

УДК 622.4

Р.Р. Газизуллин, Д.С. Кормщиков

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕСТНЫХ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ СОПРОТИВЛЕНИЙ ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТИ РУДНИКА В РЕВЕРСИВНОМ РЕЖИМЕ ПРОВЕТРИВАНИЯ

Проведена классификация местных аэродинамических сопротивлений и факторов, влияющих на воздухораспределение в рудничных вентиляционных сетях при реверсировании воздушных потоков. Исследованы влияния местных сопротивлений подземной части рудника на воздухораспределение в вентиляционной сети: сопряжение ствола с выработками, типовые сопряжения горных выработок при разном направлении движения воздушной струи.

Ключевые слова: рудник, местные сопротивления, моделирование, разделение и слияние потоков.

Сопротивление рудничной вентиляционной сети состоит из местных сопротивлений и сопротивлений трения. Местные сопротивления вызывают быстрое изменение структуры и конфигурации потока. Эти явления сопровождаются значительными потерями напора потока. По сравнению с потерями этого рода потери напора от трения на участке объекта местного сопротивления могут быть незначительны, поэтому ими, в отдельных случаях, можно пренебречь [1]. На практике при подсчете величины местных сопротивлений пользуются эмпирическими коэффициентами, определяемыми индивидуально.

Многочисленные исследования доказывают, что одними из самых существенных по величине падения давления, являются местные аэродинамические сопротивления, создаваемые в комплексе главной вентиляторной установки (ГВУ) [2]. В подземной части рудника большое влияние оказывают сопротивления участков сопряжения выработок горизонтов со стволами, разветвления горных выработок. Эти данные подтверждаются депрессио-

граммами рудников, полученных в ходе воздушно-депресссионных съемок.

Согласно пункту № 137 Единых Правил Безопасности [3] главные вентиляторные установки должны обеспечивать реверсирование вентиляционной струи, поступающей в выработку. Расход воздуха, проходящего по главным выработкам в реверсивном режиме проветривания, должен составлять не менее 60 % от расхода воздуха, проходящего по ним в нормальном режиме. Поскольку линейные сопротивления в реверсивном режиме работают так же, как и в нормальном, то падение расхода воздуха в реверсивном режиме проветривания обуславливается, как правило, изменением аэродинамики местных сопротивлений и вентиляционных сооружений. Местные сопротивления при реверсивном режиме, как правило, значительно увеличиваются. В работе [2] проведены исследования влияния местных сопротивлений комплекса ГВУ на воздухораспределение в нормальном и реверсивном режиме. В данной работе проведены исследования влияния местных сопротивлений

