Практическое занятие №5

Определение и гигиеническая оценка вредных газов в воздухе

Цель занятия: ознакомить студентов с методами определения концентрации вредных газов в воздухе перерабатывающих предприятий

План занятия:

1. Методы определения углекислого газа.
2. Определение остальных вредных газов

Методика определения содержания углекислого газа в воздухе

Воздух закрытых помещений значительно отличается от атмосферного по газовому составу. В процессе жизнедеятельности из организма с выдыхаемым воздухом в помещение постоянно поступает углекислый газ. При этом его содержание повышается, а кислорода снижается.

Газовый состав воздуха помещений во многом обуславливается их санитарным состоянием, способами уборки, уровнем воздухообмена и т.п.

Изучение газового состава воздуха помещений имеет большое гигиеническое значение.

Для качественной оценки состояния воздушной среды помещений и соответствии ее гигиеническим нормативам в существующей практике применяют определение содержания в воздухе санитарно-показательных газов – углекислого газа в объемных процентах (об. %), аммиака и сероводорода ($мг/м^3$).

1. Определение диоксида углерода (углекислого газа) в воздухе Титрометрический метод Субботина-Нагорского.

Принцип этого метода заключается в том, что титрованным раствором едкого бария $Ba(OH)_2$ поглощают углекислоту из определенного объема воздуха. При этом образуется $BaCO_3$. По уменьшению титра раствора едкого бария определяют количество углекислоты во взятом объеме воздуха.

Данный способ наиболее точен, но продолжителен во времени, поэтому, в основном, применяют упрощенные способы определения углекислого газа в воздухе (там, где погрешность 5-10% не имеет существенного значения).

2. Способ Гесса.

Данный способ отличается от метода Субботина-Нагорского тем, что для исследования берут меньший объем воздуха и, кроме того, титрование помутневшего баритового раствора проводят тот час же после взбалтывания без отстаивания.

Материалы и оборудование: калиброванная колба с широким горлом с пробкой, имеющей два отверстия в которые вставлены стеклянные палочки, бюретки; колба на 50 мл; шары Ричардсона; барометр; термометр; раствор едкого бария (1 мл $Ba(OH)_2$ поглощает 1 мл CO_2); раствор щавелевой кислоты, 1 мл которого соответствует CO_2; 1%-ый раствор фенолфталеина.

Ход определения.

Проверка титра использованного раствора едкого бария. В калиброванную колбу с помощью шаров Ричардсона набирают исследуемый воздух в течение 1-2 минут, колбу закрывают пробкой с двумя отверстиями, в которые плотно вставлены стеклянные палочки. При взятии пробы воздуха отмечают температуру и атмосферное давление воздуха. Перед анализом вынимают и через одно из отверстий в пробке вливают в бутылку из бюретки 20 мл титрованного раствора едкого бария. Снова вставляют в пробку стеклянные палочки. Раствор едкого бария встряхивают в течение 10 минут. Раствор мутнеет, т.к. происходит соприкосновение его со всем объемом исследуемого воздуха. После этого из пробки вынимают одну палочку и через отверстие заливают в колбу 2 капли раствора фенолфталеина (раствор окрашивается в красный цвет). Вынув затем палочку и вставив в отверстие конец бюретки с раствором щавелевой кислоты, титруют раствор до полного обесцвечивания.

Проверка титра раствора чистого едкого бария. В колбочку на 50 мл из бюретки наливают 20 мл раствора едкого бария, добавляют 2 капли раствора

фенолфталеина и титруют раствором щавелевой кислоты до полного обесцвечивания.

Пример расчета содержания углекислого газа. Допустим, что при первом титровании 20 мл чистого раствора едкого бария связалось 21,5 мл раствора щавелевой кислоты, а при втором титровании 16 мл раствора щавелевой кислоты (во втором случае едкого бария связалось со щавелевой кислотой меньше, т.к. часть его поглотил углекислый газ), по разности титров определяют количество мл углекислого газа, которое содержалось в бутылке, исходя из того, что 1 мл раствора щавелевой кислоты соответствует 1 мг углекислого газа: 21,5 мл – 16,0 мл = 5,5 мг CO_2.

