Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. XLVI, вып. 1, 1962 г.

МЕСТНОЕ ПРОВЕТРИВАНИЕ В КАРЬЕРАХ

Н. Г. Фатуев

Местное искусственное проветривание рабочих мест карьеров с помощью вентиляторов частичного проветривания до настоящего времени не исследовалось, хотя в литературе есть указания на возможность его применения в карьерах [1, 2].

Опыты по вентиляции отдельных рабочих мест в Сибайском и Миндякском карьерах проводились в ноябре и декабре 1960 г.

Геометрические и аэродинамические данные насадков. При использовании в карьерах вентиляторов местного проветривания необходимо знать максимальную дальность действия вентиляционной струи, влияние на нее ветра и ряд других аэродинамических данных принятых насадков. Увеличение дальности действия струй вентиляторов вызывается необходимостью забора чистого воздуха на определенном расстоянии от проветриваемого участка с тем, чтобы местонахождение вентилятора не мешало нормальному ведению работ.

Исследовались 12 насадков трех типов — цилиндрические, конфузорные и комбинированные (рис. 1). Сравнение и анализ их работы позволили выбрать оптимальную форму насадка.

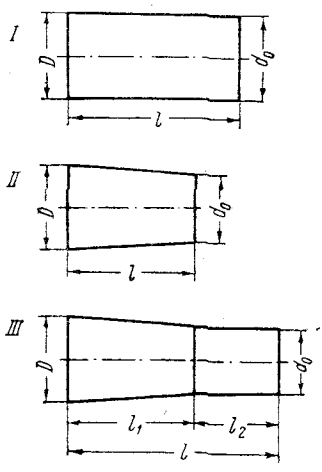


Рис. 1. Типы насадков к вентиляторам:
I — цилиндрический; *II* — конфузорный; *III* — комбинированный

Исследования проводились на поверхности в безветренную погоду. Скорость выхода воздуха из устья насадка определялась с помощью трубки Пито и микроманометра. Скорости по оси вентиляционной струи измерялись анемометрами. Ось вентилятора находилась на высоте 2 *м* от почвы. Направление оси струи контролировалось по шнуру, горизонтально протянутому на высоте 2,4 *м* от почвы. Скорости замерялись одновременно на высотах 2 и 2,5 *м*, контрольные замеры — на 1,5 и 3 *м* (по ним определялось местонахождение оси вентиляционной струи). Для контроля использовались также дым и зубной порошок, которые вдувались в вентилятор со стороны всаса. При этом отмечалась видимая точка приземления задымленной струи, что позволяло ориентировочно судить о фактическом угле раскрытия свободной струи вентилятора.

При опытах применялись вентиляторы ВДМ-450, ВМ-600 и «Проходка-500-2м». Геометрические размеры насадков и результаты исследований поверхности приведены в табл. 1 и на рис. 2.

Таблица 1

Геометрические размеры насадков и дальность действия струи

Вентилятор	Тип насадка	Номер насадка	Длина насадка, *м*			Диаметр насадка в устьи d_0, *м*	Фактическая дальность действия струи, *м*
			общая l	конфузорной части l_1	цилиндрической части l_2		
ВДМ-450	I	1	0,45	—	—	0,45	12,0
	I	2	0,90	—	—	0,45	13,5
	I	3	1,35	—	—	0,45	13,0
	II	4	0,45	—	—	0,35	15,0
	II	5	0,67	—	—	0,35	16,5
	III	6	0,90	0,45	0,45	0,35	17,0
	III	7	1,12	0,45	0,67	0,35	17,5
	III	8	1,12	0,67	0,45	0,35	18,0
ВМ-600	I	9	1,20	—	—	0,60	19,0
	II	10	0,90	—	—	0,46	24,5
	III	11	1,50	0,90	0,60	0,46	27,0
„Проходка-500-2м"	III	12	1,25	0,75	0,50	0,39	17,5

