

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Кафедра «Радиозэкология и экологическая безопасность»

Н.Н. Ленивенко, Н.В. Лямина

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА В ЭКОЛОГИИ. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Учебное пособие

для студентов очного обучения специальностей
05.03.06 «Экология и природопользование»
и 20.03.02 «Природообустройство и водопользование»

Севастополь
СевГУ
2020

УДК 504.064.4(076)
Л449

Р е ц е н з е н т ы:

Ю.А. Омельчук - канд. хим. наук, доцент кафедры РЭБ

Г.В. Кучерик - канд. хим. наук, доцент кафедры РЭБ

Ленивенко Н.Н.

Л449 Инструментальные методы анализа в экологии (лабораторный практикум) : учебное пособие / Н.Н. Ленивенко, Н.В. Лямина ; Министерство науки и высшего образования РФ, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», Институт ядерной энергии и промышленности, кафедра «Радиоэкология и экологическая безопасность». – Севастополь : СевГУ, 2020. – 47 с. – Текст : электронный.

Лабораторный практикум является руководством для выполнения лабораторных работ по дисциплинам «Инструментальные методы анализа в экологии», «Приборы и средства контроля природных процессов».

В практикуме даны описания лабораторных работ и необходимый для выполнения теоретический материал.

УДК 504.064.4(076)

Рекомендованы к изданию на заседании ученого совета Института ядерной энергии и промышленности, протокол № 7 от 12 февраля 2020 года.

© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет», 2020

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. Определение скорости ветра с помощью анемометра АРИ-49.....	5
2. Определение влажности атмосферного воздуха психрометрическим методом.....	9
3. Определение вредных веществ в воздухе с помощью индикаторных трубок.....	16
4. Определение сернистого ангидрида в воздухе нефелометрическим методом.....	25
5. Определение хлора в воздухе фотометрическим способом.....	34
Приложение А.....	42
Приложение Б.....	43
Приложение В.....	46
Литература.....	47

ВВЕДЕНИЕ

Главная задача подготовки специалистов по охране окружающей среды (ОС), наблюдению и контролю ее состояния состоит в выработке у студентов экологического мировоззрения, в основе которого должно быть представление о единстве и взаимосвязи всех природных процессов, их изменении под действием антропогенных факторов. Особая роль в этой связи отводится количественно - качественному анализу загрязняющих ОС веществ, изучению современных средств и методов измерения параметров ОС, аналитической оценке концентраций загрязнителей и контролю над их измерением.

Анализ загрязнений, их количественно-качественная оценка относится к наиболее трудным задачам и направлениям фундаментальных исследований в различных областях физики, химии и прежде всего аналитической химии. Это обусловлено следующими причинами:

- одна проба одновременно может содержать десятки и сотни органических и неорганических соединений;
- концентрация токсических веществ в атмосфере может быть ничтожно малой (до 10^{-4} - 10^{-7} %);
- воздух представляет собой неустойчивую систему с постоянно меняющимся составом (наличие влаги, кислорода, фотохимические реакции, изменение метеорологических условий).

Для получения объективной информации о состоянии и уровне загрязнения различных объектов окружающей среды необходимо иметь надежные средства и методы контроля. Повышение эффективности контроля состояния окружающей среды может быть достигнуто повышением производительности, оперативности и регулярности измерений, увеличением масштабности охвата одновременным контролем, автоматизации и оптимизации технических средств контроля и самого процесса.

Лабораторный практикум составлен в соответствии с содержанием дисциплины и состоит из двух разделов. Первый раздел содержит лабораторный материал по метеорологическим измерениям параметров ОС. Умение пользоваться средствами метеоконтроля необходимо при проведении измерений загрязнения атмосферного воздуха.

Второй раздел посвящен инструментальным оптическим методам определения химических загрязнений атмосферного воздуха, а также методам определения вредных веществ в воздухе с помощью индикаторных трубок.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

«Определение скорости ветра с помощью анемометра АРИ-49»

Цель работы: научиться пользоваться анемометром АРИ-49, провести измерение скорости ветра и обработать результаты измерений.

Приборы и принадлежности

Анемометр ручной индукционный АРИ-49 ГОСТ 7193-9.

КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

Ветром называется горизонтальное перемещение воздуха относительно земной поверхности. Ветер характеризуется скоростью и направлением. Скорость выражается в м/с, км/ч, узлах или условных единицах - баллах (шкала Бофорта). Направление, откуда дует ветер, измеряется в румбах или градусах. Для измерения скорости измерения ветра применяются анемометр, скорости и направления - анеморумбометр, анеморумбограф.

ОПИСАНИЕ ПРИБОРА

Анемометр ручной индукционный (АРИ-49)

1. Назначение прибора

Анемометр ручной индукционный (АРИ-49) ГОСТ 7193-74 предназначен для измерения значения скорости ветра в наземных условиях.

2. Технические характеристики

- 2.1. Диапазон измерения скорости ветра – от 2,0 до 30 м/с.
- 2.2. Чувствительность – не более 2 м/с.
- 2.3. Цена деления шкалы – 1,0 м/с.
- 2.4. Предел допускаемой погрешности – не более $(0,5 + 0,05V)$ м/с, где V – измеряемая скорость ветра.
- 2.5. Анемометр рассчитан для работы в районах с умеренным климатом при температуре от минус 40 до плюс 45 °С и относительной влажности воздуха 80 % при температуре 20 °С.

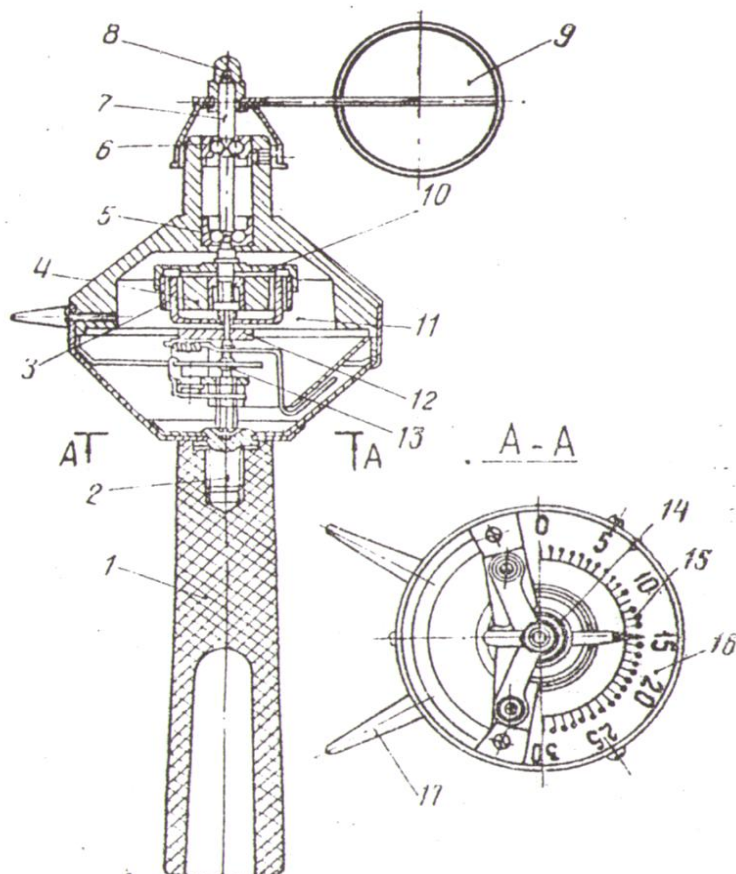


Рис. 1.1. Анемометр ручной индукционный АРИ-49

3. Устройство и принцип и работы

Действие анемометра основано на измерении угловой скорости вращения трехчашечной метеорологической вертушки с помощью электрического индукционного тахометра.

Ветроприемником анемометра (рис. 1.1) является вертушка, состоящая из трех чашек 9, жестко закрепленных во втулке 8, насаженной на ось 7, которая вращается в насыпных шарикоподшипниках 5 и 6. На нижнем конце оси жестко укреплен магнитная система, состоящая из постоянного магнита 4, магнитопровода 3 и температурного компенсатора 10.

К нижней части корпуса анемометра прикреплена плата 12, на которой смонтирована индикаторная часть прибора, состоящая из оси 13 с насаженным на нее металлическим колпачком 11, пружины спиральной 14 и стрелки 15. Цилиндрическая часть колпачка находится в кольцевом зазоре между магнитом и магнитопроводом. Скорость ветра определяется по положению стрелки относительно шкалы 16.

Прибор снабжен ручкой 1, накручиваемой на резьбовую часть хвостовика 2. Кроме того, он комплектуется специальной стойкой, которая

навертывается на хвостовик вместо ручки в случае, когда анемометр устанавливается на деревянный шест.

В нижнюю часть корпуса прибора ввернуты две ножки 17, служащие опорой в случае, если анемометр без футляра кладется на стол или другую плоскую поверхность.

Под действием воздушного потока верхушка вместе с осью всегда вращается только в одну сторону. При этом магнитная система создает вращающееся магнитное поле, вызывающее в металлическом колпачке вихревые токи. Взаимодействие вихревых токов с магнитным полем магнита создает вращающий момент, приложенный к металлическому колпачку. Под действием этого момента колпачок поворачивается, закручивая спиральную пружину. Величина угла поворота оси с колпачком пропорциональна числу оборотов вертушки; следовательно, отклонение стрелки анемометра связано определенной зависимостью со скоростью ветра.

ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

Перед началом эксплуатации производится проверка комплектности и внешний осмотр прибора.

Для проверки работоспособности анемометра осторожно раскручивают вертушку (вручную или подув на нее) и наблюдают за движением стрелки до остановки вертушки; стрелка должна возвращаться к нулевому делению шкалы плавно, без рывков и заеданий.

Смещение стрелки не должно превышать 0,5 деления шкалы.

Вертушка анемометра не должна экранироваться от действия ветра телом наблюдателя или другими предметами.

Показания прибора снимаются через 5-10 с после его установки, когда вертушка примет скорость вращения, соответствующую скорости ветра. Через 10 минут повторить замер.

При малой порывистости ветра измерение можно производить один раз, при большой порывистости следует определить среднее значение скорости на основании нескольких измерений.

Для определения действительной скорости в полученные значения следует внести шкальные поправки, указанные в табл. 1.1.

Данные замеров и обработки результатов измерений внести в таблицу 1.2.

Сделать вывод.

Таблица 1.1

Показания анемометра, м/с	Шкальная поправка, м/с	Показания анемометра, м/с	Шкальная поправка, м/с
2	-0,2	12	0,0
4	-0,1	14	0,0
6	-0,1	16	0,0
8	0,0	20	0,0
10	0,0	25	+0,1
		30	+0,2

Таблица 1.2 - Данные измерений

Средняя измеренная скорость	Шкаловая поправка	Исправленное значение	Допускаемая погрешность	Результат измерений

Контрольные вопросы

1. Единицы измерения скорости и направления ветра.
2. Приборы для измерений скорости и направления ветра.
3. Принцип работы приборов для измерения скорости и направления ветра
4. Погрешности измерения скорости ветра.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

«Определение влажности атмосферного воздуха психрометрическим методом»

Цель: Изучить психрометрический метод определения влажности атмосферного воздуха и научиться пользоваться прибором для измерения влажности воздуха - психрометром аспирационным МВ-4м. Провести измерение и записать результат.