Вес углекислого газа переводят в объем (мл), учитывая, что 1 мг углекислого газа при нормальных условиях занимает объем 0,509 мл. Исходя из этого CO_2 будет: 5,5 мг * 0,509 = 2,79 мл.

Чтобы вычислить процентное содержание углекислого газа в исследуемой пробе воздуха нужно привести объем воздуха в колбе к нормальным условиям (температура 0^0C и давление 760 мм.рт.ст.).

$$V_0^{760} = \frac{(Vt-10)*B}{(I+\alpha t)*760},$$

Где V_0^{760} – объем воздуха, приведенный к нормальным условиям, мл;

Vt – объем исследуемого воздуха (объем колбы), мл;

B – показания барометра в момент исследования, мм.рт.ст.;

760 – нормальное атмосферное давления, мм.рт.ст.;

α – коэффициент расширения газов, равный 0,003667;

t – температура воздуха в момент взятия пробы, градусов по С.

Расчет по вышеприведенной формуле можно упростить, если рассматривать (I + αt), как поправку на температуру, а (B/760), как поправку на атмосферное давление, то по таблице 1, находят соответствующий коэффициент К, который умножают на объем исследуемого воздуха:

$$V_0^{760} = (Vt - 10)*K,$$

где Vt – 10 – объем исследуемого воздуха, мл;

К – коэффициент.

Например: объем колбы 800 мл, при барометрическом давлении 760 мм.рт.ст. и температуре 16°С равен 0,9353 (см. приложение).

(800-10)*0,9353 = 738,8 мм.

воздуха (0,74)

Далее определяют процентное содержание углекислого газа в исследуемом воздухе, составляя пропорцию:

V_0^{760} - 100%

Vco_2 - X ,

Где X – искомый процент углекислого газа;

V_0^{760} – объем исследуемого воздуха, приведенный к нормальным условиям;

Vco_2 - количество найденного углекислого газа в исследуемом объеме воздуха, мл.

В нашем примере количество углекислого газа в мг 1 литре или в 1 м^3 воздуха:

$X = \frac{100*2,79}{738,8} = 0,37\%$ отсюда $\frac{5,5 \text{ мг } CO_2}{0,74} = 7,4$ мг CO_2 или 7432 мг/м^3

3. Метод Прохорова

Материалы и оборудование: широкогорлая пробирка с резиновой пробкой, имеющей два отверстия в одно из которых вставлена резиновая трубка, достигающая дна пробирки, шары Ричардсона, поглотительный раствор (500 мл дистиллированной воды, капля нашатырного спирта, несколько капель 1%-го спиртового раствора фенолфталеина).

Ход анализа.

В пробирку наливают 10 мл поглотительного раствора, закрывают пробкой и подсоединяют к резиновой трубке в пробке Ричардсона. Прокачивают воздух в помещении, при этом считая количество сжатий шаров Ричардсона до обесцвечивания поглотительного раствора. Затем выливают обесцвеченный раствор, промывают пробирку дистиллированной водой и наливают 10 мл

свежего поглотительного раствора. Прокачиваю до обесцвечивания, также считая количество сжатий шаров Ричардсона.

Расчет содержания углекислоты в воздухе помещения.

Расчет производят по формуле:

$$X = \frac{0{,}03 * A}{B},$$

где X – количество углекислого газа, %;

0,03 – процент содержания углекислого газа в атмосферном воздухе;

A – количество сжатий шаров Ричардсона, потребовавшихся для обесцвечивания поглотительного раствора при пропускании через него атмосферного воздуха;

B – количество сжатий шаров Ричардсона, потребовавшихся для обесцвечивания поглотительного раствора при пропускании через него воздуха помещения.

Определение оксида углерода CO.

