

## ВЕНТИЛЯТОРНЫЕ ЭЖЕКТОРНЫЕ УСТАНОВКИ НА РУДНИКАХ СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ



Н.И. Алыменко,  
Горный институт УрО РАН



А.А. Каменских,  
Горный институт УрО РАН

Изложены результаты теоретических, модельных, экспериментальных исследований, а также результаты промышленного использования передвижной подземной вентиляторной установки (ППВУ). Показана возможность применения ППВУ для разгазирования систем горных выработок в нестандартных ситуациях, а на примере рудников «Многовершинный» (ЗАО «Многовершинное») и «Дукат» (ЗАО «Серебро Магадана») показана возможность применения ППВУ в качестве главных вентиляторных установок (ГВУ). Для ППВУ могут быть использованы любые типоразмеры вентиляторов – как осевых, так и центробежных.

**Ключевые слова:** аэродинамическая схема, воздухораспределение, разгазирование, эжектирующий эффект.

Север – это уникальная часть Земного шара. Если посмотреть на карту России, то значительная часть территории – это север. Северо-восток нашей страны, а именно Хабаровский край, Магаданская область и Чукотка – это уникальная территория.

Проветривание рудников осуществляется главными вентиляторными установками (ГВУ), обеспечивающими подачу необходимого количества воздуха в подземные горные выработки. Развитие вентиляторостроения происходило, в основном, ориентируясь на проветривание угольных шахт. Создавались центробежные вентиляторы, способные развивать высокие статические давления и производительность, изменяющуюся в широких пределах. Такие вентиляторы главного проветривания покрывали вентиляционные режимы глубоких шахт, имеющих значительные аэродинамические сопротивления вентиляционных

сетей. Для шахт и рудников менее глубоких, с меньшим аэродинамическим сопротивлением, используются осевые вентиляторы нескольких типоразмеров [1]. Такой подход оправдан, когда шахтное поле рудника или шахты вскрыто вертикальными или наклонными стволами, на которые приходится основная часть депрессии вентиляционной сети. Горные выработки от воздухоподающих до вентиляционных стволов имеют, как правило, незначительное аэродинамическое сопротивление, на которое расходуется от 5 до 15–20 % [2] депрессии всей вентиляционной сети.

В практике проветривания шахт и рудников иногда используют вентиляторы-эжекторы [3]. Однако они решить задачу необходимого распределения воздуха по участкам вентиляционной сети однозначно не могут, так как не имеют постоянных аэродинамических характеристик [4, 5].

Эжекторные вентиляторные установки (ЭВУ) обладают преимуществами вентилятора-эжектора, но имеют постоянные аэродинамические характеристики при работе на вентиляционную сеть с переменным сопротивлением. Конструктивно ЭВУ имеет камеру смешения для эжектирующего и эжектируемого потоков воздуха, которая в комплексе с вентилятором устанавливается в горной выработке (рис. 1). Для исключения циркуляции потока воздуха в горной выработке между камерой смешения и стенками горной выработки устанавливают перемычку. Таким образом, мы имеем аэродинамическую схему ЭВУ с постоянными аэродинамическими характеристиками при работе на вентиляционную сеть с переменным сопротивлением.

Подземные выработки должны проветриваться при помощи непрерывно действующих ГВУ. К ГВУ предъявляется ряд требований по составу, месту расположения, приборам контроля работы, подаче и давлению, реверсированию вентиляционной струи, способу проветривания [6].

В качестве ГВУ используются вентиляторные установки с осевыми и центробежными вентиляторами, применение которых определяется созданием необходимого давления для преодоления сопротивления вентиляционной сети и расчетной производительности. Области промышленного применения вентиляторов ограничены аэродинамическими характеристиками и изолинией КПД 0,6.

На графиках работы ГВУ отсутствуют зоны экономичной работы в пределах 0–1 000 Па [1].

Однако в настоящее время в эксплуатации находится значительное количество нагорных рудников малой производственной мощности с эквивалентным отверстием вентиляционной сети значительно более  $2 \text{ м}^2$ . Такие рудники, как правило, имеют штольневое вскрытие, и у них нет воздухоподающих и вентиляционных стволов, а ГВУ развивают небольшие давления, что приводит к работе в области низких значений КПД. Срок эксплуатации таких горных предприятий бывает менее срока службы ГВУ. Это обусловлено значительными затратами (особенно в условиях северо-востока).