Приборы и принадлежности

1. Психрометр аспирационный МВ-4М.
2. Пипетка ГОСТ1770-94 вместимостью 5 мл.

КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

Под влажностью воздуха понимают содержание водяных паров в воздухе, которые попадают в атмосферу в результате испарения воды с поверхности водоемов и с земного покрова. Содержание водяного пара в воздухе оценивается разными величинами.

1. Абсолютная влажность воздуха - масса водяного пара m_n , находящегося в 1 м^3 воздуха в г/м^3 при данной температуре и давлении воздуха.

2. Относительная влажность - измеряется в процентах и выражается уравнением

$$\Sigma = m_n / m_{\text{max}} 100 \%, \quad (1)$$

где σ - относительная влажность в %; m_n - масса водяного пара абсолютная г/м^3 ; m_{max} - масса насыщенного пара при данной температуре и давлении в г/м^3 воздуха.

3. Дефицит влажности - разность между количеством насыщенного пара и фактически находящегося водяного пара в том же объеме при данной температуре и давлении:

$$D = m_{\text{max}} - m_n \text{ г/м}^3. \quad (2)$$

4. Точка росы - температура, при которой находящиеся в атмосфере или замкнутом пространстве пары достигли насыщения. Дальнейшее увеличение количества паров жидкости в данном объеме и при данной температуре ведет к образованию конденсата.

Для измерения влажности воздуха используются целый ряд различных методов. Эти методы делятся на **прямые и косвенные**.

К прямым относятся весовой (гравиметрический) и конденсационный методы.

К косвенным – метод теплопроводности, гигрометрический, спектрометрический, термодинамический, кулонометрический, метод точки росы и т.д. К наиболее распространенным методам относятся термодинамический или психометрический и гигрометрический.

В лабораторной работе применяется **термодинамический или психометрический** метод – один из наиболее распространенных.

ОПИСАНИЕ ПРИБОРА

Психрометр аспирационный МВ-4М

1. Назначение прибора

Психрометр аспирационный МВ-4М предназначен для определения относительной влажности воздуха в диапазоне от 10 до 100 процентов при температурах от минус 10 до плюс 40 °С и температуры воздуха от минус 31 до плюс 51 °С в наземных условиях.

2. Технические характеристики

Погрешности при определении относительной влажности с помощью психометрических таблиц не должны превышать значений, указанных в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Температура воздуха °С	Относительная влажность, в процентах			
	100	60	20	10
	Погрешность при определении относительной влажности в процентах к измеренной величине			
30	± 1,5	± 2	± 5	± 9
20	± 2	± 3	± 7	± 14
10	± 3	± 4	± 11	± 20
0	± 4	± 6	± 17	± 35
-5	± 5	± 9	± 25	± 50
-10	± 7	± 12	± 35	± 70

Диапазон измерения относительной влажности воздуха при температуре окружающей среды от - 10 до +40 °С, в процентах, от 10 до 100.

Диапазон измерения температуры воздуха, в °С, от - 31 до +51.

Скорость воздушного потока у резервуаров термометров, создаваемая вентилятором психрометра (аспирация) м/с, должна быть не менее 2 на 4-й минуте и 1,7 на 6-й минуте работы вентилятора.

Время действия завода механизма, мин. не менее 8.

Цена деления шкал термометров, °С 0,2. Погрешность измерения температуры – половина цены деления

3. Устройство и принцип работы

Принцип работы психрометра основан на разности показаний сухого и смоченного термометров в зависимости от влажности окружающего воздуха. Психрометр состоит из двух одинаковых ртутных термометров **4** (рис. 2.1), закрепленных в термодержателе, который состоит из трубок защиты **1**, аспирационной чашки **2**, воздухопроводной трубки **3** и термозащиты **5**. Резервуары термометров помещены в трубки защиты с воздушным зазором между ними. Назначение их – предохранять резервуары термометров от нагревания солнцем, для чего наружная поверхность трубок тщательно полируется и никелируется. Сами трубки изолированы друг от друга теплоизоляционными шайбами.

Трубки защиты соединены аспирационной чашкой с воздухопроводной трубкой, на верхнем конце которой укреплена аспирационная головка **6**. Пружина заводного механизма заводится ключом **7**. Термометры защищены с боков термозащитами от механических повреждений. К психрометру прилагается ветровая защита **8**. Для подвешивания психрометра имеется крюк **9**, на одном конце которого есть крючок с прорезью. Крюк прибивается гвоздями в специальный столб и на него навешивается психрометр. Перед работой резервуар правого термометра обертывается в один слой батистом и смачивается дистиллированной водой при помощи резинового баллона **12** с пипеткой **10**.

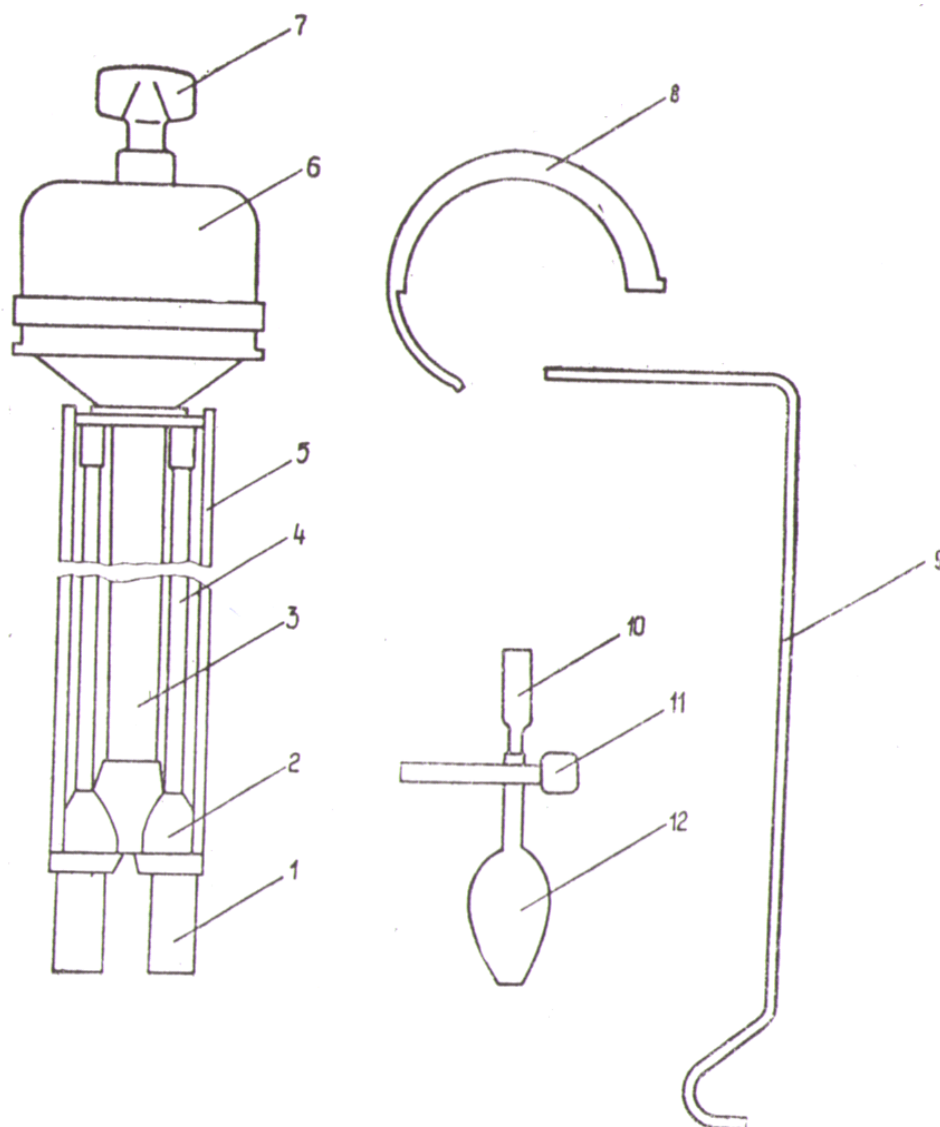


Рис. 2.1. Психрометр аспирационный МВ-4М: 1 – трубка защиты (2);
 2 – чашка аспирационная; 3 – трубка воздухопроводная; 4 – термометр ртутный (2);
 5 – термозащита (2); 6 – головка аспирационная; 7 – ключ; 8 – защита ветровая;
 9 – крюк; 10 – пипетка; 11 – зажим для резиновых трубок; 12 – баллон

ПОРЯДОК РАБОТЫ

Психрометр работает следующим образом.

Вращением вентилятора в психрометре всасывается воздух, который, обтекая резервуары термометров, проходит по воздухопроводной трубке к вентилятору и выбрасывается им наружу через прорези. Благодаря обтеканию потока воздуха вокруг резервуаров термометров сухой термометр будет показывать температуру этого потока, а показания смоченного термометра будут меньше, так как он будет охлаждаться вследствие испарения воды с поверхности батиста, облегающего его резервуар.

Влажность воздуха определяется по показаниям сухого и смоченного термометров по специальным психрометрическим таблицам или психрометрическому графику, а температура воздуха – по показаниям сухого термометра.

Психрометр можно использовать для определения влажности и температуры воздуха в помещении и на открытом воздухе. При наблюдении на открытом воздухе психрометр подвешивается на специальном столбе так, чтобы резервуары термометров были на высоте 2 м над почвой. Во время отсчета необходимо строго следить за тем, чтобы ветер дул по направлению от психрометра на наблюдателя.

Порядок наблюдения по аспирационному психрометру следующий:

а) при определении влажности на открытом воздухе психрометр выносят из помещения летом на четверть часа до наблюдения, а зимой не менее чем за полчаса и подвешивают на столбе;

б) смачивают батист на резервуаре термометра. Вне помещения это смачивание производится зимой за полчаса, а летом за четыре минуты до начала наблюдений. Для этого берут резиновый баллон с пипеткой, заранее наполненный дистиллированной водой, и легким нажимом доводят воду в пипетке до черточки. Если черточка отсутствует, то доводят воду не ближе, чем на 1 см до края пипетки и удерживают ее на этом уровне при помощи зажима 11. После этого пипетку вводят до отказа во внутреннюю трубку защиты и смачивают батист на резервуаре термометра. Выждав некоторое время, не вынимая пипетки из трубки, разжимают зажим, вбирая излишнюю воду в баллон, после чего пипетку вынимают;

в) заводят вентилятор почти до отказа, но осторожно, чтобы не сорвать пружину, отчет по термометрам производится на 4-й минуте после пуска вентилятора.

Психрометром можно пользоваться и при отрицательных температурах не ниже -10°C , но при этом каждый раз необходимо отмечать состояние батиста: была ли на нем переохлажденная вода или лед. Для защиты вентилятора от действия сильного ветра (свыше 4 м/с) на прорези аспирационной головки с наветренной стороны необходимо надевать ветровую защиту открытым концом в направлении вращения вентилятора.

Вычисление влажности воздуха (абсолютной и относительной) по показаниям психрометра производится по психрометрическим таблицам. Кроме того, определение относительной влажности по показаниям психрометра можно производить по психрометрическому графику (рис. 2.2).

