Государственный комитет СССР

по гидрометеорологии и контролю природной среды

ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ

ГЛАВНАЯ ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ ИМ. А.И.ВОЕЙКОВА

УТВЕРЖДАЮ

Зам.директора Главной геофизической обсерватории им.А.И.Воейкова

С.И.Зачек

"6" 04 1983 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ ГАЗОВЫХ ПОТОКОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И РАСЧЕТА ВЫБРОСОВ ИЗ СТАЦИОНАРНЫХ ИСТОЧНИКОВ РАЗНОГО ТИПА

Ленинград

1987

gost.e-ecolog.ru

Государственный комитет СССР

по гидрометеорологии и контролю природной среды

ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ

ГЛАВНАЯ ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ ИМ. А.И. ВОЕЙКОВА

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова

С.И. Зачек

"6" 04 1983 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ ГАЗОВЫХ ПОТОКОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И РАСЧЕТА ВЫБРОСОВ ИЗ СТАЦИОНАРНЫХ ИСТОЧНИКОВ РАЗНОГО ТИПА

Ленинград
1987

Настоящие методические указания разработаны во исполнение этапа 03.06 "Разработать и представить на утверждение в Госкомгидромет методики определения параметров газовых потоков для источников разного типа" научно-технической программы ГКНТ 0.85.04 "Создать и внедрить эффективные методы и средства контроля загрязнения окружающей среды" и являются основой для выполнения в 1983 году работ по этапу 03.07.02.Н2-Н4: "Разработать методические указания по расчету валовых выбросов вредных веществ в отраслях народного хозяйства". Они включают методы определения основных параметров газовых потоков для различных типов источников и указания для применения приборов, наиболее часто используемых в практике измерений.

Методические указания предназначены для территориальных управлений Госкомгидромета и служб промышленных предприятий, организаций различных министерств и ведомств, осуществляющих контроль за выбросами вредных веществ в атмосферу.

Методические указания составлены Главной геофизической обсерваторией им. А.И.Воейкова.

Методические указания подготовили: доктор физико-математических наук профессор М.Е.Берлянд (научный руководитель), кандидат географических наук П.С.Буренин, кандидат физико-математических наук Н.И.Орлов (ответственные исполнители), кандидат физико-математических наук Н.Н.Александров, кандидат технических наук Н.Ш.Вольберг, кандидат географических наук Б.Б.Горошко, кандидат технических наук А.И.Третьяк.

Методические указания утверждены заместителем директора Главной геофизической обсерватории им.А.И.Воейкова Зачеком О.И. 6 апреля 1983 года.

Настоящие Методические указания составлены при участии организаций-соисполнителей программы ГКНТ и на основании представленных ими следующих отчетов и методических материалов:

Этап 03.06.Д1д. Источники неорганизованных выбросов. Этап 03.07.02.Н1к.Соединения фтора. Кандидат технических наук Ведерников Г.Ф., Кандидат технических наук Смоля В.И., кандидат технических наук Буркат В.С., Голубева Л.Г. - ВАМИ, 1982 г. Номер регистрации 01820.9038032.

Методика определения параметров газовых потоков и расчета выбросов пыли из стационарных источников разного типа предприятий Министерства заготовок СССР. Кандидат технических наук Володин Н.П., Овчаров А.А., Разворотнев А.С., Зайцев А.К., кандидат технических наук Дмитрук Е.А., Бокс Л.И., ВНИИЗ и ВНИИСП, Москва, 1982.

Номер госрегистрации 01821019518.

Отчет о НИР "Разработка инструментально-аналитических и балансовых методов определения параметров технологических выбросов и выбросов от сжигания топлив, технологических газов и производственных отходов. Разработка методических указаний по контролю вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу при взрывных работах в угольных разрезах". Путилов В.Г., Наумов В.Д., НИИОСуголь, Пермь.

Номер регистрации 01820079077.

Методические указания по испытаниям золоулавливающих установок тепловых электростанций". Лозинский Р.П., Доманский С.Г., Березович Н.И., Шелингер М.Э., СПО "Союзтехэнерго", Москва, 1982.

Отчет о НИР "Разработка методических указаний по определению и расчету вредных выбросов из отдельных источников предприятий нефтепереработки и нефтехимии для контроля норм ПДВ (ВСВ) (заключительный)". Татарников О.Л., Рувинский Л.Я., кандидат технических наук Моряков В.С., кандидат технических наук Хазиахметов Ф.Г., кандидат технических наук Диарова Н.А., КФАИУС, Казань, 1982.

Номер регистрации 01823012604.

Отчет о НИР "Методические указания по определению и расчету выбросов вредных веществ из градирен ", кандидат химических наук Кондратьев П.И. и др., Воронежский технологический институт, 1982.

Номер госрегистрации 01822044294.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Введение 6
I. Методы измерения температуры газовых потоков 6
I.I. Средства измерения температуры и погрешности ее измерения 6
I.2. Измерения в газоходах 9
I.3. Измерения в аэрационных и вентиляционных источниках 10
I.4. Измерения в зонах неорганизованных выбросов 11
I.5. Измерения возле градирен 12
2. Методы измерения давления 13
2.I. Измерения в зонах неорганизованных выбросов, в вентиляционных проемах и возле градирен 13
2.2. Измерения малых разностей давления в газоходах 14
3. Методы измерения влажности 15
3.I. Измерения возле градирен 15
3.2. Измерения в зонах неорганизованных выбросов, в аэрационных фонарях 17
3.3. Измерения в газоходах и вентиляционных источниках . 19
4. Методы измерения скорости газовых потоков 20
4.I. Измерения в газоходах, аэрационных и вентиляционных источниках 20
4.2. Измерения в зонах неорганизованных выбросов, возле градирен 31
Литература 33

ВВЕДЕНИЕ

Для определения и расчета промышленных выбросов в атмосферу необходимо знать такие параметры, как температура, давление, скорость и влажность газовых потоков. Ниже даются основные их определения с учетом используемых в настоящее время технических средств.

Источники выбросов могут быть по специфике измерения параметров разделены на следующие типы:

1) дымовые и вентиляционные трубы, газоходы и источники, близкие к ним по методам измерений;

2) вентиляционные шахты;

3) аэрационные фонари;

4) источники неорганизованных выбросов. Примерами являются склады пылящих материалов, участки погрузочно-разгрузочных работ, объекты взрывных работ и т.п.;

5) градирни. Тип источников, выбрасывающих пар и гидроаэрозоль. Возможна трансформация горячих капель-носителей в сухой аэрозоль.

I. Методы измерения температуры газовых потоков

В подавляющем большинстве случаев температуры газов, в которых надлежит проводить измерения, не превышают +350°С. Это позволяет вести измерения контактными методами, вводя в среду измерительный зонд, и принимая его температуру равной температуре движущейся газопылевой среды.

I.I. Средства измерения температуры и погрешности ее измерения

В источниках с температурами газа до +50°С могут применяться ртутные метеорологические коленчатые термометры ТМ-5 с верхним пределом измерения +50°С, ценой деления 0,5°С. Термометры изготавливаются Клинским термометровым заводом по ГОСТ 112-78.

При температуре газа ниже +350°С используются термометры ртутные ТЛ-2 с верхним пределом +350°С, имеющие длину 360 мм и изготавливаемые Клинским заводом по ГОСТ 215-73, а также термометры сопротивления градуировок 21, 22 ординарной модификации типа ТСП-6097 с пределами измерения от -50°С до +250°С с длиной

монтажной части 500 мм, модификации 5Ц2.821.140-18; 5Ц2.821.140 -09; 5Ц2.821.140-27; 5Ц2.821.140-34, изготавливаемые по ТУ 25.02.703-73 Луцким приборостроительным заводомим. 60-летия СССР.