По определению [3] подземная передвижная вентиляторная установка (ППВУ) или ЭВУ (разница в названии, но это эжекторная вентиляторная установка) предназначена для перераспределения воздуха в участках вентиляционных сетей шахт, рудников, тоннелей, метрополитенов с эквивалентным отверстием свыше  $2 \text{ м}^2$ . Характерной особенностью этих установок является наличие постоянных аэродинамических характеристик. Они могут устанавливаться в горных выработках, не требуют строительства здания, вентиляционных каналов, ляд переключения. Реверсия вентиляционной струи осуществляется за счет установки реверсивного вентилятора зеркально рабочему (со стороны диффузора камеры смешения).

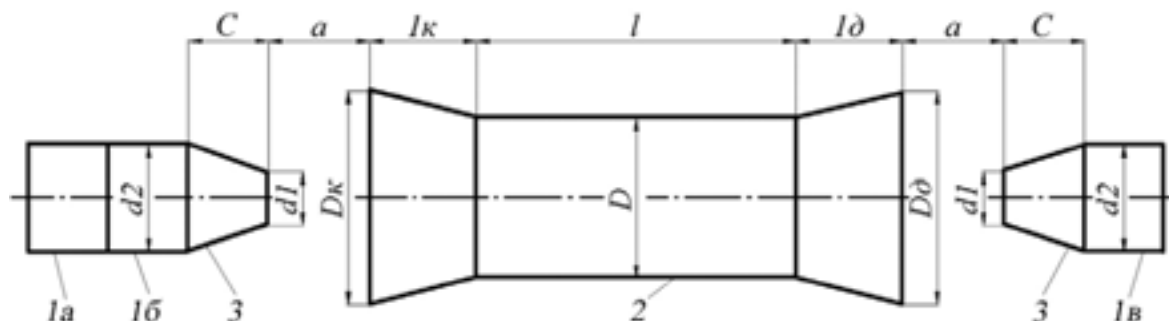


Рис. 1. Принципиальная аэродинамическая схема ППВУ (ЭВУ):

- 1 – вентилятор (а – рабочий, б – резервный, в – реверсивный); 2 – камера смешения; 3 – сопло;  
 $D, D_k, D_d$  – диаметр прямоточной части камеры смешения, конфузора, диффузора;  
 $l, l_k, l_d$  – длина прямоточной части камеры смешения, конфузора, диффузора;  
 $d_1, d_2$  – диаметры сопла; а – расстояние от сопла до конфузора (диффузора)

Промышленные испытания ЭВУ проведены с вентиляторами ВМЭ-6, ВМЭ-8 и ВМЭ-12 на рудниках «Многовершинный», «Дукат», «Каральвеем» [7–10].

Контроль параметров работы ЭВУ осуществляется аппаратурой, аналогичной устанавливаемой на ГВУ, или другой контрольно-измерительной аппаратурой, допущенной для этих целей в установленном порядке.

Расчеты вентиляционных сетей не всегда подтверждают рациональную установку ГВУ на поверхности. В отечественной и зарубежной практике все чаще встречается установка ГВУ под землей, что, как показывают расчеты и опыт эксплуатации, может быть более экономичным и надежным средством проветривания для подземных горных предприятий. ЭВУ, работающие в качестве ГВУ, могут располагаться как на поверхности земли, так и в подземных горных выработках. При расположении ЭВУ в подземных условиях требуется меньший объем строительных работ, возможность расположения ЭВУ в оптимальном месте с точки зрения распределения воздуха в вентиляционной сети. Для рудников с небольшими расходами воздуха (10–120 м<sup>3</sup>/с) возможно изготовление либо мобильной

ЭВУ, либо легко разбираемой на мобильные узлы, что позволит при закрытии рудника легко переустановить ее на другое место эксплуатации.

В качестве вентиляторов для ЭВУ теоретически могут быть использованы любые типоразмеры вентиляторов, как осевых, так и центробежных. В ЭВУ применяются серийно выпускаемые вентиляторы местного проветривания.

