

6. Андрейко С.С., Лялина Т.А., Нестеров Е.А., Еловицова А.С. Оценка возможности развития газодинамических явлений при ведении горных работ на III калийном горизонте Краснослободского рудника 2 РУ // Горная механика и машиностроение. – 2012. – № 1. – С. 5-15.
7. Береснев С.П., Сенюк В.В., Гончар В.И., Андрейко С.С., Литвиновская Н.А. Исследование механизма формирования опасных по газодинамическим явлениям зон в породах калийного горизонта // Горн. журн. – 2010. – № 8. – С.31-33.
8. Андрейко С.С. Современное состояние проблемы газодинамических явлений на действующих и вводимых в эксплуатацию калийных рудниках // Горное эхо. – 2019. – № 2 (75). – С. 82-89. – DOI: 10.7242/echo.2019.2.20.
9. Земсков А.Н., Кондрашев П.И., Травникова Л.Г. Природные газы калийных месторождений и меры борьбы с ними. – Пермь: Тип. Купца Тарасова, 2008. – 412 с.: ил., табл.

УДК 622.4

DOI:10.7242/echo.2021.1.23

## ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ НА ПЕРИОД ПРОХОДКИ МЕЖСТВОЛОВОЙ СБОЙКИ В УСЛОВИЯХ ОДНОГО ИЗ РУДНИКОВ БЕЛОРУССИИ

С.В. Мальцев

*Горный институт УрО РАН, г. Пермь*

**Аннотация:** При проходке межстволовой сбойки особенно важным является вопрос обеспечения рабочих зон комбайновых комплексов требуемыми расходами воздуха. В настоящей работе разработаны технические решения при проходке межстволовой сбойки и по организации движения свежего и исходящего потоков воздуха в одном стволе. Для обеспечения комбайновых комплексов требуемым количеством воздуха при проветривании используются вентиляторные установки ARP-800. При выполнении расчетов учтены нормативные утечки через вентиляционный трубопровод. В настоящей работе определено направление естественной тяги и ее влияние на проветривание рудника. Путем численного моделирования определена минимально возможная по техническим характеристикам производительность вентилятора главного проветривания.

**Ключевые слова:** численное моделирование, воздухораспределение, межстволовая сбойка, клетьевой ствол, скиповой ствол.

### Введение

Проектной документацией на отработку рассматриваемого рудника предусматривается всасывающий способ и центральная схема проветривания рудника. Шахтное поле вскрыто двумя вертикальными стволами диаметром 8 м каждый. Ствол № 1 (скиповой) оборудован скипами и предназначен для подъема отбитой силвинитовой руды на поверхность, а также для подачи свежего воздуха (глубина 850 метров). Ствол № 2 (клетьевой) оборудован клетями и предназначен для спуска-подъема людей, материалов и оборудования, а также для выдачи исходящей струи воздуха (глубина 836 метров).

В данной работе представлены варианты численных расчетов двух задач:

- 1) обеспечение трех рабочих зон комбайновых комплексов, задействованных на проходке межстволовой сбойки, требуемым количеством воздуха;
- 2) выбор схемы проветривания в начальный период ведения работ после соединения стволов в условиях рудника.

Для обогрева воздуха в холодное время года на рассматриваемые периоды предполагается к использованию два теплообменника ВЕНЭ-500-473-03-02-01 (мощность каждого – 188 кВт, возможный обогрев воздуха – 15 м<sup>3</sup>/с одним теплообменником).

### **Проходка межстволовой сбойки**

При проходке межстволовой сбойки (протяженность сбойки 180 м, площадь поперечного сечения  $8,9 \text{ м}^2$ ) планируется ведение подготовительно-очистных работ тремя комбайновыми комплексами. Проветривание рабочих зон предполагается осуществлять вентиляторами местного проветривания.

