

ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ СТРОЯЩЕГОСЯ РУДНИКА СТАРОБИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИННЫХ СОЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР НАРУЖНОГО ВОЗДУХА

Д.К. Харин, Е.Л. Гришин, Е.В. Накаряков
Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: В статье рассматриваются особенности системы вентиляции на стадии строительства рудника Старобинского месторождения калийных солей в условиях отрицательных температур. Приведены схемы вентиляции до и после установки главной калориферной установки, описаны выявленные проблемы (эффект эжекции, обмерзание крепи, опрокидывание воздушной струи), предложены инженерные решения по обеспечению устойчивого проветривания в зимний период.

Ключевые слова: система вентиляции, главная калориферная установка, эффект эжекции, естественная тяга, депрессия естественной тяги.

Введение

Вентиляция подземных горных предприятий является ключевым элементом обеспечения безопасных условий труда и технологической эффективности. Учет климатических условий и стадийности строительства требует адаптивных решений, основанных на инженерных расчетах и фактических наблюдениях. Особое значение при этом приобретает своевременная оценка влияния внешней среды на проветривание горных выработок. Это особенно актуально на ранних этапах строительства, когда инфраструктура объекта ещё не завершена.

На момент исследования отсутствовали надшахтные здания, и подъёмные сосуды работали в условиях открытых устьев стволов. Это создало дополнительные сложности при организации системы проветривания в зимний период, требуя оперативных и обоснованных инженерных решений [1].

До монтажа главной калориферной установки (ГКУ) свежий воздух подавался через клетевой ствол при помощи проходческого вентилятора GAL 14–900/900, а подогрев осуществлялся калориферной установкой мощностью 520 кВт. Исходящая воздушная струя удалялась по скиповому стволу. После монтажа ГКУ схема была изменена: свежий воздух направлялся через скиповый ствол при помощи вентилятора Zitron ZEL 1–23–800/6, а удаление исходящей воздушной струи производилось через клетевой ствол. Схемы проветривания рудника до и после монтажа ГКУ представлены на рисунке 1.

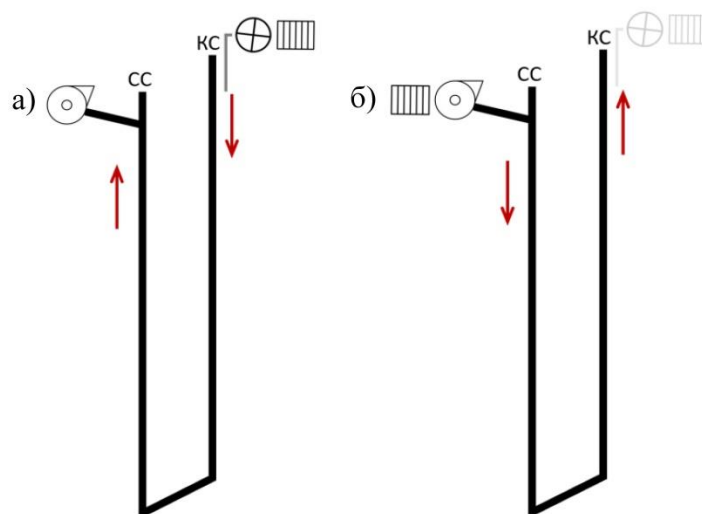


Рис. 1. Схемы проветривания рудника: а) до монтажа ГКУ, б) после монтажа ГКУ

Особенности эксплуатации в зимний период

С понижением температуры наружного воздуха в рудник поступал холодный воздушный поток вдоль одной из стенок ствола. Причиной проникновения холодного воздушного потока, на наш взгляд, являлось комплексное влияние тепловой конвекции и местных сопротивлений в устье скипового ствола рудника. Наличие застойной зоны с вихревым движением потока в стволе выше сопряжения с каналом приводит к частично-возвратным течениям [2], а отрицательный градиент температуры в стволе вдоль вертикальной координаты еще больше интенсифицирует процесс опускания холодных масс воздуха из надшахтного здания в ствол [3]. В результате на отметке -100 м. произошло обмерзание крепи ствола, что привело к образованию зазоров между тюбингами и проникновению воды в горные выработки. Фотографии обмёрзшей тюбинговой крепи представлены на рисунке 2.