Определение относительной влажности по психрометрическому графику производится в следующем порядке:

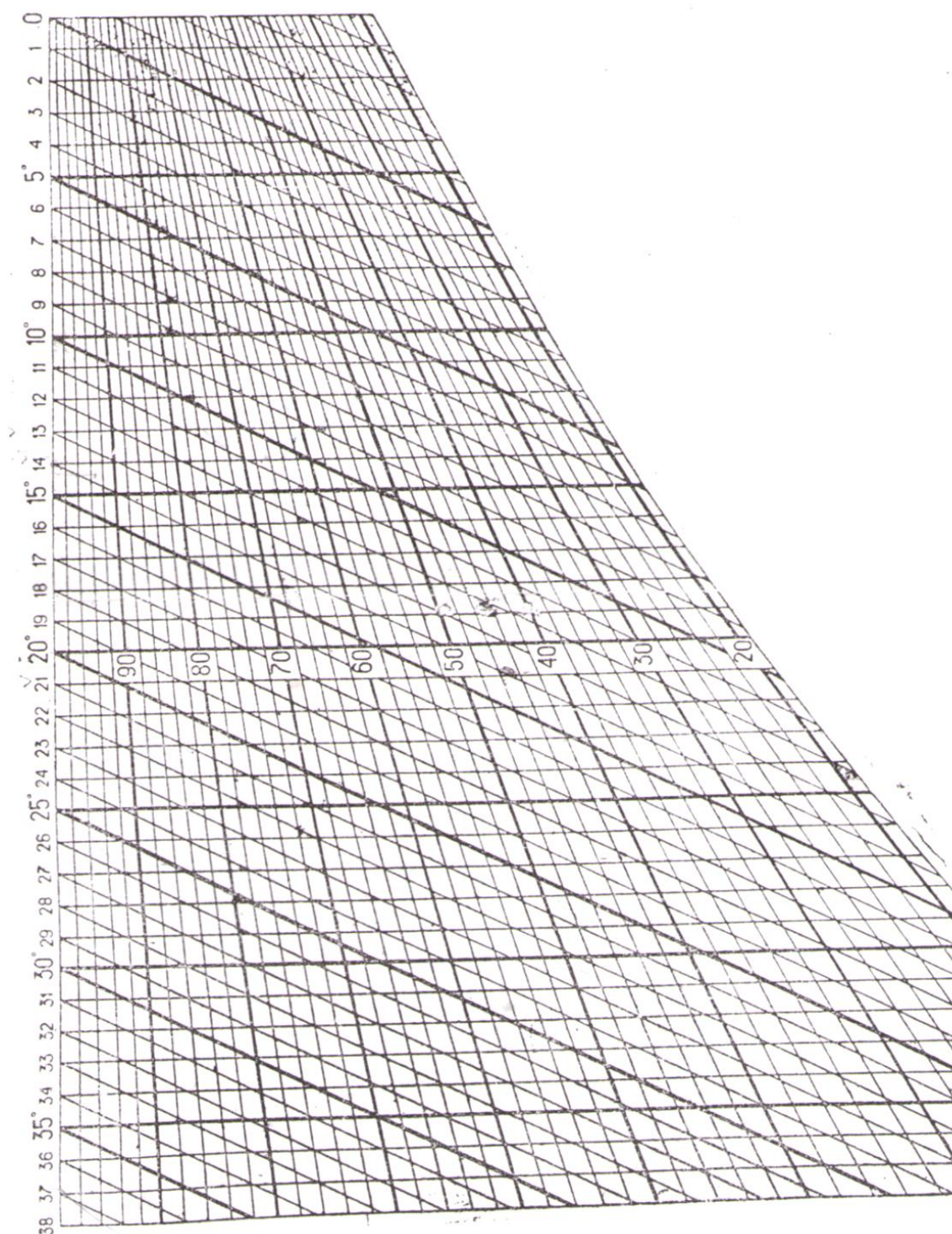


Рис. 2.2. Психрометрический график

- по вертикальным линиям отмечают показаниям сухого термометра, по наклонным – показания смоченного термометра;
- на пересечении этих линий получают значения относительной влажности, выраженные в процентах. Линии, соответствующие десяткам процентов, обозначены на графике цифрами: 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 и 90.

Пример. Температура сухого термометра 21,7 °С, температура смоченного термометра 14,3 °С. На графике находим точку пересечения вертикальной и наклонной линии соответствующих данным температурам, она находится выше 42, но ниже 44.

Следовательно, относительная влажность будет приблизительно 43 %.

Пользоваться психрометрическими графиками удобно в том случае, если необходимо определить только относительную влажность.

Психрометр нельзя брать влажными руками. В особенности надо беречь никелировку труб защиты, так как потемнение или коррозия поверхности трубок уменьшает отражения солнечных лучей, вследствие чего психрометр сильнее нагревается и искажает показания термометров.

Следует избегать отпотевания психрометра при резких изменениях температуры, для чего в холодное время года, прежде чем вынуть психрометр из футляра, надо дать ему возможность постепенно принять температуру окружающего воздуха.

Результаты измерений заносятся в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Температура сухого термометра	Температура влажного термометра	Относительная влажность по графику рис 2.2	Погрешность измерения относительной влажности

Результаты измерений и вывод.

Контрольные вопросы

1. Единицы измерения влажности. Способы выражения влажности.
2. Прямые и косвенные способы измерения влажности. Перечислить, какие методы относятся к прямым и косвенным.
3. Сущность гигрометрического метода. В каких случаях применяется гигрометрический, а в каких психрометрический метод.
4. Принцип работы психрометра аспирационного МВ-4М. Порядок измерения.
5. Погрешность измерения. Объяснить.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

«Определение вредных веществ в воздухе с помощью индикаторных трубок»

Цель работы: Научится пользоваться газоаналитическим прибором УГ-2. Изучить принцип работы индикаторных трубок. Провести замеры содержания вредных веществ в воздухе с помощью индикаторных трубок.

Приборы и принадлежности

1. Универсальный переносной газоанализатор УГ-2.
2. Набор индикаторных трубок.

КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

Концентрацию вредных веществ в воздухе производственных помещений во многих случаях можно быстро установить *экспрессным методом* с помощью индикаторных трубок. Основными преимуществами указанного метода являются: быстрота проведения анализа и получение результатов непосредственно на месте отбора пробы воздуха.

Индикаторная трубка представляет собой герметичную стеклянную трубку, заполненную твёрдым носителем, обработанным активным реагентом. В качестве носителей реактивов применяют различные порошкообразные материалы: *силикагель, оксид алюминия, фарфор, стекло, хроматографические носители* (динохром, полихром, силохром) и др. Структура и природа носителя оказывают существенное влияние на свойства индикаторного порошка.

Непосредственно перед использованием трубки вскрывают путём отламывания кончиков с двух сторон и пропускают через них пробу воздуха. Концентрацию вредного вещества определяют по изменению интенсивности окраски (колориметрические индикаторные трубки) или длины окрашенного индикаторного порошка (линейно-колористические индикаторные трубки).

В отечественной практике наиболее широкое распространение получил *линейно-колористический метод анализа*. Сущность метода заключается в изменении окраски индикаторного порошка в результате реакции с вредным веществом, находящимся в анализируемом воздухе, пропускаемом через трубку. Длина изменившего первоначальную окраску слоя индикаторного порошка пропорциональна концентрации вредного вещества. Специфическая особенность линейно-колористического метода состоит в том, что реакция между анализируемым веществом и реагентом, нанесенным на зерна носителя, протекает с большой скоростью.

Концентрацию вредного вещества измеряют по градуированной шкале, нанесённой на трубку или прилагаемой отдельно.

Особое внимание при разработке и изготовлении индикаторных трубок уделяют их избирательности, т.е. возможности определять анализируемое вещество в присутствии сопутствующих примесей. Эту задачу решают, применяя фильтрующие трубки с соответствующими наполнителями для улавливания мешающих анализу примесей, которые помещают перед индикаторной трубкой. Фильтрующие трубки бывают окислительные, поглотительные, окислительно-поглотительные, осушительные и т.д.

Перед проведением анализа концы фильтрующие трубок также обламывают. С помощью резиновой трубочки фильтрующие трубки подсоединяют перед индикаторной трубкой.

Индикаторные трубки по своим метрологическим характеристикам делятся на два класса – *A* и *B*. Индикаторные трубки обоих классов должны позволять контролировать вредные вещества в воздухе рабочей зоны при их содержании от 0,5 до 5 и более значений предельно допустимой концентрации. При этом для трубок *класса A* погрешность измерения при содержании вредных веществ в воздухе от 1 ПДК и выше должна составлять не более $\pm 25\%$, а на уровне 0,5 ПДК допускается $\pm 35\%$. Для индикаторных трубок *класса B* погрешность измерения при содержании вредных веществ в воздухе на уровне от 1 до 5 ПДК должна быть не более $\pm 25\%$, а на уровне 0,5 ПДК допускается погрешность $\pm 50\%$.

В качестве устройств для отбора проб воздуха при проведении измерений концентрации вредных веществ в воздухе с помощью индикаторных трубок рекомендуется применение газоанализатора насосного типа УГ-2.

ОПИСАНИЕ ПРИБОРА

Газоанализатор УГ -2

1. Назначение прибора

Универсальный переносной газоанализатор типа УГ-2 предназначен для определения в воздухе производственных помещений концентрации следующих вредных газов (паров):

- | | |
|-------------------------|-------------|
| 1. Сернистого ангидрида | 9. Бензина |
| 2. Ацетилена | 10. Бензола |
| 3. Окиси углерода | 11. Тoluола |
| 4. Сероводорода | 12. Ксилола |
| 5. Хлора | 13. Ацетона |

- | | |
|--------------------|--|
| 6. Аммиака | 14. Углеводородов нефти (керосина осветительного, тракторного топлива Т-2-, Т-4, ТС-1 и уайтспирита) |
| 7. Окислов азота | |
| 8. Этилового эфира | |

Газоанализатор обеспечивает определение концентрации вредных газов (паров) в воздухе производственных помещений, характеризуемом следующими данными:

- содержание пыли не более 40 мг/м³;
- давление от 740 до 780 мм рт ст;
- относительная влажность не более 90 %;
- температура от 10 до 30 °С.

Погрешность показаний газоанализатора не более ± 10 % от верхнего предела каждой шкалы определяемого газа (пара).

2. Принцип работы и устройство

Принцип работы газоанализатора типа УГ-2 основан на просасывании воздуха, содержащего вредные газы (пары), через индикаторную трубку воздухозаборным устройством. Образование окрашенного столбика в индикаторной трубке происходит вследствие реакции, возникающей между анализируемым газом (паром) 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/м³.