Рудник «Многовершинный» находится на севере Хабаровского края, в 140 км от Николаевска-на-Амуре и в 18 км от Охотского моря.

На руднике «Многовершинный» испытывали и внедрили проветривание отдельных рудных тел и рудника с помощью ЭВУ. Исследовалась их работа в параллельном режиме при размещении в разных горных выработках для проветривания рудных тел «Промежуточное» и «Южное». Альтернатива ЭВУ была ГВУ с вентилятором ВВД-16. Суммарная производительность двух ЭВУ составляла 58,7 м<sup>3</sup>/с при статическом давлении 130 Па. В 2003 г. при увеличении концентрации горных работ и мощности рудника ЭВУ с вентилятором ВМЭ-6 была заменена на ЭВУ с вентилятором ВМЭ-8 и изменено ее место расположения [9].



*Рудник Каральвеем. Общий вид*



*Рудник «Каральвеем». ЭВУ с вентилятором ВМЭ-6*

На руднике «Дукат» ЗАО «Серебро Магадана» возникла проблема с проветриванием рудника, и в 2002 г. появилась возможность использовать ЭВУ в качестве ГВУ. Была запроектирована, согласована в установленном порядке и введена в эксплуатацию ЭВУ с вентилятором ВМЭ-12АУ5. Она обеспечивала поступление в рудник  $65,0-157,4 \text{ м}^3/\text{с}$  при статическом давлении  $51,0-150,0 \text{ Па}$ . Регулирование производительности осуществлялось сменой рабочих колес вентилятора с углами установки лопаток  $+15^\circ$ ,  $+25^\circ$ ,  $+35^\circ$  и изменением расстояния между выходным сечением сопла вентилятора и входным сечением в камеру смешения. Реверсирование вентиляционной струи осуществлялось вентилятором ВМЭ-12АУ5, расположенным зеркально рабочему относительно камеры смешения. Дебит при реверсии практически равен дебиту при нормальной работе [10]. Испытания ГВУ с вентилятором ВМЭ-12АУ5 на руднике «Дукат» проводились на разных режимах работы и продолжались более 2 недель. Некоторые оппоненты не верили в возможность работы ВЭУ на руднике «Дукат». Однажды, когда мы пе-

рекрыли перемычкой на 90 % подводивший к ГВУ штрек, на вентиляторе ВМЭ-12АУ5 было рабочее колесо с углом установки лопаток  $+35^\circ$  (максимальная производительность), а вентилятор был расположен на раме для совпадения оси вентилятора и камеры смешения. Многолетнемерзлые породы частично оттаяли, и рама вентилятора стояла в луже, «зеркало» которой было на расстоянии 1 157 мм от вентилятора. Вентилятор работал, а мы производили замеры, как вдруг из лужи поднялся столб воды и через вентилятор, сопло вентилятора и камеру смешения был выброшен в выработку. Это длилось несколько мгновений. Далее по ходу воздушной струи было сопряжение с парал-



*Горная порода из рудника Каральвеем*



лельной выработкой, из которой в это самое мгновение выходили работники предприятия. Вот тут им и досталось: вымокли все с головы до ног. Сомнения о нормальной работе ГВУ отпали, и установка была сдана в эксплуатацию. Первоначально ЭВУ была установлена в руднике в 530 м от устья воздухоподающего рудного штрека +980 м, а во второй половине 2003 г., в связи с приближением фронта горных работ к месту установки ЭВУ, она была перенесена на новое место в 15 м от устья штольни № 9. При проведении испытаний ЭВУ было показано, что рудник может проветриваться как нагнетательным, так и всасывающим способом. Каждый из этих способов имеет свои преимущества в разные периоды года в зависимости от действия естественной тяги. Впоследствии на руднике «Дукат» введена в эксплуатацию ЭВУ, расположенная в устье штольни № 64.

