Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. L, вып. 1, 1965 г.

О ДВИЖЕНИИ ВОЗДУХА В ПРИЗАБОЙНОМ ПРОСТРАНСТВЕ ТУПИКОВЫХ ВЫРАБОТОК БОЛЬШОГО СЕЧЕНИЯ

Ю. Б. Мостепанов, Ю. А. Яковлев

В горной промышленности, особенно при строительстве гидротехнических сооружений, проходятся выработки сечением 50—80 $м^2$ при значительной протяженности. Для проветривания таких выработок по вентиляционным трубам в забой должен подаваться большой объем свежего воздуха. Иногда это практически трудно осуществимо, так как вентиляционные трубы обладают большим сопротивлением и допускают значительные утечки.

Изучение характера движения воздуха, распределения скоростей по сечению выработки и других факторов, влияющих на процесс проветривания, позволит рационально использовать и установить вентиляционное оборудование и тем улучшить проветривание при том же дебите свежего воздуха.

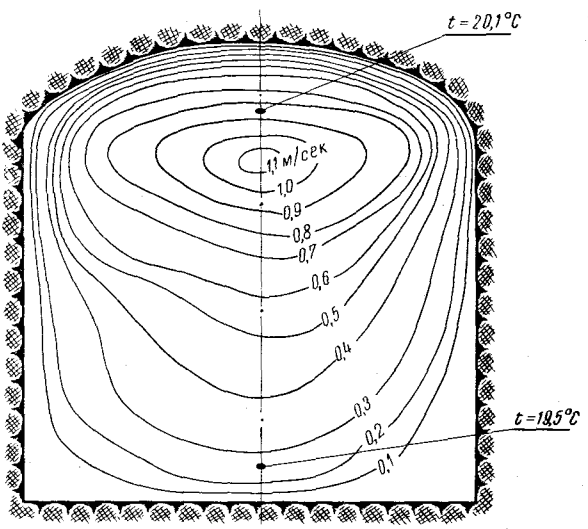


Рис. 1. Распределение скорости воздуха по сечению тоннеля.

Летом 1964 г. нами исследовалось движение воздуха в тоннелях сечением 45 и 65 $м^2$ с арочным сводом, пройденных в скальных породах. Проветривание осуществляли вентиляторами СВМ-2М при помощи металлических и прорезиненных труб диаметром 1 *м*.

Как видно из табл. 1, наибольшее значение средней скорости движения воздуха по выработкам не превышает 0,16 *м/сек*. Профиль скорости асимметричен (рис. 1) относительно вертикальной оси выработки. Максимальная скорость — в верхней части. Такое распределение скоростей объясняется различной плотностью и вязкостью воздуха у кровли и подошвы за счет разности температур. Сопротивление же стенок, кровли и подошвы выработки оказывает, по-видимому, второстепенное влияние.

Интересно отметить, что при значении чисел Рейнольдса, превышающих критическое в десятки раз, движение воздуха в большей части выработки остается ламинарным или близким к нему.

Таблица 1

Режим движения воздуха в тоннелях, по данным обследования

Номер тоннеля	Площадь сечения выработки, $м^2$	Средняя скорость воздуха, $м/сек$	Число Re	Характер движения воздуха
1	45	0,134	62 000	Близкий к ламинарному
2	45	0,157	73 000	Не определялся
3	45	0,133	61 800	То же
4	65	0,108	61 000	»
5	63	0,063	34 600	Ламинарный
6	64	0,111	62 100	Не определялся
7	45	0,110	51 000	То же
8	65	0,108	61 000	»

Так, при обследовании выработки 1 (см. табл. 1) число Re равнялось 62 000, а движение воздуха по визуальным наблюдениям носило ламинарный характер примерно на $^2/_3$ площади сечения тоннеля. Вихревые массы, которые образуются у кровли тоннеля, не распространяются на все сечение выработки, а быстро затухают, и в нижней части сечения скорость настолько мала, что при движении воздуха происходит ламинарное обтекание неровностей подошвы и стенок. Таким образом, происходит как бы расслоение всего потока на области турбулентного и ламинарного течения. Расслоение воздуха в выработках большого сечения иногда со-

