

РАЗДЕЛ 4. ПРИНЦИПЫ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ. МЕТОДЫ АНАЛИЗА ПРОБ ВОЗДУХА.

Лекция 1. Принципы измерений.

Принцип измерений — физическое явление или эффект, положенный в основу измерений. Например, измерение температуры основано на явлении расширения жидкости при ее нагревании (ртуть в термометре).

Принцип измерений - это совокупность физических явлений, на которых основаны измерения. Так, измерения массы основаны на использовании силы земного притяжения, измерения линейных размеров - на использовании свойств твердого тела и т.п. Принцип измерения всегда важно знать при разработке процедур проверок.

Примеры

- Применение эффекта Джозефсона для измерения электрического напряжения.
- Применение эффекта Пельтье для измерения поглощенной энергии ионизирующих излучений.
- Применение эффекта Доплера для измерения скорости.
- Использование силы тяжести при измерении массы взвешиванием.

Методы измерения температуры основаны:

- на тепловом расширении жидких, газообразных, и твердых тел;
- на изменении электрического сопротивления тел при изменении температуры и т.д.

Эффект Дóплера — изменение частоты и, соответственно, длины волны излучения, воспринимаемой наблюдателем (приёмником), вследствие движения источника излучения относительно наблюдателя (приёмника). Эффект назван в честь австрийского физика Кристиана Доплера.

Причина эффекта Доплера заключается в том, что, когда источник волн движется в направлении наблюдателя, каждый последующий гребень волны выходит из положения, более близкого к наблюдателю, чем гребень предыдущей волны. Таким образом, каждой последующей волне необходимо немного меньше времени, чтобы добраться до наблюдателя, чем предыдущей волне. Следовательно, время между приходом последовательных гребней волн на наблюдателя сокращается, вызывая увеличение частоты.

Эффект Доплера легко наблюдать на практике, когда мимо наблюдателя проезжает машина с включённой сиреной. Предположим, сирена выдаёт какой-то определённый тон, и он не меняется. Когда машина не движется относительно наблюдателя, тогда он слышит именно тот тон, который издаёт сирена. Но если машина будет приближаться к наблюдателю, то частота звуковых волн увеличится, и наблюдатель услышит более высокий тон, чем на самом деле издаёт сирена. В тот момент, когда машина будет проезжать мимо наблюдателя, он услышит тот самый тон, который на самом деле издаёт сирена. А когда машина проедет дальше и будет уже отдаляться, а не

приближаться, то наблюдатель услышит более низкий тон, вследствие меньшей частоты звуковых волн.

Лекция 2. Методы измерений

Совокупность приёмов использования принципов и средств измерений составляет метод измерения.

Каждую физическую величину можно измерить несколькими методами, которые могут отличаться друг от друга особенностями как технического, так и методического характера. В отношении технических особенностей можно сказать, что существует множество методов измерения, и по мере развития науки и техники, число их все увеличивается. С методической стороны все методы измерений поддаются систематизации и обобщению по общим характерным признакам. Рассмотрение и изучение этих признаков помогает не только правильному выбору метода и его сопоставлению с другими, но и существенно облегчает разработку новых методов измерения.

Метод измерения – это способ экспериментального определения значения физической величины, т. е. совокупность используемых при измерениях физических явлений и средств измерений.

Методы измерений весьма разнообразны. Их можно классифицировать по различным признакам.

1. Первый из них используемый **физический принцип**. По нему методы измерений разделяют на оптические, механические, акустические, электрические, магнитные и так далее.

2. В качестве второго признака классификации используют **режим изменения во времени измерительного сигнала**. В соответствии с ним все методы измерений разделяют на статические и динамические.

3. Третий признак — **способ взаимодействия СИ и объекта измерений**. По этому признаку методы измерений разделяют на контактные (измерительный элемент СИ находится в контакте с объектом измерений) и бесконтактные (чувствительный элемент СИ не находится в контакте с объектом измерений).

Контактный метод измерений – метод измерений, основанный на том, что чувствительный элемент прибора приводится в контакт с объектом измерения.

Примеры:

- Измерение диаметра вала измерительной скобой или контроль проходным и непроходным калибрами.

- Измерение температуры тела термометром.

Бесконтактный метод измерений – метод измерений, основанный на том, что чувствительный элемент средства измерений не приводится в контакт с объектом измерения.

Примеры:

- Измерение температуры в доменной печи пирометром.

- Измерение расстояния до объекта радиолокатором.

4. Четвертый признак - *применяемый в СИ вид измерительных сигналов*. В соответствии с ним методы разделяют на аналоговые и цифровые.

Приведенную классификацию можно развивать и далее. Однако более общей является метрологическая классификация методов измерений, под которой понимается классификация *по способу сравнения измеряемой величины с единицей*. По этому признаку все методы измерений разделяют на два метода:

- методы непосредственной оценки;
- методы сравнения с мерой.

Методы сравнения в свою очередь включают в себя метод противопоставления, дифференциальный метод, нулевой метод, метод замещения и метод совпадений.

Метод непосредственной оценки является наиболее распространенным.

При методе непосредственной оценки значение измеряемой величины определяют непосредственно по отсчётному устройству измерительного прибора прямого действия (измерительный прибор, в котором предусмотрено одно или несколько преобразований сигнала измерительной информации в одном направлении, т.е. без обратной связи). На этом методе основаны все показывающие (стрелочные) приборы (вольтметры, амперметры, ваттметры, счётчики электрической энергии, термометры, тахометры и т.п.). Следует отметить, что при использовании данного метода измерений мера как вещественное воспроизведение единицы измерения, как правило, непосредственно в процессе измерения не участвует. Сравнение измеряемой величины с единицей измерения осуществляется косвенно путём предварительной градуировки измерительного прибора с помощью образцовых мер или образцовых измерительных приборов.

Точность измерений по методу непосредственной оценки в большинстве случаев невелика и ограничивается точностью применяемых измерительных приборов.

Измерения должны осуществляться в соответствии с аттестованными в установленном порядке методиками.

Методика выполнения измерений - совокупность операций и правил, выполнение которых обеспечивает получение результатов измерений с точностью, установленной данной методикой выполнения измерений.

Методика выполнения измерений (МВИ) представляет собой план прописанных действий, необходимых для получения результатов измерения по установленным показателям точности.

В этом определении два положения: МВИ - это измерительная процедура (совокупность операций и правил) и требования к показателям точности измерений. Можно считать, что МВИ – измерительная процедура, которой приписаны показатели точности измерений. В соответствии с требованиями стандартов ИСО серии 9000 все процедуры должны быть документированы. Следовательно, и измерительные процедуры документально оформляются.

Разработки МВИ можно избежать в ситуации, при которой результатом измерения является показание СИ, используемого в полном соответствии с его инструкцией по эксплуатации без каких-либо дополнений.

Предпосылки для разработки МВИ.

Методику выполнения измерений разрабатывают и документируют, если измерительную задачу необходимо решать в одной из следующих ситуаций:

- измерения выполняют с применением СИ, но в инструкции по эксплуатации этого СИ не приведены показатели точности измерений, ни алгоритмы их вычисления по метрологическим характеристикам СИ;
- измерения выполняют по методам, погрешности результатов измерений, которых определяются не только погрешностью СИ, но и другими составляющими погрешностей;
- измерения выполняют по методам, для которых требуются новые правила получения результатов измерений, алгоритм вычисления результатов измерений и показателей точности измерений;
- измерения выполняют по методам, когда искомое значение величины определяют по известной зависимости между этой величиной и величинами подвергаемым прямым измерениям (косвенные измерения);
- измерения, выполняемые при количественном химическом анализе (КХА).