Расчет требуемого количества воздуха выполнен по забойной методике с учетом следующих факторов: взрывоопасные газы, минимально-допустимая скорость воздуха, температура воздуха, пыль и люди. По результатам расчетов определяющим фактором является температура воздуха на сопряжении ствола со сбойкой. Для проветривания каждой рабочей зоны комбайнового комплекса требуется  $152 \text{ м}^3/\text{мин}$  свежего воздуха.

В соответствии с п. 177 правилами безопасности (далее ПБ) Республики Беларусь «Не допускается использование одного и того же шахтного ствола рудника для одновременного прохождения входящей и исходящей струи воздуха. Исключение может быть допущено на время проходки шахтных стволов и околоствольных выработок до соединения с другим шахтным стволом или с вентиляционной сбойкой. В этих случаях в стволе должны быть расположены вентиляционные трубы соответствующего диаметра».

Поэтому в период проходки межстволовой сбойки проветривание рабочих зон будет организовано следующим образом: свежий воздух под действием проходческого вентилятора ARP-800 подается по вентиляционному трубопроводу ( $d=0,8 \text{ м}$ ) до сопряжения с горизонтом. Далее воздух распределяется по очистным забоям на проветривание рабочих зон комбайновых комплексов вентиляторами местного проветривания ВМЭ-6 с помощью вентиляционного трубопровода ( $d=0,6 \text{ м}$ ). При моделировании учтены нормативные утечки через гибкий вентиляционный трубопровод.

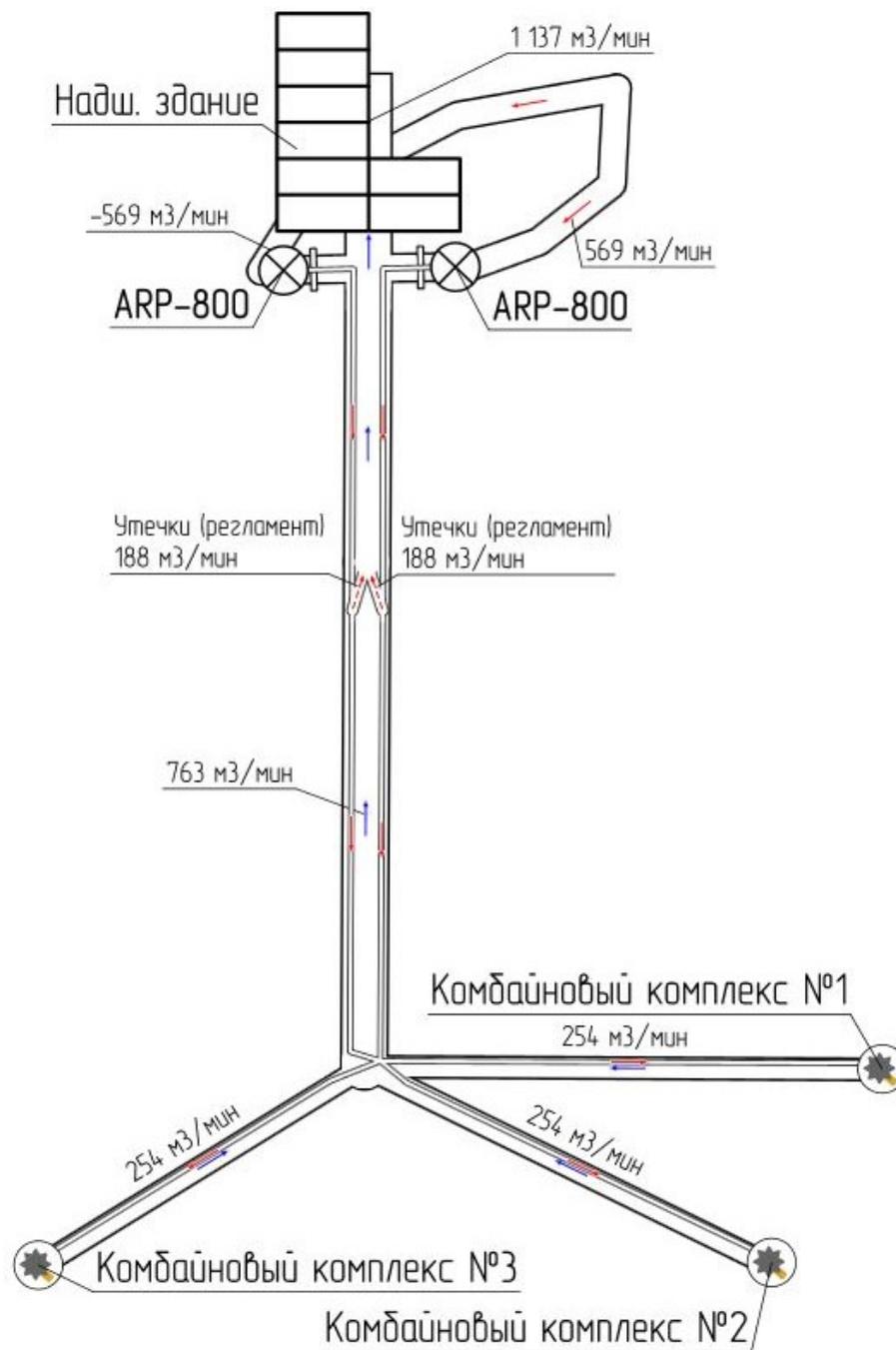
На рисунке 1 представлена схема проветривания выработок околоствольного двора одной вентиляторной установкой ARP-800, расположенной на поверхности и подающей воздух по вентиляционному трубопроводу. Проветривание трех рабочих зон комбайновых комплексов осуществляется вентиляторами местного проветривания.