Основным источником загрязнения воздуха угарным газом являются газовые горелки и выхлопные газы работающих механизмов. Газ очень ядовит для людей. Концентрация в 0,15 – 0,2 % об. вызывает уже через час изменения в организме, опасные для жизни, а концентрация CO – 0,4% об. вызывает гибель через 5-10 минут.

Оксид углерода можно определить в воздухе помещения с помощью метода основного на окислении CO йодоватым ангидридом при температуре 140-150°C до диоксида углерода:

$$5CO + I_2O_5 = 5CO_2 + I_2$$

Образовавшийся угольный ангидрид поглощают раствором гидроксида бария:

$$Ba(OH)_2 + CO_2 = BaCO_3 + H_2O$$

Избыток гидроксида бария титруют раствором соляной кислоты при индикаторе – фенолфталеин.

В последнее время для определения угарного газа в помещениях применяют универсальный переносной газоанализатор типа УГ-2. При просасывании через индикаторную трубку исследуемого воздуха, содержащего CO_2, на столбике индикатора порошка, со стороны входа воздуха, появляется подвижное кольцо коричневого цвета. Концентрацию окиси углерода находят по измерительной шкале, прикладывая нижний конец столбика порошка индикаторной трубки к нулевому делению измерительной шкалы. Цифра на шкале, совпадающая с верхней границей окрашенного кольца, указывает концентрацию в мг/м^3.

Анализ следует начинать просасывая 60 мл исследуемого воздуха, если найденная концентрация меньше 120 мг/м^3, следует прокачивать 220 мл. Во всех случаях замера необходимо проводить несколько определений (2-3).

3. Определение газов с помощью универсального переносного газоанализатора типа УГ-2

УГ-2 предназначен для определения в воздухе производственных помещений концентрации 14-ти газов (сернистый ангидрид, ацетилен, окись углерода, сероводород, хлор, аммиак, окислы азота, этиловый эфир, бензин, толуол, ксилод, ацетон, углеводороды нефти).

Газоанализатор обеспечивает определение вредных газов в воздухе помещений, характеризуемые следующими данными:

1. содержание пыли не более 40 мг/м^3;
2. давление от 740 до 780 мм.рт.ст.;
3. относительная влажность не более 90%;
4. температура от 10 до 30°С.

Принцип работы газоанализатора основан на прокачивании воздуха, содержащего вредные газы, через индикаторную трубку воздухозаборным устройством.

Окрашивание индикатора происходит вследствие реакции, возникающей между анализируемым газом и реактивом наполнителя индикаторной

трубки. При этом происходит образование цветного продукта, отличного от исходного.

Длина окрашенного столбика индикаторного порошка в трубке пропорциональна концентрации анализируемого газа в воздухе и измеряется по шкале, градуированной в мг/м^3.

Основной частью воздухозаборного устройства является резиновый сильфон с расположенной внутри сжатой пружиной, которая удерживает сильфон в растянутом состоянии.

На верхней панели прибора расположены: направляющая втулка со стопорным устройством (фиксатором), резиновая трубка, соединенная с сильфонным насосом, отверстия для установки штоков.

В комплект прибора входят калиброванные штоки, индикаторные трубки, измерительные шкалы.

Ход определения.

Перед началом анализа открыть крышку прибора, выбрать шток с нужным для проведения анализа объемом воздуха (цифры указаны на головке штока) и индикаторную трубку, у которой обламывают оба запаянных конца.

Отводят фиксатор на втулке и вставляют в нее шток так, чтобы наконечник фиксатора скользил по канавке штока, над которой указан оббьем просасываемого воздуха. Давлением руки на головку штока сжимают сильфон до тех пор, пока наконечник фиксатора не совпадет с верхним углублением в канавке штока.

Соединяют с резиновой трубкой индикаторную трубку. Слегка надавив рукой на головку штока, отводят фиксатор. Как только штока начал двигаться, фиксатор отпускают. После фиксации пальцем стопорного устройства в нижнем фиксирующем отверстии на канавке штока(слышен щелчок), дают выдержку для полного окончания просасывания исследуемого воздуха через трубку (время выдержки для исключения остаточного воздуха в сильфоне от объема, просасываемого воздуха).

