



Ю.А. Горбатенко

ОТБОР ПРОБ ГАЗА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ГАЗООБРАЗНЫХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ КОМПОНЕНТОВ

Екатеринбург
2015

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВПО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра физико-химической технологии защиты биосферы

Ю.А. Горбатенко

ОТБОР ПРОБ ГАЗА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ГАЗООБРАЗНЫХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ КОМПОНЕНТОВ

Учебно-методическое пособие
к лабораторному практикуму
по дисциплине «Технология рекуперации газовых выбросов»
для студентов очной и заочной форм обучения
направлений 280700.62 «Техносферная безопасность» и
241000.62 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы
в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»
и аспирантов направления 04.06.01 «Химические науки»

Екатеринбург
2015

Печатается по рекомендации методической комиссии ИХПРСиПЭ.
Протокол № 2 от 06 октября 2014 г.

Рецензент – кандидат технических наук О.М. Подковыркина

Редактор Е.А. Назаренко
Оператор компьютерной верстки Т.В. Упорова

Подписано в печать 17.07.15		Поз. 94
Плоская печать	Формат 60×84 1/16	Тираж 10 экз.
Заказ №	Печ. л. 2,09	Цена руб. коп.

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ГАЗОВОГО АНАЛИЗА	4
1.1. Подготовка к отбору пробы	4
1.2. Методы отбора пробы на анализ	11
1.3. Химическое и инструментальное определение качественного и количественного содержания компонентов в отобранной пробе.....	19
1.4. Определение концентрации компонента в отобранной пробе при нормальных условиях	20
2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ	22
2.1. Определение в отобранной пробе концентрации аммиака	22
Задача № 1 «Приготовление аммиачно-воздушной смеси»	22
Задача № 2 «Отбор газовой пробы сорбционным методом»	23
Задача № 3 «Анализ поглотительного раствора и расчет концентрации аммиака в газовой пробе»	24
Задача № 4 «Определение концентрации аммиака линейно- колористическим методом»	25
Задача № 5 «Отбор аммиачно-воздушной смеси методом наполнения (способ газожидкостного вытеснения)»...	26
2.2. Определение содержания кислорода в воздухе рабочей зоны	27
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	28
ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ, ВЫНОСИМЫХ НА КОЛЛОКВИУМ	29
ПРИМЕРЫ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОГО КОЛЛОКВИУМА	29
ПРИЛОЖЕНИЕ	32

ВВЕДЕНИЕ

Определение качественного и количественного состава газов является в настоящее время обязательным элементом аналитического контроля на большинстве промышленных предприятий. В первую очередь это относится к предприятиям, технология производства которых включает получение или переработку технологических газов. Однако и на предприятиях, сравнительно далеких от газовой или химической технологии, например, при сварочных работах, металлообработке, дроблении материалов, возникает необходимость организованного отвода загрязненного воздуха от рабочих мест и его очистки перед выбросом в воздушный бассейн.

Контроль эффективности работы пылегазоочистных установок и соблюдения нормативов предельно допустимых выбросов в атмосферу невозможны без полного и объективного анализа выбрасываемой газовой среды.

1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ГАЗОВОГО АНАЛИЗА

Анализ газовой среды (гомогенной или включающей диспергированные частицы других фаз) в общем случае складывается из следующих основных этапов:

- 1) подготовка к отбору пробы;
- 2) отбор представительной пробы;
- 3) химическое или инструментальное определение качественного и количественного содержания интересующих компонентов в пробе;
- 4) вычисление концентрации компонента при нормальных условиях.

Из отмеченных четырех этапов специфичность газовому контролю придают первые два.

1.1. Подготовка к отбору пробы

Приведение исходных параметров газовой среды к значениям, которые должны быть на входе в газоанализатор, называется подготовкой к отбору проб или подготовкой газа к анализу и заключается в изменении давления и температуры газовой смеси, в очистке от механических и агрессивных примесей, осушке.

Первый этап приобретает особое значение, когда предполагается анализ пылегазовоздушной (гетерогенной) среды. Наличие в системе большого количества грубых пылевых фракций, приводит к неравномерному распределению частиц пыли по сечению газохода и отложению некоторой доли частиц в пробоотборных каналах, не достигая приемника (ловушки, фильтра). В этом случае концентрация частиц, уловленных в приемнике из определенного объема отобранного газа, и их фракционный состав будут

отличаться от фактических значений в газовом потоке. Предотвратить искажение данных можно, выполняя следующие основные условия:

а) носик газозаборной трубки должен быть направлен навстречу газовому потоку соосно с основным его направлением;

б) скорость газа во входном отверстии газозаборной трубки должна быть равна скорости газового потока в точке отбора пробы (основное условие изокинетичности);

в) применяемое в пробоотборном агрегате пылеприемное (фильтрующее) устройство должно обеспечивать извлечение не менее 97 % массы пыли, содержащейся в газе.

Подготовка к отбору проб технологического газа помимо *предварительного знакомства с фазовым составом планируемого для анализа газа (по описанию или с помощью органолептической оценки)* включает *определение условий отбора представительной пробы газа и выбор участка газотока*.

В процессе подготовки к отбору газовой пробы следует определить **условия отбора пробы**, в частности, уточнить такие параметры, как:

- 1) температура пробы;
- 2) количество пробы;
- 3) скорость отбора пробы;
- 4) время (продолжительность) отбора пробы.

Температура отбираемой газовой пробы на всем протяжении ее движения ограничивается обычно нижним пределом, чтобы избежать конденсации в пробоотборном тракте отдельных компонентов газовой смеси и изменения в результате этого состава пробы. Важно при этом избежать конденсации или кристаллизации не только того компонента, который определяют, но и других, например, паров воды.

В некоторых случаях нежелателен также перегрев пробы по сравнению с основным газовым потоком. Это объясняется обычно присутствием в газовом потоке жидкой или твердой фазы. Капельки или мелкие кристаллики при нагреве могут испариться, изменив состав газовой фазы. Поэтому при подготовке к отбору газовой пробы следует предусмотреть отделение содержащихся в газе других фазовых включений и предотвратить их дальнейшее образование температурным режимом, исходя из соответствующих характеристик компонентов газового потока.

Количество пробы (объем), как и при анализе веществ в других фазовых состояниях, задаётся, исходя из двух факторов: концентрации анализируемого компонента в газовой смеси и чувствительности имеющейся методики анализа. Целесообразный объем отбираемой пробы обычно определяют предварительным анализом. При отборе средней пробы суммарное количество её может быть существенно большим; далее с помощью известных приёмов для анализа используется часть пробы.

Скорость отбора пробы определяется способом, используемым для отбора. При этом имеют значение многие факторы, например, физико-химические свойства газа и поглотителя (при способе отбора газовой пробы в селективный поглотитель), разрешающие возможности приборов, контролирующих скорость и суммарный объем пробы.

Время отбора пробы зависит от скорости отбора и ее количества. При этом ресурс общего и чистого времени отбора может значительно различаться, например, при составлении среднего анализа газа по периодически отбираемым на дискретно анализирующий прибор разовым пробам.

Особое значение для получения достоверных результатов имеет правильный **выбор участка и сечения газохода** для замеров.

При выборе места для замеров следует руководствоваться следующими правилами.

1. Измерения проводят в установившемся потоке газа (со стабилизированными характеристиками). То есть сечение должно располагаться на прямолинейных, желательно вертикальных участках, имеющих равную площадь на всем протяжении. Длина участков (L) должна составлять 8–10 условных диаметров газохода, причем сечение для измерения необходимо располагать в третьей четверти длины участка по ходу газов: участок должен иметь длину не менее $M_2 = 5-6$ диаметров газохода до места замера и $M_1 = 3-4$ после места замера (рис. 1).

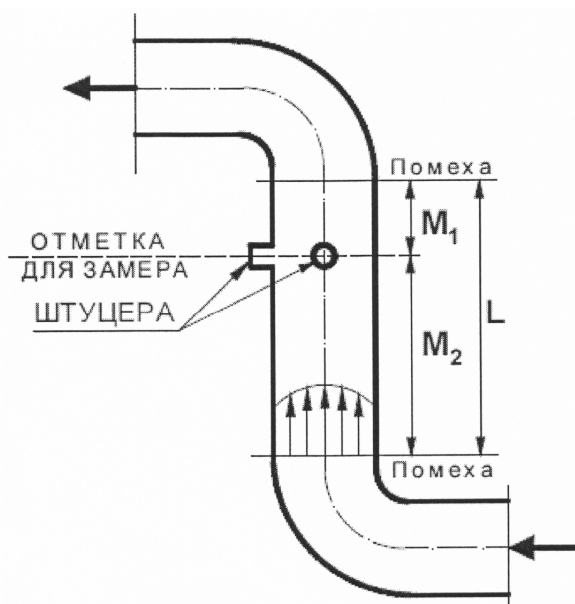


Рис. 1. Выбор участка газохода для замера

2. Не следует выбирать место замера вблизи и особенно после задвижек, дросселей, диффузоров, колен и вентиляторов, так как создаваемые в этих местах вихри оказывают влияние на точность замера.

3. На участках не должны иметь места отложения пыли.

4. Предпочтительнее вертикальные участки круглого сечения. Участки круглого сечения следует предпочитать квадратным, а квадратные – прямоугольным.

5. Скорость газа в разных точках участка должна быть не менее 4 м/с. Известно, что линейная скорость по сечению имеет разное значение. Так, наибольшей величины она достигает в области оси газопровода и значительно снижается в пристенных зонах. Эта неравномерность скорости потока приводит к неравномерному распределению в нем аэрозольных частиц. Поэтому пробы аэрозоля обычно отбирают в нескольких точках газохода. Местоположение этих точек намечают расчетным путем. Для этого на плане сечения его площадь разделяют на ряд равновеликих площадей (рис. 2).