В газоходах и источниках иных типов с температурой газа выше +350°С применяются термометры ртутные ТЛ-3 с верхним пределом +500°С, погружаемые до отметки измеряемой температуры, имеющие длину 450 мм,(изготавливаются Клинским термометровым заводом в соответствии с ГОСТ 215-73), а также термометры сопротивления градуировск 21, 22 ординарной модификации типов:

ТСП-5071 с пределами измерения от -200°С до +750°С с длиной монтажной части 160 мм модификации 5Ц2.821.320 с инерционностью 20 с, выдерживающие скорость потока до 25 м/с, изготавливаемые Луцким приборостроительным заводом по ТУ 25.02.716-73;

ТСП-175 с пределами измерения от -50°С до +500°С с длиной монтажной части 120 мм, исполнения II, выдерживающие скорость потока до 28 м/с, изготавливаемые заводом "Львовприбор" по ТОГ 2.821.204;

термометры термоэлектрические хромель-алюмелевые типов ТХА-0515 с пределами измерения от -50°С до +900°С модификаций 5Ц2.821.710 и 5Ц2.821.720 с погружаемой частью длиной 160 мм, выдерживающие скорость потока до 25 м/с, изготавливаемые Луцким приборостроительным заводом, а также термометры ТХА-1368 с пределами измерения от 0 до +800°С модификации 5Ц2.821.651.05 с длиной погружаемой части 100 мм, выдерживающие скорость потока до 180 м/с, изготавливаемые по ТУ 25.02.452-73 Луцким приборостроительным заводом.

В газоходах больших диаметров (дымовые трубы и т.п.) с температурами газа до +600°С помимо уже рекомендованных выше средств измерения, целесообразно применять (для измерения температурных полей) устанавливаемый на заранее смонтированном кронштейне многозонный термоэлектрический термометр ТХА-581М с пределами измерений от 0 до +600°С. Двенадцатизонная модификация этого термометра имеет точки измерения температуры на расстояниях от места закрепления (от места ввода термометра в газоход) 1250, 2500, 3550, 4550, 5000, 7100, 8000, 9000, 10000, 11200, 12500, 14000 мм. Трехзонная модификация имеет точки на расстояниях 14000, 16000, 18000 мм. Термометр изготавливается по ТУ 25.02.948-71 Луцким приборостроительным заводом.

В качестве вторичных приборов для термометров сопротивления

рекомендуется применять миниатюрные автоматические показывающие мости КСМ1 по ГОСТ 6651-78, имеющие градуировку, соответствующую градуировке термометра сопротивления (град. № 21 для сопротивления термометра 46 ом и град. № 22 для сопротивления термометра 100 ом).

Для термометров сопротивления может быть также применен малогабаритный логометр Л-64 с градуировками 21 или 22, имеющий пределы измерения от -200°С до +500°С при классе точности 1,5.

Для термоэлектрических термометров применяется миниатюрный автоматический показывающий потенциометр КПП1 с градуировкой ХА по ГОСТ 6616-74 и ГОСТ 3044-77.

Для термоэлектрических термометров могут также применяться малогабаритные милливольтметры ММ-66 или М-64 с градуировкой ХА с пределами измерения от 0 до +900°С класса точности 1,5.

Применяемые средства измерения должны быть аттестованы или поверены в установленном порядке.

Можно условно принимать допустимой ошибку измерений температуры с целью последующих расчетов запыленности для жидких термометров $\pm 2^{\circ}$С, для термометров сопротивления $\pm 5^{\circ}$С, для термоэлектрических термометров $\pm 8^{\circ}$С.

Температура газового потока нестабильна, существуют поля температур, меняющиеся во времени и пространстве, разброс значений достигает нескольких градусов. Помимо этого фактора, присущего самому потоку, существует зависимость показаний от места расположения средства измерения, от состояния его поверхности, содержания пыли в газе, скорости потока и т.д. Поэтому можно считать допустимой погрешность $\pm 2\%$ от измеренной величины температуры.

При измерениях аттестованным жидкостным термометром следует учесть, что инерция жидкостного термометра при помещении его в движущийся газ велика, и нужно выждать до 3 и более минут до отсчета показаний. Время выдержки определяется по формуле:

$$\tau = \mathcal{E} \ln \frac{t - t_0}{\Delta t}, \text{ с} \qquad (1)$$

где τ - время выдержки, с;

$\mathcal{E}$ - константа отставания для движущегося газа, $\mathcal{E} = 50$;

t - температура газа (оценочно);

t_0 - показания термометра до начала измерений;

Δt - заданная точность измерений.

Для условий $\mathcal{E} = 50$, $t = 200^{\circ}C$, $t_0 = 20^{\circ}C$, $\Delta t = 1^{\circ}C$ расчет дает

$$\tau = \frac{50 \ln 180}{1} = 260 \text{ с} \qquad (2)$$

Погрешность измерений с помощью термометров сопротивления определяется главным образом погрешностью вторичного прибора. Погрешность самих термометров сопротивления определяется стабильностью свойств их материалов. При температурах $+300^{\circ}C$ разброс в свойствах вызывает разброс значений температуры $\pm(0,1+0,2)^{\circ}C$, если не предпринимаются специальные меры по стабилизации материала. Постоянная времени этих термометров невелика и составляет около 20 с. Погрешность, возникающая от вторичного прибора, значительно больше и для $+300^{\circ}C$ составляет $\pm 4,5^{\circ}C$ для прибора класса I.5.

Для термоэлектрических термометров погрешность определяется свойствами термопары и вторичного прибора. Если для термопары применяются хромель и алюмель, то предельный разброс ТЭДС для температуры $+300^{\circ}C$ составит по ГОСТ 3044-77 $\pm 3,86^{\circ}C$ и погрешность вторичного прибора класса I.5 составит около $\pm 4,5^{\circ}C$. Соответственно, полная погрешность составит $\pm 8,36^{\circ}C$. Таким образом, полная погрешность термометров сопротивления и термоэлектрических термометров соизмерима с погрешностью, возникающей от флуктуаций газового потока. При выполнении технических измерений не имеет смысла принятие специальных мер, снижающих собственную погрешность.

I.2. Измерения в газоходах

Температура в газоходах измеряется, по возможности, ближе к их оси. Длительность измерения должна превышать постоянную времени средства измерения. Измерение температуры производят одновременно с измерениями скорости и влажности при определениях запыленности, чтобы иметь сопоставимую картину состояния газопылевого потока. Средства измерения не должны перемещаться и вибрировать. Должно быть обеспечено постоянство напряжения питания вторичных приборов и постоянство нуля (заземления).

Место измерения температуры выбирается в непосредственной близости от места, где измеряются другие параметры газового потока, не далее одного радиуса газохода от штуцера ввода пневмометрических трубок, с помощью которых измеряют скорость потока

в случае закрытых газоходов. Для измерений оборудуется специальный ввод для средства измерения, диаметр которого зависит от габаритов вводимого в газоход средства измерения. Возле места ввода обеспечивается стационарное или переносное освещение, достаточное для того, чтобы произвести уверенный отсчет по шкале. Применяемые средства измерения приведены в п.I.2.I.

Если измерение производится с помощью термометра сопротивления или термоэлектрического термометра, следует обязательно, в соответствии с инструкцией по эксплуатации вторичного прибора (потенциометра, милливольтметра, логометра), проверить его готовность к работе,в том числе установку нуля. После этого открывают заглушку на газоходе и вводят в него средство измерения температуры. После выдержки в течение 2-3 минут производят измерение. При этом термометры вводят в газоход до той отметки на шкале, на которой остановился столбик ртути. Термометры сопротивления и термоэлектрические термометры рекомендуется вводить на длину, указанную в их описании (см. п.I.2.I). После окончания измерений средства измерения извлекают и очищают от загрязнений. Так как чаще всего радиус газохода (I/2 характерного размера его сечения) оказывается больше, чем допустимая глубина погружения средства измерения в газоход, и есть необходимость вводить его на большую, чем паспортная, глубину, следует произвести дополнительные проверки соответствия показаний прибора паспортным применительно к конкретному типу средств измерения. Измерения температуры в каждой точке следует производить трижды, записывая данные в рабочий журнал и вычисляя среднее значение. Если измерения ведут многозонным термометром ТХА-53IМ, зоны последовательно подсоединяют ко вторичному прибору, полученные данные записывают в рабочий журнал и после того, как трижды пройдены все зоны, термометр извлекают из газохода. Все операции производят в точно намеченное время, а намечают время минимальное, так как оседающие на термометры слои пыли искажают показания.