Окончив прокачивание, индикаторную трубку надо снять с резиновой трубки и приложить к шкале таким образом, чтобы нижняя граница окрашенного столбика индикаторного порошка в трубке совпала с нулевым делением шкалы. Верхняя граница окрашенного столбика укажет на концентрацию определяемого газа.

Коэффициенты приведения единицы объема исследуемого воздуха к объему при 0°С и 760 мм.рт.ст.

Температура, °С	Давление, мм.рт.ст								
	780	775	770	765	760	755	750	745	740
-5	1,0454	1,0387	1,0321	1,0254	1,0186	1,0119	1,0052	0,9986	0,9918
0	1,0263	1,0197	1,0320	1,0066	1,0000	0,9934	0,9868	0,9803	0,9737
1	1,0225	1,0159	1,0095	1,0029	0,9963	0,9897	0,9832	0,9767	0,9701
2	1,0189	1,0123	1,0059	0,9993	0,9927	0,9862	0,9796	0,9732	0,9666
3	1,0151	1,0086	1,0022	0,9956	0,9891	0,9826	0,9761	0,9696	0,9631
4	1,0114	1,0049	0,9985	0,9920	0,9855	0,9790	0,9725	0,9661	0,9596
5	1,0079	1,0014	0,9950	0,9885	0,9820	0,9755	0,9691	0,9627	0,9562
6	1,0042	0,9977	0,9914	0,9849	0,9785	0,9720	0,9656	0,9592	0,9527
7	1,0006	0,9941	0,9878	0,9814	0,9749	0,9685	0,9621	0,9557	0,9493
8	0,9971	0,9907	0,9844	0,9779	0,9715	0,9651	0,9587	0,9524	0,9460
9	0,9935	0,9871	0,9808	0,9744	0,9680	0,9617	0,9553	0,9490	0,9426
10	0,9900	0,9836	0,9773	0,9710	0,9646	0,9582	0,9519	0,9456	0,9392
11	0,9865	0,9802	0,9739	0,9676	0,9613	0,9549	0,9486	0,9423	0,9360
12	0,9830	0,9767	0,9705	0,9642	0,9578	0,9515	0,9452	0,9390	0,9327
13	0,9797	0,9734	0,9672	0,9609	0,9546	0,9483	0,9420	0,9358	0,9295
14	0,9762	0,9699	0,9638	0,9575	0,9514	0,9449	0,9386	0,9333	0,9262
15	0,9728	0,9665	0,9604	0,9541	0,9479	0,9416	0,9353	0,9282	0,9229
16	0,9695	0,9632	0,9571	0,9509	0,9446	0,9384	0,9322	0,9260	0,9198
17	0,9661	0,9599	0,9538	0,9476	0,9413	0,9351	0,9289	0,9228	0,9166

18	0,9628	0,9566	0,9505	0,9443	0,9381	0,9318	0,9257	0,9196	0,9134
19	0,9595	0,9533	0,9473	0,9411	0,9349	0,9288	0,9226	0,9165	0,9103
20	0,9562	0,9501	0,9440	0,9378	0,9317	0,9255	0,9194	0,9133	0,9072
21	0,9529	0,9468	0,9408	0,9346	0,9285	0,9224	0,9162	0,9102	0,9041
22	0,9498	0,9436	0,9376	0,9315	0,9254	0,9193	0,9132	0,9072	0,9011
23	0,9465	0,9404	0,9344	0,9283	0,9222	0,9162	0,9101	0,9041	0,8980
24	0,9433	0,9372	0,9312	0,9252	0,9191	0,9130	0,9070	0,9010	0,8949
25	0,9401	0,9340	0,9281	0,9220	0,9160	0,9099	0,9039	0,8919	0,8919
30	0,9246	0,9186	0,9128	0,8068	0,8009	0,8849	0,8890	0,8831	0,8772

Вопросы для самопроверки

1. Принципы методов индикации углекислого газа.
2. Расчет количества углекислого газа методом Гесса и Прохорова.
3. Источники и метод расчета окиси углерода в воздухе помещений.
4. Определение углекислого газа с помощью УГ-2.

