УДК 622.4

© Лискова М.Ю., Наумов И.С., 2013

О НЕОБХОДИМОСТИ БОЛЕЕ ГЛУБОКОГО ИЗУЧЕНИЯ ЭЖЕКТИРУЮЩИХ УСТАНОВОК В РУДНИКЕ

М.Ю. Лискова, И.С. Наумов

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь, Россия

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 (количество вентиляторов-эжекторов, характер их расположения в поперечном сечении горной выработки, размеры выработки и другие особенности), места 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. Ведутся 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 «Севуралбокситруда» (бокситовые шахты) и др. 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 применение. Они используются как для проветривания отдельных (калийные и гипсовые шахты) или группы забоев (бокситовые шахты), так и для вентиляции крыльев шахт (например, рудник БКПРУ-2, г. Березники).

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.

ABOUT OF BETTER UNDERSTANDING EJECTED INSTALLATIONS IN MINE

M.Iu. Liskova, I.S. Naumov

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia

Properly designed and installed in certain areas of ventilation networks ejected settings allow you to solve the problem of providing all the mines and mines necessary volumes of fresh air. Although there are problems with registration of design features (the number of fans, ejectors, the nature of their location in the cross section of the excavation, the dimensions of production, and other features), the location of the ventilation network, the nature of the interaction between air flow created in the workings of the main ventilation fans and ejected installations. Addressing these issues will clarify the method of calculation in the ventilation air distribution networks. Develop research in the field of mining necessary volumes of fresh air in a variety of research and industrial organizations: public corporation «Ural Scientific-Research and Design Institute of Halurgy», public corporation «Uralkali» and «Silvinit» (Verkhnekamskoye potassium salts), public corporation «Sevuralboksitruda» (bauxite mines) and other organizations. Attracted the attention of researchers and decision the possibility of using plants to air entraining mining sites are located remote from the air supply and ventilation shafts fronts sewage treatment works. One of the major approaches to the study of the ejection process is to test existing installations ejected in the mines. Currently, the auxiliary fan installation ejecting sources such as traction for ventilation of mine workings are widespread. They are used for ventilation of the individual (potash and gypsum mine) or a group of faces (bauxite mine), and for the ventilation shafts of the wings (eg, mine BKPRU-2, Berezniki).

Keywords: mine, ejects the installation, air distribution, generation, ejection coefficient, ventilation shaft, excavation, ventilation network, mining areas, airflow, free jet, layer, longwall panel, mine depression, work areas.

Введение

Аэрология горных предприятий является одним из важнейших технологических процессов при подземной добыче 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 неэффективным вследствие невозможности использования современной высокопроизводительной техники (горнодобывающие комплексы, подъемные машины, конвейеры, автомобильный транспорт и т.д.). Рост мощности горных предприятий неизбежно сопровождается увеличением общей длины горных выработок и часто повышением площади их поперечного сечения. 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, формирующим 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 [1, 2]. В разрешении этих затрудне-

ний могут оказать существенную роль подземные эжектирующие установки.

Установленные в определенных местах вентиляционных сетей и правильно спроектированные эжектирующие установки помогут решить проблему обеспечения всех горных выработок шахт и рудников необходимыми объемами свежего воздуха. В то же время возникнут проблемы учета конструктивных особенностей, места расположения вентиляционной сети, характера взаимодействия воздушного потока, создаваемого в выработках вентиляторами главного проветривания и эжектирующих установок [3–7]. Решение этих вопросов позволит уточнить методику расчета воздухораспределения в вентиляционных сетях.

ОАО «Уральский научно-исследовательский и проектный институт галургии», ОАО «Уралкалий» и ОАО «Сильвинит» (Верхнекамское месторождение калийных солей), ОАО «Севуралбокситруда» (бокситовые шахты) в настоящее время проводят исследования в области обеспечения горных выработок необходимыми объемами свежего воздуха [8–11]. 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.

Применение эжектирующих установок

Вспомогательные вентиляторные установки эжектирующего типа как источники тяги используются как для проветривания отдельных (калийные и гипсовые шахты) или группы забоев (бокситовые шахты), так и для вентиляции крыльев шахт (рудник БКПРУ-2) [8].