Введенный в действие СТ РК 2.18-2019 Государственная система обеспечения единства измерений Республики Казахстан. Методики выполнения измерений. Порядок разработки, метрологической аттестации, регистрации и применения, устанавливает общие требования к разработке, регламентации, экспертизе, аттестации, стандартизации МВИ и к метрологическому надзору за ними.

Положения стандарта распространяются на вновь разрабатываемые и пересматриваемые методики выполнения измерений (МВИ)

Стандарт не распространяется на методики, предназначенные для выполнения измерений методом непосредственной оценки, т.е. методики, в соответствии с которыми искомое значение величины получают непосредственно от средства измерений. Показатели точности результатов измерений, полученных методом непосредственной оценки, полностью определяются показателями точности средств и условиями проведения измерений.

Стандарт не распространяется на МВИ, применяемые вне сферы законодательной метрологии, параметры точности измерений, по которым определяются в процессе или после их применения.

Методика выполнения измерений: Установленная логическая последовательность операций и правил при измерении, выполнение которых обеспечивает получение результатов измерений в соответствии с принятым методом измерений.

Цель разработки и применения МВИ - обеспечение выполнения измерений с погрешностью, не превышающей нормы погрешности или приписанной характеристики погрешности (неопределенности) Приписанная характеристика погрешности измерений - характеристика погрешности любого результата совокупности измерений, полученного при соблюдении требований данной методики.

Разработку МВИ осуществляют на основе исходных данных, которые включают: назначение МВИ, требования к точности измерений, условия выполнения измерений и др. требования к МВИ.

Основные исходные данные, как правило, формируются в техническом задании (ТЗ) на разработку МВИ. Если для разработки МВИ имеются достаточные исходные данные, то ТЗ на разработку МВИ может не потребоваться.

Для разработки МВИ необходимо иметь следующие данные.

В назначении МВИ:

- область применения (объект измерений, в том числе наименование продукции и контролируемых параметров, а также область использования-для одного предприятия, для отрасли и т. п.);
- наименование измеряемой величины;
- характеристики измеряемой величины (диапазон и частотный спектр, значения неинформативных параметров и т. д.);
- характеристики объекта измерений.

Требования к характеристикам погрешности измерений и (или) характеристикам составляющих погрешности измерений (систематической и случайной составляющим) являются основными исходными требованиями для разработки МВИ.

Требования к характеристикам погрешности измерений могут быть регламентированы в НД.

Требования к характеристикам погрешности измерений можно установить исходя из требований к достоверности измерительного контроля (вероятностей ошибок контроля первого и второго рода) или погрешности результатов испытаний.

Часто на практике для установления требований к характеристикам погрешности измерений используют отношение погрешности измерений к допуску на контролируемый параметр (такое отношение должно быть, как правило, не более 0,3; а в обоснованных случаях 0,4-0,5).

Условия измерений задают в виде номинальных значений и (или) границ диапазона возможных значений влияющих величин (климатических, механических, электрических и т.д.)

Кроме того, для разработки МВИ могут потребоваться и другие дополнительные сведения, например, о наличии СИ, в том числе утвержденных типов, о квалификации операторов, выполняющих измерения и др.

Лекция 3. Методы сравнения с мерой

Метод сравнения с мерой – в этом случае измеряемая величина сравнивается с величиной, воспроизводимой мерой. Примеры этого метода: измерение массы на рычажных весах с уравниванием гирями; измерение напряжения постоянного тока на компенсаторе сравнением с ЭДС нормального элемента.

Точность измерения может быть выше, чем точность непосредственной оценки.

Различают следующие разновидности метода сравнения с мерой:

Метод противопоставления, при котором измеряемая и воспроизводимая величина одновременно воздействуют на прибор сравнения, с помощью которого устанавливается соотношение между величинами. Это, например, измерение массы на рычажных весах с помещением её и уравнивающих гирь на две чаши весов при известном соотношении плеч рычага весов. В этом случае при качественном выполнении устройства сравнения (малое трение в опорах, стабильность соотношения плеч рычага и т.п.) может быть достигнута высокая точность измерений (пример – аналитические весы).

Дифференциальный метод (разностный), при котором на измерительный прибор воздействует разность измеряемой величины и известной величины, воспроизводимой мерой. При этом уравнивание измеряемой величины известной производится не полностью. Пример: измерение напряжения постоянного тока с помощью дискретного делителя напряжения, источника образцового напряжения и вольтметра. Этот метод позволяет получать результаты измерений с высокой точностью даже в случае применения относительно неточных измерительных приборов, если с большой точностью воспроизводится известная величина.

Рассмотрим следующий пример. Необходимо измерить постоянное напряжение, истинное значение которого равно $U_x = 0,99 \text{ В}$. В распоряжении экспериментатора имеется набор вольтметров (или один многопредельный) с пределами измерения 0,01; 0,1; 1 В. Пусть погрешность каждого вольтметра при измерении величины, значение которой равно пределу измерения, составляет 1%. Предположим, что имеется также образцовая мера напряжения $U_0 = 1 \text{ В}$, погрешность которой пренебрежимо мала. Очевидно, что, производя измерения методом непосредственной оценки, экспериментатор использует вольтметр с пределом измерения 1 В и получает результат измерений с погрешностью 1%. При дифференциальном методе измерения экспериментатор включает источники измеряемого постоянного напряжения U_x и образцового напряжения U_0 последовательно и встречно и измеряет их разность $U_0 - U_x = 0,01 \text{ В}$ вольтметром с пределом измерения 0,01 В. В этом случае разность $U_0 - U_x$ будет измерена с погрешностью 1%, а, следовательно, значение напряжения будет определено с погрешностью 0,01%.

Указанный метод широко используется, в частности, при проверке средств измерений (например, измерительных трансформаторов тока и напряжения). На нём основана работа очень распространённых в электроизмерительной технике мостов постоянного и переменного токов. Эффект повышения

точности результатов измерений, достигаемый при дифференциальном методе, оказывается тем значительнее, чем ближе значение меры к истинному значению измеряемой величины. В том случае, когда результирующий эффект воздействия величин на прибор сравнения доводят до нуля, дифференциальный метод измерений превращается в нулевой. Очевидно, что в нулевом методе измерений используемая мера должна быть изменяемой (регулируемой), а прибор сравнения выполняет функции индикатора равенства нулю результирующего воздействия измеряемой величины и меры.

Нулевой метод, при котором результирующий эффект воздействия обеих величин на прибор сравнения доводят до нуля, что фиксируется высокочувствительным прибором – нуль-индикатором. Пример: измерение сопротивления резистора с помощью четырехплечевого моста, в котором падение напряжения на резисторе с неизвестным сопротивлением уравновешивается падением напряжения на резисторе известного сопротивления.

Метод замещения, (один из приемов исключения систематических погрешностей измерений, вызываемых погрешностями измерительного прибора) при котором производится поочередное подключение на вход прибора измеряемой величины и известной величины, и по двум показаниям прибора оценивается значение измеряемой величины, а затем подбором известной величины добиваются, чтобы оба показания совпали. При этом методе может быть достигнута высокая точность измерений при высокой точности меры известной величины и высокой чувствительности прибора.

Пример:

1. при взвешивании тела на рычажных весах его снимают с чашки и замещают гирями, суммарная масса которых равна массе тела, при этом весы дадут прежнее показание. Широко применяется при измерениях некоторых электрических величин, например сопротивления, емкости, индуктивности.

2. точное измерение малого напряжения при помощи высокочувствительного гальванометра, к которому сначала подключают источник неизвестного напряжения и определяют отклонение указателя, а затем с помощью регулируемого источника известного напряжения добиваются того же отклонения указателя. При этом известное напряжение равно неизвестному.