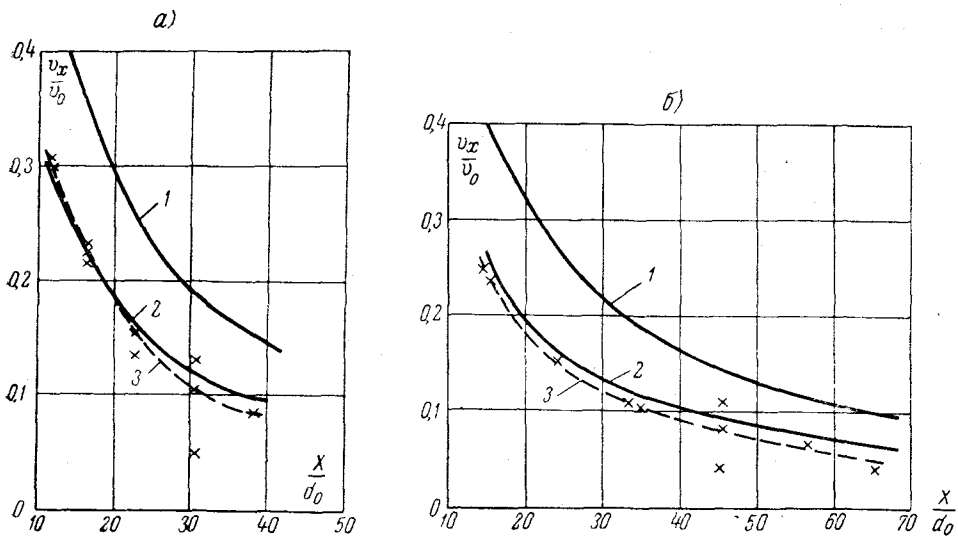


Рис. 2. Характер изменения осевых скоростей в основном участке струи вентилятора: *а* — насадок 2; *б* — насадок 8

1 — по формуле (2); *2* — по формуле (3); *3* — экспериментальная кривая

Относительная средняя скорость струи по площади [3]

$$\frac{v_{ср}}{v_0} = \frac{0{,}095}{\frac{ax}{d_0} + 0{,}145}, \qquad (1)$$

где $v_{ср}$ — средняя скорость по площади на расстоянии x от устья насадка;

v_0 — средняя скорость струи в сечении устья насадка;

a — коэффициент турбулентной структуры струи;

d_0 — диаметр устья насадка (патрубка).

Приняв среднюю скорость $v_{ср} = 2v_x$ — скорость воздуха на оси струи в данном сечении, получим из (1) известное выражение для осевой скорости струи [4]

$$\frac{v_x}{v_0} = \frac{0{,}48}{\frac{ax}{d_0} + 0{,}145}. \qquad (2)$$

Формула (1) при $v_{ср} = 0{,}3v_x$ примет вид [5]

$$\frac{v_x}{v_0} = \frac{0{,}317}{\frac{ax}{d_0} + 0{,}145}. \qquad (3)$$

Конец начального участка, т. е. расстояние от кромки насадка до переходного сечения [3]

$$l_{п.с} = \frac{0{,}335 d_0}{a},$$

и составляет 1,6—2,5 *м*. Поэтому данные, представленные на рис. 2, относятся к основному участку круглой свободной струи, так как скорости измерялись не ближе 5 *м* от насадка. Экспериментальные кривые хорошо согласуются с расчетными. Расчетные значения, вытекающие из формулы (2), более чем в 1,5 раза превышают все фактические осевые скорости, полученные при экспериментах с разными насадками. Таким образом, в условиях данного опыта более правильные результаты получены по формуле (3).

Во время опытов на поверхности с целью большей надежности измерений за максимальную дальность действия принималось такое расстояние от насадка, в котором осевая скорость вентиляционной струи была 3 *м/сек* (или средняя скорость 0,9 *м/сек*).

Измерение скоростей по оси вентиляционной струи производилось, как правило, на расстояниях 5, 10, 15, 24, 27 и 33 *м* от насадка. По этим замерам для каждого насадка определялся [путем преобразования формулы (3)] коэффициент турбулентности струи

$$a = \left(0{,}317\,\frac{v_0}{v_x} - 0{,}145\right)\frac{d_0}{x}.$$

Для насадков 2, 3 и 9 величина $a = 0{,}081$; для насадков 7, 8, 11 и 12 $a = 0{,}071$. Боковой угол раскрытия струи α определяется из выражения $\operatorname{tg}\alpha = 3{,}4\,a$. Для каждого насадка он имеет определенное значение. Чем меньше коэффициент a, тем меньше угол α. Если для насадка 2 (при $a = 0{,}081$) $\alpha = 15°30'$, то для насадка 8 (при $a = 0{,}071$) $\alpha = 13°30'$.