Рис. 2. Обмёрзшая тюбинговая крепь

Для устранения подсоса холодного воздуха экспериментальным путём была определена температура, которую необходимо поддерживать на выходе из вентиляционного канала. Суть эксперимента заключалась в изменении параметров ГКУ и последующем измерении температуры стенок ствола спустя некоторое время работы системы вентиляции с новыми параметрами. Если температура одной из стенок ствола оказывалась значительно ниже температуры противоположной стороны, делался вывод, что происходит подсос холодного воздуха, и температуру воздуха, который выдаётся из вентиляционного канала, необходимо увеличивать. По результатам эксперимента выявлено, что требуемая температура воздуха на выходе из вентиляционного канала, при которой исключается подсос холодного воздуха составила 18°C . После изменения параметров ГКУ в устье скипового ствола образовалась тёплая воздушная прослойка, которая ограничивала проникновение холодного воздуха в горные выработки [4].

После устранения подсоса холодного воздуха в период положительных температур подаваемый в рудник воздух подогревали до 18°C , это привело к перегреву ствола и, как следствие, к опрокидыванию воздушной струи в условиях повторного похолодания.

Контроль температуры подаваемого воздуха

Для решения проблемы опрокидывания воздушной струи в заморозки рассчитана депрессия естественной тяги для случаев, когда ГКУ подогревает воздух до 18°C и до 2°C [5, 6].

По результатам расчёта выявлено, что депрессия естественной тяги для первого случая отрицательная, для второго близка к нулю. Из вышеперечисленного можно сделать вывод о том, что для устойчивого проветривания рудника в холодное время года необходимо подогревать поступающий воздух до 2°C, при этом требуется осуществлять постоянный контроль его температуры, а также количество воздуха на горизонте и в канале ГВУ [7].

Для контроля температуры входящего в рудник воздуха построен график, отражающий зависимость необходимой степени его подогрева от объёмного расхода и температуры поступающего холодного воздуха.

Расчёт температуры воздушной струи, подаваемой в рудник, производился на основе следующей формулы:

$$t_{\text{смеси}} = \frac{Q_1 \cdot t_1 + Q_2 \cdot t_2}{Q_1 + Q_2}, \quad (1)$$

где Q_1 – объёмный расход теплого воздушного потока, м³/с; Q_2 – объёмный расход холодного воздушного потока, м³/с; t_1 – температура теплого воздушного потока, °C; t_2 – температура холодного воздушного потока, °C.

После преобразований получили следующую формулу для расчёта температуры теплого воздушного потока:

$$t_1 = \frac{t_{\text{смеси}}(Q_1 + Q_2) - Q_2 \cdot t_2}{Q_1}, \quad (2)$$

где $t_{\text{смеси}} = 2$ – температура воздушной смеси, °C.

График регулирования параметров ГКУ представлен на рисунке 3, где t_1 – это температура подогреваемого воздуха, t_2 – это температура наружного воздуха [4].