На рис. 1 показаны эжектирующие установки, в которых роль источника

свободной (рабочей) струи играет оди-
ночный вентилятор, установленный пря-
мо на почве выработки у ее стенки, что-
бы не мешать движению транспорта.
Производительность установки $Q_o =$
 $= 48,8 \text{ м}^3/\text{с}$ при собственной произво-
дительности вентилятора $Q_v = 25 \text{ м}^3/\text{с}$,
т.е. коэффициент эжекции составлял

$$K_{\text{эж}} = \frac{Q_o}{Q_v} = 1,95^1 [12].$$

a

б

Рис. 1. Эжектирующая установка на базе вентилятора ВМЭ-12 в западном транспортном штреке рудника СКРУ-1 (г. Соликамск): *a* – вид установки со стороны входного отверстия вентилятора; *б* – вид установки со стороны выходного отверстия вентилятора

На рис. 2. показаны установки, со-
стоящие также из одного вентилятора,
применяемые в бокситовых шахтах ОАО
«Севералюмин» (г. Североуральск
Свердловской обл.). Вентиляторы уста-

новлены у стенок выработок таким обра-
зом, чтобы не мешать движению рельсо-
вого транспорта. На рис. 2, *a* у стенки с
различными коммуникациями, на рис. 2,
б – над водоотводной канавкой. Коэффи-
циенты эжекции установок колеблются
от 2,2 на рис. 2, *a* до 1,8 на рис. 2, *б*² [13].

a

б

Рис. 2. Эжектирующие установки на базе вентиляторов ВМЭ-6: *a* – шахта «Черемуховская»; *б* – шахта 16-16 бис

Другой пример использования много-
вентиляторных эжектирующих устано-
вок показан на рис. 3, 4. Обе установки
работали в калийном руднике БКПРУ-2
(Березниковское калийное рудоуправле-
ние-2, ОАО «Уралкалий, г. Березники,

¹ Анализ системы проветривания рудника СКРУ-1 с целью оптимизации и улучшения условий вентиляции и выдача рекомендаций для проекта на отработку шахтного поля рудника: отчет о выполненной услуге. Пермь, 2008. 102 с.

² Отчет по обследованию горных выработок и работы главных вентиляторных установок шахты 14-14^{бис} ОАО «СУБР». Екатеринбург: Металлург-безопасность, 2001. 102 с.

Пермский край). Одна, показанная на рис. 3, использовалась в течение 6 лет для проветривания двух панелей: собственно 10-й северо-восточной, в выемочном штреке которой и была размещена, и 12-й северо-восточной. Общее количество добычных забоев – 8. Панелями отработывались два пласта – Красный II и АБ. По панельному транспортному штреку (он же и выемочный 10-й восточной панели), в котором размещалась вентиляторная установка, свежий воздух подавался сразу на две панели – 10-ю и 12-ю восточные.

Рис. 3. Эжектирующая установка в выемочном штреке 10-й восточной панели рудника БКПРУ-2

Как видно из рис. 3, установка состояла из четырех вентиляторов типа СВМ-бм, смонтированных на специальных передвижных металлических этажерках (подмостях). Подмости с вентиляторами располагались в выработке таким образом, чтобы не мешать движению самоходного транспорта и обеспечивать необходимые зазоры. Коэффициент эжекции установки составлял в среднем 1,9. Сравнительно небольшой коэффициент эжекции говорил о том, что установкой преодолевалось значительное аэродинамическое сопротивление. Поступление воздуха в панели за счет работы эжектирующей установки возрастало с 16,2 (при проветривании только за счет общешахтной депрессии) до 47,5 м³/с, или в 2,9 раза, чем обеспечивалось достаточное снабжение свежим воздухом рабочих забоев.

а

б

Рис. 4. Эжектирующая установка в руднике БКПРУ-2 ОАО «Уралкалий»: *а* – левая часть установки в транспортном штреке; *б* – в транспортном уклоне

Эжектирующая установка, показанная на рис. 4, *а*, использовалась для проветривания южного крыла рудника, в котором работали три панели: 13, 15 и 17-я юго-западные панели. Эта установка проработала в руднике более 10 лет. Проект на установку данного источника тяги был выполнен в ОАО «Галургия» (г. Пермь). Установкой проветривались сразу три панели: 13, 15 и 17-я юго-западные. Она размещалась в начале транспортного штрека 15-й юго-западной панели, который служил общим транспортным и воздухоподающим для всех трех панелей.

