

М.Ю. Лискова, И.С. Наумов

НЕОБХОДИМОСТЬ ИЗУЧЕНИЯ РАБОТЫ ЭЖЕКТИРУЮЩИХ УСТАНОВОК НА РУДНИКАХ

Правильно спроектированные и установленные в определенных местах вентиляционных сетей эжектирующие установки позволяют решать проблему обеспечения всех горных выработок шахт и рудников необходимыми объемами свежего воздуха. Хотя при этом возникают проблемы учета конструктивных особенностей (количества вентиляторов-эжекторов, характер их расположения в поперечном сечении горной выработки, размеры выработки и других особенностей), место расположения вентиляционной сети, характера взаимодействия воздушного потока, создаваемого в выработках вентиляторами главного проветривания и эжектирующих установок. Решение этих вопросов позволит уточнить методику расчета воздухораспределения в вентиляционных сетях.

Ключевые слова: рудник, эжектирующие установки, воздухораспределение, выработки, коэффициент эжекции, вентиляционный ствол, горная выработка, вентиляционная сеть, добычные участки, воздушный поток, свободная струя, пласт, выемочная панель, общешахтная депрессия, рабочие зоны.

Аэрология горных предприятий является одним из важнейших технологических процессов при подземной добычи различных полезных ископаемых на шахтах и рудниках. В последние десятилетия идет непрерывный процесс увеличения добычи полезных ископаемых, который может быть достигнут двумя путями:

- увеличением количества горных предприятий;
- увеличением мощности горных предприятий.

Увеличение количества горных предприятий во многих случаях является экономически не эффективным вследствие невозможности использовать современную высокопроизводительную технику (горнодобывающие комплексы, подъемные машины, конвейеры, автомобильный транспорт и т.д.). Увеличение мощности горных предприятий неизбежно сопровождается удлинением общей длины горных выработок и часто повышением площади поперечного сечения их. Это чаще всего приводит к большой разветвленности горных выработок и удалению фронта очистных работ от воздухоподающих и вентиляционных стволов. Вследствие этого возникают значительные затруднения в обеспечении очистных и подготовительных забоев необходимым объемом воздуха, обеспечивающим санитарно-гигиенические условия труда горнорабочих и часто их безопасность, за счет разжижения образующихся взрывоопасных газовых смесей до безопасных концентраций. Даже использование современных мощных и высокопроизводительных вентиляторных установок главного проветривания вследствие наличия поверхностных утечек воздуха в надшахтных зданиях, значительного усложнения вентиляционных сетей и внутришахтных утечек воздуха не позволяет обеспечивать очистные и подготовительные забои необходимыми объемами воздуха. В разрешении этих затруднений могут оказать существенную роль подземные эжектирующие установки.

Правильно спроектированные и установленные в определенных местах вентиляционных сетей эжектирующие установки позволяют решить проблему обеспечения всех горных выработок шахт и рудников необходимыми объемами свежего воздуха. Но при этом возникают проблемы учета конструктивных особенностей (количества вентиляторов-эжекторов, характер их расположения в поперечном сечении горной выработки, размеры ее и т.д), место расположения вентиляционной сети, характера взаимодействия воздушного потока, создаваемого в выработках вентиляторами главного проветривания и эжектирующих установок. Решение этих вопросов позволит уточнить методику расчета воздухораспределения в вентиляционных сетях.

Развиваются исследования в области обеспечения горных выработок необходимыми объемами свежего воздуха в различных научно-исследовательских и производственных организациях: ОАО «Уральский научно-исследовательский и проектный институт галургии», ОАО «Уралкалий» и ОАО «Сильвинит» (Верхнекамское месторождение калийных солей), ОАО «Севералбокситруда (бокситовые шахты) и т.д. Внимание исследователей привлекает также решение возможности применения эжектирующих установок для проветривания добычных участков, расположенных на удаленных от воздухоподающих и вентиляционных стволов фронтах очистных работ. Одним из важнейших подходов к исследованию эжекционных процессов является испытание уже существующих эжектирующих установок на рудниках.