Метод совпадения, при котором разность между измеряемой величиной и величиной, воспроизводимой мерой, измеряют, используя совпадение отметок шкал или периодических сигналов.

Пример:

- измерение частоты вращения детали с помощью мигающей лампы стробоскопа: наблюдая положение метки на вращающейся детали в моменты вспышек лампы, по известной частоте вспышек и смещению метки определяют частоту вращения детали;

- измерения длины с помощью штангенциркуля с нониусом (вспомогательная шкала, служащая для более точного определения количества долей делений основной шкалы).

Описанные выше различия в методах сравнения измеряемой величины с мерой находят своё отражение и в принципах построения измерительных приборов.

С этой точки зрения различают измерительные приборы прямого действия и приборы сравнения. В измерительном приборе прямого действия предусмотрено одно или несколько преобразований сигнала измерительной информации в одном направлении, т.е. без применения обратной связи.

Характерной особенностью приборов прямого действия является потребление энергии от объекта измерения. Однако это не исключает возможности применения приборов прямого действия для измерения, например, электрического сопротивления или ёмкости, но для этого необходимо использовать вспомогательный источник энергии. Измерительный прибор сравнения предназначен для непосредственного сравнения измеряемой величины с величиной, значение которой известно.

Лекция 4. Методы отбора проб воздуха.

Методы определения содержания вредных веществ в воздухе основаны на различных физических и химических явлениях, при этом важное значение имеет порядок осуществления контроля, выбор точек отбора проб, продолжительность и периодичность отбора, оценка результатов измерения загрязнения воздуха рабочей зоны.

Для определения концентрации вредных веществ необходимо для начала произвести отбор проб атмосферного воздуха. Данный процесс является чрезвычайно важным и кропотливым. Это связано с тем, что даже при самом точном анализе результаты неправильно произведенного отбора воздуха искажаются. Потому существует целый ряд требований к данному процессу:

- необходимо получить пробу, которая соответствует реальному составу воздуха;
- накопить в пробе нужное количество искомого вещества, для того чтобы его можно было обнаружить в лабораторных условиях.

Взятие проб воздуха зависит от нескольких факторов:

- агрегатное состояние искомого вещества в окружающей среде (аэрозоль конденсации, газ, пар);
- возможные химические взаимодействия искомого вещества с окружающей атмосферной средой;
- количество веществ в воздухе;
- метод исследования.

Во время проведения исследований в лаборатории используют различные методы отбора проб воздуха. Самые распространенные – аспирационный и метод отбора в сосуд (одномоментный).

Первый метод, так называемый аспирационный. Особенность данной методики заключается в аспирации. Иными словами, это фильтрация исследуемого воздуха при помощи специальных веществ, которые способны поглощать определенный ингредиент из всех, проходящих через него. Данное

вещество называется поглотительной средой. (основан на протягивании анализируемого воздуха через твердые или жидкие среды для задержки в них путем механического разделения или растворения определяемого вещества)

Второй метод (метод отбора в сосуд) заключается во взятии в рабочей зоне определенного объема воздуха для последующего анализа его в химической лаборатории.

1. *Аспирационный метод* позволяет накопить на фильтре или в поглотительном растворе анализируемое вещество хотя бы в минимальном количестве, находящемся выше уровня чувствительности химического метода определения. Отбор пробы продолжается 15-20 мин, а в некоторых случаях - 30-60 мин. Недостатком аспирационного метода являются большая трудоемкость отбора пробы и большое усреднение концентрации определяемого вещества в воздухе за продолжительный период времени (в то время как концентрация ядов в воздухе рабочей зоны нередко меняется довольно быстро).

2. *При одномоментном способе* отбора проб воздуха применяются обычные (1-2л) бутылки. Бутылки снабжены пробками, в которые вставлены две трубки – длинная, достигающая почти до дна, и короткая. На концы трубок надевают небольшие резиновые трубки с зажимами.

Примеры заполнения бутылей исследуемым воздухом различны:

- а) через бутылку протягивают 10-ти кратный объем воздуха;
- б) бутылку заполняют до предела водой. В месте отбора пробы воздуха жидкость выливают и бутылка заполняется исследуемым воздухом;
- в) из бутылки посредством вакуум-насоса откачивают воздух до определённого остаточного давления (по манометру). В месте отбора пробы открывают отверстия в бутылке, и исследуемый воздух заполняет бутылку.

Пробы воздуха можно также отбирать в газовые пипетки (по 100-500 мл) или резиновые камеры. С помощью резиновой груши производят закачку воздуха в резиновую камеру. После отбора пробы отверстие камеры закрывают резиновой пробкой. Резиновая груша имеет клапан, предотвращающий выход воздуха из камеры. Однако резиновые камеры могут применяться только в том случае, если исследуемое вещество точно не реагирует с резиной. В них воздух не сохраняется больше трех часов. Его накачивают туда с помощью электрического или ручного насоса НПП. Для исследований воздух переводится в калибровочную бутылку или другой поглотитель с соответствующей средой.

Каждая отобранная проба нумеруется. В журнале делается запись: место отбора пробы, дата отбора пробы, время отбора пробы.

Одномоментный способ отбора удобен и лишен недостатков аспирационного метода, но может применяться лишь тогда, когда имеется высокочувствительный метод анализа и нет необходимости концентрировать (аккумулировать) вещества, содержащиеся в воздухе производственных помещений в незначительном количестве.

Оборудование, применяемое при отборе проб воздуха

1. Аспираторы

Для отбора пробы необходимы аспиратор и устройства для задержки анализируемого вещества: при определении аэрозолей фильтры; при определении паров и газов - поглотительные приборы. В качестве аспиратора обычно используют электрический аспиратор – воздуходувку.

В практике используется несколько разновидностей аспираторов. Удобным для использования считается **электроаспиратор АПВ-4**. Этот прибор объединил в себе электрическую воздуходувку с реометрами, которые представляют собой стеклянные ротаметры, две из которых нужны для замеров скорости отбора воздуха, а две другие предназначены для большой скорости. Малая скорость составляет от 0,2 до 1 л/мин, большая – от единицы до 20 литров в минуту. Нижняя часть ротаметров соединена со штуцерами, выведенными в переднюю часть прибора. К этим штуцерам присоединены силиконовые трубки вместе с поглотительными приборами. Благодаря такой схеме одновременно можно отбирать сразу четыре пробы. Верхняя часть ротаметра имеет ручки вентиля, которые точно так же выведены в переднюю часть. Это помогает регулировать скорость отбора проб воздуха.

Принцип работы данного прибора заключается в том, что во время включения в сеть с помощью электродвигателя вращается ротор воздуходувки. В то же время в ее корпусе понижается давление. А воздух, помещенный вне прибора, проходит через штуцеры. Затем поступает наружу. Узнав затраченное время на его прохождение сквозь аспиратор и его скорость, можно определить объем воздуха, проходящего через поглотительный прибор, который присоединяется к штуцеру.

Существующие поглотители созданы для того, чтобы забирать химические примеси из воздуха при помощи твердых и жидких сред. И поглотитель, и среду для него выбирают не случайно. Здесь учитываются агрегатные состояния веществ, которые проходят исследования. А также необходимость в обеспечении продолжительного контакта самого вещества и поглотительной среды.

При его применении в случае, когда определяют токсические вещества в виде аэрозолей, отбор пробы сходен с методом определения запыленности воздуха. Отличие заключается лишь в самом определении токсического вещества, которое обычно проводится не весовым, а химическим методом с предварительным переводом твердого вещества в жидкое состояние путем растворения его в кислотах, щелочах и других растворителях. При определении концентрации паров и газов скорость протягивания воздуха должна быть невелика.