I.3. Измерения в аэрационных и вентиляционных источниках

Измерения температуры в аэрационных фонарях производятся в центрах тарировочных участков, выбранных для измерения скоростей.

газопылевого потока (см.раздел 4) на срединной линии на равных расстояниях от верхнего и нижнего краев проема фонаря в точках, отстоящих друг от друга не более чем на 10 м.

Как правило, скорости потоков в вентиляционных проемах не очень велики, особенно, в аэрационных фонарях, а действующие отверстия проемов значительны. При этом возникает возможность резкого искажения топографии потоков, а следовательно, и температур, если средство измерения имеет размеры, соизмеримые с величиной проема. Рекомендуется закреплять средства измерения на шесте, мало возмущающем поток, и, по возможности, пользоваться дистанционной передачей данных.

Измерения температуры в единичных вентиляционных проемах, например в устьях вентиляционных шахт, не отличаются по технике выполнения от измерений в газоходах.

Измерения непосредственно возле крышных вентиляторов и, в особенности, возле дефлекторов и шахт с колпаками часто оказываются неправильными. Поэтому допускается производить измерения в вентиляционных ходах перед ними, как это описано в предыдущем разделе.

I.4. Измерения в зонах неорганизованных выбросов

Измерения по технике не отличаются от обычных метеорологических измерений температуры воздуха. Для каждого типа источника неорганизованных выбросов имеется определенная методика расчета выбросов, согласно которой определяются места измерений температуры.

Измерения температуры воздуха на складах пылящих материалов производят в точке пересечения продольной оси факела выброса пыли по направлению ветра с линией границы склада на высоте 1 м над уровнем земли. В диапазоне температур от -30 до +40°С допустимая погрешность измерений составляет $\pm 0{,}5$°С. Средствами измерения являются термометры лабораторные типа БІ, ТЛ-2 № I по ГОСТ 215-73.

Измерения температуры при выемочно-погрузочных работах в экскаваторном забое производят в тех же точках, где измеряется скорость воздушного потока (см. п.I.5.2). Рекомендуемое средство измерения - термометр со шкалой ± 50°С типа ТПГ-160Ис по ТУ 25-02-102054-77. В диапазоне температур ± 50°С допустимая точ-

ность измерений $\pm 0,1^{\circ}C$.

В ряде случаев источники неорганизованных выбросов генерируют кратковременно существующее пылегазовое облако с диффузионными границами. Такими источниками являются, например, массовые взрывы. Температура среды в таком облаке измеряется, как правило, максимальными жидкостными термометрами. Измерения производят как на высотах в один-два метра над поверхностью, так и вблизи верхней границы облака. В последнем случае зонды с термометрами подвешивают к вертолету. Непосредственно после взрыва вертолет вводит подвешенный на тросе зонд в облако. Длина и конструкция подвеса определяются заранее в специальных опытах из условия наименьшего воздействия потоков от ротора и вибраций на показания термометра. Если в таких случаях измерения производят с помощью дистанционных средств, то должна быть обеспечена защита от электронаводок.

I.5. Измерения возле градирен

Унос воды из башенной градирни производительностью 28 тыс. $м^3$/час составляет около 300 $м^3$/час, причем уносимая вода имеет температуру выше, чем температура окружающего воздуха. Измерения требуют предосторожностей от оседания капельного слоя на оредство измерения, защиты средства измерения теплопроводным экраном /5/.

Измерения температуры возле градирен производят по ГОСТ I36-68. В вентиляционных градирнях температура измеряется вблизи основания, а температура на выходе из устьев может быть рассчитана. Измерения ведут отдельно для испытаний в теплый и в холодный периоды года. Усредняя результаты, находят необходимые для последующих расчетов средние величины температуры как для указанных периодов, так и для всего года.

Для вентиляторных градирен среднегодовая температура воздуха на выходе из устьев может быть рассчитана по формуле:

$$t = \frac{273 \cdot \Delta Q + 847 \cdot V^{г} \cdot \bar{t}_{а}}{847 \cdot V^{г} - \Delta Q}, \ ^{\circ}C \qquad (3)$$

$$\Delta Q = 1000 \cdot \bar{V}^{ов} \left(\bar{t}_{г}^{ов} - \bar{t}_{х}^{ов} \right); \qquad (4)$$

где ΔQ – количество тепла, отданное оборотной водой воздуху, ккал/с;

$\bar{V}^{ов}$ – средний за год расход оборотной воды, $м^3$/с;

$\bar{t}_г^{ов}$ и $\bar{t}_х^{ов}$ – средние за год температуры горячей и охлажденной оборотной воды, °С;

$\bar{t}_а$ – средняя за год температура атмосферного воздуха, °С;

$v^г$ – объем потока на выходе из диффузора, $м^3/с$.

Для башенных градирен среднегодовая температура воздуха на выходе из устьев диффузоров принимается равной средней за год температуре охлажденной воды.

Если температуру над факелом разбрызгивания определяют путем измерений, то, подобно измерениям в газоходах, измерительное сечение, в данном случае – площадь орошения, условно делят на равновеликие по площади кольца. На двух взаимно перпендикулярных диаметрах этих колец, в точках окружностей, делящих каждое кольцо на две равные площади, производят измерения ртутными термометрами с ценой деления 0,1°С, помещенными в полиэтиленовые влагозащитные мешочки. Термометры размещают на высоте 2-2,5 м над водораспределительным устройством, а при наличии водоуловителя – на высоте 1.2 м над ним. Одновременно производят измерения внутри градирни. Полученные в различных точках сечения результаты измерений усредняют.

2. Методы измерения давления

2.1. Измерения в зонах неорганизованных выбросов, в вентиляционных проемах и возле градирен

Основным средством измерения является барометр-анероид М-67 (МД-49-2), изготавливаемый по ГОСТ 23696-79. Если средств измерения не имеется, данные о давлении получают от ближайшей метеостанции.

Измерения давления выполняются в то же время, когда измеряют и другие параметры газовых потоков.

Анероид в футляре устанавливают на расстоянии 10-15 м от места измерения других параметров. При наличии осадков прибор располагают под защитным укрытием (зонт). Футляр открывают только на время отсчета показаний. Открыв футляр, снимают показания термометра-анероида с точностью до 0,1°С. После этого, проверив горизонтальность установки прибора, постучав пальцем по стеклу (этим исключается влияние трения в механизме), снимают отсчет по положению конца стрелки относительно шкалы с точностью до де-

сятой доли деления (0,1 мм рт.ст.). В полученные отсчеты вносятся шкаловая поправка и добавочная поправка.

2.2. Измерение малых разностей давления в газоходах

Чаще всего такая задача возникает при определении объемного расхода или линейной скорости газового потока.

Разности давления до 200 мм вод.ст. измеряют по изменениям высоты столба жидкости в сообщающихся сосудах. Измерения производятся с помощью специальных трубок и многопредельного микроманометра с наклонной трубкой типа ММН-240, изготавливаемого Лубенским заводом счетных машин по ГОСТ 11.161-71. Микроманометр имеет класс точности 1, верхние пределы измерения 60, 90, 120, 180, 240 кгс/м^2 при соответствующих ценах деления 0,2, 0,3, 0,4, 0,6, 0,8 кгс/м^2.

Рабочим телом является этиловый спирт плотности 0,8095$\pm$ 0,0005 г/см^3.

Могут также быть использованы микроманометр МКВ-250 с пределами измерений 0-250 мм вод.ст. (рабочая жидкость - вода) по ГОСТ 1465-80, тягонапоромер жидкостной ТНЖ-Н класса точности 1,5 с пределами измерения 0-25, 0-40, 0-63, 0-100, 0-160 кгс/м^2. Рабочая жидкость - этиловый спирт. Изготовитель Лубенский завод счетных машин.

Площадка, на которой устанавливается средство измерения, не должна вибрировать, освещение должно быть достаточным для прочтения показаний шкалы. Перепад между атмосферным и внутренним давлениями в газоходе не должен превышать допустимого паспортного значения для конкретного средства измерения. Для измерения перепада давлений на исследуемом участке патрубок манометра или тягонапоромера со знаком "+" подсоединяется к участку с большим давлением, а со знаком "-" - к участку с меньшим давлением.