Воздухозаборное устройство

Общий вид воздухозаборного устройства изображен на рис. 3.1. Основной частью воздухозаборного устройства является резиновый сильфон с расположенной внутри стакана сжатой пружиной, которая удерживает сильфон в растянутом состоянии. На схеме (рис. 3.2) изображен продольный разрез воздухозаборного устройства. В закрытой части корпуса **1** помещается резиновый сильфон **2** с двумя фланцами и стаканом, в котором находится пружина **3**. Во внутренних гофрах сильфона установлены распорные кольца **4** для придания сильфону жесткости и сохранения постоянства объема. На верхней плате **9** имеется неподвижная втулка **7** для направления штока **6** при сжатии сильфона. На штуцере **11** с внутренней стороны надета резиновая трубка **12**, которая вторым концом через нижний фланец соединяется с внутренней полостью

сильфона. Свободный конец трубки резиновой **10** служит для присоединения при анализе индикаторной трубки и при необходимости, фильтрующей трубки.

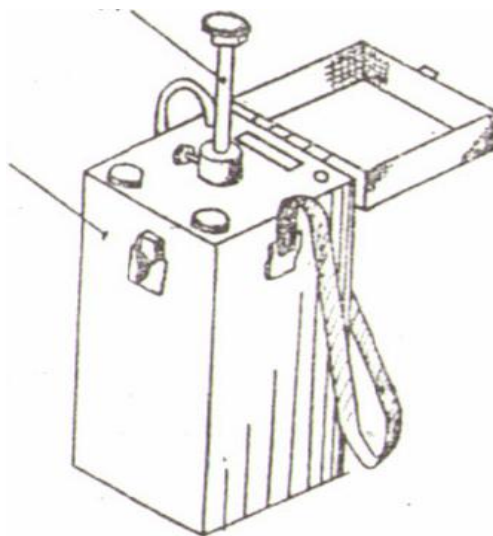


Рис. 3.1. Общий вид воздухозаборного устройства

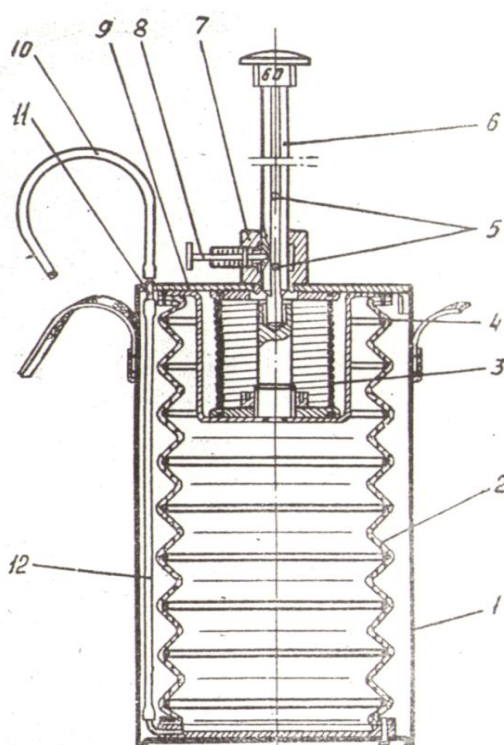


Рис. 3.2. Схема воздухозаборного устройства:

- 1 - корпус; 2 - сильфон; 3 - пружина; 4 - кольцо распорное; 5 - канавка с двумя углублениями; 6 - шток; 7 - втулка; 8 - фиксатор; 9 - плата; 10 - трубка резиновая; 11 - штуцер; 12 - трубка резиновая

Просасывание исследуемого воздуха через индикаторную трубку производится после предварительного сжатия сильфона штоком. На гранях (под головкой штока) обозначены объемы просасываемого при анализе воздуха. На цилиндрической поверхности штока имеются четыре продольные канавки, каждая с двумя углублениями 5, служащими для фиксации 8 объема просасываемого воздуха. Расстояние между углублениями на канавках подобрано таким образом, чтобы при ходе штока от одного углубления до другого сильфон забирал необходимое для анализа данного газа количество исследуемого воздуха (табл. 3.1). Необходимое количество воздуха и общее время просасывания воздуха должно укладываться в пределы, указанные на этикетке измерительной шкалы, которая прикладывается к упаковке индикаторных трубок для анализа данного газа.

Таблица 3.1 - Объемы и время просасывания анализируемого воздуха

Анализируемый газ (пары)	Просасываемый объем, мл	Пределы измерения, мг/м ³	Продолжительность хода штока до защелкивания (время защелкивания)	Общее время просасывания исследуемого воздуха, мин
Сернистый ангидрид	300	0 - 30	1'50" 2'40"	5
	60	0 - 200	мгновенно	3
Этиловый эфир	400	0 - 3000	6'45" 7'15"	10
Ацетилен	265	0 - 1400	3'10" 3'50"	5
	60	0 - 6000		3
Окись углерода	220	0 - 120	3'20" 4'40"	8
	60	0 - 400	мгновенно	5
Сероводород	300	0 - 30	2'20" 3'20"	5
	30	0 - 300		2
Хлор	350	0 - 15	4'45" 5'30"	7
	100	0 - 80	0'20" 0'25"	4
Аммиак	250	0 - 30	2'00" 2'40"	4
	30	0 - 300	мгновенно	2
Окислы азота	325	0 - 50	4'20" 5'30"	7
	150	0 - 200	1'20" 2'10"	5
Бензин	300	0 - 1000	3'20" 3'50"	7
	60	0 - 5000		4
Бензол	350	0 - 200	4'15" 4'50"	7
	100	0 - 1000	0'20" 0'23"	4
Толуол	300	0 - 500	3'20" 3'50"	7
	100	0 - 2000	0'20" 0'25"	4
Ксилол	300	0 - 500	1'40" 2'12"	4
	120	0 - 2000	0'18" 0'25"	3
Ацетон	300	0 - 2000	3'00" 4'00"	7
Углеводороды нефти	300	0 - 1000	3'20" 3'50"	7

Измерительные шкалы

Измерительные шкалы изготовлены на этикетках типографским способом. Шкалы градуированы в мг/м³. При проведении анализа объемы просасываемого воздуха, указанные на головке штофа и шкале, должны совпадать.

Индикаторные трубки

Индикаторная трубка для определения концентрации анализируемого газа (пара) в воздухе представляет собой стеклянную трубку длиной 90 ± 2 мм с внутренним диаметром 2,5 - 2,6 мм, заполненную в соответствии с ГОСТом индикаторным порошком. Порошок в трубке удерживается с помощью двух тампонов из ваты гигроскопической.

С целью предохранения порошка в снаряженных трубках от влияния посторонних воздействий концы трубок запаиваются. Перед проведением анализа концы трубок обламывают.

Подготовка газоанализатора к работе

Перед проведением анализов необходимо проверить герметичность воздухозаборного устройства. Для этого сжимают сильфон штоком до верхнего отверстия на объеме 400 мл и фиксируют это положение фиксатором. Резиновую трубку перегибают и сжимают зажимом. Отводят фиксатор и после первоначального рывка его отпускают. Если в течение 10 мин. не наблюдается заметного перемещения штока, воздухозаборное устройство считается герметичным.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ СЖИМАТЬ СИЛЬФОННЫЙ НАСОС С ПОДКЛЮЧЕННОЙ ИНДИКАТОРНОЙ ТРУБКОЙ.

Указание мер безопасности

При работе с газоанализатором универсальным необходимо соблюдать меры безопасности, предусмотренные при работе с определяемым газом (паром). Необходимо соблюдать осторожность при работе со стеклом. Не допускается попадание порошков на кожу и в глаза.

ПОРЯДОК РАБОТЫ

1. Определение концентрации окиси углерода

Фильтрующая трубка

Фильтрующая трубка наполнена поглотительными порошками, служащими для улавливания ацетилена, этилена, бензола и его гомологов, метана, смеси пропана и бутана, метилового и этилового спиртов, ацетона, формальдегида, муравьиной кислоты, дихлорэтана, сероуглерода, сернистого ангидрида, окислов азота, хлора водорода и паров воды.

Использование трубки позволяет производить определение концентрации окиси углерода в воздухе в присутствии перечисленных выше веществ, поэтому применение его обязательно при всех анализах.

В процессе улавливания выше перечисленных веществ выделяются цветные продукты реакции, окрашивающие белый слой порошка в серо-желтый или темный цвет. Поэтому длина изменившего окраску слоя дает представление о степени его использования. Трубку следует считать отработанной при изменении окраски порошка в слой длиной 5 мм.

Проведение анализа

Для проведения анализа берут из гнезда соответствующий шток и вставляют его в направляющую втулку так, чтобы наконечник фиксатора скользил по канавке штока, над которой указан просасываемый объем воздуха по табл. 3.1 (220 мл или 60 мл).

Сжимают сильфон до тех пор, пока наконечник фиксатора не совпадет с верхним углублением в канавке штока.

Резиновую трубку воздухозаборного устройства соединяют с любым концом подготовленной индикаторной трубки. Другой конец индикаторной трубки присоединяют встык (с помощью отрезка резиновой трубки) к концу узкому концу фильтрующей трубки.

Надавливая одной рукой на головку штока, другой рукой отводят фиксатор. В это время исследуемый воздух просасывается через фильтрующую и индикаторную трубку. Когда наконечник фиксатора войдет в нижнее углубление канавки штока, слышен щелчок. При просасывании 220 мл продолжительность хода штока до защелкивания его фиксатором колеблется от 3 мин 20 с до 4 мин 40 с.

Если защелкивание штока не укладывается в эти пределы, то это указывает на неправильную набивку индикаторной трубки и недостоверность анализа. При объеме 60 мл защелкивание штока фиксатором происходит мгновенно.

После защелкивания движение штока прекращается, а просасывание воздуха еще продолжается вследствие остаточного вакуума в сильфоне. Общее время просасывания исследуемого воздуха через индикаторную трубку в объеме 60 мл составляет 5 мин, в объеме 220 мл - 8 мин (до и после защелкивания штока).

При просасывании через индикаторную исследуемого воздуха, содержащего окись углерода, на столбике индикаторного порошка со стороны входа воздуха, появляется подвижное кольцо коричневого цвета. Концентрацию окиси углерода находят по измерительной шкале, прикладывая нижний конец столбика окрашенного порошка индикаторной трубки к нулевому делению измерительной шкалы. Цифра на шкале, совпадающая с верхней границей окрашенного кольца, указывает концентрацию в мг/м³.

Анализ следует начинать, просасывая 60 мл исследуемого воздуха: если найденная концентрация меньше 120 мг/м^3 , следует просасывать 220 мг. В противном случае при просасывании 220 мг воздуха, содержащего более 120 мг/м^3 окиси углерода, окрашенное кольцо может «проскочить» через трубку и остаться незамеченным, поэтому окись углерода, несмотря на большую ее концентрацию, может остаться необнаруженной.

Во всех случаях замера (анализа) в выбранной для этого точке необходимо производить повторные определения, которые укажут на изменение концентрации окиси углерода в выбранной для замера точке. Если эти изменения незначительны, можно ограничиться несколькими определениями (2-3).

2. Определение сероводорода

Проведение анализа

На месте проведения анализа, при открытой крышке воздухозаборного устройства, отводят фиксатор и вставляют шток во втулку так, чтобы наконечник фиксатора скользил по канавке штока, над которой указан объем просасываемого воздуха (300 мл).

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.

Резиновую трубку воздухозаборного устройства соединяют с любым концом подготовленной индикаторной трубки.

