Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LV, вып. 1, 1968 г.

УДК 622.411.3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ВРЕДНОСТЕЙ В ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТКАХ ПРИ РАБОТЕ АВТОТРАНСПОРТА

К. Штрасбургер

В настоящее время реконструируются многие калийные рудники ГДР с целью повышения производительности труда и снижения себестоимости добытой калийной соли. При этом малопроизводительная и трудоемкая бесконечная откатка заменяется часто конвейерной доставкой и автомобильным транспортом. Иногда специальные автосамосвалы грузоподъемностью 20 *т* с мощностью двигателя 150 *л. с.* входят прямо в добычные камеры, загружаются погрузочными машинами. Это устраняет скреперную доставку калийной соли из камер. Автотранспорт широко используют и для доставки людей и материалов.

Подвижность и маневренность оборудования с двигателями внутреннего сгорания (ДВС) повышает экономические показатели рудника, но требует специальных мероприятий по созданию безопасных условий труда. Как известно, выхлопные газы ДВС содержат большое количество вредных веществ. К настоящему времени найдено более 50 вредных или ядовитых примесей, основными из которых являются CO, NO, NO_2, углеводороды, альдегиды и сажа. Оценивая участие различных вредных компонентов в общей токсичности выхлопных газов, И. Л. Варшавский * приводит следующие данные по двигателям, %:

	Дизельные	Карбюраторные
CO	8	95
Сажа	65	—
N_2O_5	26	4,3
Альдегиды	0,1	0,08
Углеводороды	0,9	0,6

Однако Э. Хюниген **, например, считает, что при правильной эксплуатации и регулировке дизельных двигателей, концентрацию сажи в выхлопных газах можно значительно снизить.

Для уменьшения концентрации вредных компонентов в выхлопных газах автомашин в подземных условиях в настоящее время применяют различные способы очистки: нейтрализаторы каталитического дожигания, жидкостные и комбинированные нейтрализаторы, фильтры. Кроме того, используют двигатели с факельным зажиганием, осуществляют контроль за состоянием двигателей и правильной их регулировкой, загружают двигатели не на полную мощность и. т. д.

Однако в большинстве случаев для снижения концентрации до санитарных норм выхлопные газы необходимо разбавлять деятельной вентиляционной струей. Расчет параметров проветривания при этом очень сложен, так

* Варшавский И. Л. Современное состояние вопроса обеспечения малотоксичной работы транспортных двигателей. Токсичность двигателей внутр. сгорания и пути ее снижения. Докл. участников симпозиума. Москва, 1966.

** Hüniger E. Oringlichkeit, Stand und Perspektive der Abgasbekämpfung. Fachtagung KDT Beseitigung der Schadstoffe aus Abgasen von Verbrennungs motoren. Berlin, 24. 02, 1965.

как количество токсичных веществ, выделяемых ДВС, в зависимости от режима работы двигателей колеблется в широких пределах. Чтобы правильно оценить токсичность выхлопных газов в данном режиме, удобно и целесообразно пересчитать все ядовитые компоненты на окись углерода. Соответствующие пересчетные коэффициенты нами определены по предельно допустимым концентрациям, установленным для отдельных ядовитых компонентов (табл. 1). Суммарная токсичность выхлопных газов в пересчете на CO определяется по формуле

$$\sum q_{CO} = q_{CO} + 4q_{N_2O_5} + 20q_{HCHO} + \ldots, \; мг/м^3.$$

Таблица 1

Коэффициенты пересчета окислов азота и формальдегида на окись углерода

Компонент	Предельная допустимая концентрация		Коэффициент пересчета	
	СССР	ГДР	СССР	ГДР
CO	20	55	1,0	1,0
N_2O_5	5	10	4,0	5,5
HCHO	1	5	20,0	11,0

