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

О ПРИМЕНЕНИИ СВОБОДНЫХ СТРУЙ ДЛЯ ИСКУССТВЕННОГО ПРОВЕТРИВАНИЯ КАРЬЕРОВ

П. И. Мустель

Нормальные санитарно-гигиенические условия труда в глубоких карьерах создаются искусственной вентиляцией, которая разжижает и выносит вредные пары и газы, образующиеся при работе двигателей внутреннего сгорания и дизельных двигателей, газообразных продуктов взрывчатого разложения ВВ* и вредной пыли. Настоятельная необходимость в искусственном проветривании возникает при заполнении вредными веществами всего объема карьера или наиболее глубоких его частей в моменты инверсий, а также при возникновении местных скоплений вредных примесей (например, запыление атмосферы при обуривании уступов).

Проветривание громадных объемов связано с подачей в карьер очень большого количества воздуха. Так как площадь карьеров обычно велика, то в работу должен включаться не один, а несколько вентиляторов значительной мощности. Искусственное проветривание карьеров — процесс трудоемкий, внедряется он медленно, и поэтому до настоящего времени не накоплен достаточный практический опыт в этой области. Необходимы новые схемы, способы и даже технические средства проветривания, поскольку существующие шахтные вентиляторы не всегда дают ожидаемый эффект.

Потребность в подаче больших количеств воздуха, на передвижение которого в условиях открытой разработки расходуется небольшой напор, может быть удовлетворена применением беструбных вентиляторов, так как выходящая из конечного сечения кожуха вентилятора свободная воздушная струя способна на большом расстоянии приводить в движение массы воздуха, значительно превышающие производительность вентилятора.

Проветривание свободными струями может быть всасывающим (рис.1) и нагнетательным (рис. 2).

Всасывающее проветривание (рис. 1, *а*) рационально тогда, когда вентилятор может быть погружен в атмосферу, заполненную вредными веществами. Воздух, содержащий вредные газы и пыль, проходит через вентилятор и выбрасывается в атмосферу, также содержащую вредные примеси. При этом на расстоянии x (см. рис. 1, *а*) к выходящей из вентилятора струе присоединяется загрязненный воздух. Минуя плоскость раздела $O—O$, он удаляется из карьера, вследствие чего количество выносимых вредностей зависит не только от производительности вентилятора, как машины, но также и от расхода свободной струи в сечении $O'—$

*ВВ — взрывчатые вещества.

O'. Этот расход значительно больше дебита вентилятора и может быть найден из известного выражения [1]

$$Q_x = Q_0 4{,}36\left(\frac{ax}{d} + 0{,}145\right), \qquad (1)$$

где Q_x — расход воздуха на расстоянии x от конечного сечения насадка вентилятора, *м³/мин* или *м³/сек*;

Q_0 — производительность вентилятора, *м³/мин* или *м³/сек*;

d и x — диаметр конечного сечения насадка вентилятора и расстояние от него до граничной плоскости $O—O$, *м*;

a — коэффициент турбулентной структуры, зависящий от условий выхода струи из конечного сечения насадка вентилятора.

Обозначим выражение $4{,}36\left(\frac{ax}{d} + 0{,}145\right)$ через K. Тогда

$$Q_x = KQ_0, \qquad (2)$$

где коэффициент K показывает во сколько раз расход на расстоянии x превышает производительность вентилятора.

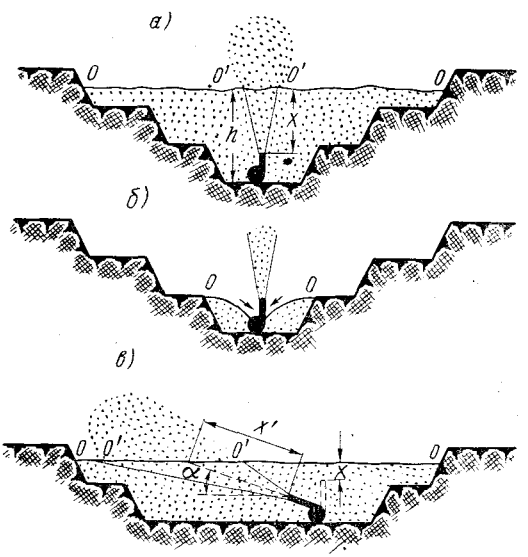


Рис. 1. Всасывающее проветривание: *а* — вертикальной свободной струей; *б* — с подсосом свежего воздуха; *в* — наклонной струей.

