме, как показано на рисунке 2, а при необходимости создания реестра опасных выработок в программе предусмотрена выгрузка данных в формате электронных таблиц.

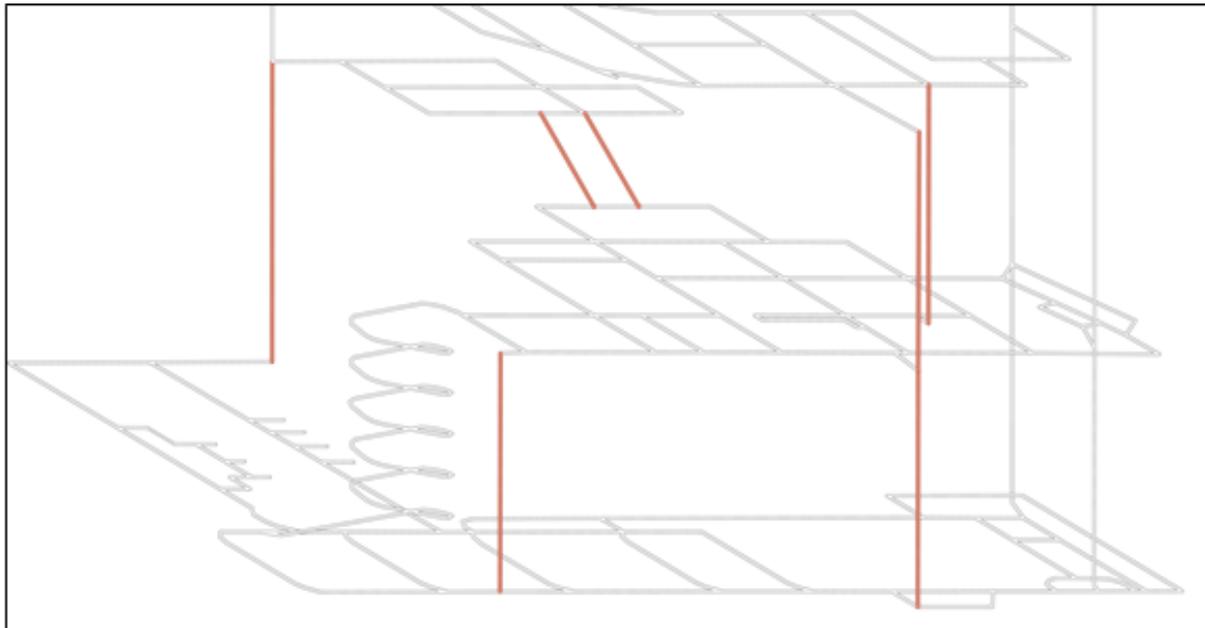


Рис. 2. Выработки, опасные по опрокидыванию

Применение алгоритма «Анализ устойчивости при пожаре» позволит автоматически проверять наклонные и вертикальные горные выработки по фактору опрокидывания воздушной струи на моделях с большой протяженностью горных выработок. В следующем разделе рассмотрен пример применения алгоритма.

Оценка устойчивости на практике

В качестве примера анализа устойчивости рассматривается вентиляционная сеть действующего рудника, показанная на рисунке 3. Рудник расположен в северной части Красноярского края и имеет протяженность действующих выработок более 96 километров. Проветривание осуществляется всасывающим способом по фланговой системе.

По результатам расчета алгоритма из 2163 выработок, имеющих в сети, 137 проветриваются нисходящей струей воздуха и имеют угол наклона более 5 градусов. Из выявленных наклонных выработок 94 определены как опасные по опрокидыванию. После окончания расчета полученные данные о тепловой критической депрессии и тепловой депрессии пожара можно выгрузить в формате электронной таблицы, как показано в таблице 1.

Таблица 1

Пример заполнения реестра выработок опасных по опрокидыванию

| Название выработки | Нормальный расход воздуха, м ³ /с | Тепловая критическая депрессия, Па | Тепловая депрессия пожара, Па | Опрокидывание |
|--------------------|----------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|---------------|
| Транспортный уклон | 86,8 | 295,7 | 86,68 | Нет |
| Рудный штрек | 17,7 | 53,2 | 662,56 | Да |
| Ходок | 4,6 | 1,1 | 25,64 | Да |
| Заезд на панель №5 | 41,9 | 167,4 | 50,53 | Нет |
| Сбойка №2 | 7,2 | 65,6 | 84,66 | Да |

Полученные результаты расчетов необходимо использовать для разработки мероприятий по устранению угрозы, связанной с опрокидыванием воздушной струи. К данным мероприятиям можно отнести изоляцию места пожара путем возведения временных перемычек и прекращения доступа воздуха к очагу горения [6]. Также для интенсификации тушения пожара прибегают к реверсированию вентиляционной струи [7].