В опытах ближайшая к насадку точка приземления задымленной струи наблюдалась на расстоянии 6—7 *м*, в результате углы раскрытия равны 15—18°, т. е. близки к расчетным.

С увеличением длины цилиндрического насадка с одного до двух диаметров D вентилятора коэффициент a уменьшается с 0,087 до 0,081. Следовательно, дальность действия струи увеличивается. Вероятно, в коротком цилиндрическом насадке поток не успевает выравниваться, приблизиться к установившемуся движению, поэтому такой насадок имеет сравнительно худшие аэродинамические качества. С другой стороны, определенной длины цилиндрической части l_2 (см. рис. 1) улучшает аэродинамические данные комбинированных насадков. Если, например, конфузор *5* имеет коэффициент $a = 0{,}073$, $\alpha \approx 14°00'$ и дальность действия 16,5 *м*, то в комбинации с цилиндрическим насадком его аэродинамические данные улучшаются (насадок 8): $a = 0{,}071$, $\alpha = 13°30'$; дальность действия 18 *м*. Вместе с тем увеличение длины цилиндрических насадков до величины более $2D$ не ведет к увеличению дальности действия струи.

Важной характеристикой струи являются ее размеры. Следует различать полный диаметр струи и диаметр ее активной части. Так как на границе струи скорость воздуха незначительна, то необходимо ориентироваться не на полный диаметр струи, а на часть его, ограниченную лучами, на которых скорость равна $0{,}2\,v_x$ [6]. Это положение особенно следует учитывать, когда свободная струя не ограничена горизонтальной плоскостью или эта плоскость находится на достаточно большом расстоянии.

Полный диаметр струи

$$d_x = 6{,}8\,(ax + 0{,}145d_0),$$

диаметр ее активной части

$$d'_x = 4\,(ax + 0{,}145d_0).$$

Если исходить из диаметра активной части струи, то расчетная ширина рабочего места в зависимости от принимаемого насадка должна составлять не более 4,7—7,7 *м*.

Исследования показали, что для каждого типа испытанных насадков существует наиболее эффективный, обеспечивающий наибольшую дальность действия и достаточный диаметр активной части струи. Из цилиндрических такими насадками являются 2 и 9, из конфузорных — 5 и 10 и из комбинированных — 8, 11 и 12. Лучшими являются насадки третьего типа (длина конфузорной части равна 1,5D, цилиндрической — D), дальность действия которых в 1,34 раза больше цилиндрических и в 1,09 больше конфузорных.

Фактическая дальность действия насадков приведена в табл. 1.

Для дальнейших опытов были приняты комбинированные насадки.

Влияние ветра на вентиляционную струю. В табл. 2 приведены данные о распределении скоростей по оси струи вентилятора при действии на нее ветра. Во время опытов скорость выхода струи v_0 из насадка 8 колебалась в пределах 35—37 *м/сек*. Как видно из этой таблицы, применение вентиляторов при действии ветра под углом 45—135° к вентиляционной струе крайне затруднено, так как при скорости ветра 0,5 *м/сек* и более дальность действия в направлении оси вентилятора с 18—18,6 *м* (в тихую погоду) снижается до 5—10 *м*, т. е. приблизительно в 3—4 раза. На таком близком расстоянии в условиях стесненной работы на уступах карьера применение вентиляторов частичного проветривания не всегда возможно. Вихри и порывистость движения воздуха в карьере для поддержания заданной скорости вентиляционной струи на рабочем месте требуют непрерывного маневрирования автомашины с установленным на ней вентилятором.

В процессе экспериментов много раз предпринимались попытки измерения скорости на оси так называемой искривленной (под действием ветра) струи. В любой точке за осью вентилятора (перпендикулярной направлению ветра), где предполагалось присутствие оси искривленной вентиляционной струи, скорость непрерывно колебалась во времени. Например, при направлении ветра (0,9 *м/сек*) под углом 90° (см. табл. 2) на предполагаемой оси задымленной струи в одной и той же точке сечения (10 *м* от насадка) скорость через каждые 2 *мин* составляла 2,2; 0,9; 3,8; 4,1; 1,4; 2,0; 5,5; 1,0 *м/сек*. Определенной закономерности в распределении скоростей «искривленной» под действием ветра струи установить не удалось. Не наблюдалось также и явления геометрического сложения (по правилу параллелограмма) скоростей ветра и струй вентилятора.

