

НОВЫЙ ФИЛЬТР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ПЫЛИ В ВОЗДУХЕ

Н. М. ТОМСОН,

действительный член Академии Наук Эстонской ССР

Воздух городов загрязняется летучими продуктами сгорания топлива — дымом, сажей, золой и т. д. и разными газообразными и пылевидными отходами производственных процессов, которые в значительной мере ухудшают климатические условия в городах. Нарушение естественного растительного покрова почвы в городах и замена его асфальтом, камнем и железом также изменяет в неблагоприятную сторону климатические факторы и радиационный режим в городах. Облака дыма, постоянно висящие над городом на высоте от 0,5 до 2,0 км, в зависимости от состояния погоды, затемняют солнечный свет и задерживают ультрафиолетовые лучи солнца, которые являются необходимым и важным биологическим фактором внешней среды для всего живого.

Пыль и газы, загрязняющие воздух, попадают вместе с воздухом при дыхании в легкие, проникают, в некоторой части, во внутреннюю среду организма и своими физическими и химическими свойствами влияют на биохимические процессы в организме. Эффект действия их на организм воочию не всегда может быть замечен из-за ничтожно малых концентраций их в воздухе, но в течение годов и десятилетий они могут привести к понижению сопротивляемости организма и центральной нервной системы вредным внешним влияниям, к появлению хронических заболеваний дыхательных путей и других органов.

Наибольший вред здоровью наносят загрязнения воздуха не непосредственно, а косвенно, рефлекторным путем. Последний путь может привести к понижению функции любого органа и ткани на основе изменения обмена веществ, что также понижает сопротивляемость организма вредным внешним влияниям, инфекциям и другим болезнетворным факторам и делает, таким образом, жизнь менее совершенной, трудоспособность более низкой, болезненные состояния более частыми и длительными и жизнь менее продолжительной.

В социалистических городах неблагоприятные внешние факторы устраняются при планировке и строительстве населенных мест путем правильного выбора места для размещения промышленных районов по отношению к жилым районам, путем усовершенствования технологических процессов производства с целью устранения и уменьшения образования и выделения вредных веществ, путем установки фильтров и уловителей для предохранения выброса в атмосферу вредных примесей и путем введения бездымного способа сжигания топлива, электрификации,

газификации и теплофикации городов, с расположением источников выработки энергии и сжиганием топлива по возможности вдали от городов.

Забота о состоянии атмосферного воздуха в городах имеет важное социальное значение, так как в городах живет значительная часть населения страны и притом наиболее квалифицированная часть, занятая в производстве, работающая в области науки и политики, которая попадает, таким образом, в менее благоприятные условия, чем трудящиеся, занятые в сельском хозяйстве. Для осуществления контроля и достижения нормального состояния воздуха комиссией Всесоюзной государственной санитарной инспекции выработаны временные нормы предельно допустимых концентраций пыли в атмосферном воздухе в городах — $0,5 \text{ мг/м}^3$ в разовой пробе и $0,15 \text{ мг/м}^3$ в среднесуточной пробе, а сажи — соответственно $0,15 \text{ мг/м}^3$ и $0,05 \text{ мг/м}^3$.

Однако удовлетворительного метода определения запыленности воздуха в весовой концентрации на единицу объема воздуха (1 м^3) не существует. Применяемый некоторыми авторами способ фильтрации пыли через вату, вставленную в стеклянную трубку, является методом абсолютно неприемлемым вследствие того, что собственная ошибка метода обычно превышает концентрации пыли, находимые в атмосферном воздухе.

Для взвешивания отфильтрованной из воздуха пыли необходимо предварительно довести вату до постоянного веса нагреванием в сушильном шкафу при 105° в течение 6—24 часов. При сушке ваты уже при 60° происходят необратимые физико-химические изменения волокна ваты, делающие его более ломким, благодаря чему при аспирации воздуха через вату для фильтрации пыли происходит улетучивание мелких частиц ваты, и поэтому после проведенной аспирации может наблюдаться не только отсутствие привеса, но и уменьшение первоначального веса ваты, что при незначительной запыленности атмосферного воздуха (в пределах нескольких десятых долей миллиграмма на куб. м воздуха) приводит к абсурдному результату. Кроме того, через вату свободно проходят дым и соответствующие размеру частиц дыма пылинки минерального происхождения. Точность взвешивания на аналитических весах равняется $0,2$ — $0,3 \text{ мг}$, являясь совершенно недостаточной, ибо концентрация пыли в атмосферном воздухе редко превышает десятые доли миллиграмма на куб. м. Фильтр из ваты вполне пригоден при значительной запыленности воздуха, достигающей до десятков и сотен миллиграммов, что наблюдается только при некоторых производственных процессах. В этих случаях ошибка за счет вылетевших частиц ваты в количестве нескольких десятых долей миллиграмма не играет существенной роли.