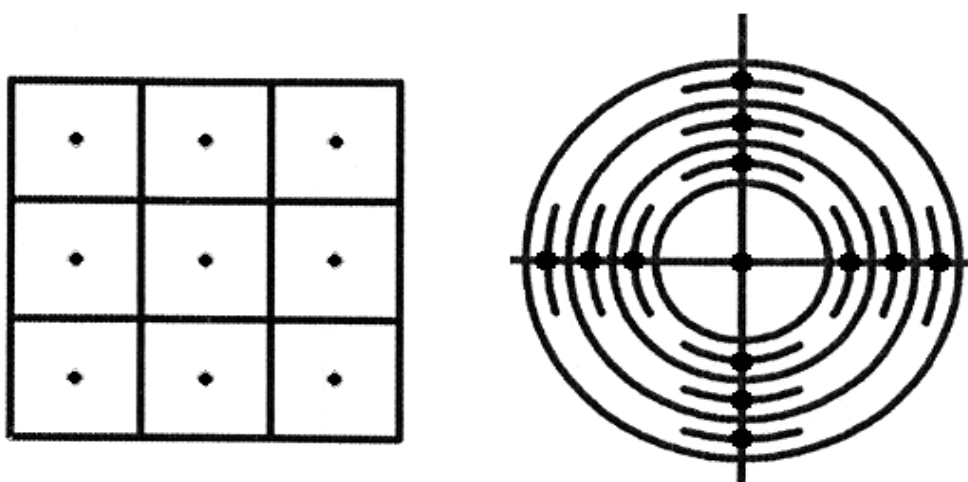


Рис. 2. Разбивка газоходов на участки равновеликой площади

Газоходы круглого сечения условно разбивают на ряд concentрических колец с равновеликими площадями. Замеры проводят в четырех точках по двум взаимноперпендикулярным диаметрам в центре отрезков, ограниченных concentрическими окружностями.

Газоходы квадратного (прямоугольного) сечения разбивают на ряд равновеликих квадратов (прямоугольников), подобных по форме сечению газохода, и замеры выполняют в центре каждого квадрата (прямоугольника). Минимальное число точек – три в каждом направлении.

Считается, что достаточно надежные результаты могут быть получены, если стороны квадрата (прямоугольника) не будут превышать 150–200 мм, а газоходы круглого сечения в зависимости от диаметра будут разбиты на следующее число колец:

Диаметр газохода, мм	200	200–400	400–600	600–800	800–1000	>1000
Число колец, шт	3	4	5	6	8	10

Однако если требования, предъявляемые к выбору сечения для замеров, выдержать не удалось, то число колец должно быть увеличено.

Перед пробоотбором в намеченных точках измеряют линейную скорость потока с помощью пневмометрической трубки или трубки Пито.

Одним из условий правильного отбора газа является соблюдение правила изокINETического отбора пробы. Для этого определяют возможную расходную (объёмную) скорость отбора с учетом производительности аспирационного (газоотсасывающего) прибора. Далее пробоотборная трубка оснащается входным съёмным наконечником (рис. 3) с таким внутренним диаметром, чтобы при устанавливаемом расходе отсасываемого аэрозоля линейная скорость его в сечении наконечника была равна линейной скорости потока в исследуемой точке.

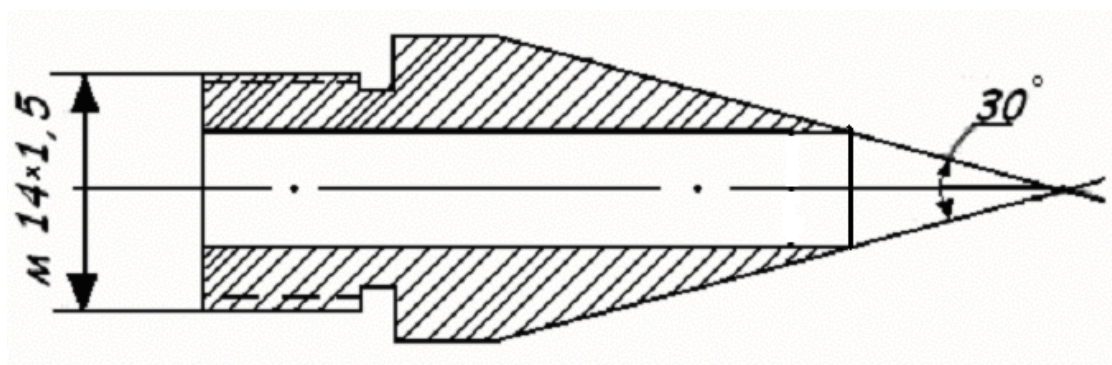


Рис. 3. Сменный наконечник пробоотборной трубки

Возможные ошибки, возникающие при несоблюдении правила изокINETичности при отборе запыленного газа представлены на рис. 4. Следует отметить, что ошибки измерения увеличиваются с увеличением запыленности отбираемого газа.

При соблюдении равенства скоростей (рис. 4,а) запыленность газа определяется правильно, и содержащиеся в объёме пылевые частицы имеют тот же гранулометрический состав, что и в отобранной пробе.

При повышении скорости отбора газового потока (рис. 4,б) более крупные частицы пыли пройдут мимо входного сечения заборной трубки. В результате в отобранной пробе будет определена заниженная запыленность.

При отборе с пониженной скоростью (рис. 4,в) произойдет обратное явление, и более крупные частицы пыли по инерции пройдут в заборную трубку. В результате запыленность отбираемой пробы будет завышена. Отклонение входного отверстия заборной трубки от положения, перпендикулярного направлению газового потока, приводит к занижению запыленности (рис. 4,г).

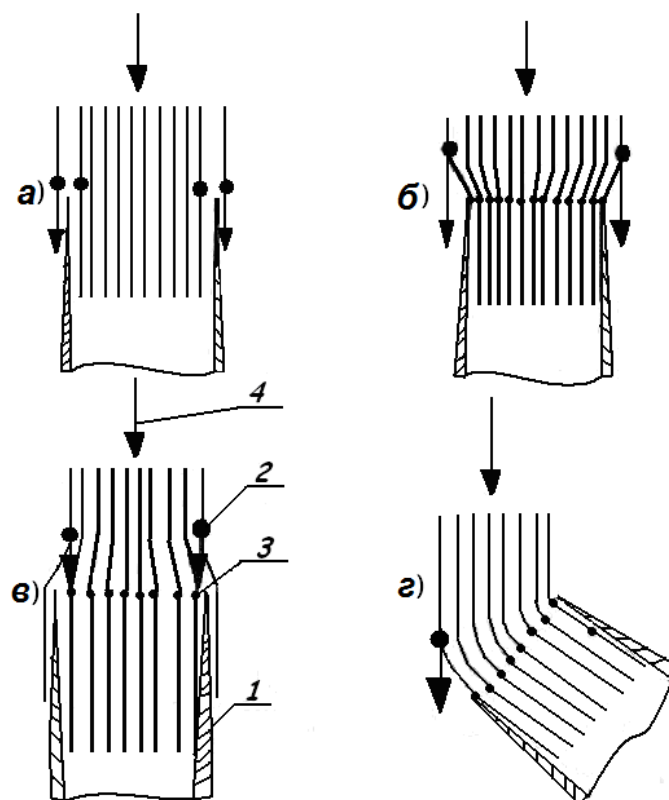


Рис. 4. Возможные ошибки, возникающие при несоблюдении правила изокинетичности при отборе запыленного газа:

1 – наконечник заборной трубки; 2 – крупная пыль;
3 – мелкие частицы; 4 – направление газового потока;

а) правильная скорость отбора; б) повышенная скорость отбора;
в) пониженная скорость отбора; г) правильная скорость отбора, но

входное отверстие заборной трубки находится под углом к газовому потоку

Выбор правильного места расположения на газопроводе точки отбора пробы газа и правильное оборудование точки отбора имеет особое значение, когда отбирают пробу газа, содержащего взвешенные частицы. Отбор пробы из гомогенной газовой фазы не предъявляет особых требований к выбору места расположения точки отбора по ходу газопровода – отбор можно проводить как на вертикальном, так и горизонтальном сечении газопровода.

Точка отбора пробы может быть оборудована как показано на рис. 5.

Для отбора проб газа из газопровода (1) на глубину 0,3 его диаметра вставляют металлическую трубку (2), устойчивую в заданной среде, диаметром 8–10 мм. Трубку уплотняют в отверстии газопровода с помощью, например, фланцев (3) и резиновой пробки (4). На выходе из газопровода трубку снабжают трехходовым краном (5) с двумя штуцерами (6, 7), из которых один служит для продувки и чистки трубки, а другой – для подачи газа в сосуд-приёмник пробы, соединение с которым обычно осуществляется с помощью резинового шланга.

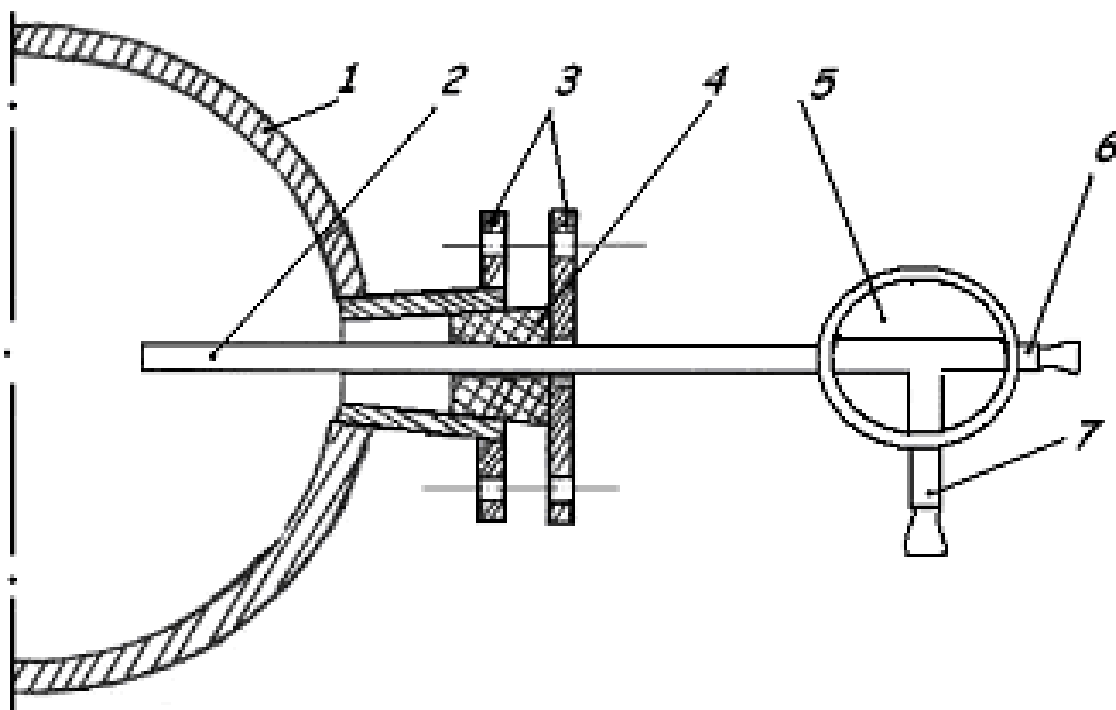


Рис. 5. Схема оборудования точки отбора пробы газа:
 1 – газопровод; 2 – металлическая трубка; 3 – фланцы; 4 – резиновая пробка;
 5 – трёхходовой кран; 6, 7 – штуцеры