Результаты численного моделирования в АК «АэроСеть» позволяют сделать вывод, что вентиляторная установка ARP-800 будет нагнетать в гибкий вентиляционный трубопровод воздух в количестве  $598 \text{ м}^3/\text{мин}$ . При этом в рабочие зоны воздух будет поступать в количестве  $134 \text{ м}^3/\text{мин}$  (расчетное значение –  $152 \text{ м}^3/\text{мин}$ ). Остальные  $196 \text{ м}^3/\text{мин}$  воздуха составляют утечки через трубопровод. Данная схема не позволяет обеспечить комбайновые комплексы требуемым количеством воздуха.

Поэтому следующим вариантом рассмотрена схема проветривания выработок околоствольного двора двумя параллельно расположенными вентиляторными установками ARP-800. Свежий воздух подается двумя вентиляторами ARP-800. Схема проветривания выработок околоствольного двора одной вентиляторной установкой ARP-800, расположенной на поверхности, и подающей воздух по вентиляционному трубопроводу, представлена на рисунке 2. Проветривание трех рабочих зон комбайновых комплексов осуществляется вентиляторами местного проветривания.

Каждый вентилятор подает свежий воздух в отдельный вентиляционный трубопровод по  $569 \text{ м}^3/\text{мин}$ . Таким образом, суммарно на проветривание подается  $1137 \text{ м}^3/\text{мин}$ . При моделировании учтены нормативные утечки через гибкий вентиляционный трубопровод, которые составляют  $376 \text{ м}^3/\text{мин}$ . Далее воздух по трубо-