При измерениях с помощью микроманометра его, согласно инструкции, устанавливают на нуль, соединяют поворотом крана измерительную трубку с газосодержащими объемами и отсчитывают число делений, на котором установилась измерительная жидкость.

Для определения разности давлений ΔP газов в объемах, присоединенных к патрубкам "+" и "-", числовое значение величины, до которой поднялась жидкость в трубке микроманометра h (мм вод.ст), умножается на коэффициент установленного наклона трубки K и на отношение величины плотности жидкости, залитой в манометр ρ_m к

величине плотности жидкости, по которой манометр был тарирован $\rho_т$. Расчет ΔP ведут по формуле:

$$\Delta P = K \frac{\rho_m}{\rho_т} h \quad \text{мм вод.ст.} \qquad (5)$$

При измерениях с помощью тягонапоромеров такой пересчет не нужен, так как тягонапоромеры являются приборами с непосредственным отсчетом.

Предел допускаемой погрешности измерений микроманометрами составляет $\pm$I кгс/м^2, тягонапоромерами $\pm$2 кгс/м^2.

3. Методы измерения влажности

3.I. Измерения возле градирен

Влажность воздуха над факелами разбрызгивания измеряют электропсихрометрами или аспирационными психрометрами в тех же точках, где измеряют температуру. Сухие термометры для защиты от выносимой из градирен воды помещают в предохранительные водонепроницаемые мешочки.

Выбросы из градирен отличаются весьма высокой влажностью, в этом случае для измерения концентрации влаги в выходящем воздухе целесообразно применять конденсационный метод. При измерениях производится изокинетический отсос проб с известной скоростью через тракт, в который включена заранее взвешенная стеклянная ловушка. Ловушка может быть заполнена гранулами с хлористым кальцием крупности 0,5-2 мм или другим химическим влагопоглотителем. После отбора пробы определяют привес ловушки за счет поглощенной воды. Допустимо применение ловушки, охлаждаемой жидким газом. Оба конца такой ловушки, входной и выходной, снабжают кранами, уплотненными краповой замазкой. Ловушка включается в тракт, будучи откачанной, с закрытыми кранами.

После включения побудителя расхода открывают кран ловушки, обращенный к побудителю расхода, ловушку опускают в сосуд Дьюара с жидким азотом и, выждав около 3 мин., начинают отсчет. Одновременно открывают кран на входном конце ловушки и устанавливают изокинетический режим.

Между ловушкой и побудителем расхода включается измеритель объемного расхода газа. Регулировка расхода производится вентилем, который ставится между измерителем расхода и побудителем

расхода. Оба вентиля на ловушке должны быть во время прокачивания воздуха открыты полностью. Нельзя регулировать расход с помощью вентиля на входном конце ловушки, т.к. при этом в тракте создается понижение давления газа и калибровка измерителя расхода будет нарушена.

Пропустив достаточное для получения уверенных величин привеса количество газа (определяется в предварительных опытах), краны на ловушке закрывают, затем выключают побудитель. Ловушку отсоединяют от тракта, доводят до комнатной температуры, при которой ее взвешивали до начала опыта, и взвешивают на аналитических весах АДВ-200. Разность весов после прокачивания газа и до начала опыта есть вес уловленных жидкой и твердой примесей к газу. После взвешивания ловушку высушивают при температуре не выше +50°С с открытыми кранами (чтобы не потерять легколетучие примеси и крановую замазку) и снова взвешивают. Разность весов ловушки после высушивания и до опыта есть вес сухой примеси, уловленной при прокачивании газа. Полученный вес вычитают из суммарного веса жидкой и твердой примесей к газу и получают вес жидкой примеси. Зная объем прокачанного через ловушку газа, можно определить его влажность. Так как относительная влажность воздуха, выходящего из градирни, близка к 100%, ее допускается определять без измерений, по совокупности признаков, применимых к бездефектным градирням:

Совокупность признаков			Относительная влажность, %, соответствующая совокупности признаков
Водоуловительные жалюзи	Воздух, проходящий через жалюзи	Выходящий из градирни воздух	
Сухих мест нет		Густой туман, виден аэрозоль	100
Сухих мест нет		Легкий туман	100-98
1/4 площади сухая	Туман во влажных зонах		95
1/2 площади сухая	Туман во влажных зонах		80

В выходящем из градирни воздухе содержится капельная влага. При 100%-ной относительной влажности капельной влаги еще нет. Определение избыточной капельной влаги производят

различными способами, в частности:

- вычитая из влагосодержания, измеренного с помощью поглощающей влагу ловушки, влагосодержание, измеренное психрометром, на входе которого помещен каплеотделитель;

- вычитая из влагосодержания подогретого до полного испарения капельной влаги воздуха, выходящего из градирни, влагосодержание того же, но неподогретого воздуха;

- сепарируя циклончиком, через который изокинетически отсасывается проба воздуха, капельную влагу с последующим ее взвешиванием и с психрометрическим определением влагосодержания прошедшего через циклончик воздуха после удаления из него капельной влаги.

3.2. Измерения в зонах неорганизованных выбросов и в аэрационных фонарях

Примером источника неорганизованных выбросов, для которого производятся измерения влажности, является склад пылящих материалов. Количество пыли q, г/с, поступающей в атмосферу на таких складах при статическом хранении и частичной переработке рассчитывается по уравнению

$$q = A + B \qquad (6)$$

где A - выделение пыли при переработке пылящего материала (пересыпка, загрузка, перевалка) г/с;

B - выделение пыли при статическом хранении, г/с.

Обе составляющие рассчитываются по формулам, в которые входят табулированные коэффициенты. Параметры, влияющие на количество образующейся пыли, определяют выбор величины коэффициента по таблице. Например, A и B являются функциями нескольких коэффициентов, в том числе коэффициента K_5, учитывающего влажность материала, %.

При составлении таблиц коэффициентов производятся измерения влажности пылящего материала в зависимости от влажности атмосферного воздуха.

Измерения влажности в аэрационных фонарях производятся в центрах тарировочных участков, выбранных для измерения скоростей движения газовоздушной смеси (см. раздел 4).

Наиболее распространенным способом измерения влажности в этих случаях является аспирационно-психрометрический. При низких температурах зимой применяют также волосные гигрометры. Ни тот,

ни другой способы не свободны от погрешностей, если воздух сильно загрязнен выбросами. Поэтому рекомендуется чаще проверять их работоспособность и осуществлять метрологический контроль на месте эксплуатации.

При выполнении измерений аспирационно-психрометрическим методом применяют приборы, имеющие в своем составе два одинаковых термометра. Резервуар одного из термометров обернут батистом. Резервуары обоих термометров введены в термоизолированные металлические трубки. Эти трубки соединяются в общую единую трубку, являющую я вентиляционным ходом, по которому во время измерений с постоянной скоростью 2 м/с в направлении вверх от резервуаров вдоль шкальной части термометров вентилятором просасывается воздух. Зимой за 30 мин., а летом за 4 мин. до начала измерений батист психрометра смачивается дистиллированной водой из пипетки. Если измерения производят при скорости ветра больше, чем 3 м/с на вентилятор надевается специальная защита.

Расчет парциального давления водяного пара при измерениях аспирационными психрометрами ведется по формуле:

$$P_w = P_{нас.} - C(t_c - t_в)B \quad \text{мм рт. ст.} \qquad (7)$$

где P_w - парциальное давление водяных паров, мм рт.ст.;

$P_{нас.}$ - давление насыщенного водяного пара, мм рт.ст. при температуре смоченного термометра;

t_c - температура сухого термометра, ^{o}C;

$t_в$ - температура смоченного термометра, ^{o}C;

B - атмосферное давление, мм рт.ст.;

C - коэффициент, зависящий от скорости потока воздуха через психрометр. С имеет значение от 0,00074 в отсутствии потока до 0,00066 при скоростях больше 5 м/с.