Водяной аспиратор позволяет без применения посторонней энергии отбирать две параллельные пробы в условиях взрывоопасной и пожароопасной атмосферы. Скорость воздуха, проходящего через поглотительные сосуды, можно регулировать.

Водяной аспиратор состоит из двух отградуированных бутылей вместимостью 3-5 л (стеклянные или металлические), соединенных между

собой резиновым шлангом с винтовым зажимом. Бутыли герметически закрываются резиновыми пробками, в которых просверлены отверстия для стеклянных трубок диаметром 0,7-0,8 см с краном.

Сосуды располагаются на различной высоте. В верхний сосуд наливают воду. Когда она перетекает в нижний сосуд, в верхнем создается разрежение, которое используется для просасывания исследуемого воздуха через поглотительные приборы. Это позволяет обходиться без электроаппаратуры.

При отборе проб поглотительный прибор присоединяют к концу стеклянной трубки верхней бутылки и анализируемый воздух засасывается через поглотительный прибор, верхний кран открыт. Скорость аспирации (равная отношению объема протянутого воздуха к времени аспирации), зависит от разности уровней бутылей, диаметра соединительных трубок и регулируется винтовым зажимом, надетым на трубку, соединяющую бутылки.

2. Аналитические фильтры

Для улавливания аэрозолей применяют **аналитические фильтры** аэрозольные АФА-ХЛ, АФА-ХП и АФА-ХС. Буква Х обозначает, что фильтры предназначены для проведения анализа аэродисперсных примесей химическим (а не весовым) методом. Стоящие рядом буквы указывают, что материал ультратонких волокон фильтра изготовлен соответственно из ацетилцеллюлозы (А), перхлорвинила (П) и полистирола (С).

Для определения концентрации радиоактивных аэрозолей применяют фильтры АФА-РМ из метилакрилатного материала; для определения изотопного состава радиоактивных аэрозолей спектрометрическим методом - фильтры АФА-РСП из перхлорвинилового материала; фильтры АФА-БА - для бактериального анализа аэродисперсных примесей и др.

Для определения концентрации вредных примесей весовым методом применяют стойкие к влаге, кислотам и щелочам фильтры АФА-ВП двух типов: АФА-ВП-10 и АФА-ВП-20 с площадью фильтрующих дисков 10 и 20 см² и массой 50 и 110 мг соответственно.

Фильтры АФА изготавливаются в виде дисков с прессованными краями, вложенных в защитные кольца. Рабочая площадь фильтров 10 и 20 см², они обладают высокой фильтрующей активностью и малым аэродинамическим сопротивлением, что позволяет аспирировать воздух с большой скоростью, сокращая этим отбор проб.

3. Поглотительные приборы

Для задержки паров и газов применяют **стеклянные изделия самой разнообразной конструкции** (от простейших стеклянных трубок до колб сложной конфигурации), которые заполняются поглотителями (растворами, химическими зерненными и порошкообразными реактивами соответствующего назначения).

Например, поглотители с пористой пластинкой, Зайцева, Рихтера, Петри и др. Они представляют собой стеклянные цилиндры, в верхнюю расширенную часть которых впаиваются две стеклянные трубки. Конец одной

доходит почти до дна и заканчивается иногда полым шариком с несколькими отверстиями. Верхний конец этой трубки загнут под прямым углом. Вторая, короткая, трубка, тоже изогнутая под прямым углом, впаяна в верхнюю расширенную часть поглотителя и служит для выхода воздуха из него. За счет сужения нижней части прибора повышается высота столба налитой в прибор жидкости (поглотительного раствора), что обеспечивает максимальный контакт исследуемого воздуха (который входит в прибор через длинную трубку) с поглотительным раствором при соблюдении необходимой в каждом конкретном случае скорости аспирации.

Лекция 5. Методы анализа проб воздуха.

Специфика исследований качества воздушной среды заключается в том, что в большинстве случаев требуется определить очень малые количества вещества, измеряемые миллиграммами или их долями. Поэтому используемые методы должны быть высокочувствительными, точными и быстрыми.

Для анализа отобранных проб воздуха применяют разнообразные методы. Методы анализа делятся на: химические, физические, физико-химические. Отнесение метода к той или иной группе зависит от того, в какой мере определение химического состава системы данным методом основано на использовании химических реакций, физических процессов или физико-химических свойств вещества.

Химические методы основаны на использовании химических реакций для определения состава системы. Так, используя реакцию, характерную для определяемого иона с образованием окрашенного комплекса, осадка, малодиссоциированного соединения, можно провести качественный и количественный химический анализ.

Физическими методами определяется свойство, непосредственно зависящее от природы атомов и их концентрации в системе, например интенсивность радиоактивного загрязнения.

Физико-химические методы основаны на зависимости физического свойства от химического состава анализируемой среды.

Физические и физико-химические методы объединяются общим названием – инструментальные методы анализа, так как для их проведения обычно требуются специальные приборы и инструменты.

Можно выделить три основные группы физико-химических методов: оптические, электрохимические и хроматографические.

В основе **оптических** методов анализа лежит связь между оптическими свойствами системы и её составом. В эту группу входят следующие методы:

- фотометрический и спектрофотометрический
- колориметрический
- нефелометрический
- турбидиметрический
- люминесцентный
- рефрактометрический

Электрохимические методы анализа основываются на взаимосвязи электрохимических свойств системы и её составом. К этой группе относятся следующие методы:

- кондуктометрический (низкочастотный и высокочастотный)
- потенциометрический
- электрогравиметрический
- кулонометрический
- полярографический

Хроматографические методы анализа позволяют определить глубине адсорбции различных по составу и строению веществ.

- жидкостная
- газовая
- бумажная
- тонкослойная хроматография
- высокоэффективная хроматография.

Все большее распространение получают масс-спектрометрические (хроматомасс-спектрометрия), радиометрические, лазерные и другие методы анализа. Все методы отличаются достаточной чувствительностью при определении микроконцентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

В настоящее время нормировано более 3000 вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Наличие предельно допустимых концентраций (ПДК), которые для воздуха имеют размерность мг/м³, предполагает существование стандартных методик для контроля за содержанием искомого вещества. Определение загрязнений воздуха принадлежит к наиболее трудным задачам аналитической химии, поскольку в анализируемой пробе могут одновременно находиться сотни вредных химических соединений, относящихся к органическим и неорганическим соединениям различных классов, что требует их идентификации. Для идентификации загрязнений различной природы существуют методы, отличающиеся высокой селективностью, низким пределом обнаружения и высокой надежностью получаемых результатов. После проведения идентификации вредных веществ в воздухе рабочей зоны, выявляются приоритетные химические вещества с учетом их токсичности опасности. По этим веществам осуществляется контроль воздуха промышленных предприятий.

Методика проведения физико-химических методов в основном одинакова и сводится к следующему:

- в зависимости от анализируемой системы выбирается необходимый метод анализа;
- готовится ряд стандартных растворов (серий);
- измеряются физические свойства растворов на соответствующем приборе;
- по полученным данным строится градуировочный график в координатах состав-свойство;

- измеряется физическое свойство анализируемого образца и по графику определяется его состав.

Лабораторные методы анализа состояния воздуха наиболее точны, но не оперативны и требуют много времени, квалифицированного работника и сложного оборудования.

Фотометрический метод

Метод качественного и количественного анализа жидких и газообразных сред, основанный на светопоглощении, называется фотометрическим, т.е. на измерении поглощения, пропускания рассеяния света определенным веществом. Прибор, используемый для осуществления фотометрического метода в видимой части спектра, называется фотоэлектроколориметр (ФЭК). Принцип действия прибора заключается в регистрации величины тока фотоэлемента, на который падает параллельный пучок монохроматического света (одноцветный, световые колебания одной частоты), прошедшего через слой исследуемой жидкости или газа. ФЭК позволяет определить величины светопоглощения и оптической плотности исследуемых сред. Погрешности определения составляют около 5%.