В настоящее время вспомогательные вентиляторные установки эжектирующего типа как источники тяги для проветривания горных выработок находят широкое распространение. Они используются как для проветривания отдельных (калийные и гипсовые шахты) или группы забоев (бокситовые шахты), так и для вентиляции крыльев шахт (рудник БКПРУ-2).

На рис. 1, а показаны эжектирующие установки, в которых роль источника свободной (рабочей) струи играет одиночный вентилятор, установленный прямо на почве выработки у ее стенки, чтобы не мешать движению транспорта. На рис. 1, б показано размещение вентилятора в выработке в месте ее расширения – это транспортная выработка, по которой подается

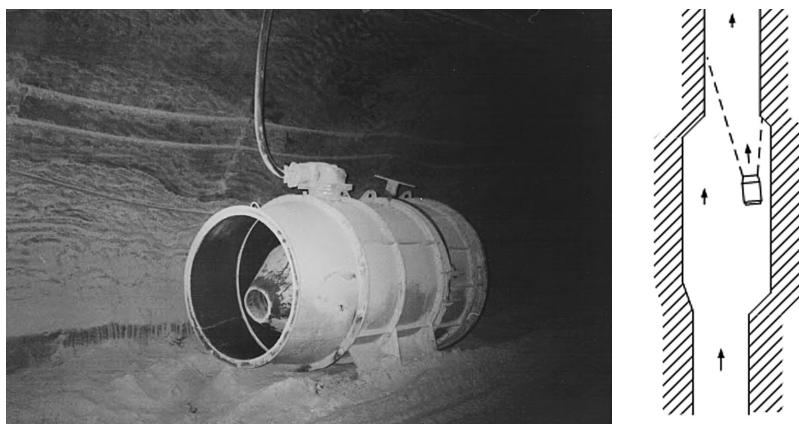


Рис. 1. Эжектирующая установка на базе вентилятора ВМЭ-12 в транспортном штреке (рудник СКРУ-1, ОАО «Сильвинит», г. Соликамск): вид установки (а); схема размещения установки (б)

свежая струя воздуха для проветривания четырех добычных панелей (калийный рудник Первого рудоуправления ОАО «Сильвинит», г. Соликамск). Испытание данной установки показало, что при собственной производительности вентилятора (Q_B) 28 м³/с по выработке за счет эффекта эжекции шло до 48,8 м³/с свежего воздуха (Q_o), т.е. коэффициент эжекции $K_{эж} = Q_o/Q_B$ был равен 1,74. Эффективность такой установки в том и заключается, что она создает общий поток воздуха в выработке, превышающий собственную производительность вентилятора. Такого эффекта работой вентилятора через перемычку не добиться.

Однако любое использование источников тяги в рудниках требует создания проекта, в который должны включаться расчеты, прогнозирующие вентиляционную, а иногда и газовую обстановку. Однако существующие методики расчета эжектирующих установок (вентиляторов-эжекторов) обладают рядом недостатков, которые ограничивают их использование. Одна из методик [1] предполагает, что при известном аэродинамическом сопротивлении выработки (R), которое преодолевается вентиляторной установкой эжектирующего типа, состоящей из одного вентилятора в центре или ближе к одной из стенок выработки, общий поток воздуха (Q) в этой выработке может быть подсчитан по формуле [2, 3]

$$Q = Q_B \cdot \sqrt[3]{B \cdot \Delta \cdot \left[\frac{(S_1 - S_B)^2}{S_k^2} \cdot e - 1 \right]}, \quad (1)$$

