

УДК 622.451.001.895

**Левин Лев Юрьевич**

доктор технических наук,  
заместитель директора по научной работе,  
Горный институт Уральского отделения РАН  
614007 г. Пермь, ул. Сибирская, 78 а  
e-mail: [aerolog\\_lev@mail.ru](mailto:aerolog_lev@mail.ru)

**Кормщик Денис Сергеевич**

инженер,  
Горный институт Уральского отделения РАН  
e-mail: [dkormshchikov@gmail.com](mailto:dkormshchikov@gmail.com)

**ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД  
К КОНТРОЛЮ  
ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ  
В ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ СЕТИ\****Аннотация:*

В работе представлены результаты разработки современного способа контроля воздухо-распределения в шахтах (рудниках). Предлагаемая система мониторинга основана на интеграции показаний датчиков расходов воздуха, устанавливаемых в некоторых горных выработках, с расчетной математической моделью в программе «АэроСеть». В ходе работы системы решается обратная задача распределения расходов воздуха во всей вентиляционной сети на основе показаний датчиков расходов воздуха, и прогнозируются расходы в выработках, не имеющих непосредственно установленных датчиков.

*Ключевые слова:* воздухораспределение, мониторинг, контроль, прогнозирование, шахта, рудник, обратная задача.

**Levin Lev**

Dr. of technical sciences,  
deputy director on science researches  
the Mining Institute, UB RAS  
614007, Perm, Sibirskaya st., 78 a  
e-mail: [aerolog\\_lev@mail.ru](mailto:aerolog_lev@mail.ru)

**Kormshchikov Denis**

engineer,  
the Mining Institute, UB RAS  
[dkormshchikov@gmail.com](mailto:dkormshchikov@gmail.com)

**INNOVATIVE APPROACH TO AIR  
DISTRIBUTION CONTROL IN MINE  
VENTILATION NETWORK***Abstract:*

The results of elaboration up-to-date air distribution control method in the mines. The proposed monitoring system is grounded on integration of air flow sensor readings that are set in mine workings with air distribution determination in "AeroSet" software package. The monitoring system is based on solution the inverse air flow distribution problem in the whole mine ventilation network in terms of air flow sensor readings. As a result, the prediction of air flows in the whole ventilation network, including airways without mounted air flow sensors is accomplished.

*Key words:* air distribution, monitoring, control, prediction, mine, inverse problem

Анализ современных систем мониторинга параметров вентиляции позволяет сделать вывод о том, что существующие методы контроля проветривания

горных выработок характеризуются следующими недостатками:

- отсутствует актуальная информация о движении воздуха во всех горных выработках;
- при выходе датчика из строя теряется информация о параметрах вентиляции в данной выработке.

В данной работе представлена новая концепция систем мониторинга параметров вентиляции с использованием расчетной модели вентиляционной сети, в которой устранены указанные недостатки [1]. Основной отличительной особенностью такой системы является возможность определения расходов воздуха во всех выработках вентиляционной сети шахты (рудника) за счет ограниченного количества датчиков скорости движения воздуха.

Для интеграции показаний датчиков расхода воздуха с вентиляционной сетью разработан метод расчета воздухораспределения, который базируется на решении обратной задачи воздухораспределения, когда известными являются аэродинамические сопротивления ветвей и расходы в некоторых выработках, а искомыми – расходы воздуха в

\* Исследования выполнены в рамках гранта РФФИ №13-05-96013

остальных выработках вентиляционной сети. Для прикладного использования на горных предприятиях разработанный метод расчета реализован в аналитическом комплексе «АэроСеть» [2].

Система мониторинга параметров вентиляции состоит из следующих структурных элементов, представленных на рис. 1:

- датчиков скорости движения воздуха в отдельных выработках рудника;
- контроллера, обрабатывающего показания датчиков;
- каналов передачи данных;
- базы данных для хранения показаний датчиков;
- автоматизированного рабочего места специалиста с вентиляционной сетью шахты (рудника) необходимой детализации.

Структурные элементы системы мониторинга взаимодействуют следующим образом. Данные о скорости движения воздуха в выработках передаются от датчиков по каналам передачи данных через контроллер на автоматизированное рабочее место специалиста. Там эти данные считываются в вентиляционную сеть, и производится расчет воздухораспределения во всех выработках.