В зависимости от используемой аппаратуры в фотометрическом анализе различают спектрофотометрический метод – анализ по поглощению монохроматического света и фотоколориметрический – анализ по поглощению полихроматического (немонохроматического) света в видимой части спектра. Оба метода основаны на пропорциональной зависимости между светопоглощением и концентрацией поглощающего вещества.

Преимуществом фотоколориметрического метода является возможность создания на его основе универсальных конструкций, так как один и тот же прибор с разными индикаторными растворами может быть использован для определения различных вредных веществ. Определяющим при этом является наличие фотоколориметрической методики для автоматического анализа, отвечающей следующим требованиям: устойчивость реактивов во времени. минимальное время образования окрашенного соединения, чувствительность и специфичность реакции, отсутствие сложных операций (кипячение, экстракция), небольшое число реактивов, их невысокая токсичность, пожаро- и взрывоопасность, доступность. несложность приготовления растворов.

Спектрофотометрический анализ имеет ряд преимуществ по сравнению с фотоколориметрическим. При использовании спектрометрии оптическую плотность анализируемых растворов измеряют спектрофотометром с использованием монохроматического излучения, поэтому значительно увеличивается чувствительность и точность определения. Кроме того, спектрофотометрический метод применим как для анализа одного вещества в растворе, так и для анализа многокомпонентной системы веществ, не реагирующих химически друг с другом. Спектрофотометрия позволяет работать не только с окрашенными растворами, поглощающими свет в

видимой части спектра, но и с прозрачными растворами, которые поглощают излучение в УФ- или ИК-областях спектра.

Спектрофотометрический метод анализа основан на спектрально-избирательном поглощении монохроматического потока световой энергии при прохождении его через исследуемый раствор. Метод позволяет определять концентрации отдельных компонентов смесей окрашенных веществ, имеющих максимум поглощения при различных длинах волн, он более чувствителен и точен, чем фотоэлектродиметрический метод. Известно, что фотодиметрический метод анализа применим только для анализа окрашенных растворов, бесцветные растворы в видимой области спектра обладают незначительным коэффициентом поглощения. Однако многие бесцветные и слабо окрашенные соединения (особенно органические) обладают характерными полосами поглощения в ультрафиолетовой и инфракрасной областях спектра, что используют для их количественного определения. Спектрофотометрический метод анализа применим для измерения светопоглощения в различных областях видимого спектра, в ультрафиолетовой и инфракрасной областях спектра, что значительно расширяет аналитические возможности метода.

Фотометрия широко применяется при проведении санитарно-химического анализа вод, для контроля очистки воды аналитическими методами и в исследовательской работе. В питьевой воде фотометрическим методом определяют содержание алюминия, никеля, свинца, железа, марганца, меди, цинка, нитритов, нормируемых по их влиянию на токсикологические и органолептические свойства воды.

Фотометрический анализ отличается простотой выполнения, достаточной точностью и высокой чувствительностью. Он основан на избирательном поглощении светового потока однородными средами, пропорциональной зависимости между оптической плотностью вещества, его концентрацией и толщиной поглощающего раствора.

Основной закон светопоглощения

Если световой поток пропустить через кювету с раствором, поглощающим свет, то выходящий световой поток будет менее интенсивным чем входящий. Ослабление светового потока связано с частичным поглощением его и частичным отражением.

Соотношение между интенсивностями падающего светового потока I_0 , светового потока прошедшего через раствор I , поглощенного I_n и отраженного $I_{отр}$ можно выразить следующим образом:

$$I_0 = I + I_n + I_{отр}.$$

Интенсивность отраженной части светового потока невелика и ею можно пренебречь. Тогда, $I_0 = I + I_n$. Непосредственно можно измерить интенсивность падающего светового потока и светового потока, прошедшего

через раствор. Интенсивность поглощенного светового потока непосредственному измерению не поддается. Ее принято выражать величиной $\lg I_0/I$. Эта величина называется **оптической плотностью** и обозначается A . Существует определенная зависимость между оптической плотностью, толщиной слоя и концентрацией вещества, выражаемая законом Бугера — Ламберта — Бера:

$$A = K * c * l,$$

где: K — молярный коэффициент светопоглощения;

c — концентрация раствора, моль/дм³;

l — толщина слоя раствора, через который проходит световой поток, см.

Молярный коэффициент светопоглощения K зависит от длины волны, температуры растворителя и не зависит от толщины поглощающего слоя и концентрации растворенного вещества. Он **отражает индивидуальные свойства вещества**, для разных веществ он имеет различное значение.

Величина молярного коэффициента светопоглощения является наиболее важной и объективной характеристикой чувствительности фотометрического метода. Чем выше величина коэффициента, тем чувствительнее метод.

Величина оптической плотности зависит от длины волны и концентрации раствора. Поглощение света зависит при разных длинах волн неодинаково, оно носит избирательный характер.

Спектр поглощения является индивидуальной характеристикой данного вещества, он используется для идентификации веществ. Если получить спектры поглощения растворов исследуемого вещества, имеющих различную концентрацию, то кривые спектров поглощения будут иметь одну и ту же форму, положение максимума поглощения сохранится на всех спектрах при одной и той же длине волны.

Как уже было сказано, величина оптической плотности зависит от концентрации раствора. Чем больше концентрация раствора, тем больше величина оптической плотности.

Полярографический метод

Полярографический метод анализа является одним из электрохимических методов. Он основан на расшифровке вольтамперных кривых, называемых полярограммами, которые получаются при электролизе исследуемого раствора в специальной электрополярографической ячейке.

В этой ячейке в качестве одного электрода, называемого рабочим, используют ртуть, вытекающую из тонкого капилляра — катода с периодом капания 2-7 с и диаметром примерно 1 мм. Второй электрод — анод, является электродом сравнения. Он представляет собой слой ртути с большой поверхностью на дне сосуда.

От внешнего источника тока на электроды подается постепенно увеличивающееся напряжение при наличии в анализируемом растворе

веществ, способных окисляться или восстанавливаться, сила тока возрастает после достижения определенной величины приложенного напряжения, называемой потенциалом полуволны. Эта зависимость силы тока от приложенного напряжения выражается полярографической волной и регистрируется на самописце полярографа.

Для количественного определения вещества используют прямо пропорциональную зависимость между силой предельного тока, выраженной высотой полярографической волны и концентрацией вещества в растворе. Для получения строго количественных закономерностей в анализируемый раствор вводят избыток постороннего электролита — фон. В качестве фона применяют соли лития и другие разбавленные соли, кислоты, щелочи. Присутствие кислорода в анализируемом растворе мешает проведению анализа, поэтому его удаляют, пропуская через раствор инертный газ.

Для полярографии используют полярографы различных марок. Полярографированию поддаются практически все катионы металлов, многие анионы, неорганические и органические вещества, способные к электрохимическому окислению или восстановлению.

Высокая чувствительность метода сочетается с достаточной точностью. Быстрота выполнения анализа, объективность получаемых результатов в сочетании с хорошей воспроизводимостью, выгодно выделяет полярографический метод среди других физико-химических методов исследования.

Этот метод нашел широкое применение в санитарно-химическом анализе для исследования пищевых продуктов на содержание солей тяжелых металлов, а также питьевых вод, поверхностных водоемов и сточных вод на содержание солей хрома, свинца, цинка, меди. В воздухе полярографическим методом определяют свинец, хром, марганец, цинк, кадмий, медь, формальдегид и другие токсичные вещества.