Об использовании вентиляторов для проветривания рабочих мест карьера. При экспериментах вентиляторы устанавливались в карьерах на автомашинах на высоте 1,8—2 *м* от почвы. Питание двигателей вентиляторов осуществлялось подключением к трансформаторным будкам или к сети переменного тока экскаватора. Действию вентиляционной струи подвергались экскаваторы, автосамосвалы, рабочие места буровых станков, газовые факелы (с целью их рассеяния) и загазованная выхлопными газами траншея.

В условиях безветрия, как видно из табл. 3, при средней скорости вентиляционной струи 0,6 *м/сек* и более концентрация газа в кабинах экскаваторов становится очень быстро ниже санитарной

Таблица 2

Скорость движения воздуха на оси струи вентилятора при действии ветра (на поверхности)

Направление ветра относительно вентиляционной струи	Скорость ветра u, *м/сек*	Средняя скорость вентиляционной струи на расстоянии от насадка (*м*), *м/сек*				
		5	10	15	19	24
Навстречу	0,0	10,00	5,30	3,60	2,90	2,30
	1,2	7,14	1,52	0,90	0,77	1,20
	0,8	8,35	2,70	1,08	0,53	0,80
	0,4	10,00	4,54	2,36	1,63	0,82
Совпадает	1,0	12,30	7,60	6,13	5,00	3,37
	0,9	11,83	7,00	5,90	4,54	2,18
	0,4	10,42	6,40	4,30	3,52	3,00
Под углом 90°	1,4	2,55	1,60	1,40	1,40	—
	0,9	4,36	1,20	0,80	0,90	—
	0,6	7,50	1,85	0,75	0,60	0,64
Под углом 135°	2,3	2,80	2,36	2,30	—	—
	1,5	3,82	1,67	1,50	1,50	—
	1,0	4,54	1,80	1,03	0,95	1,00
	0,5	7,43	2,00	0,90	0,50	0,50
Под углом 45°	2,5	13,40	3,50	2,40	—	—
	1,3	9,00	2,94	1,25	1,30	—
	0,6	12,50	6,50	0,57	0,60	0,60

Таблица 3

Изменение концентрации акролеина в кабине экскаватора под действием вентиляционной струи (при отсутствии ветра)

Средняя скорость вентиляционной струи, *м/сек*	Концентрация акролеина, % по объему			
	в месте установки вентилятора	в кабине до включения вентилятора	в кабине через 5 *мин* работы вентилятора	в кабине через 10 *мин* работы вентилятора
0,9—1,3	0,00001	0,00010	0,00001	0,00002
	Нет	0,00004	Нет	Нет
	Нет	Нет	Нет	Нет
	0,00002	0,00012	0,00005	0,00003
0,9—1,0	Нет	0,00002	Нет	Нет
	Нет	0,00009	Нет	Нет

нормы. В этом случае вентилятор с насадком 8 устанавливался в точке A (рис. 3, *а*) на расстоянии L, равном 18—19 *м*, обеспечивающем скорость вентиляционной струи на рабочем месте 0,9—1 *м/сек* (при $\beta = 90°$, $u = 0$ и $l \approx 4{,}5$ *м*). При установке вентилятора в точке $Б$ (также при $\beta = 90°$) получены несколько худшие результаты, хотя концентрация газа в кабине экскаватора и не превышала допустимой санитарной нормы.

При действии ветра практический интерес представляет искусственное проветривание рабочего места, когда ветер направлен от самосвалов на экскаватор.

Были испытаны два варианта направления вентиляционной струи: а) между экскаватором и автосамосвалом — в точку $Б$; б) на экскаватор. Действие вентиляционной струи оценивалось по изменению концентрации пыли и альдегидов (выраженных в акролеине) в кабинах экскаваторов. Одновременно исследовали воздух и в кабинах автосамосвалов. Вентиляторы устанавливались в точках A и $Б$. На рис. 3, *а* направление $\bar{v}_x$ (сплошными линиями) соответствует направлению венти-

ляционной струи под углом 75°. Такой угол установки дает лучший эффект вентиляции при скорости ветра $u = 0{,}6$ *м/сек*. В этом случае при использовании насадка 8 расстояние от экскаватора $L = 9$ *м*, l изменяется от 5 до 6 *м*, а скорость струи вентилятора у экскаватора v от 0,9 до 1 *м/сек*. Увеличение или уменьшение угла β или расстояния L вызывало появление газа в кабине экскаватора.