При открывании соответствующих кранов газ поступает в сосуд под собственным давлением или засасывается с помощью воздуходувки. Поскольку коммуникация имеет определенный внутренний объем, следует применять трубки с минимально возможным диаметром и перед отбором пробы осуществлять промывку коммуникаций не менее чем шестикратным объемом газа.

При отборе пробы на горизонтальном участке, в случае если ожидается неравномерное перемешивание по сечению, необходимо отбирать верхнюю, центральную и нижнюю пробы.

Центральная проба отбирается в центре газотока горизонтальным отводом (рис. 6,а). Верхняя проба отбирается в верхней части газотока (рис. 6,б). Часто это используется, когда газ однороден, однако при этом возникает опасность захватить конденсат. Нижняя проба отбирается в нижней части на расстоянии $1/10$ части диаметра от дна газотока (рис. 6,в).

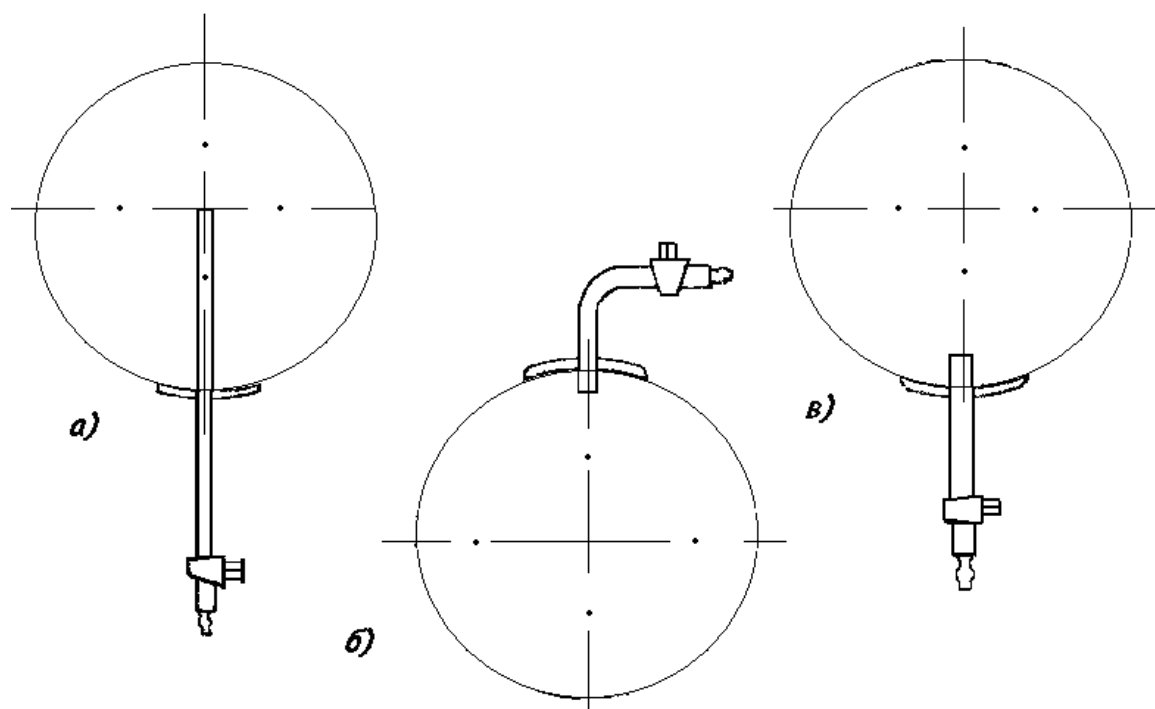


Рис. 6. Отбор проб на горизонтальном участке газопровода:
а – центральная; *б* – верхняя; *в* – нижняя

1.2. Методы отбора пробы на анализ

Выбор способа отбора проб определяется природой анализируемых веществ, наличием сопутствующих примесей. Для обоснованного выбора способа отбора проб необходимо иметь четкое представление о возможных формах нахождения токсичных примесей в воздухе и газовой смеси. Правильное установление агрегатного состояния вредного вещества способствует правильному выбору фильтров и сорбентов и уменьшению погрешности определения, связанных с пробоотбором.

Традиционно различают два метода отбора газовых проб: метод наполнения и сорбционный (аспирационный) метод.

Метод наполнения заключается в заполнении сосудов различной ёмкости исследуемой газовой смесью. Метод используется преимущественно в тех случаях, когда для анализа требуются малые ($0,1\text{--}3,0\text{ дм}^3$) количества пробы, например, в случае высокой концентрации анализируемой примеси, а также высокой чувствительности используемого метода анализа.

Для отбора газовой пробы используются специальные сосуды – газовые пипетки (рис. 7).

Чаще всего газовые пипетки изготавливают из стекла ёмкостью $0,1\text{--}0,5\text{ дм}^3$, реже – металлические ёмкостью до 2 дм^3 . Они представляют собой обычные широкие трубки, суженные на концах, на которые надевают

резиновые трубки, закрываемые винтовыми задвижками (рис. 7,а), или двумя стеклянными кранами (рис. 7,б), смазанными вакуумной смазкой. Металлическая газовая пипетка, изготовленная из меди или серебра, предназначена для собирания инертных газов.

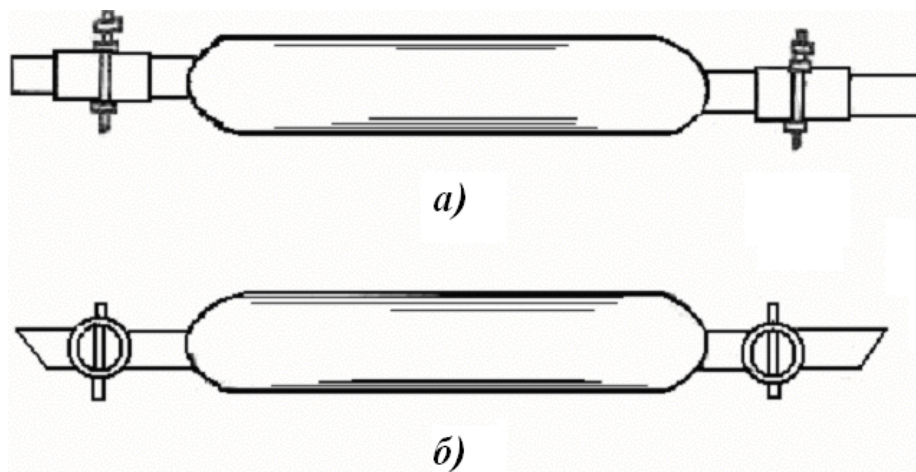


Рис. 7. Газовые пипетки:
а) с зажимами; б) с впаянными кранами

Заполнение газовой пипетки осуществляют одним из следующих способов.

Способ обмена. При избыточном давлении в газопроводе к пробоотборной трубке присоединяют при помощи резиновой трубки сухую пипетку и продувают шести–десятикратным по отношению к объёму пипетки объёмом газа. При этом достигается полная замена находившегося в пипетке воздуха газом, подлежащим исследованию. Затем закрывают краны и пипетку отсоединяют от пробоотборной трубки. Проба набрана.

Если газ находится под давлением, близким к атмосферному, или ниже, пробу засасывают в пипетку с помощью аспиратора, груши, водоструйного насоса или других устройств.

Описанный способ пригоден при неограниченном количестве исследуемого газа, когда его можно продолжительное время пропускать или просасывать через пипетку.

Если же количество газа ограничено или пробу надо взять быстро, используют способ газожидкостного вытеснения или вакуумный способ.

Способ газожидкостного вытеснения, именуемый иногда способом выливания, заключается в том, что газовую пипетку перед отбором пробы наполняют жидкостью, обладающей малой растворяющей способностью по отношению к компонентам газовой смеси, например, водным насыщенным раствором NaCl , MgCl_2 , CaCl_2 , в отдельных случаях используют 10 %-й раствор серной кислоты. Один конец пипетки присоединяют шлангом к пробоотборной трубке, а второй поднимают вверх (если газ имеет избыточное давление) и открывают краны до полного вытеснения жидкости

газом. В случае малого собственного давления газа второй конец пипетки опускают вниз, и вытекающая под собственным давлением жидкость создает вакуум в пипетке, куда и засасывается проба исследуемого газа. Способ может иметь разнообразное оформление. В частности, он позволяет, при подсоединении комплекта пипеток к газовому и жидкостному коллектору (рис. 8), осуществлять одновременно отбор нескольких параллельных или последовательных проб газа.