С другой стороны, загрязнение рудничного воздуха на месте выделения выхлопных газов зависит от скорости движения воздуха, сечения выработки и скорости движения самого источника вредностей. При стационарном источнике газовыделения концентрация вредностей в рудничном воздухе зависит только от токсичности, объема выхлопных газов и количества воздуха в данном интервале времени. Но при движении источника газовыделения объем вредностей и их концентрация зависят также от относительной скорости источника вредностей к скорости движения воздуха. Очевидно, при движении источника вредностей против движения воздуха его относительная скорость $v_{отн}$ складывается из скорости источника вредностей $v_{и.в}$ и скорости движения воздуха $v_в$

$$v_{отн} + v_{и.в} + v_в, \; м/мин.$$

Когда направление движения источника вредностей и движение воздуха совпадают, то

при $v_{и.в} > v_в$

$$v_{отн} = v_{и.в} - v_в,$$

при $v_в > v_{и.в}$

$$v_{отн} = v_в - v_{и.в},$$

$$v_{и.в} = 0, \qquad v_{отн} = v_в.$$

Концентрация вредностей в рудничном воздухе от определенного источника в месте нахождения источника вредностей в данный момент времени, в пересчете на CO без учета загрязнения воздуха предыдущими автомашинами

$$K_{CO} = \frac{V \sum q_{CO}}{v_{отн} F}, \; мг/м^3, \qquad (1)$$

где V — количество выхлопных газов, выделяемое в данный момент времени, $м^3/мин$; F — сечение выработки, $м^2$.

Из формулы (1) вытекает, что при $v_{отн} = 0$ концентрация вредностей получается бесконечно большой. В самом деле, если автомашина движется по направлению воздушной струи и с той же скоростью, выделение выхлопных газов происходит в определенный, почти неизменный объем, и концентрация вредностей быстро возрастает. Минимальная относительная скорость источника вредностей должна удовлетворять выражению

$$v_{отн\,min} \geqslant \frac{V \sum q_{CO}}{K_{CO_{доп}} F}, \; м/мин, \qquad (2)$$

где $K_{CO_{доп}}$ — предельная допустимая концентрация CO в рудничном воздухе, *мг/м*³.

Допустим, выделяющиеся вредности движутся со скоростью движения воздуха. При этом, в зависимости от скорости воздушного потока и графика движения источников вредностей, возможно загрязнение одного и того же объема воздуха несколько раз и возникнет неравенство $\sum K_{CO} > K_{CO_{доп}}$, что недопустимо.