При скорости ветра в карьере, превышающей 0,8 *м/сек*, необходим поворот оси вентилятора до 15—45°, что резко сокращает дальность действия и, следовательно, вызывает необходимость уменьшения расстояния L до 5—7 *м* (см табл. 2). В условиях нормальной работы экскаватора установка вентилятора на таком близком расстоянии недопустима. Когда вентилятор отделен от экскаватора расстоянием менее 15—18 *м*, в струю вентилятора попадают выхлопные газы от других автосамосвалов, ожидающих погрузки. Как показало исследование, при проветривании кабины экскаватора лучшие результаты дает направление вентиляционной струи на кабину экскаватора[1]. При этом газ в кабину не попадает.

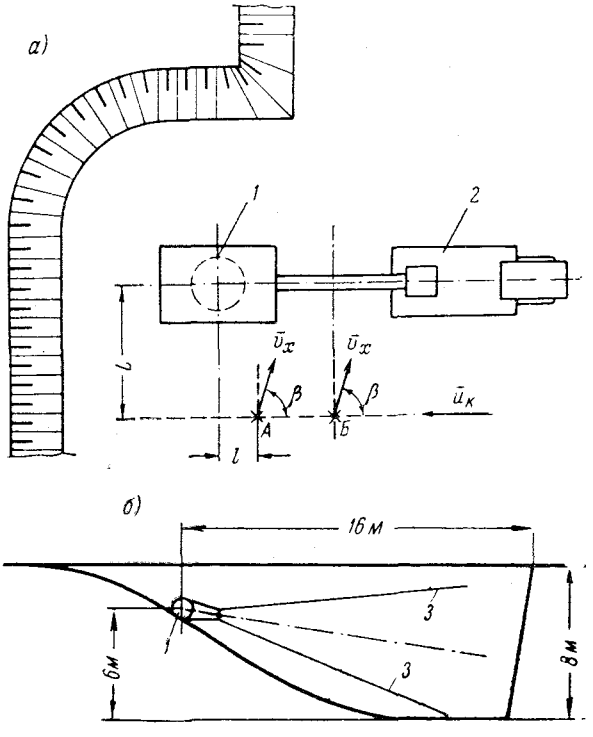


Рис. 3. Схема установки вентилятора: *а* — на рабочей площадке экскаватора (Сибайский карьер); *б* — на уклоне траншеи:

1 — экскаватор; *2* — автосамосвал; *3* — границы струи; *А*, *Б* — места установки вентиляторов и направления оси вентилятора (по стрелке $\bar{v}$) под углом β к направлению ветра в карьере. Пунктирные стрелки (β = 90°) — для случая $u = 0$

Вариант установки вентилятора в точке *Б* не дал устойчивой чистоты воздуха. В кабине экскаватора концентрация газа колебалась в пределах 0,00001—0,00005%. Вследствие завихрений и порывистости движения воздуха отмечалось повышение концентрации акролеина, иногда до 0,00016% (в два раза больше санитарной нормы).

С точки зрения эффективности удаления пыли скорость вентиляционной струи 0,9—1,0 *м/сек* дает лучший результат, чем 0,5—0,6 *м/сек*. При 0,9—1 *м/сек* концентрация пыли (табл. 4) через 5—10 *мин* после включения вентилятора снижалась в 10—15 раз и, как правило, была равна концентрации в месте установки вентилятора. Аналогичное явление наблюдается и при естественном проветривании. При *u*, равном 0,85—1,2 *м/сек*, на том же рабочем месте концентрация пыли составляла 1,5—2,5 *мг/м*³. Уменьшение скорости ветра в карьере до 0,4—0,52 *м/сек* вызывает увеличение концентрации пыли в 3—5 раз.

Вместе с тем при скорости ветра в карьере 1,4 *м/сек* и более существует тенденция к увеличению запыленности воздуха, очевидно, за счет поднятия пыли, осевшей на почве. Так, при том же режиме ра-

[1] Во время опытов у экскаваторов были открыты смотровые окна.