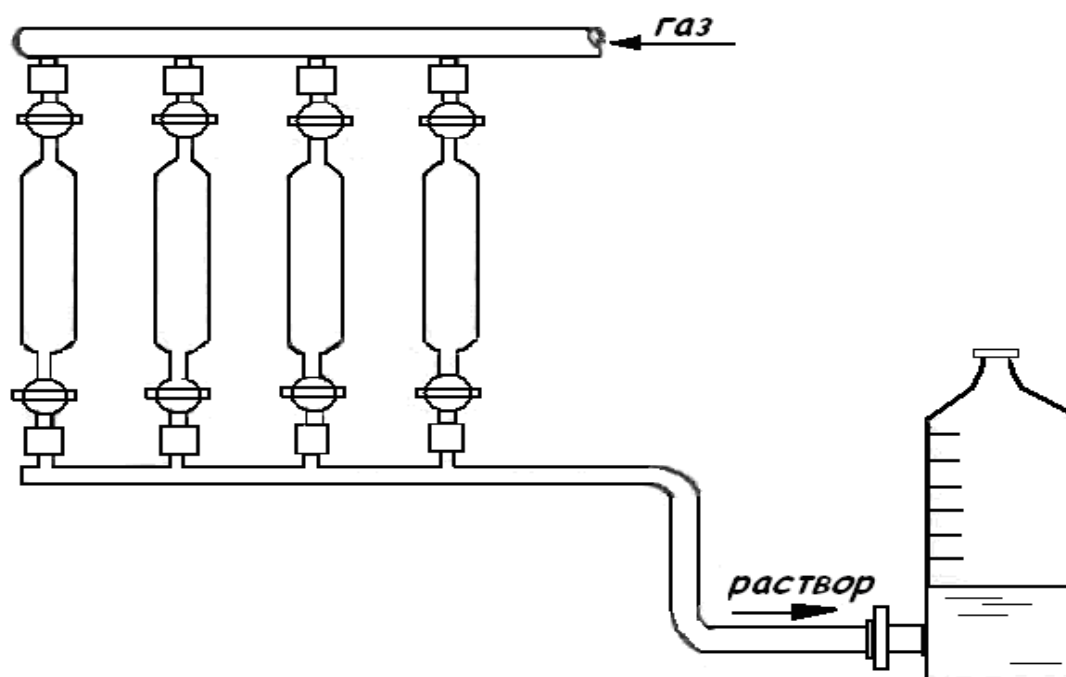


Рис. 8. Коллекторное подсоединение газовых пипеток для отбора проб методом газожидкостного вытеснения

Вакуумный способ. В пипетке, предназначенной для отбора пробы газа, создается разрежение с помощью вакуум-насоса. После подсоединения к пробоотборной трубке у пипетки открывают кран на соединяющей трубке. В силу разности давлений исследуемый газ заполняет пипетку. В настоящее время из-за необходимости и трудности обеспечения тщательной герметизации коммуникаций метод практически не используется.

Схема отбора пылегазовоздушной смеси из газохода с использованием газовых пипеток представлена на рис. 9. Элементами её являются фильтрующий патрон, пробоотборная трубка, газовая пипетка, термометр, патрон с силикагелем для защиты аспиратора от влаги и агрессивных газов, электроаспиратор. Для отбора проб в газоходе предварительно просверливают отверстие диаметром 2–30 мм и приваривают к газоходу с наружной стороны штуцер высотой 3–40 мм с внутренним диаметром 15–25 мм. При этом пробоотборную трубку вставляют в газоход через штуцер с резиновой или асбестовой пробкой. Устанавливают заданную скорость отбора

газа и продувают систему анализируемым газом с помощью электроасpirатора. В процессе отбора, для отбора представительной пробы, измеряются температура и давление (разрежение) с помощью манометра как в самом газоходе, так и после отбора пробы.

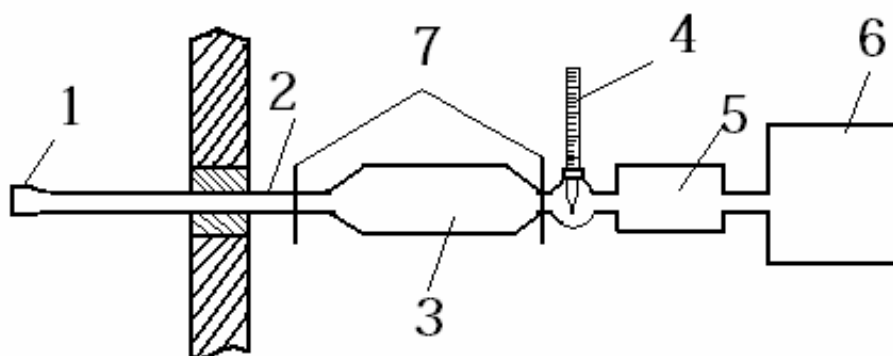


Рис. 9. Схема отбора газов для анализа с использованием газовых пипеток:
 1 – фильтрующий патрон; 2 – пробоотборная трубка; 3 – газовая пипетка;
 4 – термометр; 5 – патрон с силикагелем для защиты аспиратора от влаги и агрессивных газов; 6 – электроаспиратор; 7 – зажимы

Сорбционный, или аспирационный, метод используется преимущественно тогда, когда определяемое вещество составляет очень малую долю в газовой смеси и для его анализа требуется большое количество пробы газа, которое должно быть несоизмеримо большее, чем ёмкость газовых пипеток. Сорбционный метод позволяет сконцентрировать в ограниченном объёме поглотителя такое количество анализируемого вещества, которое необходимо для анализа.

Поглотительные среды, т.е. используемые сорбенты, могут быть как жидкие (в основном кислоты), так и твердые (активированный уголь, силикагель и др.). Определяемые вещества в газообразном состоянии улавливаются из газовой смеси поглотителями, в которых они растворяются, химически связываются или адсорбируются.

Отбор пробы в жидкий поглотитель стремятся осуществлять с максимальным дроблением отбираемого газового потока на мелкие пузырьки в жидкости и удлинением пути движения газа через абсорбент с целью достижения высокой эффективности поглощения. Поэтому конструкция поглотительных сосудов оказывает значительное влияние на качество и скорость отбора пробы. Наибольшее распространение получили поглотители с заглублённой в жидкость газоотводной трубкой (рис. 10).

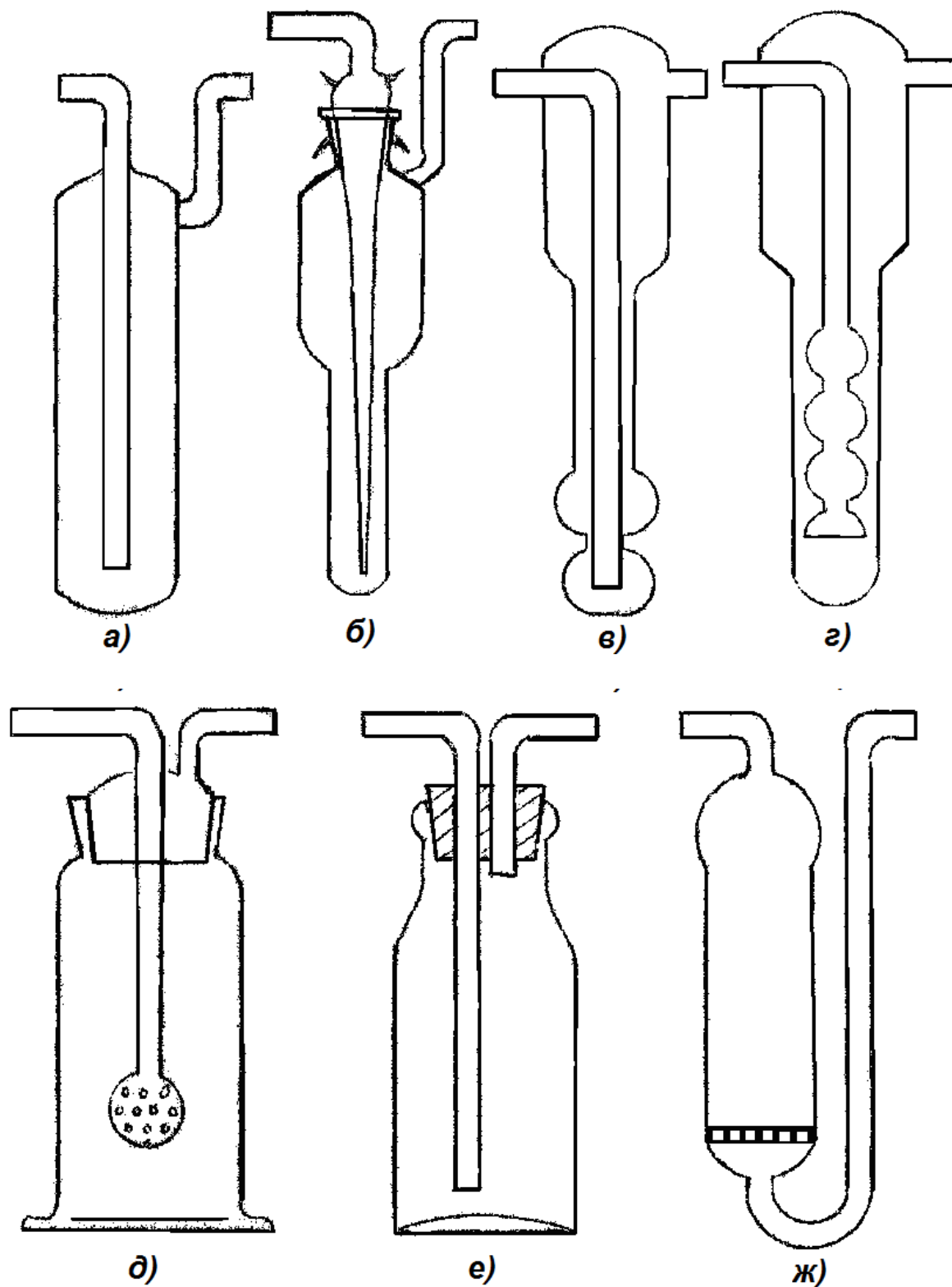


Рис. 10. Конструкции поглотительных сосудов:
a – сосуд Петри; *б* – сосуд Полежаева; *в* – сосуд Зайцева; *г* – сосуд Рихтера;
д – сосуд Дрекслея; *е* – поглотительный сосуд из подручных деталей;
ж – сосуды с пористой пластинкой

Поглотительные сосуды изготавливают разных объёмов и различной формы исполнения. Многие из них являются именными, например, поглотительные сосуды Петри, Полежаева и др., что позволяет легче ориентироваться в конструктивных особенностях. Большинство сосудов малой ёмкости (≈ 50 мл) выполняются в виде цельной стеклянной конструкции, что может создавать некоторые трудности при их чистке, когда требуется механическое воздействие для очистки от выделяющейся твердой фазы. Сосуды Полежаева, Дрекслея (последние обычно имеют ёмкость более 100 мл) изготавливают с разъемом на шлифах. В отдельных случаях допустимо использование в качестве поглотительных сосудов подручных ёмкостей (бутылок) с введением и выводом газа через резиновую пробку (рис. 10,е). Более тонкого диспергирования газового потока при сравнительно большом расходе позволяют достичь поглотители с пористой стеклянной пластинкой (рис. 10,ж). Сосуды-поглотители могут быть изготовлены из коррозионно-устойчивого металла.