где Q_B – производительность вентилятора (объемный расход струи), м³/с; $\Delta = \rho/2g \approx 0,0612$ кг·с²/м⁴; ρ – плотность воздуха (рассчитывается при известных атмосферном давлении и температуре воздуха или берется равной 1,2), кг/м³; g – ускорение свободного падения, м/с²; S_1 – сечение выработки, в которой установлен вентилятор, м²; S_B – сечение, занимаемое вентилятором в выработке, м²; S_k – сечение выходного отверстия вентилятора (начальное сечение струи воздуха), м²; e – коэффициент безразмерного запаса струи, равный

$$e = \frac{1,472 \cdot D}{(2 \cdot b_c + 0,0029 \cdot D)}; \quad (2)$$

D – диаметр выходного отверстия вентилятора, м; b_c – расстояние от оси вентилятора до наиболее удаленной стенки выработки, м;

$$B = \frac{S^2}{(S_1 - S_B)^2 \cdot \left[R \cdot S^2 + 1,091 \cdot \Delta \cdot S^3 \cdot \sqrt{\left(\frac{R}{2 \cdot \Delta} \right)^3 - \Delta} \right]}; \quad (3)$$

S – сечение выработки, в котором происходит раскрытие струи. Если выработка имеет постоянное сечение, то $S_1 = S$.

Сопротивление выработки, которое преодолевает эжектирующая установка вычисляется по формуле

$$R = \alpha \cdot \frac{P \cdot L}{S^3}, \quad (4)$$

где α – коэффициент аэродинамического сопротивления трения; P – периметр выработки, м; L – длина выработки, м.

Однако для реальных условий сложно определить сопротивление выработки, которое будет преодолевать эжектирующая установка, отсюда сложность расчета ее производительности. Но можно пойти таким путем: следует произвольно задать ряд величин сопротивлений (R_i) и получить соответствующий ряд производительностей (Q_i). Но тогда будет известен и расчетный ряд величин давлений $h_i = R_i \cdot Q_i^2$, развиваемых установкой. По Q_i и h_i определяется вид характеристики

$$h = a + b \cdot Q + c \cdot Q^2, \quad (5)$$

где a , b , c – коэффициенты, зависящие от условий установки вентиляторов в выработке.

Имея аэродинамическую характеристику эжектирующей установки, как источника тяги, или несколько характеристик решается задача моделирования вентиляционной сети (вентиляционной системы) рудника и определяются воздушные потоки во всех выработках, падение давлений и т.д. Но уравнение (5), являющееся конечным этапом расчета эжектирующей установки, будет корректным, если приведенные формулы (1), (2) и (3) достаточно точно описывают сам процесс эжекции. Как показали исследования, это не совсем так.

Если рассмотреть формулу (2), то становится очевидным, что условия размещения вентилятора в выработке учитываются только относительно горизонтальной плоскости (расстояние от оси вентилятора до наиболее удаленной стенки выработки). Условия размещения относительно вертикальной плоскости не учитываются. В этом случае появляется ошибка в расчетах, которая в дальнейшем будет заложена и в уравнении (5).