На рис. 4, *а* показана только одна часть установки на одной из стенок вы-

работки, на другой стенке была смонтирована такая же стойка из четырех вентиляторов. Первоначально эжектирующая установка, состоящая из восьми вентиляторов СВМ-6м, представляла собой громоздкое сооружение (на рис. 4, а показана левая по ходу вентиляционной струи сборка вентиляторов). Коэффициент эжекции составлял 1,68. Это достаточно высокий коэффициент, если брать во внимание тот факт, что первоначальная длина транспортной и, соответственно, двух вентиляционных выработок превышала 2 км и преодолеваемое установкой аэродинамическое сопротивление было большим. За счет работы установки поступление воздуха в панели увеличилось в 3,9 раза.

На рис. 4, б показан еще один тип эжектирующей установки, размещенной в транспортном уклоне и предназначенной для проветривания трех панелей, которыми отрабатывались два пласта – Красный II и АБ (рудник БКПРУ-2). Коэффициент эжекции составлял 3,4, что вызвало увеличение поступления воздуха в панели более чем в 2 раза.

Таким образом, использование эжектирующих установок в различных рудниках позволило в большинстве случаев увеличить поступление воздуха в рабочие зоны более чем в 2 раза, обеспечив при этом нормальные условия труда и безопасность работ.

Заключение

Приведенные примеры свидетельствуют о высокой эффективности применения эжектирующих установок для

проветривания горных выработок на шахтах и рудниках.

Указанное выше подтверждает возможность применения эжектирующих установок для проветривания отдаленных добычных участков, где ведутся работы. В настоящее время решены некоторые задачи по изучению эжекционных процессов. Разработана методика испытания эжектирующих установок и методы замеров их параметров. Однако в существующих методиках не определены параметры размещения вентиляторов в эжектирующих установках.

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 достигается более эффективная работа эжектирующих установок, размещаемых в любых точках вентиляционных сетей. Построение аэродинамических характеристик этих установок дает возможность определить аэродинамическое сопротивление, преодолеваемое эжектирующими установками, а следовательно, производить более точные расчеты фактического воздухораспределения горных выработок отдельных участков, крыльев, шахты и рудника в целом.

Список литературы

1. Wu H.W., Gillies A.D.S. Real-time airflow monitoring and control within the mine production system // Proceedings 8th Int. Mine Vent. Congress / ed. A.D.S. Gillies. AusIMM. – Melbourne, 2004. – P. 383–389.
2. Zambo T. Ventilation system and air leakage in mines // Akta Geodactica, Geophysica et Montanistica Hungarica. – 1988. – Vol. 23, № 1. – P. 133–152.
3. Ушаков К.З., Бурчаков А.С., Медведев И.И. Рудничная аэрология. – М.: Недра, 1978. – 440 с.
4. Скопинский А.А., Комаров В.Б. Рудничная вентиляция. – 3-е изд. – М.: Углетехиздат, 1959. – 412 с.

5. Абрамов Ф.А., Тянь Р.Б., Потемкин В.Я. Расчет вентиляционных сетей шахт и рудников. – М.: Недра, 1978. – 232 с.
6. Krzystanek Z., Wasilewski S. Monitoring and Control of Main Fans for Minimization of Power Consumption // *Proceedings of the 7th U.S. Mine Ventilation Symposium*. – 1995. – Chapter 12. – P. 75–81.
7. Kocsis C.K., Hall R., Hardcastle S.G. The Integration of Mine Simulation and Ventilation Simulation to Develop a 'Life-Cycle' Mine Ventilation System. Application of Computers and Operations Research in the Minerals Industries / South African Institute of Mining and Metallurgy. – 2003. – P. 223–230.
8. Мохирев Н.Н., Радько В.В. Инженерные расчеты вентиляции шахт. Строительство. Реконструкция. Эксплуатация. – М.: Недра, 2007. – 324 с.
9. Алыменко Д.Н. Признаки труднопроветриваемых зон // Наука в решении проблем Верхнекамского промышленного региона. – 2003. – Вып. 3. – С. 225–227.
10. Алыменко Д.Н., Алыменко Н.И. Вентиляторные установки для различных горно-технических условий // Горное эхо. – 2008. – № 3, 4. – С. 30–34.
11. Jacques E., Patigny J. Flow determination in underground airways from small differential pressure measurements // *Mining Science and Technology*. – 1990. – Vol. 11, № 2. – С. 191–197.
12. Мохирев Н.Н., Постникова М.Ю. Результаты испытания вспомогательных вентиляторных установок эжектирующего типа // Проблемы рационального природопользования: материалы науч.-техн. конф. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. – С. 429–435.
13. Мохирев Н.Н., Радько В.В. Вентиляция бокситовых шахт (на примере ОАО «Севуралбоксит-руда»). – Пермь: Североуральск, 2008. – 302 с.