Надавливая одной рукой на головку штока, другой рукой отводят фиксатор. Как только шток начал двигаться, фиксатор отпускают и включают секундомер. В это время происходит просасывание исследуемого воздуха через индикаторную трубку. Когда наконечник фиксатора войдет в нижнее углубление канавки штока, слышен щелчок.

После защелкивания движение штока прекращается, а просасывание воздуха еще продолжается вследствие остаточного вакуума в сильфоне. Поэтому общее время просасывания исследуемого воздуха через индикаторную трубку (до и после защелкивания штока) в объеме 300 мл составляет 5 мин, в объеме 30 мл - 2 минуты.

При просасывании через индикаторную трубку исследуемого воздуха, содержащего сероводород, цвет столбика индикаторного порошка, со стороны входа воздуха, окрашивается в коричневый цвет.

Концентрацию сероводорода 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 в мг/м^3 .

Аналогично проводится измерение содержания аммиака и хлора в воздухе, используя табл. 3.1. При наличии хлора в воздухе цвет порошка меняется с желтого на красный, а аммиак - с желтой на синий.

В случае необходимости проведения анализа для измерения концентрации любого другого из 14 (см. назначение прибора) загрязняющего вещества, необходимая информация по его проведению напечатана на этикетке упаковки индикаторных трубок данного загрязняющего вещества.

ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

1. Подготовить приборы и индикаторные трубки согласно инструкции по проведению анализ. Выбор вида индикаторной трубки определяется преподавателем.

2. Провести анализ согласно инструкции

3. Результат измерения концентрации определяемого газа приводят к нормальным условиям C_n : температура 293 К, атмосферное давление 101,3 кПа (760 мм рт. ст.), относительной влажности 60 %. Концентрацию C_n при нормальных условиях в мг/м^3 вычисляют по формуле

$$C_n = C \text{ ср. изм.} \cdot [(273 + t) \cdot 101,3 / 293 \cdot P]. \quad (3)$$

4. Сделать вывод.

Контрольные вопросы

1. Область применения индикаторных трубок.
2. Принцип действия индикаторных трубок.
3. Преимущества применения индикаторных трубок при определении массовых концентраций газов и паров в воздухе при контроле воздуха рабочей зоны, промышленных газовых выбросов.
4. Устройства, применяемые для отбора проб совместно с индикаторными трубками.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

«Определение сернистого ангидрида в воздухе нефелометрическим методом»

Цель работы: научиться экспериментально определять содержание сернистого ангидрида в воздухе.

Приборы и принадлежности

1. Проботборник 4-канальный переносной «ТАЙФУН» Р-20-20-2-2.
2. Фотометр фотоэлектрические КФК-З-«ЗОМЗ».

КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

Спектрометрическими или оптическими методами анализа называются методы, основанные на взаимодействии вещества с электромагнитным излучением. Различают методы атомной и молекулярной спектроскопии. Методы атомной спектроскопии основаны на явлениях поглощения (атомно-абсорбционный) и испускания (атомно-эмиссионная фотометрия пламени) света свободными атомами, а также их люминесценции. Абсорбционная молекулярная спектроскопия, т.е. анализ по поглощению излучения включает:

- спектрофотометрический или фотометрический анализ
- фотоколориметрический анализ
- анализ мутных сред
- молекулярный люминесцентный анализ

Метод анализа, основанный на переведении определяемого компонента в поглощающее свет соединения с последующим определением количества этого компонента путем измерения светопоглощения раствора полученного соединения, называется фотометрическим. Измерения проводят в видимой и УФ части спектра. Каждое вещество поглощает излучение с определенными (характерными только для него) длинами волн, т.е. длина волны поглощаемого излучения индивидуальна для каждого вещества, и на этом основан **качественный** анализ по светопоглощению.

Основой **количественного** анализа является закон Бугера - Ламберта - Бера, связывающего уменьшение интенсивности света, прошедшего через слой светопоглощающего вещества с его концентрацией и толщиной поглощающего слоя (толщина кюветы).

Мерой светопоглощения служат величины, называемые **пропусканием и оптической плотностью**.

Пропускание $T = I/I_0$, где I - интенсивность прошедшего потока, I_0 - интенсивность падающего потока.

Оптическая плотность $A = \lg 1/T = \lg I/I_0$ $A = \varepsilon_\lambda \ell c$, где ε_λ - молярный коэффициент поглощения при данной длине волны, ℓ - толщина поглощающего слоя, c - концентрация поглощающего вещества

На практике зависимость A от концентрации определяемого вещества при постоянной ℓ и конкретных условиях аналитического определения изображают в виде **градуировочного графика** - прямой линии, проходящей через начало координат.

Анализ мутных сред

При прохождении света через дисперсные системы (аэрозоли, суспензии, эмульсии) происходит рассеяние или поглощение излучения частицами дисперсной фазы. Это явление положено в основу нефелометрии и турбидиметрии (рис. 4.1).

P_0 - интенсивность падающего света;

P_t - интенсивность прошедшего потока;

P_1, P_2, P_3 - интенсивность рассеянного излучения.

При турбидиметрическом методе анализа измеряют ослабление интенсивности светового потока P_t при прохождении через дисперсную систему.

Нефелометрическим методом анализа называют метод, основанный на измерении интенсивности светового потока, рассеянного твердыми частицами, находящимися во взвешенном состоянии, в котором измерение прошедшего потока производится под углом ($P_1 P_2 P_3$).

Для нефелометрических измерений:

$$P_{1,2,3} = kLcP_0, \quad (4)$$

где K - коэффициент прибора; L - угол, под которым производится измерение; C - концентрации загрязняющего вещества.

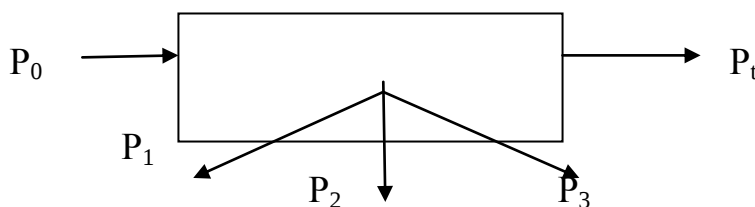


Рис. 4.1

ОПИСАНИЕ ПРИБОРОВ

Проботборник «ТАЙФУН» Р-20-20-2-2

Чтобы провести измерение, необходимо провести проботбор воздуха. Проботбор воздуха проводится с помощью аспирационного устройства - пробоотборника «Тайфун»Р-20-20-2-2.

1. Устройство и принцип действия

«ТАЙФУН» Р-20-20-2-2 представляет собой переносной 4- канальный компактный прибор с комбинированным питанием, предназначенный для отбора проб воздуха путем прокачивания его через фильтры, поглотительные приборы с заданным расходом в течении заданного промежутка времени по четырем каналам одновременно. Работоспособность прибора гарантируется при температуре окружающего воздуха от 10 °С до 40 °С и относительной влажности 98 %.

При включении микронагнетателя, служащего для прокачки воздуха через все каналы пробоотборника, воздух через входные штуцера каналов поступает в коллектор прибора. Через выходной штуцер микронагнетателя, расположенного на задней стенке прибора, воздух выбрасывается в атмосферу. Необходимые расходы воздуха по каждому из каналов устанавливаются при помощи вентиля регулировки расхода. Если некоторые из каналов не используются, то вентили регулировки расхода по этим каналам должны быть закрыты, если суммарный расход по всем каналам больше 10 л/мин.

ВНИМАНИЕ! ВО ИЗБЕЖАНИЕ ВЫХОДА ПРОБОТБОРНИКА ИЗ СТРОЯ, ИЗБЕГАТЬ ПОПАДАНИЕ ВНУТРЬ ПРИБОРА ВОДЫ, ЖИДКОСТЕЙ С ПРИМЕСЕЙ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ И ИХ ПАРОВ.

2. Порядок работы с пробоотборником «ТАЙФУН» Р-20-20-2-2

Установить пробоотборник на любой горизонтальной плоскости-столе, полке и т.д. В зависимости от места проведения работ можно использовать автономное питание пробоотборника или питание от сети 220 В 50 Гц (что предпочтительнее).

При питании прибора от сети его необходимо заземлить.

Для работы с пробоотборником в ручном режиме, когда время отбора пробы воздуха задает оператор, необходимо:

– установить тумблер питания прибора «СЕТЬ» в положение “ВКЛ” при работе при работе пробоотборника от сети 220 В 50 Гц;

- переключатель “РЕЖИМ” установить в положение “РУЧН” и при помощи вентилей регулировки расхода воздуха установить необходимые значения расходов воздуха по каждому из каналов, регулируя их значения по ротаметрам;

- кнопкой “ПУСК” включить микронагнетатели выбранных каналов прибора.

В процессе работы любой из четырех каналов пробоотборника может быть включен или выключен соответствующим тумблером питания независимо от другого канала.

Для работы с пробоотборником в автоматическом режиме, когда время отбора пробы воздуха задается таймером прибора, необходимо:

- установить тумблер питания «СЕТЬ» одного из каналов прибора в положение “ВКЛ”;

- переключатель “РЕЖИМ” установить в положение “ЧАС”;

- нажатием (или удерживая в нажатом положении) кнопки “УСТ” установить на цифровом индикаторе необходимое значение часов отбора пробы (но не более 9-ти);

- переключатель “РЕЖИМ” установить в положение “МИН”;

- нажатием (или удерживая в нажатом положении) кнопки “УСТ” установить на цифровом индикаторе необходимое значение минут отбора пробы;

- переключатель “РЕЖИМ” установить в положение “АВТ”. При этом значение времени на цифровом индикаторе выключится;

- кнопкой “ПУСК” включить микронагнетатели выбранных каналов прибора, и при помощи регуляторов “Расход” установить необходимые значения расхода воздуха, контролируя их значения по ротаметрам;

- в процессе работы пробоотборника оператор имеет возможность контролировать значение отработанного времени, переключив переключатель “РЕЖИМ” в положение “ВР”.

Фотометры фотоэлектрические КФК-3-«ЗОМЗ»

1. Назначение фотометров

Фотометры фотоэлектрические КФК-3- «ЗОМЗ» (в дальнейшем – фотометр), предназначены для измерения спектрального коэффициента направленного пропускания (далее – СКНП), оптической плотности и скорости изменения оптической плотности прозрачных жидкостных растворов, а также для определения концентрации веществ в растворах после предварительной градуировки фотометров потребителем.

2. Принцип действия

Принцип действия фотометров основан на сравнении потока излучения Φ_0 , прошедшего через «холостую пробу» (растворитель или контрольный раствор, по отношению к которому производится измерение) и потока излучения Φ , прошедшего через исследуемый раствор.

Потоки излучения Φ_0 и Φ фотоприемником преобразуются в электрические сигналы U_0 , U и U_T (U_T – сигнал при неосвещенном фотоприемнике), которые обрабатываются встроенной микро-ЭВМ и представляются на индикаторе в виде коэффициента пропускания, оптической плотности, скорости изменения оптической плотности, концентрации.

При измерении коэффициента пропускания τ рассчитывается по формуле

$$\tau = \frac{\Phi}{\Phi_0} \cdot 100\% = \frac{U - U_T}{U_0 - U_T} \cdot 100\%. \quad (5)$$

3. Эксплуатационные ограничения

Вблизи фотометра не должны находиться мощные источники света и нагревательные устройства. Не допускается попадание прямых солнечных лучей.