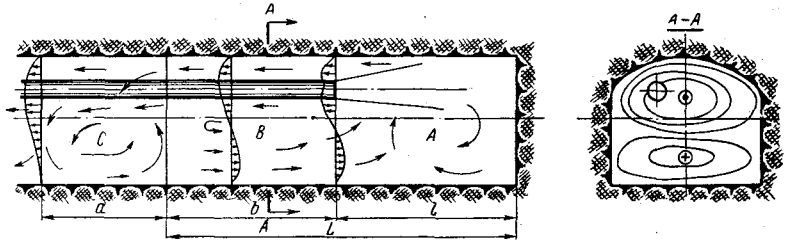


Рис. 2. Характер движения воздуха в призабойной части тоннеля.

провождается образованием встречных потоков. Так, например, в тоннелях 2 и 3 наблюдалось устойчивое движение воздуха в сторону забоя в 50 *м* от устья по верхней части тоннеля и возвратный поток по нижней. Это объясняется разностью температур наружного воздуха и воздуха в тоннеле.

Другим примером может служить движение воздуха в призабойном пространстве тоннелей, графически показанном на рис. 2. Подобный характер движения обнаружен во всех обследованных тоннелях за исключением тоннеля 5.

В призабойном пространстве четко различают три характерные зоны: *A*, *B* и *C*. Зона *A* ограничена забоем и сечением, проходящим через торец нагнетательного трубопровода. В этой части выработки воздух интенсивно перемешивается за счет выходящей из трубопровода свободной струи, которая движется под кровлей, что способствует увеличению ее дальнобойности, доходившей в обследованных тоннелях до 45 *м*.

Зона *B* — зона подсоса — часть выработки, ограниченная с одной стороны сечением, проходящим через торец трубопровода, а с другой — сечением, в котором отсутствует движение в сторону забоя (см. рис. 2). Здесь ярко выражено расслоение воздуха с образованием встречного движения. В нижней части воздух движется к забою, а у кровли — к устью. Размеры этой зоны приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты обследования тоннелей Нурекской ГЭС

Номер тоннеля	Площадь сечения выработки, $м^2$	Поступающий в забой воздух, $м^3/сек$	Отставание трубы от забоя, $м$	Высота подвески труб, $м$	Зона подсоса, $м$	Место подсоса
1	45	6,05	40	4,8	35	По подошве выработки
2	45	6,2	40	4,8	37	То же
3	45	6	40	4,8	19	»
4	65,8	7,15	37	4,4	27	»
5	63	3,98	40	4,5	24	По кровле выработки
6	64	7,1	38	4,5	24	По подошве выработки
7	45	4,95	40	4,8	24	То же
8	65	7	37	4,4	18	»

Зона *C* характерна круговым движением воздуха. Она способствует выравниванию вредных примесей по всему сечению.

С точки зрения проветривания наибольший интерес представляет зона подсоса, так как от ее размеров зависит в значительной мере интенсивность выноса газов из призабойного пространства. С увеличением зоны подсоса потребное для проветривания количество воздуха возрастает.

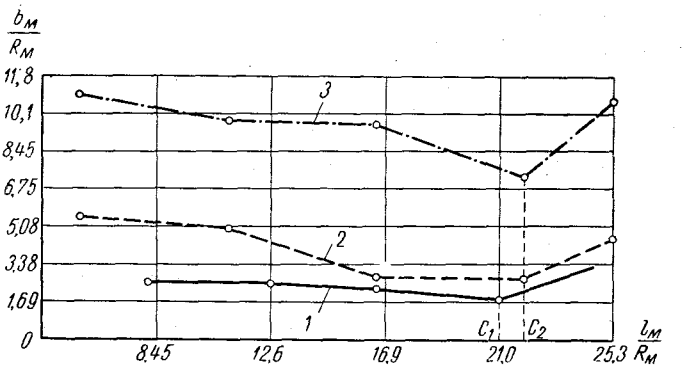


Рис. 3. Зависимость зоны подсоса от расстояния трубы от забоя при положении трубопровода:

1 — центральном; *2* — среднем верхнем; *3* — угловом. ($l_м$ — расстояние от забоя до конца трубы модели; $R_м$ — гидравлический радиус модели; $b_м$ — длина зоны подсоса на модели).