Выразим расстояние x через d. Примем насадок цилиндрическим, для которого $a = 0{,}076$, и подсчитаем K при различных значениях x:

x/d	K	x/d	K	x/d	K
50	17,2	150	50,5	250	83,5
100	33,7	200	67	300	100

Как видно из подсчетов, при неизменном дебите вентилятора количество выносимого им за пределы проветриваемой области воздуха, содержащего вредные вещества, возрастает, увеличиваясь при $x = 300d$ в 100 раз. Поскольку увеличение или уменьшение x приводит соответственно к увеличению или уменьшению Q_x, время проветривания карьера при такой установке вентилятора практически не зависит от глубины заполнения выработки вредными примесями: насколько с увеличением h увеличится объем, подлежащий проветриванию, настолько увеличится и расход в сечении $O'—O'$. Это правило нарушается только тогда, когда граничная плоскость $O—O$ расположена настолько близко к всасывающим отверстиям вентилятора, что последний образует депрессионную воронку (рис. 1, *б*) и частично засасывает свежий воздух.

В этом случае производительность вентилятора за счет присоединенных масс не увеличивается и работа его неэффективна. Для сохранения высокой эффективности работы всасывающих вентиляторов при заполнении карьеров вредными примесями на небольшую глубину насадкам вентиляторов необходимо придавать наклонное положение (рис. 1, *в*), так как в этом случае свободная струя, выходящая из вентилятора, присоединит к себе воздушные массы на расстоянии $x' = \frac{x}{\sin\alpha}$ (где α — угол наклона насадка), и расход в сечении $O'—O'$ значительно возрастет.

В первом приближении этот расход

$$Q_x = Q_o 4{,}36 \left(\frac{ax}{d \sin \alpha} + 0{,}145 \right). \qquad (3)$$

Нагнетательное проветривание может осуществляться по схемам рис. 2. На схеме *а* показано проветривание глубокой части карьера при возникновении инверсии, на схеме *б* — разжижение местных скоплений вредностей. Количество подаваемого вентилятором свежего воздуха и в этих случаях определяется по формулам (1) и (3). Вентиляторы будут работать эффективно при удалении их от проветриваемой зоны на достаточно большое расстояние (100—150 *d*). Наивыгоднейшее расстояние, вообще говоря, должно определяться не теоретическим, а опытным путем в натуре. Оно зависит не только от законов движения свободных струй, но и от особенностей карьеров, скорости и направления ветра, температурных перепадов и т. п. Так как вредности наиболее интенсивно разжижаются на контакте свежего воздуха с зоной загазования или запыления, то в процессе проветривания эта зона как бы отступает от вентилятора. Чтобы сохранить большую эффективность работы, вентилятор должен передвигаться вслед за подвиганием зоны загазования. При проветривании нагнетательным способом мест непрерывного интенсивного пылеобразования, возникающих, например, при обуривании уступов, необходимо на рабочих местах обеспечивать такую скорость движения воздуха, при которой вредная пыль не оседала бы, а выносилась за пределы рабочей площадки. При расчетах необходимо знать параметры свободных струй, которые могут быть найдены из известных выражений.

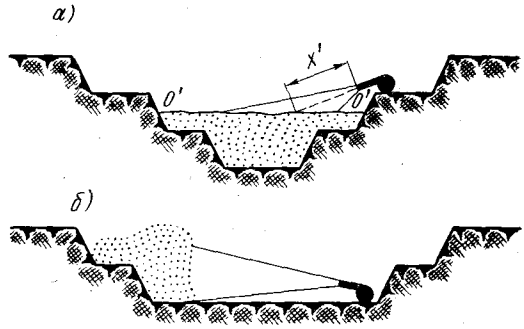


Рис. 2. Нагнетательное проветривание: *а* — наклонной свободной струей; *б* — горизонтальной струей.

Диаметр струи на расстоянии x от конца насадка

$$d_x = d\, 6{,}8 \left(\frac{ax}{d} + 0{,}145 \right), \qquad (4)$$

максимальная скорость на оси струи

$$v_x = v_{o_{ср}} \frac{0{,}48}{\frac{ax}{d} + 0{,}145}, \qquad (5)$$

средняя скорость

$$v_{ср} = v_{o_{ср}} \frac{0{,}095}{\frac{ax}{d} + 0{,}145}, \qquad (6)$$

где $v_{o_{ср}}$ — средняя скорость в конечном сечении насадка, *м/сек*.