При использовании мониторинга на горном предприятии возможно использование в одной выработке различных типов датчиков, например, датчиков скорости движения воздуха, концентраций газа и др. Для их объединения следует использовать промежуточные шахтные контроллеры, обрабатывающие информацию с датчиков и передающие ее на главный контроллер, расположенный на поверхности. Для управления датчиками и системой мониторинга контроллер, расположенный на поверхности, должен быть связан с автоматизированным рабочим местом специалиста службы автоматизации.

Кроме того, показания системы мониторинга необходимы при работе различных специалистов шахты (рудника): горного диспетчера, главного инженера и специалистов участка вентиляции. Поэтому отображать информацию необходимо на нескольких автоматизированных рабочих местах. В таком случае целесообразно выполнять расчет воздухораспределения в сети горных выработок на сервере и отправлять результаты на автоматизированные рабочие места специалистов. Сервер должен хранить базу данных с показаниями датчиков и результатами расчета воздухораспределения, чтобы при необходимости отобразить историю распределения воздуха по всем выработкам шахты (рудника).

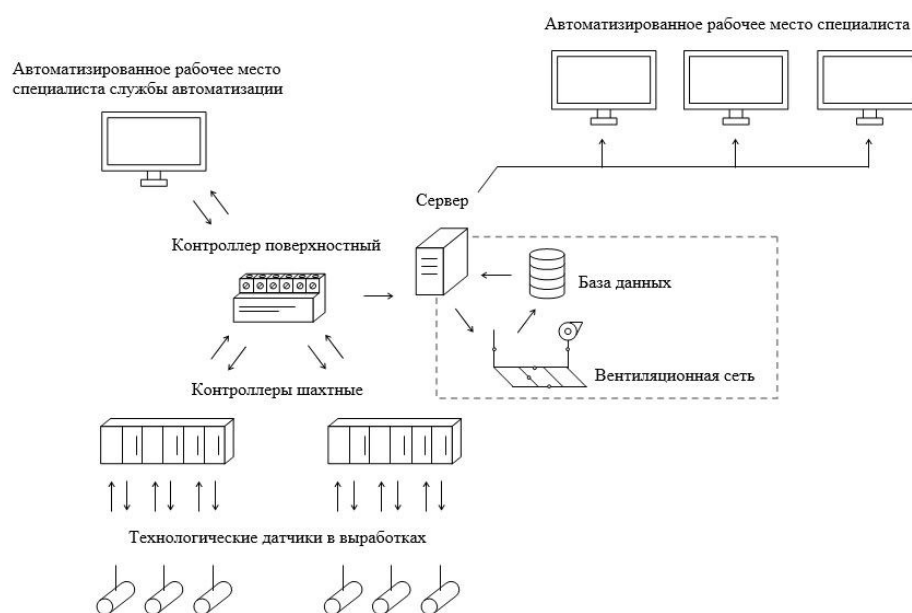


Рис. 1 – Схема взаимодействия структурных элементов системы мониторинга

Работающая таким образом система мониторинга имеет следующие преимущества:

- расходы воздуха определяются во всех ветвях вентиляционной сети шахты (рудника);
- при потере данных от одного из датчиков (отсутствии фиксированного расхода) алгоритм продолжает расчет на основе оставшихся данных, прогнозируя расход воздуха в том числе в той выработке, в которой произошла потеря данных;
- в сочетании с алгоритмами расчета газораспределения система мониторинга может в оперативном режиме на основе фактических расходов прогнозировать задымленные участки вентиляционной сети.

Использование такой системы мониторинга позволяет поддерживать вентиляционную сеть шахты (рудника) и данные о воздухораспределении в актуальном состоянии. Поэтому в аналитическом комплексе «АэроСеть» реализованы новые программные средства прогнозирования газораспределения и разработки оперативных мероприятий в аварийных режимах [3], использующие для расчетов показания системы мониторинга:

- определение на основании показаний датчиков системы мониторинга зон задымления при авариях и визуализация их на схеме шахты (рудника);
- поиск опасных позиций для выбранной выработки;
- прогнозирование распределения газов по сети горных выработок с течением времени;
- автоматическое прокладывание пути выхода с места аварии с учетом топологии сети и распространения продуктов горения.

На рис. 2 приведен пример расчета зоны задымления шахты «Маяк» ОАО «ГМК «Норильский никель» при пожаре на складе взрывчатых материалов, произведенного на основании показаний системы мониторинга.