Пересчет полученных данных в величины влажности производится с использованием психрометрических таблиц /4/.

В зимних условиях использование аспирационных психрометров осложняется намерзанием льда на батисте и на сухом термометре.

При температурах ниже $-10^{o}C$ этот метод неприменим и основным прибором становится волосной гигрометр или волосной гигрограф. В условиях, когда измерения ведутся нерегулярно, волосные гигрометр и гигрограф следует поместить в переносный футляр с теплопроводными, выполненными в виде жалюзи, стенками для предохранения чувствительности элемента (волоса) от загрязнения и смачивания осадками.

При измерениях гигрограф или гигрометр, тарированный по психрометру, размещают в месте измерения и записывают показания по прошествии 10–15 мин.

Погрешность измерений волосных гигрографов и гигрометров составляет около ±10%.

3.3. Измерения в газоходах и вентиляционных источниках

В этих случаях почти исключительно применяется метод с использованием проточных психрометров; рекомендуемые конструкции этих психрометров мало отличаются друг от друга. Чаще применяют стеклянную конструкцию, разработанную НИИОгазом, несколько реже – конструкции Гинцветмета и Уралэнерго /3/.

При подготовке такого психрометра к работе, в него заливают дистиллированную воду и устанавливают термометры согласно инструкции к конкретному виду прибора.

Психрометр должен быть размещен в измерительном тракте так, чтобы газ вначале проходил мимо сухого, затем влажного термометров. Психрометр должен быть хорошо термоизолирован от окружающей среды. Просасываемый газ должен быть очищен от пыли и от примесей, меняющих скорость испарения жидкости и теплопроводность газа (химическим поглощением или адсорбцией). После подсоединения к тракту прокачки газа, включают побудитель расхода и вентилем, расположенным между психрометром и побудителем расхода, устанавливают требуемый поток газа.

Измерения начинают спустя 5–10 мин. после установления скорости потока 5 м/с.

Расчет парциального давления водяного пара при измерениях проточными психрометрами ведется по формуле:

$$P_w = P_{нас.} - C(t_c - t_в)P_u \quad \text{мм рт.ст} \qquad (8)$$

где P_w – парциальное давление водяных паров, мм рт.ст.;

$P_{нас.}$ – давление насыщенного водяного пара, мм рт.ст. (берется из таблиц) при имеющихся условиях измерений;

t_c – температура сухого термометра, °С;

$t_в$ – температура смоченного термомстра, °С;

P_u – избыточное давление (разрежение) в приборе, мм рт.ст.;

C – коэффициент, зависящий от скорости потока воздуха через психрометр.

Парциальное давление водяного пара P_w можно пересчитать

для давления $P_{газ}$ в газоходе по формуле:

$$P_{w_{газ}} = \frac{P_w \cdot P_{газ}}{B} \quad \text{мм рт.ст.} \qquad (9)$$

где $P_{w_{газ}}$ - парциальное давление водяного пара в газоходе, мм рт.ст.;

B - атмосферное давление, мм рт.ст.

Зная парциальное давление водяного пара $P_{w_{газ}}$ в газоходе, можно определить процент по объему водяного пара:

$$a = \frac{P_{w_{газ}}}{P_{газ}} \cdot 100\% \qquad (10)$$

где a - объем водяного пара, %.

Если известен процент по объему водяного пара a, то может быть решена возникающая часто задача о плотности влажного газа. При нормальных условиях плотность газа ρ_0, с учетом того что масса I м^3 водяных паров при нормальных условиях составляет 0,804 кг, а масса I м^3 сухого воздуха 1,293 кг, равна

$$\rho_0 = \frac{1}{100}(0{,}804a + 1{,}293b), \quad \text{кг/м}^3 \qquad (11)$$

где a - объем водяного пара, %;

b - объем сухого воздуха, %;

$b = 100 - a$;

Соответственно, плотность газа при других давлениях P и температурах T будет равна

$$\rho = \rho_0 \frac{273 \cdot P}{760 \cdot T} = 0{,}36 \frac{P}{T} \rho_0, \quad \text{кг/м}^3 \qquad (12)$$

где ρ_0 - плотность газа при нормальных условиях, кг/м^3;

ρ - плотность газа в реальных условиях, кг/м^3;

P - давление газа, мм рт.ст.;

T - температура газа, ^{0}К.

4. Методы измерения скорости газовых потоков

4.1. Измерения в газоходах, аэрационных и вентиляционных источниках

Учитывая, что, как правило, в этих случаях скорость газового потока составляет не меньше 3–4 м/с, измерения чаще всего ведут с помощью пневмометрических трубок и дифференциального манометра /2/. При измерении необходимо вводить поправочный коэффициент, учитывающий типовые и индивидуальные особенности тру-

бок. Этот коэффициент определяется при обязательной предварительной тарировке пневмометрических трубок в бюро поверки измерительных приборов. Применение пневмометрических трубок без тарировки недопустимо.

Широко распространены пневмометрические трубки, изготавливаемые по чертежам НИИОгаза. Существенной рабочей характеристикой трубок является их чувствительность к углу поворота относительно направления потока газа. Допустимый угол поворота не должен быть более, чем $\pm 15^{\circ}$.

При измерениях скоростей в газоходах малых диаметров (несколько см) нередко применяют приборы, основанные на иных принципах - реометры и ротаметры. Принцип действия реометра основан на измерении с помощью дифференциального манометра величины эффекта дросселирования. Дросселирование вызывает понижение давления после суженого участка газопровода. Такое понижение давления пропорционально квадрату скорости газового потока. Реометр обычно объединяет в конструкции дросселирующий элемент и дифференциальный манометр.

Чаще всего реометры выпускаются в стеклянном исполнении. Имеются конструкции со сменными диафрагмами дросселирующих устройств. Характеристики диафрагм, определяющие градуировку реометра, приводятся в паспорте прибора. Для измерений реометром заменяется участок газопроводного тракта.

Допустимы измерения скорости с помощью ротаметров - конических трубок с уравновешивающимся в восходящем потоке газа грузом ("поплавком"). Уравновешивание наступает при "всплытии" груза на участок с достаточно большим зазором между ним и стенкой трубки. Для стабилизации оси поплавка на его поверхность нанесены бороздки, вызывающие вращение. У ротаметров с непосредственным отсчетом на стенку стеклянной трубки нанесены деления шкалы, позволяющие вести отсчет скорости по положению поплавка.

Выпускаются ротаметры на различные диапазоны скоростей и для различных измеряемых сред. Как и реометры, ротаметры включают в разрыв газопроводного тракта чаще всего в качестве постоянно устанавливаемого прибора.

В связи с тем, что поток газа в газоходе турбулентен, рекомендуется производить измерения скорости на вертикальном участке газохода, на расстоянии не ближе 5-6 диаметров газохода после

местa возмущения потока газа конотрукционными сопротивлениями. Диаметр определяется по формуле:

$$D = \frac{4F}{П} \quad \text{см} \qquad (13)$$

где D - диаметр, см;

F - площадь сечения, $см^2$;

$П$ - периметр сечения, см.

При отсутствии прямолинейных участков необходимой длины, допускается проводить измерения в сечении, делящем расстояние между местами возмущения в отношении 3:1 в направлении потока газа.

Если измерения на вертикальном участке невыполнимы, их ведут на горизонтальных или наклонных участках, но с обязательным усреднением данных по сечению газохода.

В реальных условиях скорость газа убывает вблизи стенок газохода, причем, в случае больших диаметров газохода, профиль скорости сложен и не подчиняется простому расчету. Поэтому замеры скорости в газоходах диаметром больше 1 м производят в нескольких точках и затем усредняют полученные величины.

При этом расстояния от стенки газохода до точки замера определяют по таблице 1. В этой таблице даны значения n - общее заданное количество точек замеров на диаметре сечения газохода и i - порядковый номер точки замера на этом диаметре. В основу таблицы положена разбивка сечения цилиндрического газохода на условные равновеликие по площади кольца и расположения измерительных точек на средних диаметрах этих колец. Возможны и иные способы выбора измерительных точек, однако вышеуказанный дает более удовлетворительные результаты и стандартизован. В таблице 2 приведено рекомендуемое количество точек замеров n для газоходов больших диаметров.