Люминесцентный метод

Люминесцентный метод основан на переводе молекул или атомов вещества в энергетическое возбужденное состояние и измерении интенсивности свечения, возникающего при возвращении молекул в состояние равновесия. Основным методом количественного химического люминесцентного анализа является флюориметрия – метод установления количества люминесцирующего вещества по интенсивности люминесценции. При этом существует определенная зависимость между интенсивностью люминесценции и концентрацией вещества. Флюориметрические методы принципиально ничем не отличаются от фотометрических и представляют лишь разновидность оптических методов, однако имеют свои специфические особенности.

Наиболее простыми являются приборы, применяемые при выполнении качественного анализа визуальной флюориметрии. Для количественного анализа существуют более сложные приборы – флюориметры.

Поглощая свет соответствующей энергии, атом вещества переходит из нормального состояния E_0 в возбужденное E_1 при этом наблюдается свечение. Частоты поглощенного и излученного света равны (резонансное излучение) Во всех видах люминесценции проявляются характерные свойства веществ, что может служить основой для их распознавания и излучения.

Флюориметрические измерения выполняют визуально и с помощью объективных методов регистрации возникающего излучения.

Основными узлами любой флюориметрической установки является источник возбуждающей реакции: первичное монохроматическое устройство и приемник лучистой энергии.

Люминесцентный анализ обладает исключительной чувствительностью: люминесценцию можно наблюдать при исследовании очень малых концентраций люминесцирующих веществ. Этот метод успешно конкурирует с большинством физико-химических методов.

Метод применяют для определения нефтепродуктов в воде, смолистых веществ в воздухе рабочей зоны, бензилового спирта в атмосферном воздухе.

Газовая хроматография

Хроматография – это метод разделения и определения веществ, основанный на распределении компонентов между двумя фазами – подвижной и неподвижной. **Неподвижной** (стационарной) фазой служит твердое пористое вещество (часто его называют **сорбентом**) или пленка жидкости, нанесенная на твердое вещество. **Подвижная** фаза представляет собой жидкость или газ, протекающий через неподвижную фазу, иногда под давлением.

Хроматография (от греч. chroma, chromatós - цвет, краска), физико-химический метод разделения и анализа смесей, основанный на распределении их компонентов между двумя фазами - неподвижной и подвижной (элюент), протекающей через неподвижную. Хроматографический анализ является критерием однородности вещества: если каким-либо хроматографическим способом анализируемое вещество не разделилось, то его считают однородным (без примесей).

Принципиальным отличием хроматографических методов от других физико-химических методов анализа является возможность разделения близких по свойствам веществ. После разделения компоненты анализируемой смеси можно идентифицировать (установить природу) и количественно определять (массу, концентрацию) любыми химическими, физическими и физико-химическими методами.

Широкое распространение хроматографические методы получили благодаря своим достоинствам: эффективности, простоте эксперимента, селективности, скорости, возможности автоматизации в сочетании с другими физико-химическими методами. Отличительная особенность хроматографических методов – их универсальность, т.е. возможность использования для разделения и определения твердых, жидких и газообразных

неорганических и органических соединений в широком интервале концентраций.

Ценность хроматографических методов состоит в том, что они позволяют эффективно проводить разделение соединений с близкими свойствами. Хроматография дает возможность проводить качественный и количественный анализ исследуемых объектов, изучать физико-химические свойства веществ, осуществлять контроль и автоматическое регулирование технологических процессов. В последнее время хроматография – один из основных методов контроля окружающей среды. Хроматографические методы разделения веществ основаны на сорбционных процессах. Под сорбцией понимают поглощение газов, паров или растворенных веществ сорбентами - твердыми или жидкими поглотителями. Сорбция – общее понятие, которое включает в себя адсорбцию (поглощение на поверхности фазы) и абсорбцию (поглощение в объеме фазы).

Сущность всех хроматографических методов состоит в том, что разделяемые вещества перемещаются через слой неподвижного сорбента (неподвижной фазы) вместе с подвижной фазой (жидкой или газообразной) с разной скоростью благодаря их различной сорбционной способности. В процессе хроматографирования много раз повторяются процессы сорбции и десорбции компонентов в новых слоях сорбента, что обеспечивает высокую эффективность разделения.

Таким образом, хроматография – это динамический сорбционный способ разделения смесей, основанный на распределении вещества между двумя фазами, одна из которых подвижна, а другая – неподвижна, и связанный с многократным повторением сорбционных и десорбционных актов.

Хроматография широко применяется в лабораториях и в промышленности для качественного и количественного анализа многокомпонентных систем, контроля производства, особенно в связи с автоматизацией многих процессов, а также для препаративного (в т. ч. промышленного) выделения индивидуальных веществ (например, благородных металлов), разделения редких и рассеянных элементов.

В некоторых случаях для идентификации веществ используется хроматография в сочетании с другими физико-химическими и физическими методами, например с масс-спектрометрией, ИК-, УФ-спектроскопией и др. Для расшифровки хроматограмм и выбора условий опыта применяют ЭВМ.

Основные достоинства хроматографического анализа:

- экспрессность; высокая эффективность; возможность автоматизации и получение объективной информации;
- сочетание с другими физико-химическими методами;
- широкий интервал концентраций соединений;
- возможность изучения физико-химических свойств соединений;
- осуществление проведения качественного и количественного анализа;
- применение для контроля и автоматического регулирования технологических процессов.

В зависимости от природы взаимодействия, обуславливающего распределение компонентов между элюентом и неподвижной фазой, различают следующие основные виды хроматографии - адсорбционную, распределительную, ионообменную, эксклюзионную (молекулярно-ситовую) и осадочную.

Адсорбционная хроматография основана на различии сорбируемости разделяемых веществ адсорбентом (твёрдое тело с развитой поверхностью); **распределительная** хроматография - на разной растворимости компонентов смеси в неподвижной фазе (высококипящая жидкость, нанесённая на твёрдый макропористый носитель) и элюенте; **ионообменная** хроматография - на различии констант ионообменного равновесия между неподвижной фазой (ионитом) и компонентами разделяемой смеси; **эксклюзионная** (молекулярно-ситовая) хроматография - на разной проницаемости молекул компонентов в неподвижную фазу (высокопористый неионогенный гель). **Осадочная** хроматография основана на различной способности разделяемых компонентов выпадать в осадок на твёрдой неподвижной фазе.

В зависимости от агрегатного состояния подвижной и неподвижной фаз "различают варианты газовой и жидкостной хроматографии.

Газовой хроматографией называют хроматографический процесс, в котором подвижной фазой является газ (или пар). Варианты газовой хроматографии — газо-адсорбционная и газожидкостная хроматография, а также промежуточные методы.

В газо-адсорбционной (точнее — газо-твёрдофазной) хроматографии неподвижной фазой служит твёрдый адсорбент, а подвижной — газ.

В газожидкостной хроматографии неподвижной фазой служит жидкость, нанесённая на инертный носитель, а подвижной — газ.

Газовая хроматография применяется для определения примесей вредных веществ в воздухе, воде, почве, промышленных продуктах; определения состава продуктов основного органического и нефтехимического синтеза, выхлопных газов, лекарственных препаратов, а также в криминалистике и т.д.