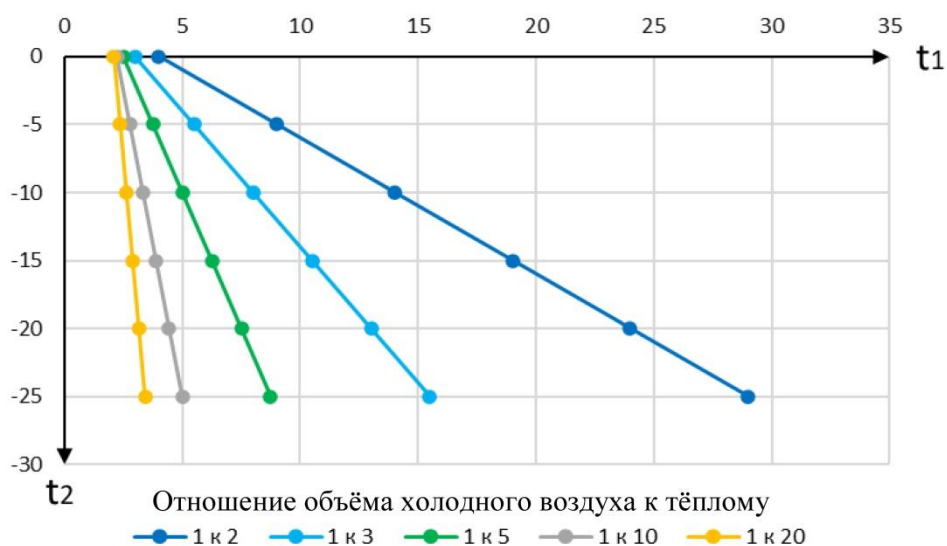


Рис. 3. График регулирования параметров ГКУ

Из рисунка 3 видно, что по мере увеличения доли холодного воздуха и его температуры для достижения заданной температуры смеси требуется более интенсивный подогрев подаваемого в рудник воздуха, что выражается в увеличении значений t_1 .

Выводы

Получены следующие результаты:

- произведён анализ схем вентиляции рудника на разных этапах строительства системы воздухоподготовки;
- выявлены особенности представленных схем;
- определены причины опрокидывания воздушной струи и проникновения воды в горные выработки в холодное время года;
- произведён расчёт величины депрессии естественной тяги;
- определена оптимальная температура подаваемого в рудник воздуха;
- представлен рекомендуемый график регулирования параметров ГКУ для последующего устойчивого проветривания рудника в холодное время года.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андреичев А.Н. Разработка калийных месторождений. – М.: Недра, 1966. – 255 с.: ил.
2. Газизуллин Р.Р., Кормщиков Д.С. Исследование местных аэродинамических сопротивлений подземной части рудника в реверсивном режиме проветривания // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2013. – № 8. – С. 157-161.
3. Колесов Е.В., Казаков Б.П., Семин М.А. Моделирование теплообмена между крепью шахтного ствола и проходящим по стволу воздухом в условиях смешанной конвекции // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2021. – № 5. – С. 160-171. – DOI: 10.15372/FTPRPI20210515.
4. Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена. – 5-е изд., доп. – М.: Атомиздат, 1979. – 415 с.: ил.
5. Бурчаков А.С., Мустель П.И., Ушаков К.З. Рудничная аэрология: учебник. – М.: Недра, 1971. – 373 с.: ил.
6. Алехичев С.П., Калабин Г.В. Естественная тяга и тепловой режим рудников: (на примере Кольск. севера). – Л.: Наука, 1974. – 110 с.: ил.
7. Бородавкин Д.А., Попов М.Д. Исследование параметров работы калориферной установки рудника СКРУ-1 // Проблемы разработки месторождений углеводородных и рудных полезных ископаемых. – 2017. – № 1. – С. 360-363.
8. Левин Л.Ю. Исследование и разработка энергосберегающих систем воздухоподготовки для рудников: дис. ... канд. техн. наук: 25.00.20; защищена 27.10.04 / Левин Лев Юрьевич. – Пермь, 2004. – 170 с.
9. Зайцев А.В. Научные основы расчета и управления тепловым режимом подземных рудников: дис. ... д.т.н.; 25.00.20: защищена 23.05.19 / Зайцев Артем Вячеславович. – Пермь, 2019. – 247 с.

УДК 622.41

DOI:10.7242/echo.2025.2.10

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ГАЗОВЫХ СЪЁМОК В РАБОЧИХ ЗОНАХ КАЛИЙНЫХ РУДНИКОВ

А.Н. Стариков

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: В работе исследованы недостатки действующей методики оценки газообильности рабочих зон на калийных рудниках. Установлено, что традиционный метод отбора проб рудничного воздуха в протяженных рабочих зонах подвержен воздействию ряда факторов, которые способны приводить к заниженным значениям показателя относительной газообильности и требуемого объема воздуха. Экспериментально подтверждено, что под влиянием этих факторов наблюдается снижение концентрации горючих газов от забоя до устья тупиковой рабочей зоны. Рассмотрены возможные погрешности при расчёте относительной газообильности. На основании полученных результатов предложена новая методика отбора проб рудничного воздуха для расчёта относительной газообильности рабочих зон по горючим газам, учитывающая выявленные недостатки.

Ключевые слова: рудничный воздух, отбор проб, относительная газообильность, горючие газы, хроматография, концентрация газа, калийный рудник, система вентиляции.