Для предотвращения проскока загрязняющих компонентов к поглотительному сосуду последовательно присоединяют еще один или два поглотителя. Пробу воздуха, содержащего вредное вещество, пропускают через все абсорберы до проскока (определяется по изменению окраски поглотителя) в первом поглотительном сосуде, после чего растворы из всех установленных поглотителей анализируются.

Применение твердых сорбентов для отбора проб дает возможность увеличить скорость пропускания воздуха или газа. Твердые сорбенты позволяют также осуществлять избирательную сорбцию одних веществ в присутствии других, кроме того, они удобны в работе, при транспортировке и хранении проб.

Твердые сорбенты должны обладать механической прочностью, иметь наибольшее сродство к водяным парам, легко активироваться, иметь максимальную сорбционную способность, а при анализе легко десорбировать анализируемое вещество.

Используемые адсорбенты условно можно разделить на три группы:

- 1) гидрофильные неорганические материалы типа силикагелей и молекулярных сит (цеолиты);
- 2) гидрофобные неорганические материалы – активные угли (углеродные сита);
- 3) синтетические макропористые органические материалы с высокой степенью гидрофобности и довольно значительной удельной поверхностью (пористые полимеры – полисорбы, хромсорбы, порпаки).

Отбор пробы на твердый адсорбент может быть осуществлен в сосудах, аналогичных предоставленным на рис. 10, а также модифицированных с целью достижения равномерного распределения газа в слое зернистого сорбента.

Для отбора сорбционным методом представительной пробы, а также для ее дальнейшего анализа необходимо соблюдение ряда условий, а именно: времени отбора пробы и ее количества, скорости отбора, возможности выделения уловленного компонента и т.д.

Время (продолжительность) отбора пробы и её количество устанавливают (независимо от фазового состояния сорбента) предварительно. Для полного улавливания поглощаемого компонента должно быть установлено последовательно несколько (минимум два) поглотителей. В процессе подготовки к отбору пробы в предварительных опытах устанавливают также для контроля на возможный проскок дополнительный поглотитель, сорбент из которого анализируется отдельно.

Скорость отбора пробы газа регулируется по возникшему проскоку. При использовании жидких сорбентов скорость может быть ограничена по визуальному признаку – барботаж не должен сопровождаться брызгоуносом из передних сосудов в последующие или перебросом жидкости.

Десорбция исследуемого компонента после отбора пробы требуется преимущественно при использовании твердого сорбента для перевода исследуемого компонента в удобную для анализа фазу (жидкую или газовую концентрированную). Для наиболее распространенных случаев использования адсорбента – исследуется содержание легколетучих органических веществ, плохо смешивающихся в жидком состоянии с водой, – десорбция может быть оформлена в лаборатории по следующей схеме (рис. 11).

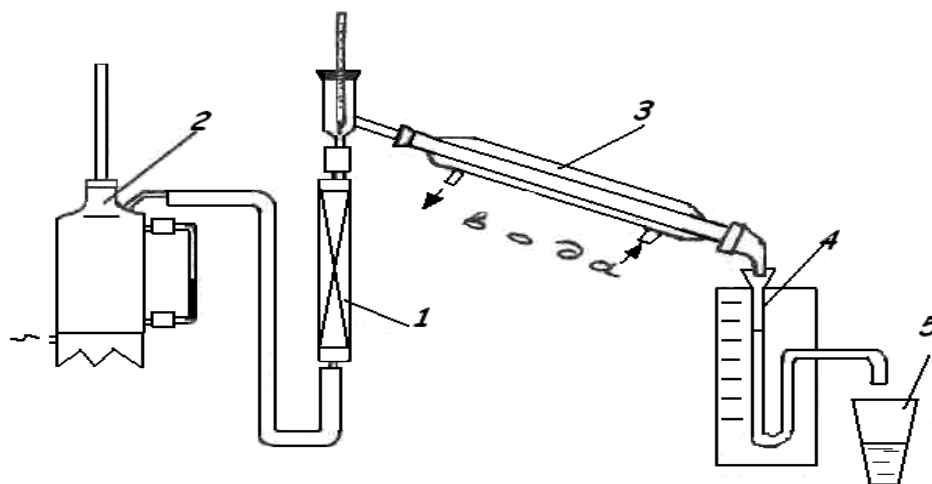


Рис. 11. Схема установки для десорбции исследуемого компонента из адсорбента:

1 – патрон с адсорбентом; 2 – генератор водяного пара; 3 – холодильник;
4 – приёмник; 5 – сосуд

Поглотительный сосуд (патрон) с адсорбентом (1) подсоединяется к генератору водяного пара (2) тем патрубком, который был выходным при пропускании через него пробы газа. Другой патрубок патрона подсоединяют к холодильнику (3) за которым подсоединен приемник (4). При

пропускании пара через слой адсорбента совместное действие высокой температуры и движущейся газовой фазы обеспечивает десорбцию сорбированного из газовой смеси компонента. Сконденсированная далее в холодильнике смесь разделяется в приёмнике, после чего могут быть легко измерены количество уловленной из газовой пробы исследуемого компонента и его характеристики. Избыток водного конденсата перетекает как более тяжелая фаза снизу в сосуд (5). Десорбцию ведут обычно до момента, когда перестает возрастать объём слоя десорбируемого компонента. В связи с этим используется обычно градуированный приёмник с малым поперечным сечением.

Схема отбора парогазовой смеси из газохода в жидкие поглотители представлена на рис. 12. В этом случае анализируемые вещества растворяются или вступают в химическое взаимодействие с поглотительной средой (процесс хемосорбции), которая обеспечивает полноту поглощения за счет образования нелетучих соединений.

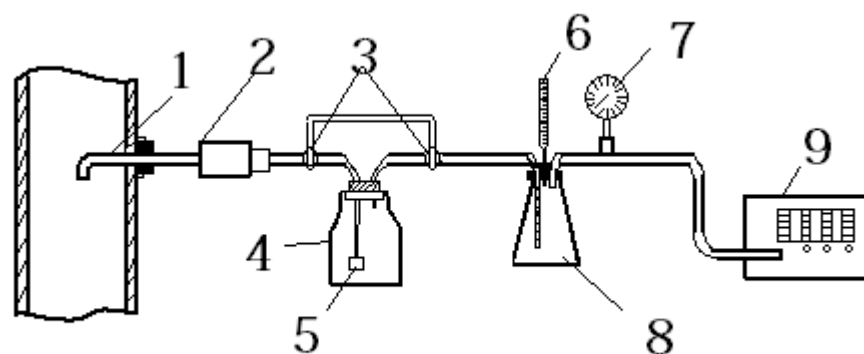


Рис. 12. Схема отбора проб из газохода в поглотительный сосуд:
 1 – газоход; 2 – газозаборная трубка с фильтровальным патроном;
 3 – трёхходовые краны; 4 – поглотительный сосуд;
 5 – пористый распылитель; 6 – термометр; 7 – вакуумметр;
 8 – каплеуловитель; 9 – электроаспиратор

При наличии в исследуемой среде пылевых частиц пробозаборная трубка обязательно снабжается фильтрующим патроном, препятствующим попаданию взвесей в анализируемую пробу.

Отбор проб в растворы осуществляют аспирацией исследуемого воздуха через поглотительный сосуд (абсорбер) с каким-либо растворителем. Скорость пропускания воздуха, в зависимости от агрегатного состояния сорбента, может меняться в пределах от 0,1 до 100 л/мин. При использовании жидких сорбентов, после поглотительного сосуда обязательно должен быть предусмотрен каплеуловитель, защищающий электроаспиратор от капельной влаги. Оптимальный объём воздуха или газа, необходимый для определения токсической примеси, можно рассчитать по формуле:

$$V = a \frac{V_0}{V_n CK},$$

где a – нижний предел обнаружения в анализируемом объеме пробы, мкг;

V_0 – общий объем пробы, приведённый к стандартным условиям, мл;

V_n – объем пробы, взятой для анализа, мл;

C – предельно допустимая концентрация, мг/м³;

K – коэффициент, соответствующий долям ПДК (1/4, 1/2, 1).

В заключение рассмотрения используемых методов отбора газовых проб следует отметить, что в настоящее время преимущественно используются сорбционные методы. Однако в ряде случаев (арбитражная проба, доставка пробы газа из удаленного объекта для приборного исследования и т.п.) сохраняет свое значение и метод наполнения одним из указанных способов.

1.3. Химическое и инструментальное определение качественного и количественного содержания компонентов в отобранной пробе

Выбор метода определения качественного и количественного состава технологических газов зависит от выбранного метода отбора пробы.

Так, при сорбционном методе отбора пробы в жидкий поглотитель, **анализ жидкой фазы** предполагается проводить методом объемного титрования (*химическое определение*) аликвотной части отобранной пробы. При отборе пробы на твердый поглотитель также, хотя и реже, чем при работе с жидким поглотителем, имеется возможность определить содержание уловленного компонента путем непосредственного анализа сорбента.

В тех случаях, когда анализ исследуемой примеси в фазовом состоянии использованного сорбента затруднен, примесь десорбируют (см. рис. 11) и приводят в фазу, удобную для анализа.