При расчетах выноса пыли из мест пылеобразования иногда [2] рекомендуют определять дальнобойность струи x такого сечения, при котором средняя скорость обеспечивает вынос пылевых частиц, т. е. 0,6—1 *м/сек*. Легко показать, что подобный расчет не может дать надежных результатов. Диаметр свободных струй по мере удаления от вентилятора быстро возрастает даже при хороших цилиндрических или конических насадках. Для ориентировочных расчетов можно принять $d_x = \frac{x}{2}$, а точнее d_x определяется по формуле (4). Структура потока в сво-

бодных струях такова, что нарастание скорости от границы струи к центру происходит очень медленно: только на расстоянии 0,2 d_x от границы струи скорость равна средней. Если, например, вентилятор установлен в 100 *м* от места пылеобразования и диаметр потока (при $a = 0{,}076$, $d = 1$ *м*) по формуле (4) равен 52,5 *м*, то скорость равна средней только на высоте 10,5 *м*. Следовательно, для обеспечения средней скорости на рабочем месте необходимо свободную струю, выходящую из вентилятора, направить так, чтобы в зоне дыхания (на высоте около 1,5 *м* от почвы) находилась точка потока, отстоящая на 0,2 d_x от границы струи, т. е. необходимо направить струю к почве. Очевидно, в этом случае свободная струя не получит полного развития, так как будет ограничена почвой карьера. Следовательно, и формулы (4), (5), (6), справедливые только для неограниченных струй, дадут не вполне правильные результаты, так как профиль скоростей будет нарушен. Необходимые поправки к указанным формулам могут быть наиболее надежно определены только на основе натурных наблюдений. Задача проветривания мест интенсивного пылеобразования осложняется еще и тем, что воздушная струя, направленная к почве, может способствовать поднятию в воздух дополнительной мелкодисперсной пыли и тем увеличить запыленность рабочих мест.

Вследствие большой разбросанности работ в карьерах, а также наличия собственного микроклимата зоны загазования и запыления могут с течением времени перемещаться, что приведет к необходимости создания не только стационарных вентиляторов, но также передвижных и самоходных. В основном вентиляторы, осуществляющие проветривание карьеров, должны быть по-видимому, самоходными. Они не только должны подаваться к местам скопления вредных веществ, но и самостоятельно передвигаться, следуя, как указывалось, при нагнетательном проветривании за зоной загазования.

При всасывающем проветривании вентилятор должен перемещаться с таким расчетом, чтобы во всасывающие отверстия вентилятора не попадал свежий воздух и количество засасываемых вредных веществ всегда было наибольшим. Однако, вследствие того, что вентилятор, а следовательно, и машинист-водитель должны находиться в загазованной зоне, применение самоходных машин в этом случае затруднено — необходимы машины с дистанционным управлением. Карьерные вентиляторы, использующие для проветривания свободные струи, должны обладать максимальной дальнобойностью, а для этого струя, выходящая из вентилятора, должна иметь большую скорость и минимальный коэффициент турбулентной структуры a. Целесообразно снабжать вентилятор или коническим суживающимся насадком ($a = 0{,}066$) или цилиндрической трубой ($a = 0{,}076$). Осевые вентиляторы, вмонтированные в короткий патрубок без специального насадка, нерациональны, так как угол раскрытия выходящей из вентилятора струи в этом случае достигает 45°, коэффициент структуры 0,12, дальнобойность невелика.

Карьерные вентиляторы должны иметь приспособление для изменения угла между осью свободной струи, выходящей из вентилятора, и горизонтальной плоскостью. Это даст возможность при установке их на дне карьера направлять струю наклонно или вертикально вверх, а при установке на уступе и необходимости проветривания части карьера, расположенной внизу, — под небольшим углом вниз. Полный зенитный угол поворота должен быть порядка 100°. Зенитный угол легче изменить у центробежных вентиляторов устройством вращающегося кожуха при неизменном положении мотора, рабочего колеса и всасывающих отверстий. Это весьма важное преимущество центробежных вентиляторов следует учитывать при конструировании специальных вентиляторов для карьеров. По предварительным расчетам, необходимая и достаточная производительность вентиляторов, предназначенных для проветривания карьеров

свободными струями, должна находиться в пределах 10—20 $м^3/сек$, а скорость на выходе из насадка — 30—40 *м/сек*. Стремиться к дальнейшему увеличению скорости с целью повышения дальнобойности вентиляторов не следует, так как это приведет к неоправданному увеличению мощности двигателей.

ВЫВОДЫ

1. Искусственное проветривание карьеров может осуществляться наиболее эффективно за счет свободных струй, создаваемых вентиляторами. Может быть применен как нагнетательный, так и всасывающий способ, причем в обоих случаях используется свойство свободных струй присоединять к себе из окружающего пространства огромные массы воздуха.

2. Для проветривания должны использоваться специальные карьерные, главным образом центробежные стационарные, передвижные и самоходные, вентиляторы средней производительности, снабженные коническими суживающимися насадками и создающие скорость струи на выходе из насадка 30—40 *м/сек*.

ЛИТЕРАТУРА

1. Батурин В. В. Основы промышленной вентиляции. Профиздат, 1956.
2. Битколов Н. З., Никитин В. С. Проветривание карьеров. ГНТИ, 1963.