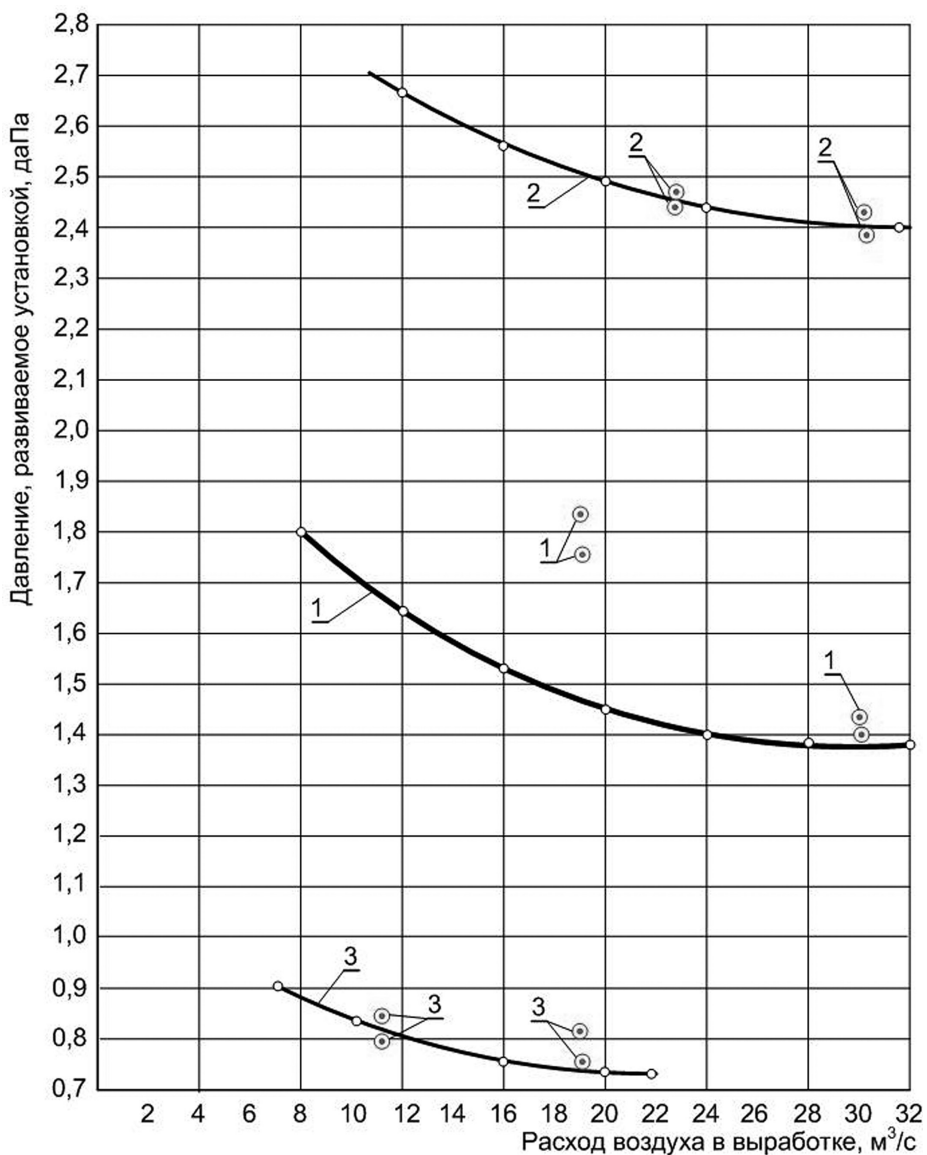
Проведенные исследования и испытания эжектирующих установок, не все результаты которых приведены на рис. 2, показали, что односторонний учет факторов размещения вентиляторов в выработке дает значительное расхождение расчетных характеристик и измеренных величин.

На рис. 2 приведено описание характеристик эжектирующих установок и точность их описания по расчетным точкам (величины U). Как видно из рисунка, расхождение между характеристиками и измеренными величинами иногда доходит до нескольких десятков процентов (от 10 до максимум 28%). Естественно, что это влечет к появлению ошибок в конечных расчетах модели рудничной вентиляционной сети.

Следовательно, дальнейшее изучение влияния факторов размещения вентиляторов в выработках при работе их в качестве эжекторов играет важную роль, тем более, что моделирование вентиляционных сетей в современных условиях является неотъемлемой частью разделов «Вентиляция» во всех проектах строительства и реконструкции рудников.

Решение проблемы может быть получено на основе детального изучения эжекционных процессов, выявления характера взаимодействия воздушных потоков, создаваемых вентилятором-эжектором и вентилятором главного проветривания, испытания различных эжектирующих установок, работающих в вентиляционных сетях разной сложности, исследования влияния их расположения в поперечном сечении горной выработки, конструкции (количество и тип вентиляторов, входящих в установку).