Табл 1

Диаметр, мм	200	200-400	400-600	600-800	800-1000	1000-1200	1200-1400	1400-1600	1600-1800
Количество точек, n	3	4	5	6	8	10	12	14	16

Для цилиндрического газохода рекомендуется производить замеры скорости одновременно на двух перпендикулярных сечениях газохода.

Если необходимо произвести измерения скорости газа в газоходе прямоугольного сечения, то измерительное сечение условно делят на прямоугольники со сторонами 150-200 мм. Измерения производят на пересечениях диагоналей этих прямоугольников.

Таблица 2

Относительное расстояние от стенки газохода до точки измерения, в % от диаметра газохода

Количество точек n вдоль диаметра	Порядковый номер i измерительной точки на диаметре															
	I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4	I5	I6
I6	I,6	5	8,5	I2	I7	22	28	37	62	72	78	83	87	9I	95	98
I4	I,8	6	I0	I5	20	27	37	63	73	80	85	90	94	98		
I2	2,0	7	I2	I8	25	35	64	75	82	88	93	98				
I0	2,5	8	I5	23	34	66	77	85	92	97						
8	3,0	I0	I9	32	68	8I	89	97								
6	4,5	I5	30	70	85	96										
4	7	25	75	93												
2	I5	85														

И в случае цилиндрических, и в случае прямоугольных газоходов в каждой точке производят по три отсчета с интервалом в 5-I0 минут и вычисляют среднее арифметическое из результатов.

Пневмометрическую трубку соединяют с микроманометром или тягонапоромером так, чтобы трубка, воспринимающая полное давление, была присоединена к штуцеру со знаком "+", а статическое давление к штуцеру со знаком "-".

Перед измерением систему проверяют на герметичность. Для этого входы пневмометрической трубки соединяют отрезками резинового шланга через тройник из стекла или металла между собой и с источником повышенного давления. После повышения давления в трубке до 0,2-0,5 ати шланг, ведущий к источнику давления перекрывают. Шланг, присоединенный к одному из вводов пневмометрической трубки, также перекрывают. Следят за постоянством показаний микроманометра. Если давление не меняется в течение 5 мин., испытания удовлетворительны. В ином случае следует искать и ликвидировать течь.

По окончании подготовительных работ две пневматические трубки вставляют в отверстия в стенке газохода. Резиновые уплотнения применяют до +150°С. Одну трубку располагают входными отверстиями на оси газохода, а другую – в ближайшей к стенке измерительной точке. Трубки выдерживают 15 мин при температуре газохода, при этом входные отверстия располагают по току газа. Затем трубки поворачивают входными отверстиями строго навстречу потоку газа и начинают измерения.

Для измерения параметров и отбора проб на анализ возможно применение "двойной" стационарной установки, в которой часть газопылевого потока изокинетически отбирается с помощью введенной в газоход передвижной трубки и поступает в специальную проточную камеру. В стенку последней вмонтированы "вторичные" трубки – пневмометрическая, отвод на проточный психрометр, термометр, пробоотборник пыли для весового анализа и пробоотборник газа для хроматографического анализа. Приток газопылевой смеси через камеру осуществляется каналом, ведущим через вентиль к дымососу.

При снятии поля скоростей одна трубка постоянно находится в центре газохода, а другую перемещают по диаметру газохода в направлении от ближней измерительной точки к дальней, а затем от дальней к ближней. В каждой точке производят измерения по обеим трубкам, что позволяет при обработке данных учитывать общее смещение уровня скорости в газоходе.

Скорость w_i газа в точке i при измерениях с помощью пневмометрической трубки рассчитывается по формуле:

$$w_i = \sqrt{\frac{2g p_{дин}}{\rho_t}} \quad \text{м/с} \qquad (14)$$

где g – ускорение силы тяжести, равное 9,81 м/с^2;

$p_{дин}$ – динамическое давление, кг/м^2;

ρ_t – плотность газа при существующих в газоходе условиях, кг/м^3.

Если для измерения $p_{дин.}$ применяют тягонапоромер, то для расчетов w_i используются непосредственно его показания, т.к. он градуируется в мм вод.ст.

Если для измерения динамического давления применяют микроманометр ММН-240, то расчет w_i ведут по формуле:

$$w_i = \sqrt{\frac{2k g l h \rho_м}{\rho_t \rho_{сп}}} \quad \text{м/с} \qquad (15)$$

где w_i – скорость газа, м/с;

K – поправочный коэффициент микроманометра (дается в паспорте микроманометра);

α – аппаратурный калибровочный коэффициент пневмометрической трубки, равный для трубок НИИОгаза 0,52±0,1; для трубок Гинцветмета 0,49. Уточняется при тарировке трубок;

$\rho_{сп}$ – плотность тарировочного чистого спирта (равна 0,8095 г/см^3);

$\rho_м$ – плотность жидкости, залитой в микроманометр, г/см^3.

Для определения скорости требуется знать плотность газа в реальных условиях. Эта величина рассчитывается на основании измерений температуры, химического состава и влажности газа. Плотность смеси сухих газов при нормальных условиях определяется по формуле:

$$\rho_{ос} = \frac{a\rho_a}{100} + \frac{b\rho_b}{100} + \ldots + \frac{n\rho_n}{100}, \text{ кг/м}^3 \qquad (16)$$

где a, b, n – содержание компонентов газа, об.%;

$\rho_a \cdot \rho_b \cdot \rho_n$ – соответствующие плотности компонентов при нормальных условиях, кг/м^3.

Плотность отдельных компонентов газа определяется как

$$\rho_i = \frac{m_i}{22,4}, \text{ кг/м}^3 \qquad (17)$$

где m_i – молекулярная масса i-го компонента, кг, которая находится по таблице;

$22,4$ – объем киломоля газа, м^3.

Плотность газа ρ_t при избыточном давлении P_u и температуре газа в газоходе t находится по формуле:

$$\rho_t = \rho_0 \frac{B \pm P_u}{760} \cdot \frac{273}{(273+t)} = 0,36\rho_0 \frac{B \pm P_u}{(273+t)} \qquad (18)$$

где B – плотность влажных газов при нормальных условиях рассчитывается по формуле:

$$\rho_{0_B} = \frac{\rho_{0_c} + f_{0_c}}{1 + \frac{f_{0_c}}{0,804}} \qquad (19)$$

где ρ_{o_c} - плотность сухого газа, кг/м^3;

f_{o_c} - влагосодержание в граммах, отнесенное к I м^3 сухого газа при нормальных условиях.

Плотность влажных газов при температуре t и избыточном давлении P_u составляет:

$$\rho_в = \frac{0{,}289(\rho_{o_c} + f_{o_c})(B \pm P_u)}{(0{,}804 + f_{o_c})(273 + t)} \quad \text{кг/м}^3 \qquad (20)$$

При измерении у аэрационных фонарей, скорости рассчитываются как средние величины по измерениям, производимым на срединной линии фонаря и в его плоскости, не менее чем в пяти точках, отстоящих друг от друга не более чем на I0 м, однако, учитывая сложность таких измерений, считается возможным размещать аппаратуру для определения скорости газовых потоков через каждые 25 м длины фонаря для каждого яруса с обеих сторон (при длине фонаря до 50 м - через каждые I2,5-I5 м.).

Выбранное место для измерения скорости должно быть:

- доступно для наблюдения, проверки и ремонта аппаратуры;
- защищено от воздействия ветра любого направления;
- постоянно, независимо от времени года, открыто;
- защищено от прямых солнечных лучей и атмосферных осадков.

Все вышеизложенное остается справедливым как при установке измерительной аппаратуры непосредственно на фонарях, так и при установке на них только датчиков.

Измерение скорости следует производить одновременно с отбором проб газовоздушной смеси на содержание в нем вредностей.

Площади открытых проемов аэрационных фонарей часто достигают значительных размеров (десятки кв.м.).