Жидкостной хроматографией называют хроматографический процесс, в котором подвижной фазой является жидкость. В жидкостно-жидкостной хроматографии и подвижной, и неподвижной фазами служат жидкости. В жидкостно-адсорбционной хроматографии неподвижной фазой служит твёрдый адсорбент, а подвижной — жидкость. В жидкостной хроматографии также имеются промежуточные варианты. Следует указать на некоторую условность термина «неподвижная фаза», поскольку адсорбент или абсорбирующая жидкость не всегда остаются неподвижными. Они могут перемещаться в том же направлении, что и подвижная фаза (но с другой скоростью), или в противоположном. Более того, можно говорить о распределении вещества между двумя областями одной фазы, движущимися с различными скоростями (гидродинамическая хроматография, являющаяся методом разделения коллоидных частиц).

Метод применяется в санитарно-гигиенических исследованиях воздуха рабочей зоны для проведения анализа различных классов органических и

неорганических соединений; пестицидов, гербицидов и инсектицидов; ароматических и полиароматических соединений, включая бенз(а)пирен; спиртов, лекарственных препаратов и антибиотиков; витаминов; битумов и др.

Прибор для проведения газохроматографического процесса называют газовым хроматографом. Для ввода в хроматографическую колонку газовой, жидкой или твердой пробы служит дозатор. Пробу можно вводить либо непосредственно в поток газа-носителя (например, шприцем), либо в ограниченный объем, из которого она транспортируется газовым потоком в колонку. Разделение компонентов происходит в хроматографической колонке. Обычно насадочные колонки имеют длину 1—4 м и внутренний диаметр 2—4 мм. Капиллярная колонка представляет собой трубку длиной обычно 25—100 м с внутренним диаметром 0,2—0,5 мм, изготовленную из нержавеющей стали, стекла, меди, полимерных материалов и др.

Поскольку основным способом определения состава анализируемой смеси в газовой хроматографии является метод выходной кривой, после колонки устанавливают детектор, фиксирующий изменение состава выходящей из колонки смеси (элюата). Дифференциальный детектор фиксирует концентрацию компонентов в газе-носителе, интегральный детектор непрерывно фиксирует общее количество элюируемых сорбатов (с начала опыта). Соответственно кривые, записываемые на ленте регистратора 4, называют дифференциальными или интегральными хроматограммами.

Современный газовый хроматограф оснащается счетно-решающим устройством (иногда такое устройство обслуживает одновременно несколько хроматографов), которое, получив сигнал от детектора, осуществляет качественную и количественную расшифровку результатов анализа и выдает данные по содержанию индивидуальных компонентов.

Лекция 6. Экспресс-методы анализа проб воздуха. Методы оценки запыленности воздуха.

Кроме указанных выше методов - высокоточных и чувствительных, требующих, однако, значительных затрат времени на определение содержания вредных и опасных веществ в воздухе, современная промсанитария располагает менее точными, но более быстрыми методами анализа. К экспресс-методам анализа воздуха относятся колориметрические и линейно-колористические методы, позволяющие оперативно в месте отбора пробы определить концентрацию загрязняющих воздух веществ.

Колориметрические методы основаны на протягивании воздуха, содержащего загрязняющее вещество, через раствор, фильтровальную бумагу или зернистый твердый сорбент и измерении интенсивности полученной на них окраски путем сравнения со стандартными шкалами (образцами-эталоном) с указанной на них концентрацией исследуемого вещества.

Другой вариант метода заключается в протягивании воздуха через те же поглотительные среды и измерении объема протянутого воздуха до появления на них определённой окраски. Определение ведётся по градуированной

кривой зависимости объёма протянутого воздуха от концентрации вещества.

Линейно-колористический метод основан на протягивании исследуемого воздуха через стеклянные индикаторные трубки и измерении длины окрашенного столбика порошка по заранее подготовленным шкалам, показывающим зависимость этой длины от концентрации данного вещества.

Газоанализаторы УГ-1, УГ-2, ГХ-4 и др. имеют один и тот же принцип действия, в основе которого лежит метод цветных реакций.

Прибор ГХ прост в устройстве, надёжен и его можно использовать в любых условиях. Он предназначен также для быстрого определения концентраций окиси углерода, сернистого газа, сероводорода и др. Для прокачки воздуха служит меховой насос, а для определения концентрации газов имеются соответствующие шкалы. Трубка с предварительно обломанными концами вставляется в прибор и через неё прокачивается воздушная масса на месте отбора пробы. В трубках находится вещество реагирующее на определённый газ. По цвету, трубки определяется наличие примесей в воздухе, а по шкале концентрация этого вещества.

Наиболее широкими возможностями для экспресс-анализа воздушной среды обладают наиболее распространенные в настоящее время универсальные газоанализаторы УГ-2 (рисунок 4.1).

Газоанализатор УГ-2 состоит из корпуса 7, внутри которого расположен резиновый воздушный насос 5, называемый также аспиратором или сильфоном. Аспиратор имеет вид широкой гофрированной резиновой трубы, закрепленной между двумя металлическими фланцами. Внутри аспиратора имеется стальная пружина 4, которая держит его в растянутом положении. Для сохранения формы гофрированных поверхностей с внутренней стороны в гофры вставлены распорные кольца 6. Сильфон сжимается штоком 1 путем нажатия рукой на его головку. Прибор оборудован направляющей втулкой 2, смонтированной на верхней плите 3. Для фиксации хода штока во время движения его по направляющей втулке предусмотрен стопор 12. Шток газоанализатора имеет на противоположных сторонах канавки 15. Над канавками вверху стоит цифра, соответствующая объему просасываемого воздуха в миллилитрах. Каждая канавка имеет два отверстия для фиксации стопором обозначенного объема протянутого через индикаторную трубку воздуха. Ход поршня от нижнего отверстия до верхнего регулируется автоматически. После протягивания обозначенного объема воздуха слышится щелчок от срабатывания стопора на верхнем отверстии канавки штока.

Нижняя часть сильфона соединена резиновой трубкой 13 со штуцером 14, к которому присоединен гибкий резиновый шланг 11, предназначенный для присоединения индикаторных трубок 10. Последние представляют собой стеклянные трубки длиной 90 мм с внутренним диаметром 2,5 мм, которые заполняются индикаторным порошком. На лицевой стороне панели прибора имеется гнездо 8 для хранения штока 1.

На каждый исследуемый газ имеются две шкалы-линейки. По левой линейке замеряют концентрацию газов при использовании штоков с малым объемом просасывания воздуха, а по правой линейке - концентрацию газов

при использовании штоков с большим объемом просасывания. При этом нулевое деление шкалы должно совпадать с началом границы поверхности порошка в индикаторной трубке. Отсчет берется по высоте окрашенного столбика реактива на линейке.

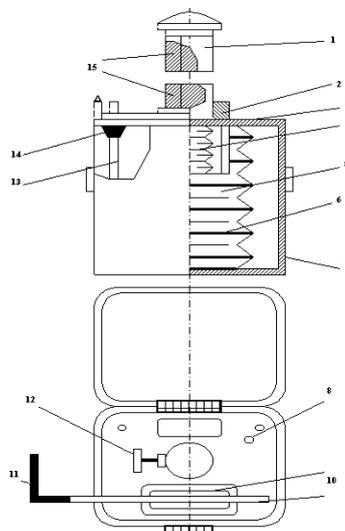


Рисунок 4.1. Общий вид универсального газоанализатора УГ-2.
(а – продольный разрез; б – вид сверху)

1 - шток; 2 - направляющая втулка; 3 - верхняя плита; 4 - стальная пружина; 5 -воздушный насос; 6 - распорные кольца; 7 - корпус газоанализатора; 8 - гнездо для хранения штока; 9 - шкала; 10 - индикаторная трубка; 11 - резиновый шланг; 12 - стопор; 13 - резиновая трубка; 14 - штуцер; 15 - канавки на штоке.