Таким образом, сделан вывод о воз-

можности применения ВЭУ в качестве ГВУ. Необходимая (расчетная) производительность реализуется типоразмером применяемого в ВЭУ вентилятора. Исходя из конструктивных особенностей аэродинамических схем ВЭУ и простоты изготовления камер смешения, их можно располагать в оптимальной точке вентиляционной сети, а по мере необходимости переносить на новое место. Это очень важно в период строительства и ввода в эксплуатацию новых рудников.

Анализ режимов работы рудников северо-востока России (Магаданская область, Чукотка и Хабаровский край) показал, что ЭВУ могут использоваться как для проветривания многих рудников, так и для перераспределения воздуха в участках вентиляционной сети.

Для конкретного рудника вопрос проветривания при помощи ЭВУ решается проектом с согласованием проектных решений в установленном порядке.



*Виды на окрестности Билибино*



*Три на три... Мы здесь хозяева...*



*В руднике холодно, но есть и зоны отдыха*

Конструкция ЭВУ постоянно совершенствовалась, о чем свидетельствуют 11 патентов РФ [11–21].

О поездках на Чукотку можно рассказывать долго и много. Во время выполнения воздушно-депресссионной съемки рудника температура наружного воздуха составляла от  $-29^{\circ}$  до  $-33^{\circ}\text{C}$ , средняя температура воздуха в руднике – от  $-8^{\circ}$  до  $-11^{\circ}\text{C}$ . Температура воздуха в штольне № 19 после ГВУ колебалась от  $-25^{\circ}$  до  $-29^{\circ}\text{C}$ , в то время как в некоторых выработках она поднималась до  $-1^{\circ}\text{C}$  (проектная температура в руднике  $-7^{\circ}\text{C}$ ). Спецовку выдали хорошую, именно для северных условий, но при движении по шт. № 19 против воздушной струи позвоночник все же промерзал, приходилось периодически

останавливаться и растирать друг другу спины. Работать в таких условиях – дело не простое и хлопотное. Выполняя контрольные замеры на ГВУ, в U-образник пришлось залить коньяк... (спирта не нашли).

29 января в 13 часов 37 минут между сопками мы увидели маленький кусочек солнца. Кончилась полярная ночь! Улыбки не сходили с лиц людей...

Работу выполнили, и самолет прибыл по расписанию. Чудеса!!! С нами летел геофизик из Санкт-Петербурга, так он 17 дней ждал вылета. Из Билибино, стуча зубами (в самолете было очень холодно), долетели до Магадана. Там ждали своего рейса два дня, но время зря не теряли: посетили краеведческий музей, где узнали немало интересного (см. фото).



*Конец полярной ночи*



#### Библиографический список

1. Братченко Б.Ф. Стационарные установки шахт. – М.: Недра, 1977. – 440 с.
2. Алыменко Н.И., Минин В.В. Вентиляторные установки и их применение. – Екатеринбург: УрО РАН, 1999. – 223 с.
3. Рудничная вентиляция. Справочник / под ред. К.З. Ушакова. – М.: Недра, 1988. – 440 с.
4. Медведев И.И., Красноштейн А.Е. Аэрология калийных рудников. – Свердловск: УрО АН СССР, 1990. – 250 с.
5. Передвижная подземная вентиляторная установка (ППВУ) с вентиляторами типа ВМ-4, ВМ-5, ВМЭ-6, ВМЭ-8, ВМЭ-12, В-2М. Техническое описание и руководство по эксплуатации / А.Е. Красноштейн, Н.И. Алыменко, В.В. Минин [и др.] Утв. Союзом производителей калия и согласовано Госгортехнадзором РФ 29.04.1995. – М.; 1995. – 26 с.
6. Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений полезных ископаемых подземным способом (ПБ 03-553-03). Сер. 03. Вып. 33 – М.: Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2003. – 200 с.
7. ГОСНИЦ ЦАГИ, научно-технический отчет. Экспериментальное исследование модели вентиляторной эжекторной установки для проветривания шахт / Н.И. Алыменко, А.С. Гиневский [и др.] / – М.: 1992. – 26 с.