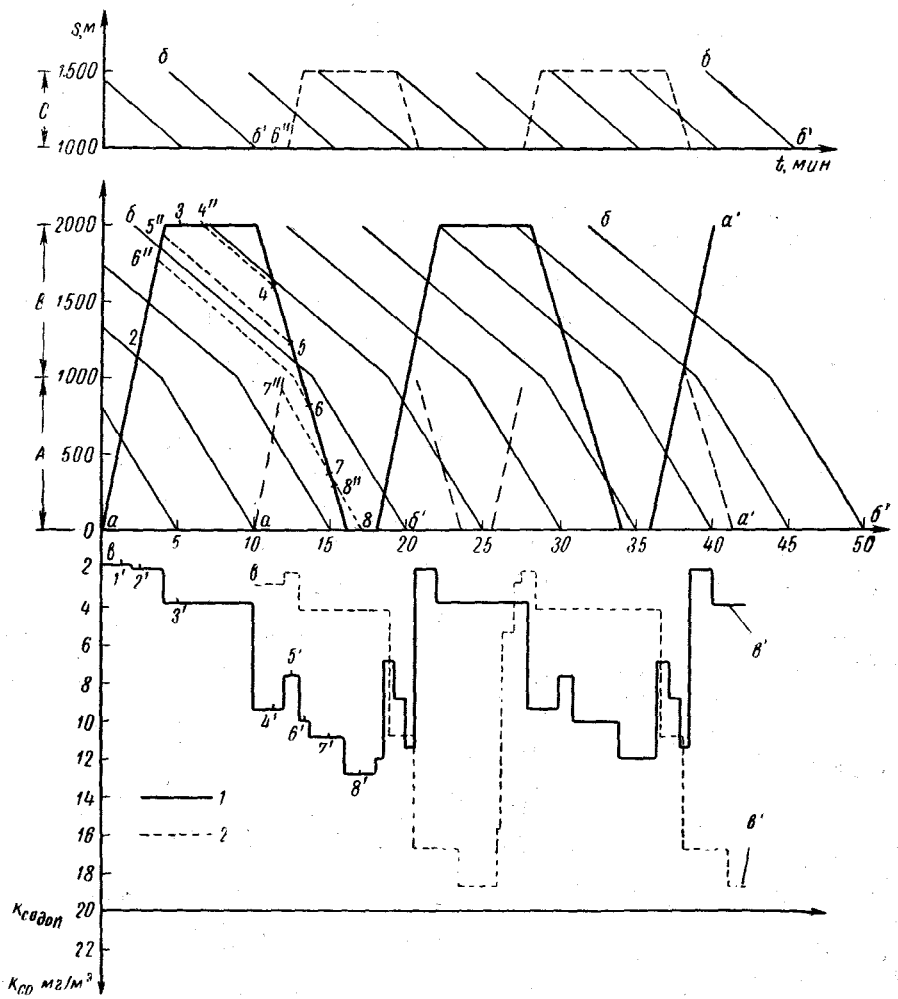


Рис. 1. Графический метод определения концентрации вредностей воздуха при мобильных источниках вредностей:

аа' — график движения автомашин *1* и *2*; *бб'* — график движения воздуха; *вв'* — график концентрации вредностей от автомашин *1* и *2*.

Концентрацию вредностей, образующихся от нескольких мобильных источников, можно рассчитать графически. Пусть известно число работающих машин, скорость их движения, объем выделяющихся выхлопных газов и содержание в них вредных компонентов, график движения машин, длина и площадь поперечного сечения выработок и дебит вентиляционных струй. Требуется определить концентрацию ядовитых газов в выработках в различные моменты времени, в зависимости от местоположения машин и направления их движения.

Для решения задачи строим в координатах пути *s* и времени *t* график движения машины *аа'* (рис. 1), на котором линиями *бб'* через равные, но

произвольно выбранные интервалы прочерчиваем путь движения вентиляционной струи. Затем строим кривую изменения концентрации вредностей $вв'$, которая определяется по формуле (1) с учетом вредностей от предыдущих машин K'_{CO} и не должна выходить за пределы $K_{CO_{доп}}$. Когда же концентрация вредностей превышает $K_{CO_{доп}}$, необходимо изменить график движения машин, увеличив подачу воздуха, в ту или иную выработку или нейтрализовав выхлопные газы.

Пример. Из погрузочных пунктов *I* и *II* (рис. 2) два автосамосвала доставляют калийную соль по выработкам $A + B$ и $A + C$ в приемный бункер скипового ствола. Под погрузкой машины находятся 6 *мин*, под разгрузкой 2 *мин*. Количество выхлопных

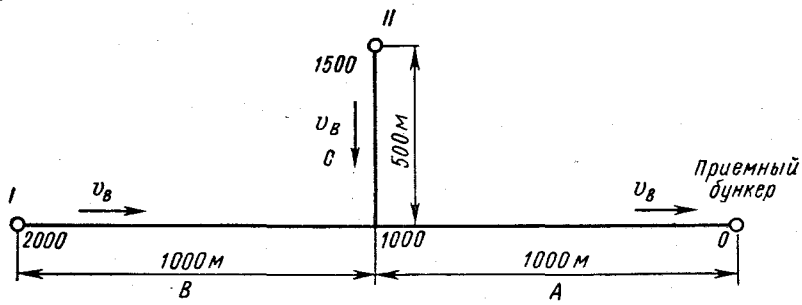


Рис. 2. Схема доставки:

Выработка	F, м²	Q, м³/мин	$v_в$ м/мин
A	12	1900	158
B	12	1000	83
C	10,5	900	86

Q — количество воздуха.

газов на всех режимах работы машин $V = 3{,}5$ м³/мин. Концентрация вредностей при трех режимах работы двигателя следующая:

	$v_{и.в}$, м/мин	q_{CO}, мг/м³	$q_{N_2O_5}$, мг/м³	$\sum q_{CO}$, мг/м³
Холостой ход . .	0	334	185	1074
Движение:				
с грузом . . .	333	286	1130	4806
без груза . .	500	183	940	3943

Определить соответствие концентрации ядовитых газов в выработках санитарным нормам.