В тоннеле 2 (см. табл. 2) зона подсоса распространялась на 37 *м* от конца трубы к устью выработки. Средняя скорость обратного потока (в сторону забоя) 0,04 *м/сек*, его площадь 21 $м^2$. Следовательно, количество воздуха, подсасываемое свободной струей, доходило до 0,8 $м^3/сек$, т. е. 17% от всего поступавшего в забой. Такое количество подсасываемого воздуха не может не оказывать влияния на процесс проветривания. Поэтому при расчетах потребного количества воздуха для выработок большого сечения правильнее было бы принимать за зону смешения L не расстояние от забоя до конца трубопровода l, а расстояние от забоя до конца зоны подсоса, т. е.

$$L = l + b,$$

где b — длина зоны подсоса.

Факторы, влияющие на величину зоны подсоса, определялись на гидромодели, изготовленной в масштабе 1 : 100. Опыты проводились при различных дебитах, различном положении труб в сечении и различном отставании их от забоя. Характер движения воды в модели подобен движению воздуха в натуре.

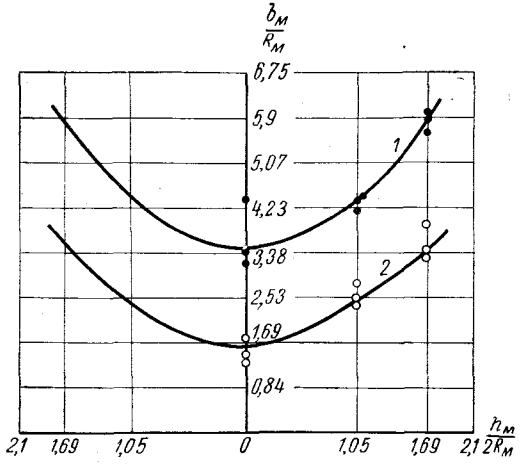


Рис. 4. Зависимость зоны подсоса от расположения трубы в сечении (начало координат — центр выработки) при вертикальном перемещении.

1 — около боковой стенки; *2* — через центр выработки; $h_м$ — высота выработки на модели.

После отработки опытных данных выявлено, что величина зоны подсоса при постоянном диаметре трубопровода не зависит от дебита, но зависит от расстояния трубы от забоя, а также положения ее в сечении выработки.

Расстояние трубы от забоя и длина зоны подсоса даны в зависимости от безразмерных величин, равных отношению соответствующей длины к гидравлическому радиусу.

Как видно из рис. 3, зона подсоса уменьшается до точек C_1, C_2, соответствующих максимальной дальнобойности свободной струи, а затем несколько увеличивается.

В наших опытах трубу вначале помещали в центр модели, затем перемещали по вертикальной оси, одновременно фиксируя границы подсоса (рис. 4). Минимальное развитие зоны подсоса отмечено при центральном положении трубы.

ВЫВОДЫ

1. В выработках большого сечения при разности температур воздуха у кровли и подошвы воздушный поток расслаивается на два, иногда с различным режимом движения.

2. По одной и той же выработке, если она достаточно большого сечения, возможно движение воздуха в противоположных направлениях.

3. Зона смешения при нагнетательном проветривании значительно больше расстояния от забоя до конца вентиляционной трубы. Для выработок сечения 45 и 65 $м^2$ при отставании труб от забоя 40 $м$ она равна 60—70 $м$.

4. Длина зоны смешения не зависит от дебита воздуха, поступающего в забой, при одном и том же диаметре трубопровода, а зависит от положения трубопровода в сечении выработки и отставания его от забоя.

5. Минимальное развитие зоны смешения, при котором условия проветривания улучшаются, наблюдается при центральном положении трубы.