8. Акт шахтных испытаний четырех передвижных подземных вентиляторных установок (ППВУ), проведенных на участке массового обрушения в северо-восточной части рудника СКПРУ-2 ОАО «Сильвинит». – Соликамск, 1995. – 5 с.
9. Указания по проветриванию нагорных рудников месторождения «Многовершинное». – Пермь, 2001. – 50 с. / Красноштейн А.Е., Алыменко Н.И., Минин В.В., Алыменко Д.Н., Южанин А.С. / Утв. Горным институтом УрО РАН, ЗАО «Многовершинное» и согласованы Управлением Приамурского округа Госгортехнадзора России 03.05.2001.
10. Методика проведения шахтных испытаний шахтной вентиляторной установки (ШВУ) на руднике «Дукат» ЗАО «Серебро Магадана». – Магадан, 2002. – 28 с. / Алыменко Н.И., Алыменко Д.Н. / Утв. ООО НВП «Верхнекамье», ЗАО «Серебро Магадана» и согласована Северо-Восточным Управлением Госгортехнадзора России 05.09.2002.
11. Патент РФ № 2027013. Вентиляторная эжекторная установка / Алыменко Н.И., Папулов Л.М., Минин В.В., Чекмасов А.И., Норин А.А., Кемкин А.Л.
12. Патент РФ № 2030590. Вентиляторная эжекторная установка / Алыменко Н.И., Минин В.В., Чекмасов А.И., Норин А.А., Кемкина А.Л.
13. Патент РФ № 2057945. Вентиляторная эжекторная установка / Папулов Л.М., Красноштейн А.Е., Алыменко Н.И., Минин В.В.
14. Патент РФ № 2067179. Вентиляторная эжекторная установка / Папулов Л.М., Красноштейн А.Е., Алыменко Н.И., Минин В.В., Алыменко Д.Н.
15. Патент РФ № 2138648. Вентиляторная эжекторная установка / Папулов Л.М., Красноштейн А.Е., Алыменко Н.И., Алыменко Д.Н., Минин В.В., Южанин А.С.
16. Патент РФ № 2140541. Вентиляторная эжекторная установка / Папулов Л.М., Алыменко Д.Н., Алыменко Н.И., Минин В.В., Южанин А.С.
17. Патент РФ № 2179244. Способ регулирования вентиляторной эжекторной установки / Алыменко Д.Н., Алыменко Н.И., Дьяков С.П., Минин В.В.
18. Патент РФ № 2179640. Реверсивная эжекторная вентиляторная установка / Алыменко Д.Н., Алыменко Н.И., Красноштейн А.Е., Дьяков С.П., Минин В.В.
19. Патент РФ № 2186985. Способ регулирования вентиляторной эжекторной установки / Алыменко Д.Н., Алыменко Н.И., Красноштейн А.Е., Дьяков С.П., Минин В.В.
20. Патент РФ № 2186986. Способ регулирования вентилятора-эжектора / Алыменко Д.Н., Алыменко Н.И., Дьяков С.П., Минин В.В.
21. Патент РФ № 2405112. Вентиляторная рециркуляционная установка / Алыменко Д.Н., Алыменко Н.И.

## THE EJECTORS FANS INSTALLED IN THE MINES ON THE NORTH-EAST RUSSIA

N.I. Alymenko, A.A. Kamenskikh

*Mining Institute RAS UD*

This publication describes the results of theoretical modeling, experimental studies and the results of industrial use of mobile underground fan (MUF). MUF may be used for degassing system of mine workings in emergency situations, and by the example of mine "MNV" (JSC "MNV") and "Ducat" (JSC "Magadan Silver") the results show the possibility of using MUF as the main fan installations (MFI). Axial fans and centrifugal fans can be used for MUF.

*Keywords: aerodynamic scheme, air distribution, degassing, ejecting effect.*

### Сведения об авторах

*Алыменко Николай Иванович*, доктор технических наук, главный научный сотрудник лаборатории геотехнологических процессов и рудничной газодинамики, Горный институт УрО РАН (ГИ УрО РАН), 614007, г. Пермь, ул. Сибирская, 78-а; e-mail: Nik.Alymenko@yandex.ru

*Каменских Антон Алексеевич*, кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории геотехнологических процессов и рудничной газодинамики, ГИ УрО РАН; e-mail: Anton.Kamenskikh@mi-perm.ru

*Материал поступил в редакцию 12.05.2015 г.*