Установку длин волн необходимо выполнять подводкой со стороны коротких длин волн к более длинным. Если при установке значение длины волны превысило требуемое, необходимо вновь вернуться на 20 - 30 нм к более коротким длинам волн и повторно подвести к требуемому значению длины волны.

Рабочие поверхности кювет перед каждым измерением должны тщательно протираться спиртоэфирной смесью.

При установке кювет в кюветодержатели нельзя касаться рабочих участков поверхностей (ниже уровня жидкости в кювете). Наличие загрязнений или капель раствора на рабочих поверхностях кюветы приводит к получению неверных результатов измерений.

Жидкость наливается в кюветы до метки на боковой стенке. Жидкость в ограниченном объеме кюветы в некоторых случаях образует мениск. По капиллярам, в особенности по углам кюветы, жидкость поднимается на высоту до 6 мм. Если уровень жидкости превышает метку на боковой стенке кюветы, то наблюдается затекание жидкости по углам, что создает впечатление протекания кюветы.

После заполнения кювет жидкостью закрыть последние крышками. Не наклонять кювету с жидкостью при установке ее в кюветодержатель.

При загрязнении защитного стекла МПС, мешающего работе, необходимо протереть его сухой ветошью при отключенном фотометре. Не допускается применение растворителей.

ВНИМАНИЕ

1. Для установления рабочего режима и обеспечения стабильной работы фотометр необходимо выдержать не менее 30 минут с момента включения.

2. При работе в диапазоне длин 315 - 450 нм перед измерениями фотометр необходимо выдерживать не менее 5 минут при закрытой крышке кюветного отделения.

3. Измерение коэффициента пропускания или оптической плотности.

1. Подготовить фотометр к работе согласно выше описанным требованиям.

2. Ручкой установки длин волн установить необходимую по роду измерений длину волны.

3. Установить в кюветное отделение кюветы с «холостой пробой» и исследуемым раствором. Кювету с «холостой пробой» установить в дальнее гнездо кюветодержателя, а кювету с исследуемым раствором – в ближнее гнездо. Ручку перемещения кювет установить в крайнее левое положение, при этом в световой пучок вводится кювета с «холостой пробой».

4. Закрыть крышку кюветного отделения.

5. Клавишей выбора режима “D” (“C”) выбрать режим измерения “ τ – КОЭФФИЦИЕНТ ПРОПУСКАНИЯ” (“А-ОПТИЧЕСКАЯ ПЛОТНОСТЬ”). Нажать клавишу “#”. На индикаторе должно отобразиться “ГРАДУИРОВКА”, через 3 - 5 с данная надпись исчезает и вместо нее отображается “ИЗМЕРЕНИЕ”, “ $\tau = 100,0 \pm 0,2 \%$ ” (“ $A = 0,000 \pm 0,002$ ”). Если значение “100” (“0,000”) отобразилось с большим отклонением, повторно нажать клавишу “#”.

6. Ручку перемещения кювет установить вправо до упора. При этом в световой пучок вводится кювета с исследуемым раствором. На индикаторе отображается значение коэффициента пропускания в % (оптической плотности) исследуемого раствора.

7. Операции по п. 5,6 повторить три раза. Значение коэффициента пропускания (оптической плотности) исследуемого раствора определяется как среднее арифметическое из полученных отсчетов.

ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

Определение сернистого ангидрида

1. Определение основано на окислении сернистого ангидрида хлорноватокислым калием или перекисью водорода до серной кислоты и взаимодействие последней с хлоридом бария с образованием взвеси.
2. Предел обнаружения – 5 мкл в анализируемом объеме раствора.
3. Предел обнаружения в воздухе 3 мг/м³ (расчетная).
4. Определению мешают серная кислота и растворимые сульфаты.
5. Предельно допустимая концентрация сернистого ангидрида в воздухе 10 мг/м³.

Реактивы и аппаратура

Применяемые реактивы и растворы.

Калий серноокислый, ГОСТ 4145- 65, х.ч.

Стандартный раствор № 1 с содержанием 1 мг/мл готовят растворением в воде 0,272 г калия сернистого в мерной колбе вместимостью 100 мл.

Стандартный раствор № 2, содержащий 100 мкг/мл, готовят разведением раствора №1 поглотительным раствором в 10 раз.

Калий хлорноватокислый, ГОСТ 4235-65, ч, перекристаллизованный.

Пергидроль (перекись водорода, 30%-ный водный), ГОСТ 10929-76.

Поглотительный раствор: 4%-ный раствор хлорноватокислого калия или 0,3%-ный раствор перекиси водорода.

Барий хлористый, ГОСТ 4108 – 65, 10%-ный раствор.

Глицерин, ГОСТ 6259-52, ч.д.а.

Этиловый спирт, ректификат, ГОСТ 5963-67.

Соляная кислота, ГОСТ 3118 - 67, концентрированная.

Составной раствор: к 100 мг 10 %-ного хлористого бария приливают 50 мг этилового спирта, 50 мл глицерина и 0,1 концентрированной соляной кислоты. Раствор оставляют на сутки, при появлении осадка фильтруют через плотный фильтр.

Применяемые посуда, приборы.

- Аспирационное устройство ТАЙФУН 20-20-2-2;
- Пробирки колориметрические, плоскодонные из бесцветного стекла диаметром 15 мм, высотой 120 мм;
- Поглотительные приборы с пористой пластинкой (см. прил. В);
- Колбы мерные, ГОСТ 1770 – 74, вместимостью 100, 50, 25 мл;
- Пипетки, ГОСТ 20292 – 74, вместимостью 1, 2, 5, 10 мл с делениями 0,01 - 0,1 мл;
- Фотоэлектроколориметр КФК-3 ЗОМЗ.

Последовательность выполнения анализа

1. Приготовить составной раствор:

- а) BaCl_2 10%-ный раствор - 10 грамм растворить в 100 мл воды;
- б) 50 мл этилового спирта;
- в) 50 мл глицерина;
- г) концентрированная соляная кислота - 0,1 мл.

Смешать, оставить на сутки, при появлении осадка фильтруют через бумажный фильтр.

2. Приготовить поглотительный раствор:

Калий хлорноватокислый - 4%-ный раствор - 4 грамма растворяют в 100 мл воды или 0,3 %-ный раствор перекиси водорода.

3. Построения калибровочного графика (табл. 4.1).

Таблица 4.1- Шкала стандартов

№ стандарта	Стандартный раствор с содержанием 100 мкг/мл сернистого ангидрида, мл	Поглотительный раствор, мл	Содержание сернистого ангидрида, мкг
1	0	5,0	0
2	0,05	4,95	5,0
3	0,1	4,90	10,0
4	0,2	4,80	20,0
5	0,3	4,70	30,0
6	0,4	4,60	40,0
7	0,5	4,50	50,0

Пробирки (7 шт.) по 10 мл; кювета 10/10 мл, длина волны 410 нм: пипетка 1 мл.

В пробирки внести стандартные растворы: 0; 0,05; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 мл, затем 5; 4,95; 4,9; 4,8; 4,7; 4,6; 4,5 мл поглотительного раствора и 1 мл составного раствора смешать и через 10 минут фотометрируют в кюветах с толщиной слоя 10 см при длине волны 410 нм. Строят калибровочный график, на оси ординат откладывают оптическую плотность, на оси абсцисс – содержание сернистого ангидрида мкг. Раствор устойчив в течение 1 ч.

Ход определения

Подготовить пробу для анализа. Воздух со **скоростью 1 л/мин** аспирируют с помощью пробоотборника «ТАЙФУН» через поглотительный прибор с пористой пластиной (прил. В), содержащей 6 мл поглотительного раствора. **Время отбора проб воздуха – 2 минуты.**

Затем отбирают 5 мл пробы из поглотительного прибора, параллельно готовят холостую пробу (5 мл поглотительного раствора), вносят 1 мл составного раствора хлористого бария, перемешивают и через 10 мин на приборе определить оптическую плотность, затем по калибровочному графику находят содержание сернистого ангидрида мкг.

Концентрацию сернистого ангидрида X в воздухе в мг/м^3 вычисляют по формуле

$$X = \frac{GV_1}{VV_{20}}, \quad (6)$$

где G - количество сернистого ангидрида, найденное в анализируемом объеме пробы, мкг; V_1 - общий объем пробы, 6 мл; V - объем пробы, взятый для анализа, 5 мл; V_{20} - объем воздуха 2 л, взятый для анализа и приведенный к стандартным условиям (см. прил. А).

Вывод.

Контрольные вопросы

1. Способы проботобора воздуха. Какой метод используется в работе.
2. Принцип работы проботборника «Тайфун»
3. Оптические методы анализа параметров ОС. Молекулярные и атомные оптические методы анализа
4. Нефелометрические методы анализа мутных сред.
5. Принцип работы спектрофотометра.
6. Качественные и количественный анализ содержания загрязняющего вещества в работе.
7. Закон Ламберта - Бугера - Бера. Область применения закона.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

«Определение хлора в воздухе фотометрическим способом»

Цель работы: научиться определять содержание хлора в воздухе фотометрическим способом.

Приборы и принадлежности

1. Проботборник 4-х канальный переносной «ТАЙФУН» Р-20-20-2-2.
2. Фотометр фотоэлектрические КФК-3-«ЗОМЗ».

КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

Спектрометрическими или оптическими методами анализа называются методы, основанные на взаимодействии вещества с электромагнитным излучением. Различают методы атомной и молекулярной спектроскопии. Методы атомной спектроскопии основаны на явлениях поглощения (атомно-абсорбционный) и испускания (атомно-эмиссионная фотометрия пламени) света свободными атомами, а также их люминесценции. Абсорбционная молекулярная спектроскопия, т.е. анализ по поглощению излучения включает:

- спектрофотометрический или фотометрический анализ;
- фотоколориметрический анализ;
- анализ мутных сред;
- молекулярный люминесцентный анализ.

Метод анализа, основанный на переводе определяемого компонента в поглощающее свет соединения с последующим определением количества этого компонента путем измерения светопоглощения раствора полученного соединения, называется фотометрическим. Диапазон измерения – видимая и уф область э/м спектра. Каждое вещество поглощает излучение с определенными (характерными только для него) длинами волн, т.е. длина волны поглощаемого излучения индивидуальна для каждого вещества, и на этом основан **качественный анализ** по светопоглощению.

Основой **количественного анализа** является закон Бугера - Ламберта - Бера, связывающего уменьшение интенсивности света, прошедшего через слой светопоглощающего вещества с его концентрацией и толщиной поглощающего слоя (толщина кюветы). **Мерой светопоглощения служат величины, называемые пропусканием и оптической плотностью T , A .**

Пропускание $T = I/I_0$, где I - интенсивность прошедшего потока, I_0 - интенсивность падающего потока.

Оптическая плотность $A = \lg 1/T = \lg I/I_0$ $A = \varepsilon_\lambda \ell c$, где ε_λ - молярный коэффициент поглощения при данной длине волны, ℓ - толщина поглощающего слоя, c - концентрация поглощающего определяемого вещества.