Аммиак (NH_3) входит в состав воздуха как непостоянная примесь. Наиболее высокая концентрация газа наблюдается, обычно, вблизи пола и, в первую очередь, в зоне расположения канализации. При низкой температуре и высокой влажности воздуха аммиак скапливается у пола, адсорбируется влагой пола и стен. При высокой температуре и пониженном барометрическом давлении аммиак выделяется в воздух.

Для определения аммиака используют следующие методы:

1. Качественный
2. Количественный

а) титрометрический метод

б) ускоренный метод (колориметрический)

3. Универсальным газовым анализатором типа УГ-2

1. Качественный метод

Для данного анализа можно использовать следующие приемы:

1. Органолептический. Концентрация аммиака в воздухе 1,5-2 мг/м^3 и выше устанавливается обонянием;

2. При помощи индикаторной бумаги. Смоченная дистиллированной водой розовая лакмусовая бумага синеет в воздухе с примесью аммиака, желтая – зеленеет или синеет;

3. На основе взаимодействия соляной кислоты с аммиаком. Пары соляной кислоты при соприкосновении с воздухом помещения, содержащим аммиак, образуют белый туман, состоящий из паров хлористого аммония.

$NH_3 + HCl = NH_4Cl$

2. Количественный метод

1. Титрометрический способ.

Способ применяется в случаях, когда в воздухе содержится большое количество аммиака. Он заключается в том, что определенный объем исследуемого воздуха пропускают через 0,01н или 0,05н раствор серной кислоты, которая поглощает аммиак, затем титруют серную кислоту 0,01н или 0,05н раствором едкого натра с индикатором метилоранж. По уменьшению титра серной кислоты и количеству пропущенного через поглотители воздуха устанавливают количество аммиака.

2. Ускоренный метод (колориметрический).

Метод основан на нейтрализации титрованного раствора серной кислоты аммиаком. Определенный объем воздуха пропускают через поглотители, наполненные титрованным раствором серной кислоты. Прибавляя реактив Несслера к растворам поглотителей, связавших аммиак из пропущенного через них воздуха, и к стандартному раствору хлористого аммония, получают окрашенные растворы, степень окраски которых сравнивают в калориметре или в наборе калориметрических пробирок.

Определение концентраций аммиака с помощью УГ-2.

При просасывании через оранжевый индикатор, исследуемый воздух, содержащий аммиак, цвет столбика индикаторного порошка, со стороны входа воздуха, будет меняться на синий. Концентрацию аммиака находят по измерительной шкале, прикладывая нижний конец столбика окрашенного индикатора к нулевому делению измерительной шкалы. Цифра на шкале, совпадающая с верхним концом окрашенного столбика порошка, указывает концентрацию в мг/м^3.

Объем просасываемого воздуха составляет 250 мл или 30 мл. Общее время просасывания исследуемого воздуха через индикаторную трубку составляет 4 минуты и 2 минуты соответственно.

Во всех случаях анализа в выбранной для этого точки необходимо проводить повторные определения, которые укажут на изменение концентрации аммиака в выбранной точке.

Определение сероводорода.

Сероводород (H_2S) в химический состав атмосферного воздуха входит как непостоянная примесь. Он образуется при разложении серосодержащих белковых веществ, а так же поступает из кишечных выделений. Газ скапливается у пола.

Накопление сероводорода в воздухе в концентрациях, близких к предельно-допустимым, наблюдается редко. Тем не менее, при отсутствии вентиляции, неудовлетворительной работе канализационной системы, количество сероводорода может достигать предельно-допустимых концентраций.

Существую следующие способы определения сероводорода:

1. Качественная проба

Качественные пробы на наличие сероводорода в воздухе помещений проводят следующими методами:

1. Полоска фильтровальной бумаги, смоченная раствором уксусного свинца, в присутствии сероводорода чернеет следствие образования сернистого свинца;

2. Полоска фильтровальной бумаги, пропитанная 5-10% раствором нитропруссидного натрия, в присутствии сероводорода приобретает красно-фиолетовую окраску;

3. По запаху, сероводород в воздухе можно распознать в количестве 0,0034 мг/л и выше.