Таблица 4

Изменение концентрации пыли при проветривании рабочего места у бурового станка

Скорость ветра в карьере, *м/сек*	Скорость вентиляционной струи на рабочем месте, *м/сек*	Средняя концентрация пыли в 2 *м* от почвы, *мг/м³*			
		в месте установки вентилятора	до включения вентилятора	после включения вентилятора	
				через 5 *мин*	через 10 *мин*
0,0	0,9—1	Нет	28,0	2,5	2,0
0,3	1,1	1,0	12,0	1,5	1,0
0,0	0,5	0,5	16,0	9,0	9,5
0,0	0,6	0,5	25,0	11,5	10,0

боты бурового станка при ветре 1,4—1,5 *м/сек* концентрация пыли была равна 4 *мг/м³*, а при 1,8—2 *м/сек* достигала 7—8 *мг/м³*.

Эффективность удаления и переноса пыли из зоны ее образования при ветре 0,9—1 *м/сек* подтверждают и данные о запыленности воздуха в кабине экскаватора при различных стадиях его работы. Так, при направлении ветра от ковша на кабину экскаватора во время зачерпывания породы и разгрузки ковша в кузов машины концентрация пыли с 1000—1200 ($u = 0{,}6$ *м/сек*) увеличилась до 3300—3800 частиц в 1 *см³* ($u = 1{,}1$ *м/сек*). Следовательно, в данном случае эффективное действие скорости ветра 1,1 *м/сек* на процесс переноса пыли оказывает не положительное, а отрицательное влияние. Направление искусственной струи чистого воздуха на кабину экскаватора снижало запыленность в этом случае до 1500—1700 частиц.

В табл. 5 приведены данные по рассеянию факела выхлопных газов автосамосвалов МАЗ-525, стоявших под погрузкой. Вентиляционная струя направлялась примерно на середину линии, соединяющей намеченную точку взятия проб и самосвалы.

При направлении струи вентилятора под углом 90° к оси газового факела последний полностью рассеивается. Значительно хуже рассеяние газа происходит, когда направление вентиляционной струи совпадает с направлением движения газового факела под углом 45°.

Таблица 5

Изменение концентрации газа при рассеянии газового факела вентиляционной струей

Скорость ветра в карьере, *м/сек*	Скорость струи вентилятора в точке взятия проб на оси газового факела, *м/сек*	Концентрация акролеина в 17 *м* от автосамосвала, % по объему			
		до включения вентилятора	при направлении вентиляционной струи под углом к оси газового факела		
			90°	135°	45°
0,6	1,0	0,00019	Нет	Нет	0,00003
0,8	0,9	0,00021	Следы	0,00002	0,00004
1,1	0,9	0,00014	Нет	Следы	0,00003
1,5	1,2	0,00011	0,00001	0,00001	Следы
1,7	0,9	0,00009	Следы	Нет	0,00002

Особый интерес представляет проветривание так называемой застойной зоны. Изменение концентрации газа для такого случая показано в табл. 6. Траншея глубиной 8 *м*, шириной по низу 9 *м* и длиной 16 *м* находилась в стадии начала проходки. Вследствие температурной инверсии воздуха и работы автосамосвалов траншея была заполнена газом, концентрация которого составляла 0,00037% *. Использовался

* Во время экспериментов горные работы в траншее не производились и автосамосвалов не было.

Таблица 6

Изменение концентрации акролеина в траншее в 2 *м* от почвы у восточного борта Сибайского карьера

Начало эксперимента	Место установки вентилятора	Концентрация акролеина до включения вентилятора, % по объему	После включения вентилятора через								
			13 *мин*			20 *мин*			35 *мин*		
			Концентрация газа, % по объему	Температура воздуха, *град*		Концентрация газа, % по объему	Температура воздуха, *град*		Концентрация газа, % по объему	Температура воздуха, *град*	
				в траншее	вне траншеи		в траншее	вне траншеи		в траншее	вне траншеи
8 *ч* 40 *мин*	На дне траншеи	0,00037	0,00035	—12,8	—10,0	0,00023	—12,2	—9,8	0,00018	—11,0	—9,5
9 *ч* 30 *мин*	На уклоне дороги в траншею в 6 *м* от дна траншеи	0,00021	0,00009	—10,0	—9,4	Следы	—9,0	—9,0	—	—9,7	—8,8

Примечания: 1. Через 20 *мин* после начала второго эксперимента вентилятор был остановлен. 2. Погода безветренная.