На практике зависимость A от концентрации определяемого вещества при постоянной ℓ и конкретных условиях аналитического определения изображают в виде градуировочного графика - прямой линии, проходящей через начало координат.

ОПИСАНИЕ ПРИБОРОВ

Проботборник «ТАЙФУН» Р-20-20-2-2

Чтобы провести измерение, необходимо провести проботбор воздуха. Проботбор воздуха проводится с помощью аспирационного устройства - пробоотборника «Тайфун»Р-20-20-2-2.

1. Устройство и принцип действия

«ТАЙФУН» Р-20-20-2-2 представляет собой переносной 4- канальный компактный прибор с комбинированным питанием, предназначенный для отбора проб воздуха путем прокачивания его через фильтры, поглотительные приборы с заданным расходом в течении заданного промежутка времени по четырем каналам одновременно. Работоспособность прибора гарантируется при температуре окружающего воздуха от 10 °С до 40 °С и относительной влажности 98 %.

При включении микронагнетателя, служащего для прокачки воздуха через все каналы пробоотборника, воздух через входные штуцера каналов поступает в коллектор прибора. Через выходной штуцер микронагнетателя, расположенного на задней стенке прибора, воздух выбрасывается в атмосферу. Необходимые расходы воздуха по каждому из каналов устанавливаются при помощи вентиля регулировки расхода. Если некоторые из каналов не используются, то вентили регулировки расхода по этим каналам должны быть закрыты, если суммарный расход по всем каналам больше 10 л/мин

ВНИМАНИЕ! ВО ИЗБЕЖАНИЕ ВЫХОДА ПРОБОТБОРНИКА ИЗ СТРОЯ, ИЗБЕГАТЬ ПОПАДАНИЕ ВНУТРЬ ПРИБОРА ВОДЫ, ЖИДКОСТЕЙ С ПРИМЕСЕЙ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ И ИХ ПАРОВ.

2. Порядок работы с пробоотборником «ТАЙФУН» Р-20-20-2-2

Установить пробоотборник на любой горизонтальной плоскости-столе, полке и т.д. В зависимости от места проведения работ можно использовать автономное питание пробоотборника или питание от сети 220 В 50 Гц (что предпочтительнее).

При питании прибора от сети его необходимо заземлить.

Для работы с пробоотборником в ручном режиме, когда время отбора пробы воздуха задает оператор, необходимо:

- установить тумблер питания прибора «СЕТЬ» в положение «ВКЛ» при работе пробоотборника от сети 220 В 50 Гц;
- переключатель «РЕЖИМ» установить в положение «РУЧН» и при помощи вентилей регулировки расхода воздуха установить необходимые значения расходов воздуха по каждому из каналов, регулируя их значения по ротаметрам;
- кнопкой «ПУСК» включить микронагнетатели выбранных каналов прибора.

В процессе работы любой из четырех каналов пробоотборника может быть включен или выключен соответствующим тумблером питания независимо от другого канала.

Для работы с пробоотборником в автоматическом режиме, когда время отбора пробы воздуха задается таймером прибора, необходимо:

- установить тумблер питания «СЕТЬ» одного из каналов прибора в положение «ВКЛ»;
- переключатель «РЕЖИМ» установить в положение «ЧАС»;
- нажатием (или удерживая в нажатом положении) кнопки «УСТ» установить на цифровом индикаторе необходимое значение часов отбора пробы (но не более 9-ти);
- переключатель «РЕЖИМ» установить в положение «МИН»;
- нажатием (или удерживая в нажатом положении) кнопки «УСТ» установить на цифровом индикаторе необходимое значение минут отбора пробы;
- переключатель «РЕЖИМ» установить в положение «АВТ». При этом значение времени на цифровом индикаторе выключится;
- кнопкой «ПУСК» включить микронагнетатели выбранных каналов прибора, и при помощи регуляторов «Расход» установить необходимые значения расхода воздуха, контролируя их значения по ротаметрам;

– в процессе работы пробоотборника оператор имеет возможность контролировать значение отработанного времени, переключив переключатель “РЕЖИМ” в положение “ВР”.

Фотометры фотоэлектрические КФК-3-«ЗОМЗ»

1. Назначение фотометров

Фотометры фотоэлектрические КФК-3-«ЗОМЗ» (в дальнейшем – фотометр), предназначены для измерения спектрального коэффициента направленного пропускания (далее – СКНП), оптической плотности и скорости изменения оптической плотности прозрачных жидкостных растворов, а также для определения концентрации веществ в растворах после предварительной градуировки фотометров потребителем.

2. Принцип действия

Принцип действия фотометров основан на сравнении потока излучения Φ_o , прошедшего через «холостую пробу» (растворитель или контрольный раствор, по отношению к которому производится измерение) и потока излучения Φ , прошедшего через исследуемый раствор.

Потоки излучения Φ_o и Φ фотоприемником преобразуются в электрические сигналы U_o , U и U_T (U_T – сигнал при неосвещенном фотоприемнике), которые обрабатываются встроенной микро-ЭВМ и представляются на индикаторе в виде коэффициента пропускания, оптической плотности, скорости изменения оптической плотности, концентрации.

При измерении коэффициента пропускания τ рассчитывается формула

$$\tau = \frac{\Phi}{\Phi_o} \cdot 100\% = \frac{U - U_T}{U_o - U_T} \cdot 100\%. \quad (7)$$

3. Эксплуатационные ограничения

Вблизи фотометра не должны находиться мощные источники света и нагревательные устройства. Не допускается попадание прямых солнечных лучей.

Установку длин волн необходимо выполнять подводкой со стороны коротких длин волн к более длинным. Если при установке значение длины волны превысило требуемое, необходимо вновь вернуться на 20-30 нм к более коротким длинам волн и повторно подвести к требуемому значению длины волны.

Рабочие поверхности кювет перед каждым измерением должны тщательно протираться спиртоэфирной смесью.

При установке кювет в кюветодержатели нельзя касаться рабочих участков поверхностей (ниже уровня жидкости в кювете). Наличие загрязнений или капель раствора на рабочих поверхностях кюветы приводит к получению неверных результатов измерений.

Жидкость наливается в кюветы до метки на боковой стенке. Жидкость в ограниченном объеме кюветы в некоторых случаях образует мениск. По капиллярам, в особенности по углам кюветы, жидкость поднимается на высоту до 6 мм. Если уровень жидкости превышает метку на боковой стенке кюветы, то наблюдается затекание жидкости по углам, что создает впечатление протекания кюветы.

После заполнения кювет жидкостью закрыть последние крышками. Не наклонять кювету с жидкостью при установке ее в кюветодержатель.

При загрязнении защитного стекла МПС, мешающего работе, необходимо протереть его сухой ветошью при отключенном фотометре. Не допускается применение растворителей.

ВНИМАНИЕ

1. Для установления рабочего режима и обеспечения стабильной работы фотометр необходимо выдержать не менее 30 минут с момента включения.

2. При работе в диапазоне длин 315 - 450 нм перед измерениями фотометр необходимо выдерживать не менее 5 минут при закрытой крышке кюветного отделения.

3. Измерение коэффициента пропускания или оптической плотности

1. Подготовить фотометр к работе
2. Ручкой установки длин волн установить необходимую по роду измерений длину волны.
3. Установить в кюветное отделение кюветы с «холостой пробой» и исследуемым раствором. Кювету с «холостой пробой» установить в дальнее гнездо кюветодержателя, а кювету с исследуемым раствором – в ближнее гнездо. (О выборе рабочей длины кюветы см. ниже).
4. Ручку перемещения кювет установить в крайнее левое положение, при этом в световой пучок вводится кювета с «холостой пробой».
5. Закрыть крышку кюветного отделения.
6. Клавишей выбора режима “D” (“C”) выбрать режим измерения “ τ – КОЭФФИЦИЕНТ ПРОПУСКАНИЯ” (“A – ОПТИЧЕСКАЯ ПЛОТНОСТЬ”). Нажать клавишу “#”. На индикаторе должно отобразиться “ГРАДУИРОВКА”, через 3 - 5 с данная надпись исчезает и

вместо нее отображается “ИЗМЕРЕНИЕ”, “ $\tau = 100,0 \pm 0,2 \%$ ” (“ $A = 0,000 \pm 0,002$ ”). Если значение “100” (“0,000”) отобразилось с большим отклонением, повторно нажать клавишу “#”.

7. Ручку перемещения кювет установить вправо до упора. При этом в световой пучок вводится кювета с исследуемым раствором. На индикаторе отображается значение коэффициента пропускания в % (оптической плотности) исследуемого раствора.

8. Операции по п. 6,7 повторить три раза. Значение коэффициента пропускания (оптической плотности) исследуемого раствора определяется как среднее арифметическое из полученных отсчетов.

ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

Определение хлора в воздухе фотометрическим способом

Реактивы и аппаратура

Применяемые реактивы и растворы

- Йод 0,01 и раствор (фиксанал), МРТУ 6-09-1678-64.
- Стандартный раствор с содержанием 0,0178 мг/мл йода готовят для анализа в мерной колбе емкостью 50 мл путем разведения 0,7 мл 0,01 н раствора йода 2,5%-ным раствором йодистого калия. 1 мл стандартного раствора соответствует 5 мкг хлора.
- Калий йодистый, ГОСТ 4232-65, 2,5%-ный раствор.
- Ртуть двуйодистая, ГОСТ 3206-46.
- Крахмал растворимый, ГОСТ 10163-62, 0,2%-ный раствор. 2 г растворимого крахмала и 10 мг двуйодистой ртути растирают с 10 мл воды. Полученную суспензию медленно вливают в 1 л кипящей воды. Кипячение продолжают, пока раствор не станет прозрачным. После охлаждения сливают в бутылку с шлифованной пробкой; раствор хранится до заметного помутнения.

Поглотительный раствор – смешивают 100 мл 2,5%-ный раствор йодида с 50 мл 0,2 %-ного раствора крахмала и кипятят 2 - 3 мин. По охлаждении раствор разбавляют водой до 500 мл. Раствор можно хранить в течение 7 дней в бутылки с пришлифованной пробкой.

Применяемая посуда и приборы

- Аспирационное устройство «Тайфун»;
- Поглотительные приборы Зайцева (см. прил. В);
- Пробирки колориметрические, плоскодонные из бесцветного стекла 120мм, внутренним диаметром 15 мм;
- Колбы мерные, ГОСТ 1770-74, вместимостью 1 л, 500 мл и 50 мл;

- Пипетки, ГОСТ 20292-74, вместимостью 1 и 5 мл с делениями на 0,1 мл;
- Ступка с пестиком;
- Фотоэлектроколориметр КФК-3 ЗОМЗ.

Отбор пробы воздуха

Воздух со скоростью 0,5 л/мин аспирируют через два последовательно соединенных поглотительных прибора Зайцева, содержащих по 4 мл поглотительного раствора. Для определения $\frac{1}{2}$ ПДК достаточно отобрать 2 литра воздуха.

Ход определения

Содержимое каждого поглотительного прибора переносят в кювету толщиной слоя 1см и фотометрируют при длине волны 574 нм. Количество хлора определяют по предварительно построенному калибровочному графику. Для построения калибровочного графика готовят шкалу стандартов согласно табл.5.1.