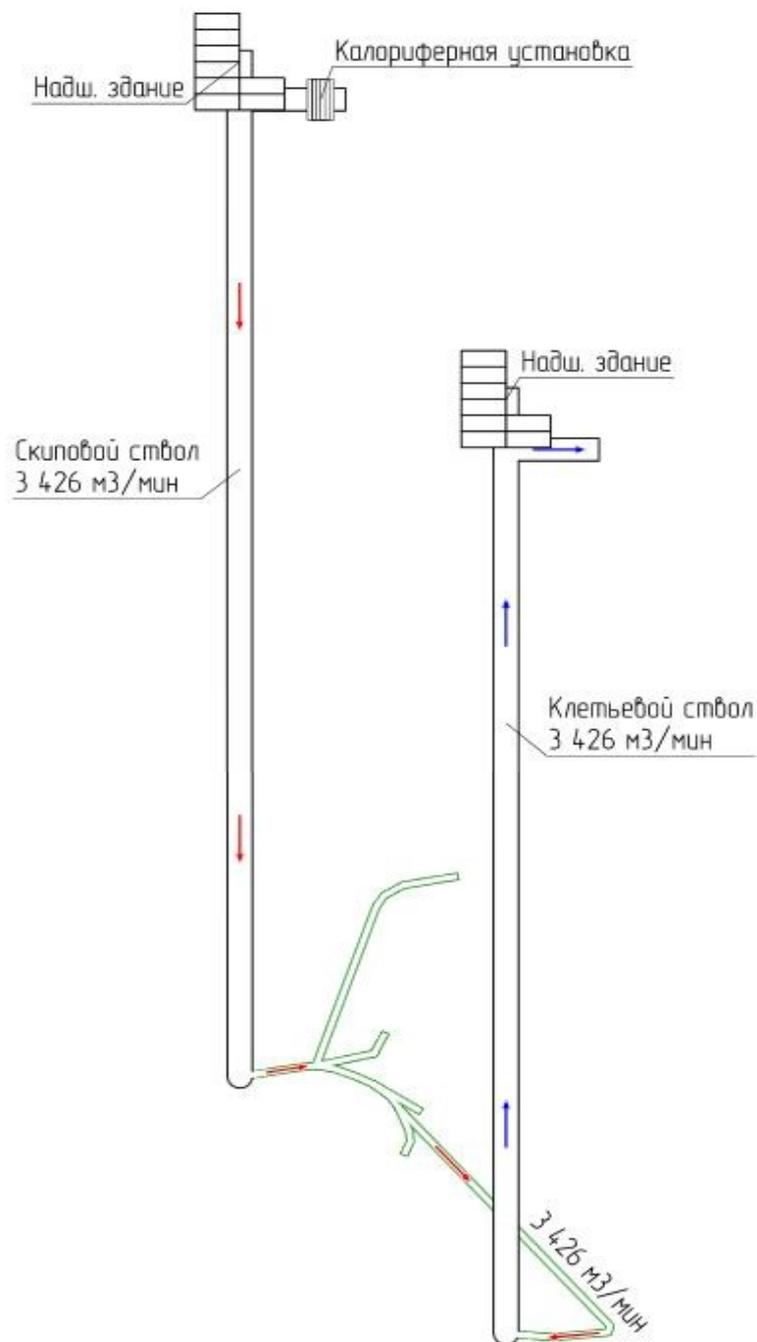
**Рис. 2.** Схема проветривания трех рабочих зон комбайновых комплексов (при проходке межстволовой сбойки и выработок околоствольного двора) двумя параллельно установленными вентиляторными установками ARP-800 через вентиляционный трубопровод

### **Разработка и выбор схемы проветривания рудника на первоначальный период**

После проходки межстволовой сбойки начинается формирование естественного движения воздушных потоков [2] за счет разности удельных весов воздуха в рудничной сети.

Направление влияния естественной тяги рассчитано путем моделирования. В качестве исходных данных принята температура воздуха в скиповом стволе +2°C [3]. Температура воздуха в стволе на сопряжении с горизонтом +9,2°C (данные получены путем фактических измерений). Температура атмосферного воздуха принята -24°C [4].