Параметры и, особенно, скорость движения газовоздушной смеси, проходящей через эти проемы, изменяются в широких пределах. В этих случаях при размещении контрольной измерительной аппаратуры на больших расстояниях друг от друга получение достоверных данных о скорости и параметрах газовых потоков возможно только после тарировки открытых проемов фонаря. Эта работа заключается в следующем:

- сечение открытого проема фонаря, в центре которого установлен стационарный контрольный прибор, разбивается на несколько равновеликих площадей (0,5-I м^2);

– в центре каждого участка временно помещаются приборы, фиксирующие скорость, температуру и влажность;

– одновременно снимаются показания на всех приборах;

– полученные показания усредняются для всего проема как среднее арифметическое из значений измеренных скоростей во всем площадям;

– усредненные данные сопоставляются с показаниями стационарного (контрольного) прибора.

Расчет ведут по следующим формулам:

$$V_{ср.} = \frac{V_к + V_1 + V_2 + \ldots + V_n}{n} \qquad (21)$$

где $V_{ср.}$ – средняя скорость движения воздуха, м/с;

$V_к$ – скорость движения воздуха в контрольной точке, м/с;

$V_1 \ldots, V_n$ – скорость движения воздуха во временных точках замера, м/с

$$K_V = \frac{V_{ср.}}{V_к} \qquad (22)$$

где K_V – безразмерный тарировочный коэффициент для скорости движения воздуха.

Полученные при сопоставлении тарировочные коэффициенты позволяют по показаниям одних контрольных приборов судить о средней скорости по всему выбранному проему.

Учитывая, что площади открытых проемов аэрационных фонарей меняются в летний и зимний периоды года, тарировку следует производить для обоих периодов.

Тарировку проема желательно производить при нормальном технологическом процессе в аэрируемом помещении.

Установка аппаратуры при производстве тарировки проемов приведена на рис. I.

Для измерения скорости движения воздуха могут применяться: крыльчатый анемометр типа АСО-3, термоанемометры типа ТА-ЛИОТ, ТП-45, ЭА-2М и фотоимпульсный электроанемометр.

При использовании крыльчатого анемометра его следует размещать так, чтобы ось вращения крыльчатки располагалась параллельно воздушному потоку.

Отклонение от указанного положения не должно превышать I2-I5°.

Делением разности конечного N_2 и начального N_1 показаний

счетного механизма анемометра на время измерений τ определяют число делений n, приходящихся на одну секунду:

$$n = \frac{N_2 - N_1}{\tau} \qquad (23)$$

Скорость движения воздушного потока v м/с определяется по тарировочному графику, прилагаемому к каждому прибору.

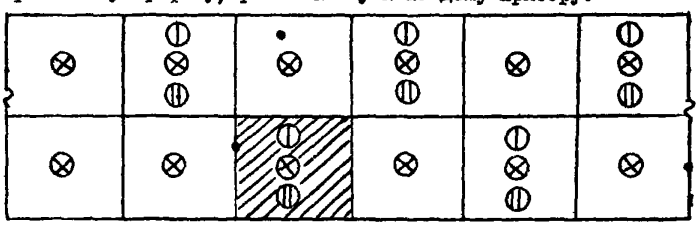

Рис. I. Условные обозначения: ⊕ ⊗ ⊕ - приборы, измеряющие соответственно температуру, скорость и влажность газового потока через фонарь

Примечание: заштрихованный квадрат - место стационарно установленных контрольных приборов.

При измерении скорости движения воздушного потока термоанемометрами, последние устанавливаются горизонтально и корректируется стрелка гальванометра.

Датчик прибора вводят в исследуемый поток и соединяют с термоанемометром.

Снимаются показания гальванометра и по графику находят скорость движения воздуха.

Некоторые термоанемометры имеют клеммы для подключения стандартного самописца.

Расчет газовоздушной смеси, выбрасываемой через аэрационный фонарь, определяется по формуле:

$$L = F \cdot v_{ср.} \quad , м^3/с \qquad (24)$$

где L - объем газовоздушной смеси, $м^3/с$;

F - площадь проема, в котором анализируется состояние смеси, $м^2$.

При равномерном распределении доминирующей вредности по всей площади открытых проемов фонаря объем газовоздушной смеси определяется путем умножения этой площади на среднюю скорость движения воздушного потока через фонарь.

Средняя скорость для всего фонаря исчисляется как среднее арифметическое из произведений значений скоростей, измеренных всеми контрольными приборами, умноженными на свои тарировочные коэффициенты.

$$v_{ср.} = \frac{v_{к_1} K_{v_1} + v_{к_2} K_{v_2} + \ldots + v_{к_n} K_{v_n}}{n}, \text{ м/с} \qquad (25)$$

где $v_{к_1}, \ldots, v_{к_n}$ – скорости, определенные контрольными приборами, м/с.

При ступенчатом технологическом процессе, когда выделение доминирующей вредности осуществляется только через часть открытых проемов фонаря, объем газовоздушной смеси определяется как произведение площади анализируемого проема на среднюю скорость движения воздуха в этом проеме.

Для выявления границ проема следует руководствоваться данными, полученными при тарировке фонаря по концентрации в нем доминирующего вещества. Длину проема необходимо рассчитывать в зависимости от расстояний по обе стороны от контрольного места отбора проб, на котором обнаружены концентрации определяющей вредности от максимальных до нулевых значений.

При необходимости определения масси удаляемого воздуха (G, кг/ч) пользуются формулой:

$$G = 3600 \cdot L \cdot \rho, \text{ кг/ч} \qquad (26)$$

где ρ – плотность удаляемого воздуха, принимаемая по номограмме в зависимости от температури, относительной влажности и атмосферного давления, кг/м^3.

Измерения скорости потока возле крышных вентиляторов и, в особенности, возле дефлекторов и шахт с колпаками так же, как и измерения других параметров, часто оказываются непредставительными. В этих случаях предпочтительнее производить измерения в газоходах перед вентиляторами, дефлекторами и устьями шахт на расстоянии, определяемом из тех же условий, какие были приведены выше для газоходов больших диаметров. Если встроить в вентиляционный ход дросселирующий участок или ротаметр невозможно, то измерения могут быть произведены с помощью механических анемометров или термоанемометров (типа ТА-ЛИОТ, ЭА-2М или др.), щупы которых или вертушки вводятся в отверстия в стенке газохода в измерительном сечении.

При измерениях с помощью анемометра АСО-3 средней скорости потока его укрепляют на шесте настолько длинном, чтобы разместить вертушку анемометра в измерительной точке. Анемометр оборудуют шнуром, позволяющим оператору включать и выключать механизм, регистрирующий число оборотов крыльчатки. Перед началом всех работ следует убедиться, что температура газового потока в месте измерения не превышает +50°С. При измерениях оператор пользуется секундомером (ГОСТ 5072-79Е). До начала измерений включают анемометр, записывают показания всех стрелок, ставят на нуль секундомер. Анемометр располагают в месте измерений, установив ось вертушки по направлению газового потока так, чтобы счетчик был позади газового потока, и через полминуты включают одновременно счетчик анемометра и секундомер. Через 10 мин. их одновременно включают. Записывают точное показание секунтомера и новые показания всех стрелок счетчика анемометра.

Скорость газового потока w_i при измерениях с помощью крыльчатого анемометра определяется по градуировочной кривой, приведенной в свидетельстве о поверке анемометра, переводом увеличения числа делений счетчика анемометра за одну секунду в величину скорости.

Получив набор значений скоростей газового потока в выбранных точках измерительного сечения, находят среднее арифметическое значение величины скорости. Найдя это значение и умножив его на площадь измерительного сечения, определяют величину объема расхода газа V' м^3/с:

$$V' = w_{ср} \cdot S \quad , \text{м}^3/\text{с} \qquad (27)$$

где $w_{ср}$ – усредненное значение скорости, м/с;

S – площадь измерительного сечения, м^2.