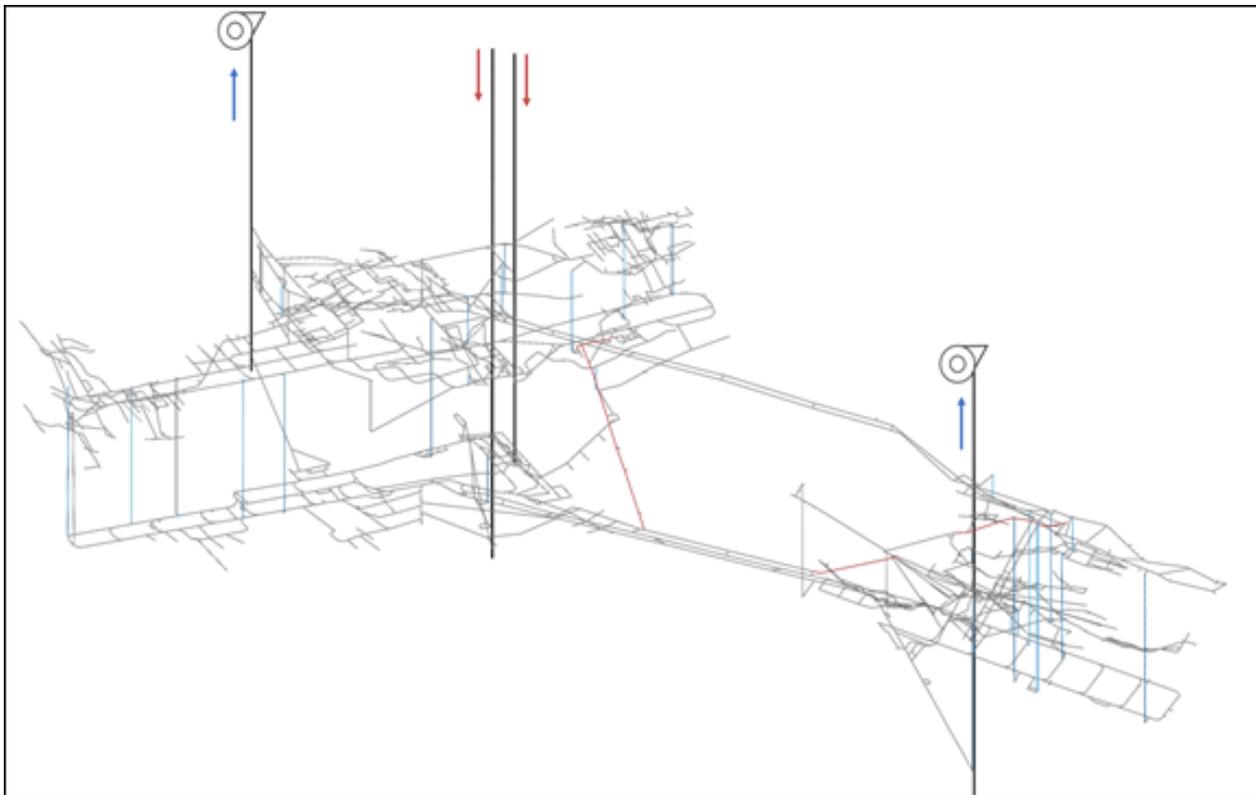


Рис. 3. Модель рудника

Таким образом, применение алгоритма «Анализ устойчивости при пожаре» эффективно на больших вентиляционных сетях при определении наклонных и вертикальных выработок, опасных по опрокидыванию. Заблаговременная разработка мероприятий по поддержанию устойчивого режима проветривания во время аварийных ситуаций является важной задачей, позволяющей оперативно принимать решения при ликвидации последствий подземных пожаров и повышению безопасности ведения горноспасательных работ.