Для **анализа газовой пробы** в настоящее время разработано много методов и способов, из числа которых можно выделить следующие:

- 1) полный анализ сложных газовых смесей;
- 2) индивидуальное определение одиночных компонентов;
- 3) экспресс-анализ (позволяет провести ускоренный анализ, но не отличается высокой точностью – погрешность анализа может достигать 30 %).

Широкое распространение в настоящее время приобрел хорошо зарекомендовавший себя **метод хроматографического анализа**, обеспечивающий достаточно точный анализ газовых смесей. Более того, если качественный состав смеси неизвестен, хроматография позволяет его установить путем идентификации с известными чистыми веществами.

Основным недостатком метода, ограничивающим область его использования, является то, что, во-первых, хроматографы представляют собой весьма дорогостоящие и громоздкие приборы, поэтому их в основном

используют только в стационарных условиях (в лаборатории или специально оборудованном помещении). А, во-вторых, для работы на хроматографе требуются высококвалифицированные специалисты.

Высокие достоинства хроматографии не исключают использования быстрых, не требующих специальных условий экспресс-методов.

К числу таких методов можно отнести *линейно-колористический метод*. Особенностью метода является то, что метод может использоваться без предварительного отбора пробы газа, так как объём пробы дозируется в ходе самого анализа. Таким образом, газовая смесь для линейно-колористического анализа может быть взята как из пипетки с пробой, так и непосредственно из газометра или другого сосуда, в том числе производственного.

Линейно-колористическое определение содержания примесей в газовой пробе осуществляется прибором УГ-2. Метод основан на изменении окраски порошка, предварительно обработанного специальным раствором в присутствии анализируемого компонента. Концентрация примеси в пробе определяется по шкале в зависимости от длины окрашенного слоя. В частности, при определении в газовой пробе аммиака, через индикаторную трубку, содержащую красно-оранжевый порошок, предварительно обработанный бромфенилом, пропускают аммиачную газовую смесь. В присутствии аммиака происходит изменение окраски порошка с оранжево-красного на синий. Пользуясь специальной шкалой, градуированной в мг/м^3 (прилагается к прибору), по высоте окрашенного (синего) слоя определяют концентрацию аммиака в пробе.

1.4. Определение концентрации компонента в отобранной пробе при нормальных условиях

Ранее отмечалось, что контроль за объёмной скоростью отбора газовой пробы необходим во избежание ошибок анализа, возникающих при нарушении представительности пробы.

Для точного, итогового вычисления концентрации загрязняющего компонента в отобранной пробе необходимо знать общее количество отобранной пробы, т.е. объём газа.

При различных методах отбора пробы определение общего количества газовой пробы осуществляют следующим образом. При отборе проб методом наполнения объём сосуда заранее известен, и эта величина принимается в качестве объёма пробы газа. Прибор для измерения объёма пропущенного газа требуется лишь в случае наполнения пипетки способом обмена с целью определить момент достижения шести-десятикратного обмена газа в пипетке. При использовании вакуумного способа и способа газожидкостного вытеснения необходимо обеспечить лишь регламентированную скорость наполнения пипетки газом, т.е. осуществлять измерение

скорости (при газожидкостном вытеснении об этом можно судить по скорости вытеснения жидкости в градуированный приемник).

При сорбционном методе отбора газовой пробы для измерения общего количества прошедшего газа используют дифференциальные и суммирующие расходомеры. К наиболее распространенным расходомерам дифференциального типа относятся ротаметры и реометры, к суммирующим (интегральным) – газовые счетчики («газовые часы»). Наибольшую точность измерения обеспечивают суммирующие расходомеры, позволяющие измерить объем прошедшего газа за любой определенный промежуток времени. Погрешность измерения объема пропущенного воздуха для газового барабанного счетчика ГСБ-4 не превышает 1 %.

Поскольку на объем газа оказывает влияние температура и давление, при котором газ находится в газоходе, то объем газа, как правило, выражают значениями, полученными при определённых, так называемых нормальных, условиях, т.е. в сухом состоянии при давлении 101,31 кПа (760 мм рт.ст.) и температуре 273 К (0 °С). В качестве единиц измерения приведенного объема используются обычные единицы измерения с добавлением слова «нормальный», например, нормальный кубический метр, а обозначается эта единица как нм^3 . Поэтому, измеряя с помощью перечисленных приборов фактический объем отобранной пробы газа, одновременно следует определять температуру и давление, при которых измерен этот объем. К нормальным условиям объем газа приводят по уравнению:

$$V_0 = V_i \frac{T_0(P_i - P_{H_2O})}{T_i P_0},$$

где T_0, P_0 – соответственно, температуры (273 К) и давление (101,31 кПа) при нормальных условиях;

V_i – измеренный объем газовой пробы при фактических условиях;

T_i, P_i – фактическая температура, абсолютное давление газовой пробы;

P_{H_2O} – парциальное давление водяных паров при температуре T_i .

Для сокращения вычислений при приведении объемов газа к нормальным условиям значение дробной части формулы вычислены при различных сочетаниях температуры и давления в виде коэффициента приведения K (зависимость коэффициента K от температуры и давления представлена в приложении).

Измеренный и приведённый к нормальным условиям объем пробы может быть использован для вычисления удельного содержания примеси (концентрации) в единице объема:

$$C_i = \frac{m_i}{V_2 K}, \text{ г/л},$$

где m_i – масса уловленной примеси (загрязняющего компонента), г;

V_2 – объем пропущенного газа (данные сняты с газового счетчика), л;

K – коэффициент приведения объема газа к сухому состоянию (находится из приложения).

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1. Определение в отобранной пробе концентрации аммиака

Цель работы и техническое задание

Целью данной работы является знакомство с основными способами отбора пробы (наполнения и сорбционным) и определения концентрации загрязняющего компонента – аммиака.

Лабораторная работа состоит из следующих этапов:

- 1) приготовление аммиачно-воздушной смеси в газометре;
- 2) отбор пробы сорбционным (аспирационным) методом;
- 3) анализ поглотительного раствора методом объемного титрования и расчет концентрации примеси в газе при нормальных условиях;
- 4) линейно-колористическое определение концентрации аммиака;
- 5) отбор пробы методом наполнения (способ газожидкостного вытеснения).

Задача № 1 «Приготовление аммиачно-воздушной смеси»

Лабораторная установка (рис. 13) для приготовления и отбора газовой пробы состоит из газометра (1), сосуда-насытителя (2) и вспомогательной чаши (бутыли) (3), в которую через кран (9) осуществляется выпуск раствора. Основное назначение чаши (бутыли) – измерение объема газовой смеси, а также создания в газометре давления или разряжения. Аммиачно-воздушную смесь готовят в газометре (1) следующим образом.

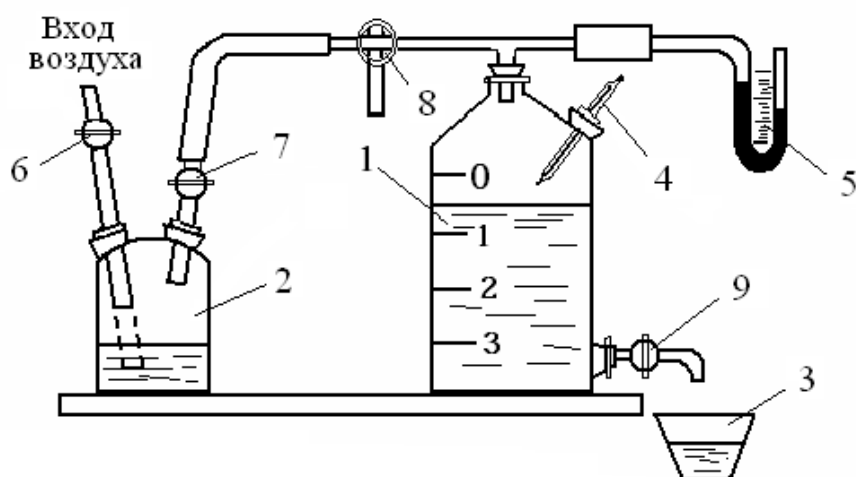


Рис. 13. Схема установки для приготовления аммиачно-воздушной смеси:
 1 – газометр; 2 – сосуд-насытитель, содержащий 10–15 %-ый водный раствор аммиака; 3 – вспомогательная бутылка; 4 – термометр; 5 – манометр;
 6 – вход воздуха в сосуд-насытитель; 7 – выход воздуха из сосуда-насытителя;
 8 – трехходовой кран; 9 – кран

Газометр (1), заполненный насыщенным раствором хлорида натрия, присоединяют через верхний тубус резиновым шлангом к сосуду-насытителю (2), содержащему 10–15 %-ый водный раствор аммиака. При прохождении воздуха через сосуд (2) происходит его насыщение парами аммиака. Для того, чтобы образующаяся аммиачно-воздушная смесь поступила в газометр (1), необходимо создать в нем разрежение. Для этого вспомогательную чашу (3) опускают ниже уровня газометра (1) и открывают последовательно следующие краны: (6) – вход воздуха в сосуд-насытитель, (8) – вход аммиачно-воздушной смеси в газометр, (9) – выпуск раствора (при этом в газометре (1) создается разрежение). Скорость наполнения газометра должна составлять не более 0,5 л/мин. По окончании наполнения газометра заданным объемом аммиачно-воздушной смеси (примерно 1 л, уточнить у преподавателя) краны закрывают в обратной последовательности: (9) → (8) → (6).

Задача № 2 «Отбор газовой пробы сорбционным методом»

Схема отбора аммиачно-воздушной пробы сорбционным методом представлена на рис. 14. Для отбора газовой смеси необходимо присоединить к газометру (1) через кран (8) последовательно два поглотителя Петри или Рихтера (6), предварительно заполненные 0,1 н раствором H_2SO_4 (по 2,5 мл каждый поглотитель). Раствор в поглотителях дополнительно подкрашивают индикатором метиловым оранжевым для контроля рН среды. Поглотители присоединяют к системе таким образом, чтобы газ, выходящий из газометра (1) входил в первый по ходу газа поглотитель через заглубленную трубку, барботировал через кислоту и выходил через отходящую из газового пространства поглотителя трубку в заглубленную трубку следующего поглотителя.