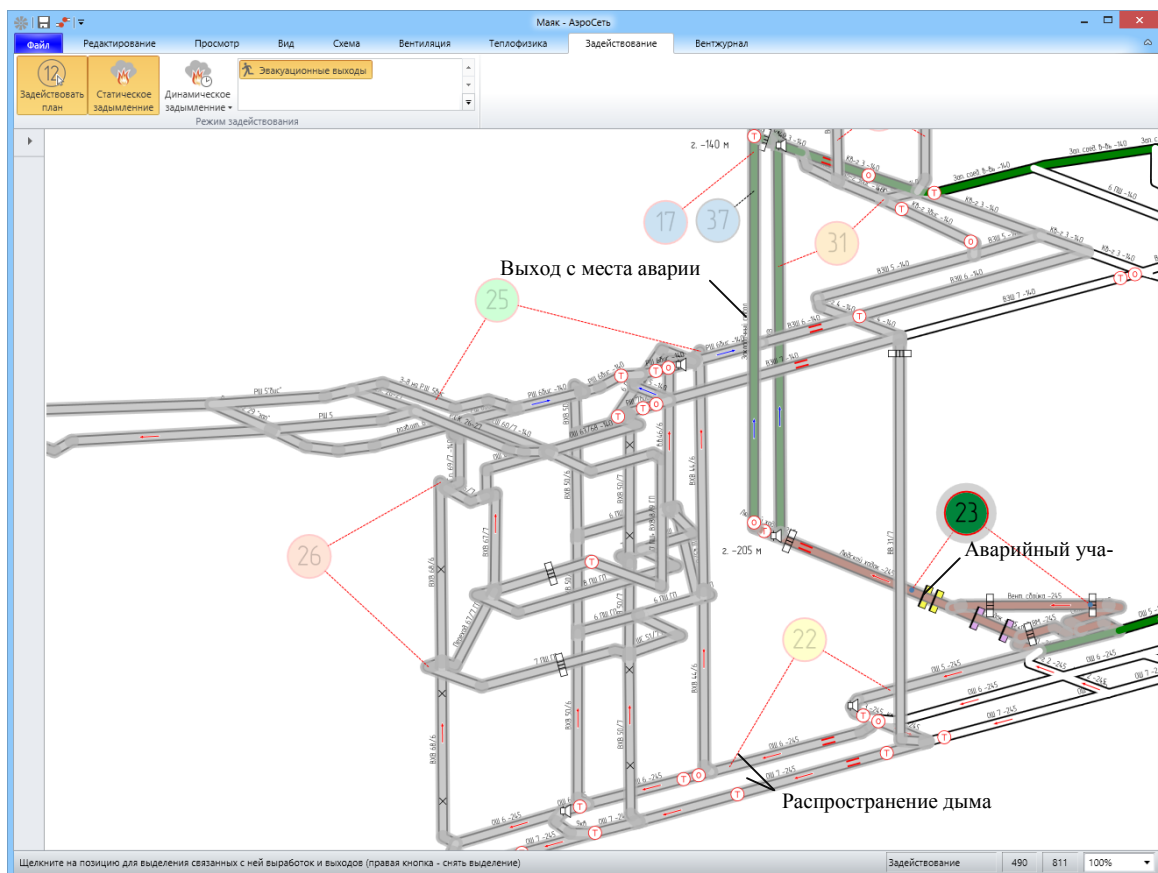


Рис. 2 – Определение зоны задымления при пожаре в программе «АэроСеть»

Преимущества разработанной системы мониторинга значительно увеличивают ее надежность и информативность по сравнению с остальными способами контроля вентиляции. А ее возможности позволят повысить безопасность ведения горных работ и качество разрабатываемых мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий.

### Литература

1. Способ мониторинга расходов воздуха в сети горных выработок и система для его осуществления: заявка 2014147769 Рос. Федерация; заявл. 26.11.2014.
2. Казаков Б.П. Разработка программно-вычислительного комплекса «АэроСеть» для расчета вентиляционных сетей шахт и рудников / Б.П. Казаков и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2006. - № 3. – С. 21 – 33.
3. Гришин Е.Л. Использование результатов теплогазодинамического расчета при анализе аварийных ситуаций и разработке плана ликвидации аварий в аналитическом комплексе «АэроСеть» / Е.Л. Гришин, Д.С. Кормщиков, Л.Ю. Левин // Горный информационно-аналитический бюллетень.– 2014. - № 9. – С. 185 – 189.