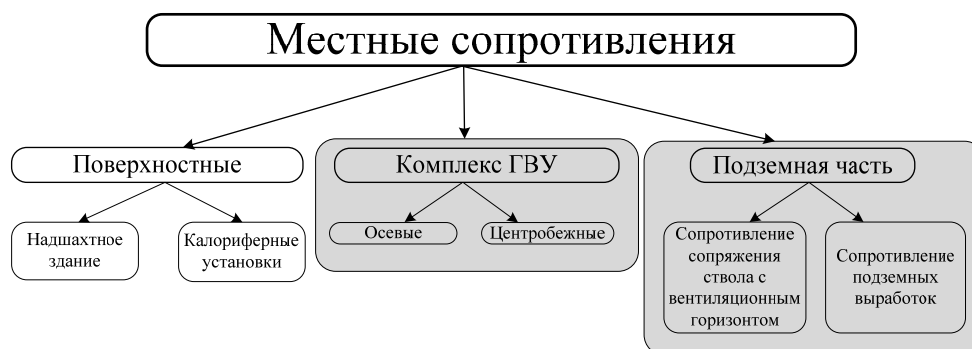


Рис. 1. Классификация местных сопротивлений рудника по их расположению

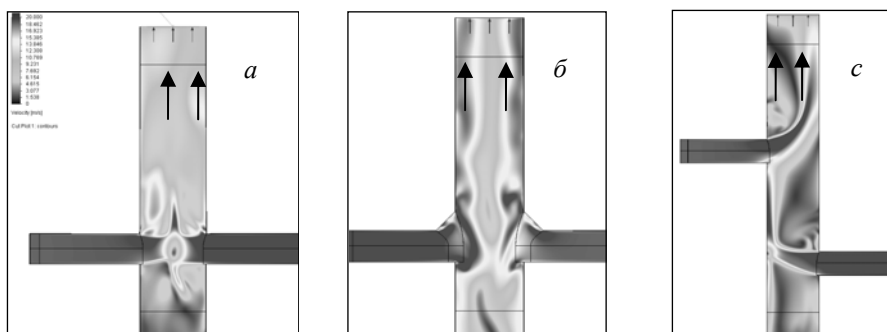


Рис. 2. Сопряжение рабочих горизонтов рудника со стволом: а – соединение подводящих выработок со стволом под прямым углом; б – соединение подводящих выработок со стволом под прямым углом со скруглением; с – соединение подводящих выработок со стволом на различных высотных отметках

подземной части рудника: сопряжение ствола с выработками, типовые сопряжения горных выработок при разном направлении движения воздушной струи на воздухораспределение в рудничных вентиляционных сетях (рис. 1).

В лаборатории аэрологии и теплофизики Горного института УрО РАН осуществляется комплексный подход к решению задач вентиляции шахт и рудников. Определение сопротивления сети выработок и расчет воздухораспределения осуществляется с помощью программно-вычислительного комплекса (ПВК)

«АэроСеть», аэродинамические процессы на участках местных сопротивлений анализируются с помощью программ, основанных на CFD методах [4].

Для исследования динамики воздушных струй смоделировано движение воздуха в типовых сопряжениях рабочих горизонтов рудника со стволом и участках сопряжений подземных выработок.

Результаты моделирования аэродинамических процессов в моделях сопряжений выработок со стволом при различных режимах работы ГВУ приведены на рис. 2. Рассмотрены следующие варианты:

Таблица 1

Результаты расчета аэродинамических сопротивлений сопряжений выработок горизонтов рудника со стволами, в нормальном и реверсивном режимах проветривания рудника

Название	R, кмюрг	$\frac{R_{рев}}{R_{норм}}$
Соединение подводящих выработок со стволом под прямым углом Нормальный режим.	$2,03 \times 10^{-4}$	1,69
Соединение подводящих выработок со стволом под прямым углом. Реверсивный режим	$3,43 \times 10^{-4}$	
Соединение подводящих выработок со стволом под прямым углом со скруглением. Нормальный режим.	$1,3 \times 10^{-4}$	1,85
Соединение подводящих выработок со стволом под прямым углом со скруглением. Реверсивный режим	$2,4 \times 10^{-4}$	
Вход подводящих выработок в ствол на различных высотных отметках. Нормальный режим.	$1,39 \times 10^{-4}$	2,14
Вход подводящих выработок в ствол на различных высотных отметках. Реверсивный режим	$2,97 \times 10^{-4}$	

Таблица 2

Исследование динамики воздушных потоков на сопряжениях подземных выработок

Название	R, кмюрг	$\frac{R_{рев}}{R_{норм}}$
Слияние потоков	$1,06 \times 10^{-4}$	4,49
Разделение потоков.	$4,76 \times 10^{-4}$	
Слияние потоков под прямым углом.	$3,7 \times 10^{-4}$	2,14
Разделение потоков под прямым углом.	$7,93 \times 10^{-4}$	
Слияние потоков под большим углом.	$1,06 \times 10^{-4}$	6,49
Разделение потоков под большим углом.	$6,88 \times 10^{-4}$	

- соединение подводящих выработок со стволом под прямым углом.

- соединение подводящих выработок со стволом под прямым углом со скруглением.

- соединение подводящих выработок со стволом на различных высотных отметках.

В табл. 1 представлены результаты моделирования динамики воздушных потоков на сопряжениях рабочих горизонтов рудника с вентиляционными стволами, также в таблице приведены коэффициенты отношения аэродина-

мического сопротивления исследуемых объектов при разном направлении движения воздуха.