2. Количественный метод (титрометрический)

Титрометрический (йодометрический) метод определения сероводорода основан на связывании сероводорода при просасывании воздуха с примесью его через водный раствор йода с образованием йодистоводородной кислоты. По уменьшению титра раствора йода после просасывания судят о содержании сероводорода.

1. С помощью УГ-2

При просасывании через индикаторную трубку исследуемого воздуха, содержащего сероводород белый цвет столбика индикаторного порошка со стороны входа воздуха, окрашивается в коричневый цвет. При просасывании 300 мл воздуха продолжительность общего времени прокачивания 5 минут, а объема 30 мг – 2 минуты.

Определение газов с помощью универсального переносного газоанализатора типа УГ-2.

УГ-2 предназначен для определения в воздухе производственных помещений концентрации 14-ти газов (сернистый ангидрид, ацетилен, окись углерода, сероводород, хлор, аммиак, окислы азота, этиловый эфир, бензин, толуол, ксилод, ацетон, углеводороды нефти).

Газоанализатор обеспечивает определение вредных газов в воздухе помещений, характеризуемые следующими данными:

1. содержание пыли не более 40 мг/м^3;
2. давление от 740 до 780 мм.рт.ст.;
3. относительная влажность не более 90%;
4. температура от 10 до 30°С.

Принцип работы газоанализатора основан на прокачивании воздуха, содержащего вредные газы, через индикаторную трубку воздухозаборным устройством.

Окрашивание индикатора происходит вследствие реакции, возникающей между анализируемым газом и реактивом наполнителя индикаторной трубки. При этом происходит образование цветного продукта, отличного от исходного.

Длина окрашенного столбика индикаторного порошка в трубке пропорциональна концентрации анализируемого газа в воздухе и измеряется по шкале, градуированной в мг/м^3.

Основной частью воздухозаборного устройства является резиновый сильфон с расположенной внутри сжатой пружиной, которая удерживает сильфон в растянутом состоянии.

На верхней панели прибора расположены: направляющая втулка со стопорным устройством (фиксатором), резиновая трубка, соединенная с сильфонным насосом, отверстия для установки штоков.

В комплект прибора входят калиброванные штоки, индикаторные трубки, измерительные шкалы.

Ход определения.

Перед началом анализа открыть крышку прибора, выбрать шток с нужным для проведения анализа объемом воздуха (цифры указаны на головке штока) и индикаторную трубку, у которой обламывают оба запаянных конца.

Отводят фиксатор на втулке и вставляют в нее шток так, чтобы наконечник фиксатора скользил по канавке штока, над которой указан оббьем просасываемого воздуха. Давлением руки на головку штока сжимают сильфон до тех пор, пока наконечник фиксатора не совпадет с верхним углублением в канавке штока.

Соединяют с резиновой трубкой индикаторную трубку. Слегка надавив рукой на головку штока, отводят фиксатор. Как только штока начал двигаться, фиксатор отпускают. После фиксации пальцем стопорного устройства в нижнем фиксирующем отверстии на канавке штока(слышен щелчок), дают выдержку для полного окончания просасывания исследуемого воздуха через трубку (время выдержки для исключения остаточного воздуха в сильфоне от объема, просасываемого воздуха).

Окончив прокачивание, индикаторную трубку надо снять с резиновой трубки и приложить к шкале таким образом, чтобы нижняя граница окрашенного столбика индикаторного порошка в трубке совпала с нулевым делением шкалы. Верхняя граница окрашенного столбика укажет на концентрацию определяемого газа.

Вопросы для самопроверки

1. Качественный и количественный методы определения аммиака.
2. Качественная проба и титрометрический метод индикации сероводорода.
3. Определение аммиака и сероводорода с помощью УГ-2.