Заключение

Разработанный алгоритм «Анализ устойчивости при пожаре» в аналитическом комплексе «Аэросеть» позволяет автоматизировать процесс выявления выработок, опасных по опрокидыванию при возникновении пожаров. В работе проанализирована вентиляционная сеть рудника с протяженностью более 96 километров. Из 2163 выработок 137 проветриваются нисходящей струей воздуха, из них 94 выработки определены как опасные по опрокидыванию. Также алгоритм позволяет визуализировать результаты моделирования аварийного воздухораспределения и выгружать данные расчетов в формате электронных таблиц, что упрощает обработку информации и создание отчетов. Результаты исследования подтверждают актуальность использования современных инструментов для повышения эффективности управления безопасностью и профилактики аварийных ситуаций на горных предприятиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Булгаков Ю.Ф., Мельникова Я.В. Оценка параметров шахтной вентиляционной сети при подземных пожарах // Горн. информ.-аналит. бюл. – 2009. – № S13. – С. 107-114.
2. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Инструкция по локализации и ликвидации последствий аварий на опасных производственных объектах, на которых ведутся горные работы»: утв. 11.12.2020, № 520. (С изменениями на 8.12.2023 г.). – Текст электронный // Консорциум КОДЕКС. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации: офиц. сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573140267>. Дата обращения (15.09.2024).
3. Аналитический комплекс «АэроСеть»: программа для ЭВМ: свидетельство о гос. регистрации № 2015610589 / Зайцев А.В., Казаков Б.П., Кашников А.В., Кормщиков Д.С., Круглов Ю.В., Левин Л.Ю., Мальков П.С., Шалимов А.В.; заявитель и правообладатель ГИ УрО РАН – № 2014613790; заявл. 24.04.2014; зарегистрировано 14.01.2015; опублик. 20.02.2015. – 1 с..
4. Левин Л.Ю., Палеев Д.Ю., Семин М.А. Расчет устойчивости воздушных потоков в выработках шахтных вентиляционных сетей по фактору тепловой депрессии // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2020. – № 1. – С. 81-85.
5. Попов М.Д., Кормщиков Д.С., Семин М.А., Левин Л.Ю. Расчет устойчивости воздушных потоков в горных выработках по фактору тепловой депрессии в аналитическом комплексе «Аэросеть» // Безопасность труда в промышленности. – 2020. – № 10. – С. 24-32. – DOI: 10.24000/0409-2961-2020-10-24-32.
6. Овчаренко Г.В., Пихконен Л.В. Перспективные направления способов изоляции подземных выработок при тушении пожаров на угольных шахтах // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – № S7. – С. 373-381.
7. Минеев С.П., Смоланов С.Н., Самопаленко П.М., Беликов И.Б. О некоторых вопросах тушения сложных пожаров в угольных шахтах // EESJ. – 2018. – №9-1. – С. 52-58.

УДК 622.831.322 + 622.233

DOI:10.7242/echo.2024.4.13

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИУСА
ЗОНЫ ЭФФЕКТИВНОГО ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ
ИЗВЕСТНЯКОВ**

Е.А. Нестеров

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: Природные газы при разработке различных месторождений оказывают существенное влияние на технологию проходки как подготовительных, так и очистных выработок. С увеличением глубины разработки, как правило, это влияние только усиливается. В качестве мероприятия по дегазации массива горных выработок рассмотрена дегазация пород впереди забоя горной выработки посредством торпедирования массива. Представлены результаты экспериментального определения основного параметра тоорпедирования – радиуса эффективного трещинообразования на основе изучения газопроницаемости пород нетронутого массива и после торпедирования, а также по показателю воздухопоглощения.

Ключевые слова: вмещающие породы, газопроявления, известняки, радиус эффективного трещинообразования, дегазация пород, шпуровой заряд.

Введение

Для поддержания производственных мощностей предприятия, ведущих разработку полезных ископаемых, распространяющихся до больших глубин, рано или поздно встает вопрос о переходе подготовительных и очистных работ на более глубокие горизонты. Увеличение глубины разработки, в свою очередь, сопровождается ростом температуры, изменением физико-механических свойств горных пород, увеличением природной газоносности пород и вероятностью возникновения газодинамических явлений в крепких вмещающих породах. Для обеспечения безопасности проходки горных выработок по газоносным вмещающим породам одним из вариантов приведения массива в безопасное расстояние является их предварительная дегазация. Под дегаза-