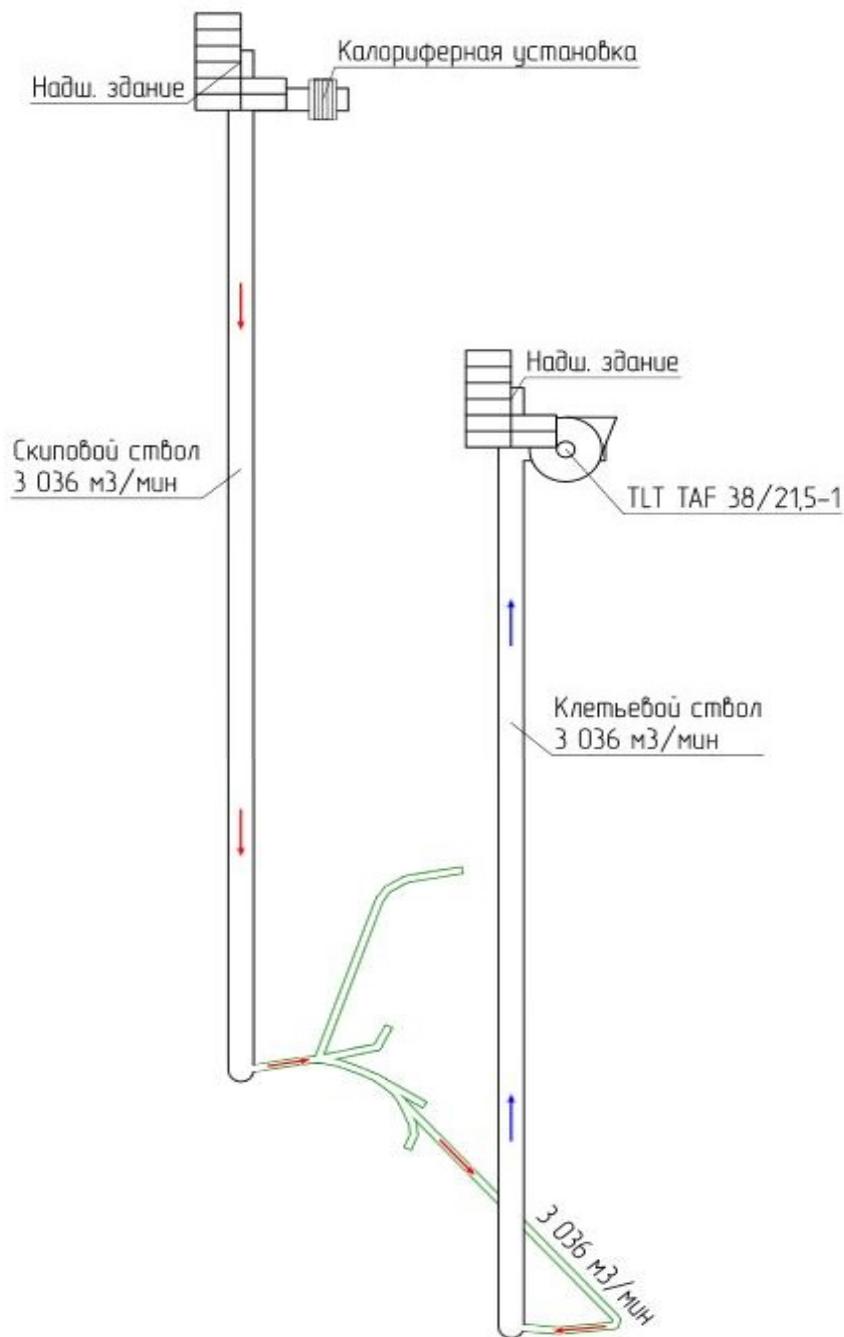
Результаты моделирования стационарного воздухораспределения под действием естественной тяги в зимний период в условиях одного из рудников в Республике Беларусь представлены на рисунке 3.



**Рис. 3.** Направление движения воздуха под действием естественной тяги после проходки межстволовой сбойки

Данный вариант позволяет обеспечить исследуемый рудник требуемым количеством воздуха, однако противоречит п. 173 ПБ Республики Беларусь «Все рудники должны иметь искусственную вентиляцию».