Взамен ватного фильтра для определения содержания пыли в атмосферном воздухе предлагается новый фильтр, принцип действия которого основан на аэродинамических законах. Фильтр (рис. 1) представляет собой стеклянный шарик диаметром в 50 мм с входной и выходной трубками диаметром в 7 мм . Входная трубка расположена по касательной к поверхности шара таким образом, чтобы поток воздуха из трубки плавно, без изгибов и поворотов, протекал бы на внутреннюю сферическую поверхность шарика. Так как по аэродинамическим законам сопротивление трения между потоком воздуха и твердой поверхностью стекла меньше, чем трение потока воздуха о неподвижный окружающий воздух, то поток воздуха прильнет к поверхности стекла и даст внутри стеклянного шарика две вихреобразные дорожки, отчетливо видимые при эксперименте. При проникновении потока воздуха из узкой трубки (7 мм)

в широкий шарик (50 мм) происходит внезапное уменьшение скорости, и дальше, при образовании вихревой дорожки, в центре ее получается еще большее замедление скорости движения, благодаря чему пыль из потока воздуха выпадает. Отверстие трубки для выхода обеспыленного воздуха

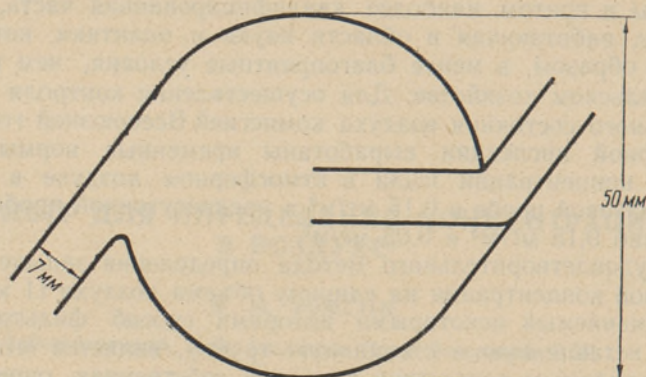


Рис. 1.

расположено в центре шарика, где скорость движения воздуха наименьшая, и поэтому из шарика уходит воздух, почти совершенно не содержащий пыли. Смазывать внутреннюю поверхность шарика какими-либо липкими жидкостями не требуется. Сушить шарики до опыта и доводить до постоянного веса также не требуется, так как наблюдаемое изменение веса ничтожно (в пределах сотых долей миллиграмма).

Скорость аспирации применялась в пределах 5—15 литров в минуту. Испытывались шарики с входными трубками в 3,5, 5,0 и 7,0 мм. Как видно из таблицы 1, сопротивление, измеренное в миллиметрах водяного столба, при сужении трубки возрастает настолько, что при более узкой трубке делает почти невозможной аспирацию воздуха.

Количество уловленной в шарике пыли равнялось в среднем 96%. При двух шариках, включенных последовательно, задержка пыли несколько повышается и доходит до 98%. Следовательно, нет никакой надобности пользоваться двумя шариками, включенными последовательно, так как второй шарик улавливает весьма незначительное количество пыли, а сопротивление и время аспирации растут значительно.

Таблица 1

Диаметр входной трубки в мм	Сопротивление в мм водяного столба при скорости аспирации в литрах в минуту			
	л/мин.			
	15	10	8	5
	мм вод. ст.			
3,5	—	65	44	23
5,0	—	40	29	14
7,0	16	9	—	4
То же при двух шариках, включенных последовательно				
3,5	—	98	72	40
5,0	—	84	59	27
7,0	28	15	—	7

Уловленная в шариках пыль имеет следующую дисперсность: менее 0,001 мм — 38%, от 0,001 до 0,002 мм — 34%, от 0,002 до 0,005 мм — 14% от 0,005 до 0,01 мм — 6% и более 0,01 мм — 8%. В легкие при дыхании проникают пылинки размером не более 0,005 мм, следовательно 86% задерживаемой в шариках пыли способно проникать в легкие.

Для аспирации воздуха через шариковые фильтры использовались аккумуляторный аспиратор¹, вакуум-насос, бытовой пылесос, металлический водоструйный насос, газо- и пароструйные эжекторы. Водоструйный насос необходимо включать в водопроводную сеть в подвале, где давление воды доходит до трех атмосфер (чем выше этаж, тем больше падает давление).

Для газоструйного эжектора была использована энергия испарения жидкой углекислоты из маленького стального баллона емкостью в один литр, общим весом около 4,5 кг. Для равномерного регулирования выхода углекислоты применялся редуктор или же кран Гофера. В газоструйном эжекторе отверстие для выхода углекислоты имело диаметр 0,4 мм, а конический раструб в ближнем конце — 4 мм, в дальнем конце — 15 мм. На просасывание одного литра воздуха расходовался один грамм жидкой углекислоты. Таким образом, одного килограмма жидкой углекислоты, помещающегося в нашем баллоне, хватало для просасывания 1000 литров воздуха. Малый баллон с жидкой углекислотой может служить переносным аспиратором для отбора не более одной пробы пыли. Такой баллон более удобен для отбора проб воздуха на загрязняющие его газы, так как в этом случае для одной пробы требуется всего несколько десятков литров, и поэтому емкости баллона хватает на несколько десятков проб. Большие же баллоны, емкостью в 20 литров, слишком тяжелые и для переноски неудобные, могут применяться для круглосуточной аспирации.

Для пароструйного эжектора был использован паровой котел емкостью в один литр, оборудованный манометром, водомерным стеклом и предохранителем. Нагревание котла производилось обычной керосинкой. Давление пара достигало полутора атмосфер при 125°. Пароструйный эжектор может быть полезным при отсутствии электроэнергии.

Работа выполнена в Ленинградском научно-исследовательском санитарно-гигиеническом институте при участии научного сотрудника В. В. Пресновой.

¹ Н. М. Томсон и Е. К. Угрюмова-Сапожникова, К методам исследования загрязнения атмосферного воздуха, «Гигиена и санитария», № 6, 1947.