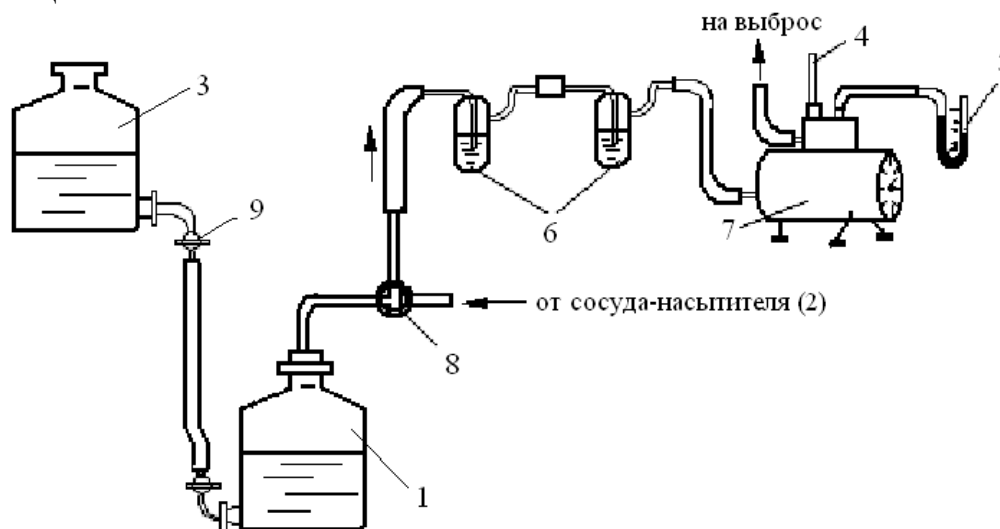


Рис. 14. Схема отбора газовой пробы сорбционным методом:
 1 – газометр; 2 – сосуд-насытитель; 3 – вспомогательная бутылка;
 4 – термометр; 5 – манометр; 6 – поглотители; 7 – газовый счетчик;
 8 – трехходовой кран; 9 – кран

После этого вспомогательную бутылку (3) поднимают выше уровня газометра (1) (для создания в нем давления) и открывают последовательно краны: (8) – выпуск газовой смеси из газометра, (9) – выпуск раствора из вспомогательной бутылки в газометр (1). Отбор газовой пробы производят со скоростью не более 0,5 л/мин.

После пропускания через поглотители заданного объема газовой смеси краны закрывают в обратной последовательности: (9) → (8). При этом окраска метилового оранжевого в поглотителях должна остаться розовой, что свидетельствует о наличии избытка H_2SO_4 .

В случае изменения окраски метилового оранжевого в первом поглотителе на желтую, отбор газовой пробы необходимо прекратить и записать пропущенный объем газа!

Эксперимент повторяют для различных объемов отбираемой газовой пробы (объем пропускаемого газа задается переподавателем).

Задача № 3 «Анализ поглотительного раствора и расчет концентрации аммиака в газовой пробе»

После отбора аммиачно-воздушной смеси раствор из поглотителей (6) **количественно** переносят в мерную колбу на 50 мл (из двух поглотителей в одну колбу), доводят до метки дистиллированной водой и оттитровывают аликвотную часть (5–10 мл) полученного раствора 0,1 н раствором NaOH.

Концентрация аммиака в отобранной пробе газа ($C_{NH_3}^r$) определяется по изменению концентрации H_2SO_4 в поглотителях:

$$N_{H_2SO_4}^{ocm} = \frac{V_{NaOH}^{cp} N_{NaOH} a}{V_a}, \text{ Г-ЭКВ/Л,}$$

где V_{NaOH}^{cp} , N_{NaOH} – объем и нормальность раствора NaOH, пошедшего на титрование;

V_a – объем аликвоты;

a – разбавление, определяется по формуле:

$$a = \frac{V_k}{V_p},$$

где V_k – объем мерной колбы;

V_p – объем раствора, помещенного в мерную колбу из поглотителей.

Тогда масса уловленного в поглотителях аммиака составит:

$$m_{NH_3} = (V_{H_2SO_4} N_{H_2SO_4}^o - V_{H_2SO_4} N_{H_2SO_4}^{ocm}) \mathcal{E}_{NH_3} \cdot 10^{-3}, \text{ г,}$$

где $N_{H_2SO_4}^o$, $N_{H_2SO_4}^{ocm}$ – концентрация серной кислоты до и после поглощения аммиака из газовой пробы;
 $V_{H_2SO_4}$ – общий объем серной кислоты в поглотителях;
 \mathcal{E}_{NH_3} – эквивалент аммиака.

На основании полученных данных рассчитывается концентрация аммиака в загрязненном (сухом) газе:

$$C_{NH_3}^Г = \frac{m_{NH_3}}{V_{Г}K}, \text{ г/л,}$$

где m_{NH_3} – масса уловленного аммиака, г;
 $V_{Г}$ – объем пропущенного газа, л;
 K – коэффициент приведения объема газа к сухому состоянию при 273 К и 760 мм.рт.ст. (определяется по приложению).

Задача № 4 «Определение концентрации аммиака линейно-колористическим методом»

Линейно-колористическое определение содержания примеси аммиака проводят с помощью переносного универсального газоанализатора УГ-2.

Принцип работы газоанализатора типа УГ-2 основан на просасывании воздуха, содержащего загрязняющее вещество, через индикаторную трубку воздухозаборным устройством. При этом в присутствии аммиака в пробе происходит изменение окраски индикаторного порошка, обработанного бромфеноловым синим. Длина окрашенного столбика порошка в трубке пропорциональна концентрации аммиака в газовой пробе и измеряется по шкале, градуированной в мг/м³.

При определении фиксатор прибора отводят в сторону и устанавливают шток таким образом, чтобы фиксатор скользил по канавке штока, на котором указан необходимый объем просасываемого воздуха. Давлением руки на шток сильфон сжимают до тех пор, пока наконечник фиксатора не совпадет с верхним углублением в канавке штока, фиксируя сильфон в сжатом состоянии. Подготовленную индикаторную трубку устанавливают между прибором и газометром и открывают кран (8). Надавливая одной рукой на головку штока, другой рукой отводят фиксатор. Как только шток начинает двигаться, фиксатор отпускают, при этом исследуемый воздух просасывается через индикаторную трубку. По окончании отбора пробы наконечник фиксатора входит в нижнее углубление канавки штока и раздается щелчок.

При просасывании 250 мл аммиачно-воздушной пробы продолжительность хода штока до защелкивания его фиксатором колеблется от

2 мин до 2 мин 40 сек, что зависит от плотности набивки трубки индикаторным порошком. При объеме пробы 30 мл защелкивание штока стопором происходит мгновенно.

При наличии в исследуемой пробе аммиака цвет индикаторного порошка будет изменяться с красно-оранжевого на синий. Концентрацию аммиака находят по измерительной шкале, прикладывая нижний конец столбика окрашенного порошка индикаторной трубки к нулевому делению измерительной шкалы. Цифра на шкале, совпадающая с верхним концом окрашенного столбика порошка, указывает концентрацию примеси в мг/м³.

Задача № 5 «Отбор аммиачно-воздушной смеси методом наполнения (способ газожидкостного вытеснения)»

Для отбора аммиачно-воздушной пробы методом наполнения используют газовую пипетку, соединенную с бутылкой, заполненную насыщенным солевым раствором. Перед отбором пробы пипетку полностью заполняют насыщенным солевым раствором. Для этого пипетку в вертикальном положении опускают ниже уровня бутылки и открывают сначала верхний, а затем нижний кран. После наполнения оба крана закрывают и свободный конец пипетки через кран (8) присоединяют к газометру (1). Затем поднимают пипетку выше уровня бутылки, открывают последовательно кран (8), верхний кран пипетки, нижний кран и выпускают заданный объем раствора. При этом в пипетке создается разрежение и в нее поступает газовая смесь из газометра (1). Затем закрывают все краны в обратной последовательности и отсоединяют газовую пипетку от газометра. Для разбавления газовой смеси сначала создают в ней аналогичным образом разрежение, а затем соединяют с воздухом, выпускают из пипетки весь раствор и закрывают оба крана пипетки. В результате в пипетке содержится разбавленная газовая смесь, которую анализируют одним из вышеперечисленных методов.

После анализа газовой смеси рассчитывают концентрацию загрязняющего вещества с учетом разбавления:

$$C_{\text{NH}_3} = C_{\text{NH}_3}^* \frac{V_{\text{пипетки}}}{V_{\text{пробы}}},$$

где $C_{\text{NH}_3}^*$ – концентрация аммиака в газовой пробе, предварительно определенная методом объемного титрования или с помощью УГ-2, г/л;

$V_{\text{пипетки}}$ – объем газовой пипетки, л;

$V_{\text{пробы}}$ – объем газовой пробы, отобранной для разбавления, л.

2.2. Определение содержания кислорода в воздухе рабочей зоны

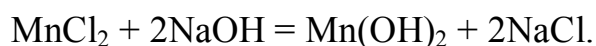
Цель работы и техническое задание

Целью данной работы является знакомство студентов с йодометрическим методом определения концентрации кислорода в воздухе рабочей зоны.

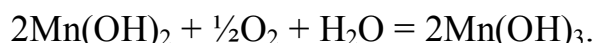
Лабораторная работа состоит из следующих этапов:

- 1) ознакомление с физико-химическими основами йодометрического определения кислорода в воздухе;
- 2) определение кислорода в воздухе йодометрическим методом;
- 3) расчёт концентрации кислорода в воздухе.

Йодометрический метод основан на способности кислорода окислять при комнатной температуре марганцевые соли. Для этого хлорид марганца (II) предварительно смешивают с раствором щелочи, при этом образуется легко окисляющийся осадок гидроксида марганца (II):

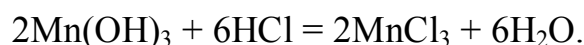


Гидроксид марганца (II) мгновенно окисляется кислородом воздуха в гидроксид марганца (III):



Количество образовавшегося гидроксида марганца (III) эквивалентно количеству содержащегося в воздухе кислорода.