Поэтому следующий вариант моделирования рассмотрен по принудительной схеме проветривания – вентилятор TLT TAF 38. Результаты численного моделирования представлены на рисунке 4.



**Рис. 4.** Воздухораспределение при проветривании исследуемого рудника с помощью вентиляторной установки главного проветривания TLT TAF 38 после проходки межстволовой сбойки

Результаты численного моделирования позволяют сделать вывод о том, что на проветривание рудника при минимальном режиме работы вентилятора главного проветривания будет подаваться  $3036 \text{ м}^3/\text{мин}$  воздуха. Поэтому данный вариант позволяет с запасом обеспечить рассматриваемый рудник.

### Заключение

На основании выполненных численных расчетов выбраны варианты проветривания рудника на период проходки межстволовой сбойки и на первоначальный период ведения горных работ в условиях одного из Белорусских рудников. При проходке межство-

ловой сбойки выбрана схема проветривания трех рабочих зон комбайновых комплексов двумя параллельно установленными вентиляторными установками ARP-800 через вентиляционный трубопровод. В работе определено направление влияния естественной тяги. После проходки межстволовой сбойки для проветривания необходимо использовать вентилятор TLT TAF 38.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках проекта № 0422-2019-0145-С-01.*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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; опубл. 20.02.2015. – 1 с.
2. Кобылкин С.С., Кобылкин А.С. Влияние естественной тяги на безопасность ведения горных работ // Проблемы и перспективы комплексного освоения и сохранения земных недр: II конф. Междунар. науч. шк. акад. К.Н. Трубецкого. – М., 2016. – С. 423-426.
3. Правила по обеспечению промышленной безопасности при разработке подземным способом соляных месторождений Республики Беларусь: утв. 30.08.2012, № 45. В ред. Постановлений МЧС от 10.04.2014 № 10, от 19.11.2014 № 34, от 23.03.2017 № 7. – Текст электронный. – URL: <https://gospromnadzor.mchs.gov.by/upload/iblock/940/13.-pravila-po-obespecheniyu-promyshlennoy-bezopasnosti-pri-razrabotke-podzemnym-sposobom-solyanykh-mestorozhdeniy-respubliki-belarus.pdf>. (Дата обращения 29.03.2021).
4. СП 131.13330.2018. Строительная климатология: утв. 28.11.2018, введены в действие с 29.05.2019 г. – Текст электронный // Консорциум КОДЕКС. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации: офиц. сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/554402860>. (Дата обращения 29.03.2021).

УДК 622.4

DOI:10.7242/echo.2021.1.24

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АЛГОРИТМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОВЕТРИВАНИЕМ КАЛИЙНЫХ РУДНИКОВ

Д.А. Поспелов, А.В. Зайцев, М.А. Семин  
*Горный институт УрО РАН, г. Пермь*

**Аннотация:** Для условий вентиляционной сети одного из калийных рудников, расположенного на территории РФ, рассмотрена возможность модификации алгоритма автоматизированного управления проветриванием, ранее хорошо показавшего себя для единственной вентиляторной установки и параллельных соединений автоматических вентиляционных дверей. Модификация заключается в корректировке действующего алгоритма с учетом установки на выемочных единицах (панелях) окон вентиляционных регулирующих, позволяющих осуществлять более глубокое динамическое регулирование потоками воздуха. Данное решение позволит достичь оптимальных условий режима вентиляции рудника по критериям энергоэффективности и безопасности.

**Ключевые слова:** вентиляция по требованию, рудничная вентиляция, оптимальное управление, система автоматизированного управления проветриванием.

### Введение

Внедрение и разработка систем управления вентиляцией на рудниках прежде всего подразумевает определение оптимального режима вентиляции рудника, к обеспечению которого будет стремиться рассматриваемая система управления [1]. Под оптимальным