Так как длина стволов и коэффициенты шероховатости стволов на разных рудниках сильно отличаются, при расчете величины местного сопротивления сопряжения выработок рабочего горизонта со стволом, использование коэффициентов невозможно для расчета вентиляционной сети рудника в реверсивном режиме проветривания. Для решения данной задачи использована формула:

Таблица 3
**Результаты моделирования вентиляционной сети
 БКПРУ-4 ОАО «Уралкалий»**

Название выработки	Отклонения расходов воздуха при изменении местных сопротивлений вентиляционной сети			
	Комплекс ГВУ Без вентилятора	Сопряжения вентиляционных выработок со стволом	Комплекса ГВУ и сопряжение вентиляционных выработок со стволом	Комплекса ГВУ, сопряжение вентиляционных выработок со стволом и местных сопротивлений подземных выработок
ГВУ	5,09 %	1,95 %	6,79 %	7,70 %
Рудник	5,10 %	3,33 %	8,11 %	9,64 %
Северное крыло	5,94 %	4,16 %	8,90 %	10,97 %
Южное крыло	4,66 %	2,90 %	7,70 %	9,79 %
Северо-восточное направление	7,58 %	5,84 %	10,49 %	19,43 %
Северо-западное направление	4,50 %	2,68 %	7,47 %	13,49 %
Юго-западное направление	5,03 %	3,25 %	8,04 %	18,23 %
Юго-западное направление	3,58 %	1,79 %	6,66 %	26,21 %
Юго-восточное направление	4,66 %	2,92 %	7,70 %	19,42 %

$$R = \bar{R} + R_p - R_n,$$

где R_p, R_n – сопротивление узла в реверсивном и нормальном режиме соответственно; \bar{R} – сопротивление ветви

Аналогично смоделированы аэродинамические процессы в моделях сопряжений подземных выработок при различных направлениях движения воздуха.

- Разделение и слияние потоков.
- Разделение и слияние потоков под большим углом.
- Разделение и слияние потоков под прямым углом.

В табл. 2 представлены результаты моделирования динамики воздушных потоков на сопряжениях подземных выработок, также приведены коэффициенты отношения аэродинамического сопротивления исследуемых объектов при разном направлении движения воздуха.

Для проверки полученных результатов и оценки влияния изменения местных аэродинамических сопротивлений вентиляционной сети рудника в реверсивном режиме работы ГВУ проведено моделирование сети рудника БКПРУ-4 и СКРУ-3 ОАО «Уралкалий». В табл. 3 приведены результаты моделирования вентиляци-

онной сети БКПРУ-4 ОАО «Уралкалий» в ПВК «АэроСеть» с учетом изменения местных аэродинамических сопротивлений в реверсивном режиме работы ГВУ. Приведены отклонения расходов воздуха в выработках главных направлений от значения при проветривании рудника в нормальном режиме.

В результате моделирования реверсивного режима проветривания рудника с учетом влияния местных сопротивлений, полученные расходы воздуха в выработках главных направлений согласуются с результатами экспериментальных исследований

и актами реверсирования воздушной струи рудников.

Местные сопротивления поверхностной и подземной части рудника оказывает значительное влияние 20 % на воздухораспределение рудника в реверсивном режиме проветривания.

В результате исследования влияния местных аэродинамических сопротивлений на воздухораспределение в рудниках при реверсивном режиме проветривания получены данные с помощью которых можно корректно рассчитывать вентиляционные сети рудников в реверсивном режиме работы ГВУ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Скочинский А.А.* Рудничная вентиляция, издание 2-е. / Скочинский А.А., Комаров В.Б // Л.М.: Углетехиздат, 1951. – 564 с.

2. *Влияние* местных сопротивлений на воздухораспределение в рудниках при реверсивном режиме работы главной вентиляторной установки. Газизуллин Р.Р., Левин Л.Ю., Зайцев А.В. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2012. – № 5. – С. 227–230.

3. *ПБ-03-553-03.* Единые правила безопасности при разработке рудных, не-

рудных и россыпных месторождений полезных ископаемых подземным способом // М.: НТЦ «Промышленная безопасность», 2003. – 199 с.

4. *Использование* CFD-методов при исследовании аэрогазодинамических процессов в рудничной аэрологии. Круглов Ю.В., Газизуллин Р.Р. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2011. – № 4. – С. 211–213.

ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Газизуллин Руслан Рафаилович – инженер отдела аэрологии и теплофизики; aero_rus@mail.ru

Кормшиков Денис Сергеевич – аспирант отдела аэрологии и теплофизики; denis@kormshchikov.ru

Горный институт Уральского отделения РАН