Многокомпонентный переносной газоанализатор ГАНК-4 А/Р используется для непрерывного или периодического контроля концентраций в расширенном диапазоне (атмосферный воздух и воздух рабочей зоны) в целях охраны окружающей среды, обеспечения безопасности труда работников. Измерения концентраций вредных веществ являются последовательными и осуществляются на встроенных датчиках (до 10 датчиков в одном газоанализаторе) и на сменных химкассетах (до 15 химкассет в одном газоанализаторе). Принцип действия газоанализатора комбинированный и основан на оптронноспектрофотометрическом методе измерений (со сменной химкассетой). Работа осуществляется в автоматическом режиме. Насос подает через входной штуцер анализируемый воздух на ленту химкассеты. Измеряется скорость изменения потемнения (окраски) ленты, пропорциональная концентрации определяемого вещества. Через время, не более 30 с, сигнал поступает в вычислительное устройство, которое преобразовывает его и выдает на дисплей в виде значения текущей и средней концентраций в мг/м³. Интервал выдачи значений усредненной величины на дисплей

осуществляется в зависимости от режима работы газоанализатора и записывается в память автоматически. При превышении уровня предельно допустимой концентрации (ПДК) срабатывает звуковая и световая сигнализации. Масса газоанализатора с сумкой-кофром 5 кг. Предел основной относительной погрешности $\pm 20\%$.

Методы исследования запыленности воздуха

Пыль – физическое состояние вещества (раздробленность его на мельчайшие частицы). Эти частицы находятся во взвешенном состоянии в воздухе, представляют собой дисперсную систему.

Количественное соотношение в пыли фракций различного размера называется *дисперсным составом пыли*.

Промышленная пыль образуется в результате дробления, размалывания и транспортирования строительных материалов, при разработке сухого грунта, приготовлении бетона и раствора, составлении красок для малярных работ, а также при механической обработке металлов и пластмасс, при взрывных работах и т.д.

Наиболее вредна мелкая пыль размера частиц до 10 мк, так как она, не задерживается в верхних дыхательных путях, проникает в лёгкие и вызывает их заболевания различными видами пневмокониоза (силикоз, асбестоз). Пыль более крупная задерживается на слизистых оболочках верхних дыхательных путей и оказывает раздражающее действие, вызывая хронические катары бронхов. Кроме того, при длительном пребывании в пылевой зоне у человека возникают заболевания кожи, глаз и др. Поэтому, зная состав пыли и её дисперсный состав необходимо.

Контроль запыленности воздуха является обязательным в литейных цехах, сварочных мастерских, в строительстве, на цементных и кирпичных заводах, шахтах, в деревообрабатывающей, фармацевтической и иных отраслях промышленности.

Массовые концентрации взвешенных частиц в воздухе рабочей зоны обычно выше, чем измеряемые при атмосферном мониторинге, что позволяет несколько снизить требования по чувствительности к используемым для этих целей приборам и методам.

Основным методом определения массовой концентрации пыли в воздухе рабочей зоны до сих пор остается гравиметрия (взвешивание массы собранных на фильтре частиц). Отбор проб при этом осуществляется с помощью аспираторов или иных пробоотбирающих устройств, в которых предусмотрена ручная замена фильтров. Однако в настоящее время появилась возможность использовать в ходе контрольных замеров приборы с автоматической сменой фильтров.

Для непрерывных измерений запыленности воздуха рабочей зоны применяются автоматические анализаторы, принцип действия которых основан на методах нефелометрии, бета-затухания, пьезобаланса и электроиндукции.

Для оценки экспозиции работников к пыли в течение смены используют индивидуальные пробоотборники. Возможность установления критериев вредности по пылевой нагрузке позволяет данным приборам занять свое место в системе пылевого контроля наряду с автоматическими пылемерами.

В целом запыленность воздуха на промышленных предприятиях исследуют с целью определения вещественного состава пыли, концентрации ее в воздухе и дисперсности. При этом решают различные задачи: определение средней запыленности в зоне дыхания рабочих, оценка интенсивности пылеобразования, изучение эффективности противопыльных мероприятий и т. п.

Большое многообразие методов и средств контроля запыленности воздуха сводится к двум группам:

1. Прямые методы, основанные на предварительном осаждении пылевых частиц (фильтрационные, седиментационные, и др.) с последующим взвешиванием.

2. Косвенные методы, основанные на измерении какого-нибудь параметра (перепада давления на фильтрующем материале, частоты или амплитуды вибрации-, тока смещения от трения пыли о стенку корпуса, интенсивности проникновения через фильтр радиации и т.д.) с последующей интерпретацией на концентрацию.

В частности, косвенные методы измерения весовой (счетной) концентрации пыли — это те, при которых, не измеряя непосредственно веса пыли (числа частиц), определяют весовую (счетную) концентрацию пылевого аэрозоля по какому-либо его свойству (например, по величине светового потока, поглощенного частицами). К косвенным методам измерения запыленности в весовых или счетных показателях относятся некоторые оптические (фотоэлектрические) и электрические, а также акустические, радиоизотопные и др. Поскольку нет внутренней связи между весом (числом частиц) и оптическими, электрическими и другими свойствами пыли, точность косвенных методов зависит от изменчивости характеристик пылевого аэрозоля, особенно от изменчивости дисперсного и вещественного состава, от стабильности измеряемых свойств его (оптических, электрических и других).

Основным и наиболее гигиенически обоснованным методом оценки запыленности воздуха рабочей зоны является **прямой весовой (гравиметрический) метод** в сочетании с характеристикой дисперсности среды. Весовой метод положен в основу действующей системы стандартов безопасности труда (ССБТ) как стандартный и основан на определении массы пыли в единице объема.

Через аналитический фильтр просасывают определенный объем запыленного воздуха. Массу всей витающей пыли без разделения на фракции рассчитывают по увеличению массы фильтра. Метод применяется для определения разовых и среднесуточных концентраций пыли в воздухе.

Счетный электрический метод служит для определения числа пылинок, находящихся в 1 см³ воздуха. Подсчет пылинок проводят с помощью микроскопа, для чего пыль, содержащуюся в определенном объеме воздуха,

предварительно осаждают на предметное стекло.

Фотоэлектрический метод состоит в изменении светового потока, проходящего через слой исследуемого воздуха, падающего на фотоэлемент. Отбор проб воздуха должен производиться в зоне дыхания рабочего. Зона дыхания – пространство в радиусе до 50 см от лица работающего. Для каждого производственного участка должны быть определены вещества, которые могут выделяться в воздух рабочей зоны. При наличии в воздухе нескольких вредных веществ контроль воздушной среды допускается проводить по более опасным и характерным веществам, устанавливаемым органами государственного санитарного надзора.

Ситовой анализ заключается в просеивании материала через набор сит; применяется только для относительно крупных фракций, так как минимальный размер отверстий в ситах – 43 мк.

Микрометрический метод – наиболее распространённый метод анализа дисперсного состава рудничной пыли – заключается в определении количества пылинок разных размеров в пылевом препарате под микроскопом. Внутри окуляра микроскопа на диафрагме, имеющейся вблизи глазного стекла, помещают окуляр-микрометр – круглую стеклянную пластинку, на которой нанесена шкала с делениями, размер каждого деления которой обычно равен 10 мк. При помощи окулярной шкалы определяют поперечный размер измеряемой пылинки.

Для определения размера пылинок используют также счётно-измерительные окулярные сетки.

Анализ упрощается в случае применения микропроекторного аппарата.

Для определения тонких классов пыли в лабораторной практике применяют метод седиментометрии, основанный на различной скорости оседания частиц в спокойной среде. Наиболее распространён пипеточный метод, который считается одним из лучших для получения надёжных данных о дисперсном составе тонкой пыли. Недостаток пипеточного метода – длительный срок выполнения анализа.