Решение. Строим систему координат (рис. 1). На положительном отрезке оси абсцисс откладываем время t, на положительном отрезке оси ординат — путь s, на отрицательном — суммарную концентрацию вредностей $\sum K_{CO}$.

Принимая за начало расчета момент отхода машины *1* от приемного бункера, зная $v_{и.в}$ и величину пауз, строим график движения машины (сплошная линия). В начальный момент машина *2* (пунктирная линия) находится с выключенным двигателем у приемного бункера, откуда согласно графику движения она отходит через 10 *мин* в погрузочный пункт *II*. При построении графика движения автомашины *2* (для выработки *C*) используем другую ось ординат (рис. 1). В тех же координатных осях s и t вычерчиваем через интервалы, равные 5 *мин*, линии движения вентиляционных струй в выработках *A*, *B* и *C*. Линии имеют разный наклон, вследствие разных скоростей $v_в$. Так как вентиляционная струя неразрывна, таких линий следовало бы провести бесчисленное множество, но в этом нет необходимости. Затем для каждой автомашины строим график изменения суммарной концентрации вредностей $\sum K_{CO}$ с учетом выделяемых вредностей данной автомашиной и загазованности воздуха предыдущей машиной. Чтобы определить концентрацию вредностей, полученную объемом воздуха ранее, из точки, определяющей в некоторый момент времени местоположение машины *1* (например точка *4*), движемся по графику движения воздуха навстречу струе до первого пересечения с графиком движения любого источника (точка *4''*). Проведя от этой точки вертикальную линию до пересечения с графиком концентраций, находим искомую ординату концентрации 3,8 мг/м³ и заносим в графу K'_{CO} табл.2. Если местоположение источника вредностей определено на графике в выработке *A*, а точка пересечения линии движения воздуха с линией движения автомашины получается в выработках *B* и *C*, то найденные концентрации необходимо умножить на отношения $\frac{Q_B}{Q_A}$ и $\frac{Q_C}{Q_A}$.

Таблица 2

Подсчет концентраций вредностей

Точки движения автомашины на графике	K_{CO}, *мг/м³* по формуле (1)	K'_{CO}		$\sum K_{CO}$	
		мг/м³	Соответствующая точка движения автомашины на графике	*мг/м³*	Соответствующая точка вредностей на графике
1	$\frac{3{,}5 \cdot 3943}{12\,(500+158)} = 1{,}8$	0	—	1,8	1′
2	$\frac{3{,}5 \cdot 3943}{12\,(500+83)} = 2{,}0$	0	—	2,0	2′
3	$\frac{3{,}5 \cdot 1074}{12 \cdot 83} = 3{,}8$	0	—	3,8	3′
4	$\frac{3{,}5 \cdot 4806}{12\,(333-83)} = 5{,}6$	3,8	4″	9,4	4′
5	$\frac{3{,}5 \cdot 4806}{12\,(333-83)} = 5{,}6$	2,0	5″	7,6	5′
6	$\frac{3{,}5 \cdot 4806}{12\,(333-158)} = 8{,}0$	$2{,}0 \cdot 0{,}53^* \approx 1$ $2{,}2 \cdot 0{,}47^* \approx 1$	6″ 6″	10,0	6′
7	$\frac{3{,}5 \cdot 4806}{12\,(333-158)} = 8{,}0$	2,8	7″	10,8	7′
8	$\frac{3{,}5 \cdot 1074}{12 \cdot 158} = 2{,}0$	10,8	8″	12,8	8′

и так далее

* Найденные концентрации вредностей в выработках *B* и *C* умножены на отношение $\frac{Q_B}{Q_A}$ и $\frac{Q_C}{Q_A}$.

Построенный график концентраций свидетельствует о том, что в любой момент времени на всем протяжении выработок концентрация ядовитых газов в пересчете на CO не превышает установленной санитарной нормы 20 *мг/м³*.