Этим обеспечивается достижение более эффективной работы эжектирующих установок, размещаемых в любых точках вентиляционных сетей. Построение аэродинамических характеристик этих установок дает возможность



○ - расчетные точки; ● - экспериментальные точки;

$$1 - h = 2,166 - 0,05415 \cdot Q + 0,000941 \cdot Q^2, \quad U = 0,0005;$$

$$2 - h = 3,275 - 0,06195 \cdot Q + 0,000815 \cdot Q^2 \quad U = 0,0005$$

$$3 - h = 1,128 - 0,03849 \cdot Q + 0,000912 \cdot Q^2 \quad U = 0,0004$$

Рис. 2. Характеристики эжектирующих установок

определения аэродинамического сопротивления, преодолеваемого эжектирующими установками, а следовательно производить более точные расчеты фактического воздушораспределения горных выработок отдельных участков, крыльев, шахты и рудника в целом.

1. Мохирев Н.Н., Радько В.В. Вентиляция бокситовых шахт (на примере ОАО «Севуралбокситруда»). – Пермь: Пермь-Североуральск, 2008. – 302 с.
2. Мохирев Н.Н. Проветривание подземных горнодобывающих предприятий. – Пермь: РИО ПГТУ, 2001. – 280 с.
3. Мохирев Н.Н., Радько В.В. Инженерные расчеты вентиляции шахт. Строительство. Реконструкция. Эксплуатация. – М.: Недра, 2007. – 324 с.
4. Лискова М.Ю., Наумов И.С. О необходимости более глубокого изучения эжектирующих установок в руднике // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтяное и газовое дело. – 2013. – № 7. – С. 89–95.
5. Лискова М.Ю., Наумов И.С. Проблема управления и моделирования чрезвычайных ситуаций на нефтяных шахтах // Нефтяное хозяйство. – 2013. – № 4. – С. 72–74. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Лискова Мария Юрьевна – кандидат технических наук, доцент,
e-mail: mary.18.02@mail.ru,

Наумов Игорь Сергеевич – инженер, e-mail: igor14–88@list.ru,
Пермский национальный исследовательский политехнический университет.

UDC 332.02

ESSENTIALITY OF STUDYING OPERATION OF EJECTION PLANTS IN MINES

Liskova M.Yu.¹, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor,
e-mail: mary.18.02@mail.ru,

Naumov I.S.¹, Engineer, e-mail: igor14–88@list.ru,

¹ Perm National Research Polytechnic University, 61499, Perm, Russia.

Properly designed and installed in certain areas of ventilation networks ejecting installation can solve the problem of ensuring that all mines are required volume of fresh air. Although this raises the issue of considering design features (number of fans-ejectors, the nature of their location in the cross section of excavation, working dimensions and other features), the location of the ventilation network, the nature of the interaction of the air flow generated in the workings of the main ventilation fans and ejecting units. Addressing these issues will help to clarify the method of calculating the air flow in ventilation networks.

Key words: mine, ejecting installation, distribution, production, coefficient of ejection, ventilation shaft, excavation, ventilation network, mining areas, air flow, free stream, reservoir, excavation panel, mine depression, work areas.

REFERENCES

1. Mokhiev N.N., Rad'ko V.V. *Ventilyatsiya boksitovykh shakht (na primere ОАО «Sevuralboksitruda»)* (Ventilation in bauxite mines (in terms of Sevuralboksitruda JSC)), Perm, Perm-Severoural'sk, 2008, 302 p.
2. Mokhiev N.N. *Provetrivanie podzemnykh gornodobyvayushchikh predpriyatiy* (Underground mine ventilation), Perm, RIO PGTU, 2001, 280 p.
3. Mokhiev N.N., Rad'ko V.V. *Inzhenernye raschety ventilyatsii shakht. Stroitel'stvo. Rekonstruktsiya. Ekspluatatsiya* (Engineering designs of mine ventilation. Construction. Modernization. Operation), Moscow, Nedra, 2007, 324 p.
4. Liskova M.Yu., Naumov I.S. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Geologiya. Neftyanoe i gazovoe delo*. 2013, no 7, pp. 89–95.
5. Liskova M.Yu., Naumov I.S. *Neftyanoe khozyaystvo*. 2013, no 4, pp. 72–74.