вентилятор ВДМ-450 с насадком 8 (дальность действия 18—18,6 *м*). Как видно из табл. 6, при работе вентилятора на дне траншеи через 13 *мин* после включения вентилятора концентрация газа фактически не изменилась; через 35 *мин* она уменьшилась в два раза. При установке вентилятора на уклоне дороги (служащей для въезда машин в траншею) на высоте 6 *м* от дна траншеи (рис. 3, *б*) через 13 *мин* содержание газа уменьшилось в два-три раза; через 20 *мин* газа в траншее не осталось и на всю глубину траншеи установилось изотермическое состояние атмосферы.

Заметим, что: а) через 10 *мин* после окончания первого эксперимента на дне траншеи концентрация акролеина повысилась с 0,00018 до 0,00021%; в траншею опустился газ, вытесненный за ее пределы вентиляционной струей; б) через 15 *мин* после окончания эксперимента с установкой вентилятора на уклоне дороги изотермическое состояние атмосферы нарушилось и восстановилась инверсия температуры. Следовательно, работа вентилятора в подобных условиях должна продолжаться до тех пор, пока не разрушится инверсионное состояние атмосферы естественным путем.

Таким образом, при определенных соотношениях размеров проветриваемой зоны и параметров вентиляционной струи принципиально возможно не только местное, но и полное проветривание карьера.

Температурные условия в кабине экскаватора при действии вентиляционной струи. Как показали замеры, через 5 *мин* после включения вентилятора температура воздуха в кабине экскаватора снижается приблизительно в 1,5—2 раза, а через 10 *мин* — в 3—5 и более раз по сравнению с первоначальной. Например, до включения вентилятора температура воздуха в кабине была +4°, через 5 *мин* после включения +2°, а через 10 *мин* —3°. Следовательно, в зимнее время при проветривании деятельной вентиляционной струей рабочее место машиниста экскаватора должно быть изолировано от прямого воздействия струи. В летнее время, по-видимому, путем усиления подвижности воздуха возможно немного улучшить температурные условия в кабине машиниста экскаватора.

Выводы

1. Для расчета дальности действия и скорости вентиляционной струи при использовании вентиляторов частичного проветривания в карьере рекомендуется формула (3).

2. По дальности действия и другим аэродинамическим качествам лучшими насадками являются комбинированные.

3. Практически в настоящее время вентиляторы можно применять в безветренную погоду для проветривания любого рабочего места в карьере. Это допускается при наличии чистого воздуха в месте установки вентилятора и зоне действия вентиляционной струи.

4. Использование вентиляторов частичного проветривания при ветреной погоде крайне ограничено и возможно лишь в отдельных случаях, например для рассеяния факела выхлопных газов.

5. Для удаления пыли с рабочих мест карьера оптимальной скоростью вентиляционной струи, а также ветра в карьере (при естественном проветривании) следует считать 0,9—1 *м/сек*.

6. В безветренную погоду при определенных соотношениях размеров проветриваемой зоны, параметров вентиляционной струи и количества вентиляторов, с учетом правильного выбора места их установки, принципиально возможно не только местное, но и проветривание карьера в целом.

7. Для проветривания рабочего места машиниста экскаватора лучшие результаты получены при направлении вентиляционной струи на кабину экскаватора. При этом в зимнее время кабину необходимо изолировать от прямого воздействия струи, чтобы устранить в ней резкое снижение температуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мельников Н. В. и Чесноков М. М. Техника безопасности на открытых горных работах. Углетехиздат, 1959.

2. Гершун О. С. К вопросу о проветривании глубоких карьеров. Изв. Днепропетр. горного ин-та им. Артема, 1958, т. 31.

3. Батурин В. В. Основы промышленной вентиляции. Профиздат, 1956.

4. Абрамович Г. Н. Турбулентные свободные струи жидкостей и газов. Госэнергоиздат, 1948.

5. Бахарев В. А. О движении жидкости в изотермических турбулентных струях. Сб. «Вопросы промышленной вентиляции», вып. II, ВНИИОТ ВЦСПС, Казань, 1955.

6. Бромлей М. Проектирование и эксплуатация воздушных душей. Профиздат, 1951.