References

1. Wu H.W., Gillies A.D.S. Real-time airflow monitoring and control within the mine production system. *Proceedings 8th Int. Mine Vent. Congress*. Melbourne, 2004, pp. 383–389.
2. Zambo T. Ventilation system and air leakage in mines. *Akta Geodactica, Geophysica et Montanistica Hungarica*, 1988, vol. 23, no1, pp. 133–152.
3. Ushakov K.Z., Burchakov A.S., Medvedev I.I. Rudnichnaia aerologiya [Mine aerology]. Moscow: Nedra, 1978. 440 p.
4. Skochinskii A.A., Komarov V.B. Rudnichnaia ventilatsiia [Mine ventilation]. Moscow: Ugletekhizdat, 1959, vol. 3. 412 p.
5. Abramov F.A., Tian R.B., Potemkin V.Ia. Raschet ventilatsionnykh setei shakht i rudnikov [Calculation of ventilation networks mines]. Moscow: Nedra, 1978. 232 p.
6. Krzystanek Z., Wasilewski S. Monitoring and Control of Main Fans for Minimization of Power Consumption. *Proceedings of the 7th U.S. Mine Ventilation Symposium*. 1995, chapter 12, pp. 75–81.
7. Kocsis C.K., Hall R., Hardcastle S.G. The integration of mine simulation and ventilation simulation to develop a 'Life-Cycle' mine ventilation system. Application of Computers and Operations Research in the Minerals Industries. South African Institute of Mining and Metallurgy, 2003, pp. 223–230.
8. Mokhirev N.N., Rad'ko V.V. Inzhenernye raschety ventilatsii shakht. Stroitel'stvo. Rekonstruktsiia. Eksploatatsiia [Mine ventilation engineering calculations. Building. Reconstruction. Operation]. Moscow: Nedra, 2007. 324 p.
9. Alymenko D.N. Priznaki trudnoprovetrivaemykh zon. Nauka v reshenii problem Verkhnekamskogo promyshlennogo regiona [Signs of difficult-to-ventilate zones. Science in addressing the Verkhnekamskii industrial region]. *Nauka v reshenii problem Verkhnekamskogo promyshlennogo regiona*. 2003, no. 3, pp. 225–227.
10. Alymenko D.N., Alymenko N.I. Ventilatornye ustanovki dlia razlichnykh gorno-tekhnicheskikh uslovii [Ventilator settings for different mining conditions]. *Gornoe echo*, 2008, no. 3, 4, pp. 30–34.
11. Jacques E., Patigny J. Flow determination in underground airways from small differential pressure measurements. *Mining Science and Technology*, 1990, vol. 11, no. 2, pp. 191–197.
12. Mokhirev N.N., Postnikova M.Iu. Rezul'taty ispytaniia vspomogatel'nykh ventilatornykh ustanovok ezhektruiushchego tipa [The test results of support fan installations of the ejection type]. *Materialy*

nauchno-tekhnicheskoi konferentsii "Problemy ratsional'nogo prirodopol'zovaniia". Perm, 2008, pp. 429–435.

13. Mokhirev N.N., Rad'ko V.V. Ventilatsiia boksitovykh shakht (na primere OAO "Sevuralboksitruda") [Ventilation bauxite mines (for example, JSC "Sevuralboksitruda")]. Perm; Severouralsk, 2008. 302 p.

Об авторах

Лискова Мария Юрьевна (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры электрификации и автоматизации горных предприятий Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29; e-mail: mary.18.02@mail.ru).

Наумов Игорь Сергеевич – инженер кафедры безопасности жизнедеятельности Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29; e-mail: igor14-88@list.ru).

About the authors

Liskova Mariia Iur'evna (Perm, Russia) – Ph.D. in technical sciences, assistant professor of electrification and automation of mining companies department of Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolskiy ave., 29; e-mail: mary.18.02@mail.ru).

Naumov Igor' Sergeevich (Perm, Russia) – engineer of safety of living department of Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolskiy ave., 29; e-mail: igor14-88@list.ru).

Получено 15.06.2013