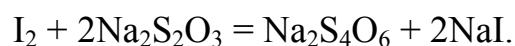
Переведя гидроксид марганца (III) в эквивалентное ему количество йода, легко и точно определяемое титрованием. Для этого осадок $\text{Mn}(\text{OH})_3$ растворяют в соляной кислоте:



После чего к нему приливают раствор йодида калия. Количество образовавшегося йода эквивалентно количеству хлорида марганца (II), т.е. количеству гидроксида марганца (III) и, следовательно, количеству содержащегося в воздухе кислорода.



Йод оттитровывают раствором тиосульфата натрия в присутствии крахмала:



Установка для определения концентрации кислорода в воздухе рабочей зоны состоит из колбы с резиновой пробкой и двумя вставленными стеклянными трубками с кранами, через одну из которых наливают растворы. Вторая трубка соединена с газовым счетчиком и насосом через сухую склянку – уловитель.

Через колбу с пробкой пропускают 5–7 л воздуха (объем пропускаемого воздуха задается преподавателем и фиксируется по газовому счетчику), открывая краны прибора.

Бюретку, наполненную смесью растворов KI и NaOH (30 г KI + 32 г NaOH в 100 мл H₂O), вставляют в верхний конец одной трубки и сливают из неё 2 мл. Перемешивают содержимое до обесцвечивания раствора (из черно-бурого в желто-коричневый), т.е. полного поглощения кислорода воздуха. Затем добавляют 4 мл HCl (2:1). После полного растворения осадка (Mn(OH)₃), оттитровывают выделившийся йод 0,1 Н раствором тиосульфата натрия (Na₂S₂O₃), применяя крахмал в качестве индикатора.

Концентрация кислорода в воздухе рабочей зоны (лаборатории) рассчитывается по формуле:

$$C = \frac{0,560V}{V_0}, \text{ об.}\%,$$

где 0,560 – коэффициент, учитывающий количество кислорода, соответствующего 1 мл 0,1 Н раствора Na₂S₂O₃ при нормальных условиях;

V – объем раствора Na₂S₂O₃, пошедший на титрование йода, мл;

V_0 – приведённый к нормальным условиям объём воздуха, отобранный для анализа, л.

Объём отобранного для анализа воздуха, приведенный к нормальным условиям определяют по формуле:

$$V_0 = \frac{V_t(P - p \cdot 0,857)273}{760(273 + t)}, \text{ л},$$

где V_0 – объём взятого воздуха в сухом состоянии при 0 °С и 760 мм.рт.ст.;

V_t – объём воздуха при температуре t и давлении P , л

p – упругость насыщенных водяных паров при температуре t , мм.рт.ст.

0,857 – поправочный коэффициент для пересчёта упругости водяных паров в упругость пара над раствором MnCl₂.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Гордон, Г.М. Контроль пылеулавливающих установок [Текст] / Г.М. Гордон, И.Д. Пейсахов; 3-е изд., пер. и доп. М.: Металлургия, 1973. 384 с.

Справочник по пыле- и золоулавливанию [Текст] / под общей ред. А.А. Русанова. М.: Энергия, 1975. 296 с.

Клименко, А.П. Методы и приборы для измерения концентрации пыли [Текст] / А.П. Клименко. М.: Химия, 1978. 208 с.

ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ, ВЫНОСИМЫХ НА КОЛЛОКВИУМ

1. Основные этапы анализа газовой среды.
2. Параметры и факторы, влияющие на условия отбора пробы.
3. Правила выбора участка и сечения газохода.
4. Условие изокинетичности. Возможные ошибки, возникающие при его несоблюдении.
5. Назначение трехходового крана.
6. Особенности отбора гомогенной и гетерогенной пробы. Отбор пробы на горизонтальном и вертикальном участках газохода.
7. Факторы, влияющие на выбор метода отбора пробы.
8. Метод наполнения: область применения, классификация и особенности.
9. Сорбционный метод: область применения, особенности и виды адсорбентов. Пример жидких и твердых поглотителей (сорбентов).
10. Конструкции поглотительных сосудов.
11. Основные условия, обеспечивающие отбор представительной пробы сорбционным методом.
12. Десорбция исследуемого компонента.
13. Методы определения качественного и количественного состава отобранной пробы. Преимущества, недостатки и особенности методов.
14. Физико-химические основы йодометрического определения кислорода в воздухе рабочей зоны.
15. Особенности определения объема отобранной пробы в зависимости от выбранного метода отбора пробы.
16. Дифференциальные и суммирующие расходомеры: типы аппаратов и их особенности.

ПРИМЕРЫ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОГО КОЛЛОКВИУМА

Соответствие (не)соблюдения условий отбора пробы ее составу:

Температура в газоходе выше температуры отобранной пробы		конденсация отдельных компонентов в пробоотборном тракте
Температура в газоходе ниже температуры отобранной пробы		кристаллизация отдельных компонентов в пробоотборном тракте
Температура отобранной пробы равна температуре газового потока в газоходе		состав отобранной пробы аналогичен составу газа в газоходе

Параметры, влияющие на количество отбираемой пробы:

- концентрация анализируемого компонента
- физико-химические свойства газа
- свойства используемого поглотителя
- чувствительность методики анализа

Наибольшая скорость газа в газоходе наблюдается:

- в центре
- в верхней части
- в нижней части
- неизменная по всему сечению

Вытеснительная жидкость, используемая при отборе пробы методом газо-жидкостного вытеснения:

- конц. H_2SO_4
- раствор $NaCl$
- насыщенный раствор $CaCl_2$
- дистиллированная вода
- водопроводная вода

Гидрофильный органический сорбент:

- цеолит
- ионит
- активированный уголь
- силикагель

Участок газохода, предпочтительный при отборе пылегазовоздушного потока:

- вертикальный
- горизонтальный
- не имеет значения

Минимальное количество точек при отборе пробы (в каждом направлении), при сечении газохода 800×800 мм:

- 3
- 4
- 5
- 8

Назначение трубки Пито:

- измерение линейной скорости газа
- поглотительный сосуд для сорбентов
- измерение давления газа
- измерение объема газа

Соответствие прибора определяемому параметру:

манометр		давление газа
реометр		объем газа
пневмометрическая трубка		линейная скорость
термометр		температура

Объем воздуха (кратный объему отбираемого газа) необходимый для продувки коммуникаций:

- 3–4
- 5–6
- 6–10
- 8–10

Метод отбора пробы, используемый при ограниченном объеме отбираемой пробы и высокой концентрации анализируемой примеси:

- обмена
- газожидкостного вытеснения
- сорбционный
- наполнения

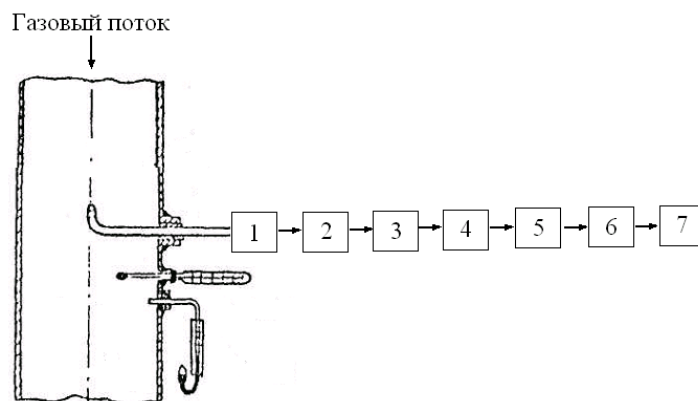
Давление газа создаваемое в газоходе, если точка отбора пробы расположена ниже вентилятора, обеспечивающего движение газа по данному газоходу:

- избыточное
- атмосферное
- разряжение

Жидкий поглотитель, используемый для сорбции из газового потока SO_2 :

- раствор H_2SO_4
- дистиллированная вода
- раствор $NaOH$
- насыщенный раствор $NaCl$

Соответствие устройств, при отборе пробы следующего состава: количество газовой среды неограниченно, концентрация газообразной примеси минимальна, газ в газоходе находится под давлением и характеризуется повышенной влажностью:



1		поглотитель, заполненный жидким сорбентом
2		аналогичный поглотитель, заполненный жидким сорбентом
3		каплеуловитель
4		термометр
5		манометр
6		патрон с силикагелем
7		реометр

ПРИЛОЖЕНИЕ

**Значение коэффициента К для приведения объема газа к сухому состоянию
при 273 К (0⁰С) и 10,1·10⁴ Па (760 мм.рт.ст.)**

Давление газа (абс), мм рт.ст.	Температура газа, ⁰ С								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
725	0,9086	0,8884	0,8675	0,8475	0,8221	0,7968	0,7685	0,7377	0,7034
730	0,9149	0,8946	0,8736	0,8523	0,8281	0,8026	0,7743	0,7434	0,7040
735	0,9213	0,9009	0,8798	0,8584	0,8340	0,8084	0,7800	0,7490	0,7145
740	0,9276	0,9071	0,8859	0,8644	0,8399	0,8142	0,7858	0,7547	0,7201
745	0,9340	0,9133	0,8920	0,8704	0,8459	0,8201	0,7915	0,7603	0,7256
750	0,9403	0,9196	0,8982	0,8764	0,8518	0,8259	0,7972	0,7660	0,7312
755	0,9466	0,9258	0,9043	0,8825	0,8577	0,8317	0,8030	0,7716	0,7368
760	0,9530	0,9320	0,9104	0,8885	0,8676	0,8376	0,8087	0,7773	0,7423
765	0,9593	0,9383	0,9166	0,8945	0,8696	0,8434	0,8145	0,7829	0,7479
770	0,9657	0,9445	0,9227	0,9006	0,8755	0,8492	0,8202	0,7886	0,7534
775	0,9720	0,9507	0,9288	0,9011	0,8763	0,8502	0,8252	0,7942	0,7590