Если отнести полученные в измерительных точках значения скорости к значению скорости на оси газохода или вентиляционного проема, то получим поправочные коэффициенты. Ими пользуются для вычисления средних значений скоростей, если заранее установлено, что профиль распределения скоростей по измерительному сечению остается во времени неизменным. Поправочные коэффициенты позволяют не замерять каждый раз все значения скоростей во всех измерительных точках, а ограничиваться измерением скорости в какой-либо одной точке (обычно, на оси газохода) и, умножая полученное зна-

чение скорости на поправочные коэффициенты, находить значения скоростей в остальных измерительных точках. Усреднив найденные значения поправочных коэффициентов, можно определить средний объемный расход газа:

$$\bar{V}' = W_0 \cdot \alpha_{ср} \cdot S \ , \ м^3/с \qquad (28)$$

где $\bar{V}'$ - средний объемный расход газа, $м^3/с$;

W_0 - усредненная по времени скорость газа (в центре газохода), м/с;

$\alpha_{ср}$ - усредненный коэффициент распределения скоростей по сечению газохода, определяемый по формуле:

$$\alpha_{ср} = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \dots \alpha_i}{n} \qquad (29)$$

где $\alpha_1, \alpha_2 \dots, \alpha_i$ - отношения скоростей в измерительных точках к скорости в выбранной точке (в центре газохода).

n - количество измерительных точек.

Найденное по формуле (I.I2) значение объемного расхода $\bar{V}'$ имеет место в рабочих условиях. Для приведения расхода газа, имеющего температуру t °С при давлении, отличающемся от атмосферного давления B на P_u к "нормальному" объемному расходу V_0 при $t_0 = 0$°С и $P_0 = 760$ мм рт.ст. производят пересчет по формуле:

$$V_0 = 0{,}36 \cdot \bar{V}' \frac{B \pm P_u}{273 + t} \ , \ м^3/с \qquad (30)$$

4.2. Измерения в зонах неорганизованных выбросов и возле градирен

При расчете количества пыли, выделяющейся при статическом хранении пылящих материалов, используются, как уже было указано в п. I.4.2, коэффициенты, которые выбираются по таблицам в зависимости от величины параметров, влияющих на количество образующейся пыли. Например, в приведенную выше формулу (5) входят

$$A = A(K_з, K); \ B = B(K_з, K),$$

где $K_з$ - коэффициент, учитывающий скорость ветра в месте расположения склада, м/с.

При погрузочно-разгрузочных работах на складах пылящих материалов для расчетов интенсивности выбросов пыли пользуются

формулами, в которые входит скорость ветра, м/с. При отборе проб пыли, для соблюдения изокинетичности, также необходимо знать скорость ветра. При скоростях ветра I-I0 м/с требуемая точность измерений составляет ±0,2 м/с. Средствами измерения являются анемометр ручной крыльчатый АСО-3, тип Б по ГОСТ 6376-74 для скорости I-5 м/с или анемометр ручной чашечный МС-I3 по ГОСТ 6376-74 для скорости I-20 м/с. Замеры производят в точке пересечения продольной оси факела выброса пыли по направлению ветра с линией границы склада на высоте I м над уровнем земли.

При выемочно-погрузочных работах в экскаваторном забое интенсивность выделения пыли, г/с, определяют по формуле, в которую входит скорость воздушного потока на участке карьера, м/с. Замеры производятся: I) в месте расположения кабины экскаватора, а также на уступе по факелу распространения запыленного воздуха на расстояниях; 2) $\ell_1 = 2(h_ч - h_р)$ с подветренной стороны,м

$h_ч$ - высота черпания, м; $h_р$ - высота разгрузки, м); 3) на расстоянии I0+I5 м вправо от точки I; 4) на расстоянии I0-I5 м влево от точки I); 5) на расстоянии $\geqslant$ I0 м от источника с наветренной стороны. В диапазоне скоростей 0,I-8 м/с измерения производятся с точностью ± 0,I м/с. Средствами измерения являются анемометры крыльчатые типа АСО-3 тип Б по ГОСТ 6376-52 для скорости 0,3+5 м/с или чашечные МС-I3 по ГОСТ 6376-74 для скорости I-20 м/с.

Для оценки объема вредных примесей, выделяемых в атмосферу карьера и прилегающих к нему участков при массовых взрывах необходима количественная оценка пыле- газовыделения. Основным при этом измеряемым параметром является скорость ветра. Для оценки внутрикарьерной обстановки скорость измеряют на высоте I,5 м от поверхности за час до взрыва на расстоянии 30-40 м от взрываемого блока в направлении преобладающего движения воздушных потоков в точках, где устанавливаются автоматические пылеотборники конструкции ВНИИБТГ. Измерения скоростей 0,I-8 м/с производят с точностью ±0,I м/с с помощью анемометров крыльчатых АСО-3 тип Б по ГОСТ 6376-74 при скоростях 0,3+5 м/с или чашечных МС-I3 по ГОСТ 6376-74 для скоростей I+20 м/с.

Скорости поступающего в градирни газа измеряют при работающих вентиляторах анемометрами АСО-3, при неработающих - анемометрами МС-I3 по ГОСТ I2.3.0I8-79. Могут применяться электроанемометры.

Скорость истечения газа w на выходе из устьев диффузоров вентиляторных градирен оценивают по формуле:

$$w = \frac{V^{г}}{\sum_{i=1}^{n} F_i}, \quad м/с \qquad (31)$$

где $V^{г}$ – известный поток из диффузоров, $м^3/с$;

$\sum_{i=1}^{n} F_i$ – суммарная площадь всех n диффузоров.

Скорости потоков на выходе из башенных градирен допускается условно принимать равными 2 м/с.

Измерения скорости на выходе из устьев производят в тех же точках сечения и на той же высоте, где производились измерения температуры. Результаты измерений усредняют. Для градирен типа СК-200 на расстояниях до 14 м от отвола вентилятора скорость составляет около 4 м/с.

Скорость поступления воздуха в градирни измеряют во всех окнах забора воздуха по окружности градирни, однако при скоростях ветра больших, чем 1,4 скорости поступления воздуха в окна, этот метод дает неправильные результаты. Для расчета расхода воздуха в каждом конкретном случае определяют суммарную площадь окон.

Литература

1. Тепло- и массообмен. Теплотехнический эксперимент. Справочник. Е.В.Аметистов, В.А.Григорьев, Б.Г.Емцев и др. Под общ. ред. В.А.Григорьева и В.М.Зорина. М., Энергоиздат, 1982, 512 с.

2. Гордон Г.М., Пейсахов И.Л. Контроль пылеулавливающих установок. Изд. 3-е, М., "Металлургия", 1973, 384 с.

3. Талиев В.Н. Аэродинамика вентиляции. М., Стройиздат, 1981, 296 с.

4. Психрометрические таблицы, Л., Гидрометеоиздат, 1972. Дополнение к психрометрическим таблицам. Л. Гидрометеоиздат, 1976.

5. Ермолаев М.Н., Петлица А.П., Батищев В.В. Определение потерь воды, не связанных с испарением, в системах оборотного водоснабжения. Информационный листок. Воронеж, ЦНТИ, 1978.

6. Временная инструкция по определению запыленности воздуха на дробильно-агломерационных фабриках железной руды. Кривой Рог. БНИИБТ. 1974, 35 с.

7. Инструкция по контролю содержания пыли на предприятиях горнорудной и нерудной промышленности. М., Недра, 1981, 32 с.

8. Михайлов В.А., Береснев П.В., Борисов В.Г. и др. Борьба с пылью в рудных карьерах. М., Недра, 1981, 262 с.

9. Ткач Г.А , Смоляк В.Д. Моделирование десорбционных процессов содового производства. Л., "Химия", 1973, с.58.

10. Эльтерман В.М. Вентиляция химических производств. "Химия", 1971.

11. Инструкция по определению запыленности газов в производственных условиях. НИИОгаз, М.,ЦИНТИхимнефтемаш,1978, 36 с.

12. Складнев А.А., Падалкин В.П., Вадимов В.М., Ефимов В.Е. Производственная санитария в микробиологической промышленности. М., "Лесная промышленность", 1980, 27 с.

13. ГОСТ 12.3.018-79. Системы вентиляционные. Методы аэродинамических испытаний.

Рпп.ГГО.16.11.87.Зак.405.Т.400.М-20616.Цена 10 коп.

gost.e-ecolog.ru