Таблица 5.1 - Шкала стандартов

№ стандарта	Стандартный раствор, мл	2,5%-й раствор йодистого калия, мл	Поглотительный раствор, мл	Содержание хлора, мкл
1	0	2,0	2,0	0
2	0,05	1,95	2,0	0,25
3	0,1	1,9	2,0	0,50
4	0,2	1,8	2,0	1,0
5	0,4	1,6	2,0	2,0
6	0,8	1,2	2,0	4,0
7	1,2	0,8	2,0	6,0

Концентрация хлора X в мг/м³ воздуха вычисляют по формуле

$$X = \frac{G}{V_{20}}, \quad (8)$$

где G – количество хлора, найденное в пробе, мкг; V_{20} – объем воздуха 2 л, взятый для анализа и приведенный к стандартным условиям по формуле приложения А.

Вывод.

Контрольные вопросы

1. Способы проботобора воздуха. Какой метод используется в работе.
2. Принцип работы проботборника «Тайфун»

3. Оптические методы анализа параметров ОС. Молекулярные и атомные оптические методы анализа

4. Нефелометрические методы анализа мутных сред.

5. Принцип работы спектрофотометра.

6 Качественные и количественный анализ содержания загрязняющего вещества в работе.

7 Закон Ламберта - Бугера - Бера. Область применения закона.

Приложение А

Приведение объема воздуха к температуре 20 °С и давлению 760 мм ртутного столба

Приведение объема воздуха к температуре 20 °С и давлению 760 мм рт. ст. проводят по следующей формуле:

$$V_{20} = V_t (273 + 20) P / (273 + t) \cdot 101,33, \quad (9)$$

где V_t – объем воздуха, отобранного для анализа, л; P – барометрическое давление, кПа (101,33 кПа = 760 мм рт. ст.); t – температура воздуха в месте отбора пробы, °С.

Для удобства расчета V_{20} следует пользоваться таблицей коэффициентов. Для приведения объема воздуха к температуре 20°С и давлению 760 мм рт. ст. надо умножить V_t на соответствующий коэффициент. Значения коэффициентов приведены в таблице.

Таблица А.1 - Коэффициент К для приведения объема воздуха к стандартным условиям

°С	Давление P, кПа / мм рт. ст.									
	97,33/ 730	97,86/ 734	98,4/ 738	98,93/ 742	99,46/ 746	100/ 750	100,53/ 754	101,06/ 758	101,33/ 760	101,86/ 764
-30	1,1582	1,1646	1,1709	1,1772	1,1836	1,1899	1,1963	1,2026	1,2058	1,2122
-26	1,1393	1,1456	1,1519	1,1581	1,1644	1,1705	1,1768	1,1831	1,1862	1,1925
-22	1,1212	1,1274	1,1336	1,1396	1,1458	1,1519	1,1581	1,1673	1,1673	1,1735
-18	1,1036	1,1097	1,1158	1,1218	1,1278	1,1338	1,1399	1,1400	1,1490	1,1551
-14	1,0866	1,0926	1,0986	1,1045	1,1105	1,1164	1,1224	1,1284	1,1313	1,1373
-10	1,0701	1,0760	1,0819	1,0877	1,0986	1,0994	1,1053	1,1112	1,1141	1,1200
-6	1,0540	1,0599	1,0657	1,0714	1,0772	1,0829	1,0887	1,0945	1,0974	1,1032
-2	1,0385	1,0442	1,0499	1,0556	1,0613	1,0669	1,0726	1,0784	1,0812	1,0869
0	1,0309	1,0366	1,0423	1,0477	1,0535	1,0604	1,0648	1,0705	1,0733	1,0789
+2	1,0234	1,0291	1,0347	1,0402	1,0459	1,0514	1,0571	1,0627	1,0655	1,0712
+6	1,0087	1,0143	1,0198	1,0253	1,0309	1,0363	1,0419	1,0475	1,0502	1,0557
+10	0,9944	0,9999	1,0054	1,0108	1,0162	1,0216	1,0272	1,0826	1,0353	1,0407
+14	0,9806	0,9860	0,9914	0,9967	1,0027	1,0074	1,0128	1,0183	1,0209	1,0263
+18	0,9671	0,9725	0,9778	0,9880	0,9884	0,9936	0,9989	1,0043	1,0069	1,0122
+20	0,9605	0,9658	0,9711	0,9783	0,9816	0,9868	0,9921	0,9974	1,0000	1,0053
+22	0,9539	0,9592	0,9645	0,9696	0,9749	0,9800	0,9853	0,9906	0,9932	0,9985
+24	0,9475	0,9527	0,9579	0,9631	0,9683	0,9735	0,9787	0,9839	0,9865	0,9917
+26	0,9412	0,9464	0,9516	0,9566	0,9618	0,9669	0,9721	0,9773	0,9799	0,9851
+28	0,9349	0,9401	0,9453	0,9503	0,9555	0,9605	0,9657	0,9708	0,9734	0,9785
+30	0,9288	0,9339	0,9891	0,9440	0,9432	0,9542	0,9594	0,9645	0,9670	0,9723
+34	0,9167	0,9218	0,9286	0,9318	0,9368	0,9418	0,9468	0,9519	0,9544	0,9595
+38	0,9049	0,9099	0,9149	0,9199	0,9248	0,9297	0,9347	0,9397	0,9421	0,9471

Приложение Б

Расчет концентрации вредного вещества в воздухе при нормальных условиях

$$V_{\text{ст}} = V_t \frac{(273 + 20)}{(273 + t)} \frac{P}{101,33} = V_t K. \quad (10)$$

В сборниках ТУ, некоторые МУ и во многих практических руководствах по санитарной химии в составе приложений имеются таблицы коэффициентов пересчета объема воздуха к нормальным условиям (0 °С и 101,33 кПа).

Численные значения коэффициентов в этих таблицах приведены с точностью до четвертого знака для температур от 5 до 40 °С с интервалом в 1° и давлений от 730 до 780 мм рт. ст.

Однако нет практической надобности в столь многозначных и слишком подробных таблицах, так как максимальная погрешность четырехзначных коэффициентов составляет всего лишь $\pm 0,006$ %. Согласно ГОСТ 12.1.005-76 погрешность объема воздуха не должна превышать ± 10 %, поэтому точность коэффициентов пересчета на уровне ± 1 % следует считать вполне достаточной.

Искомый коэффициент К, пользуясь упрощенной таблицей (Б.1), находят в соответствии со следующей схемой:

$$K = K_{\text{табл}} + \Delta K_t + \Delta K_p, \quad (11)$$

где ΔK_t - поправка на температуру; ΔK_p - поправка на давление.

1. Численное значение давления Р, путем исключения единиц, округляют до целого числа, кратного десяти ($P_{\text{табл}}$)

$$P = P_{\text{табл}} + \Delta P. \quad (12)$$

2. В графе Р находят коэффициент, соответствующий заданной температуре. Если цифра °С нечетная, то выписывают значение коэффициента при температуре $t + 1$ (ближайшее снизу число) и увеличивают его третий знак на 3 единицы (т.е. прибавляют 0,003).

3. Поправку на ΔP определяют по таблице пропорциональных частей, приведенной (снизу) основной таблицы.

Таблица Б.1- Коэффициенты К для приведения объема воздуха к стандартным условиям

t, °C	Давление P, кПа / мм.рт.ст.					
	97,33/730	98,66/740	100/750	101,33/760	102,7/770	104/780
6	1,009	1,023	1,036	1,050	1,064	1,078
8	1,002	1,015	1,029	1,043	1,056	1,070
10	0,994	1,008	1,022	1,035	1,049	1,063
12	0,987	1,001	1,015	1,028	1,042	1,055
14	0,981	0,994	1,007	1,021	1,034	1,048
16	0,974	0,987	1,001	1,014	1,027	1,040
18	0,967	0,980	0,994	1,007	1,020	1,033
20	0,961	0,974	0,987	1,000	1,013	1,026
22	0,954	0,967	0,980	0,993	1,006	1,019
24	0,948	0,961	0,974	0,987	1,000	1,012
26	0,941	0,954	0,967	0,980	0,993	1,006
28	0,935	0,948	0,961	0,973	0,986	0,999
30	0,929	0,942	0,954	0,967	0,980	0,992
32	0,923	0,935	0,948	0,961	0,973	0,986
34	0,917	0,929	0,942	0,954	0,967	0,979
36	0,911	0,923	0,936	0,948	0,961	0,973
38	0,905	0,917	0,930	0,942	0,955	0,967
40	0,899	0,911	0,924	0,936	0,948	0,961

ΔP	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ΔK	1	3	4	5	7	8	9	10	12

ПРИМЕРЫ. Требуется определить коэффициент К для следующих параметров окружающей среды (табл. Б.2).

Таблица Б.2

№ п/п	t, °C	P _{мм рт.ст.}	P _{табл} + ΔP	K _{табл} + ΔK _t	ΔK _p	K
1	18	750	750+0	0,994+0	0,000	0,994
2	5	788	780+8	1,078+0,003	0,010	1,091
3	23	743	740+3	0,961+0,003	0,004	0,968
4	29	732	730+2	0,929+0,003	0,003	0,935
5	22	781	780+1	1,019+0	0,001	1,020

В первом примере значение искомого коэффициента берется непосредственно из таблицы. В тех случаях, когда цифра t°C нечетна (примеры 2, 3, и 4), вписывают K_{табл}, соответствующий P_{табл} и температуре (t +1)°C и прибавляют к нему 0,003.

Поправку на излишек единиц ΔP определяют по вспомогательной таблице (значения вписаны в графу ΔK_p).

Величину коэффициента **K** определяют как сумму поправок на температуру, давление и $K_{\text{табл}}$ (графа K).

В примере 5 ввиду четности цифры t °C поправка на температуру отсутствует.

Приложение В

Поглотительные сосуды для отбора проб воздуха в растворы

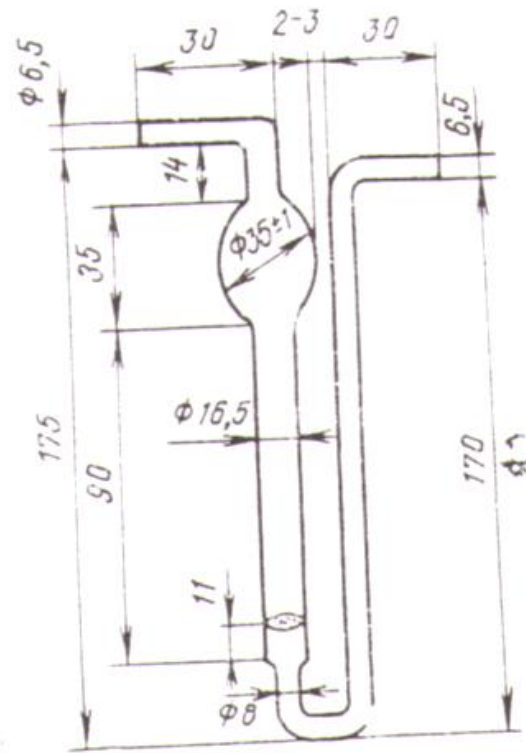


Рис. В.1. Поглощающий сосуд с пористой пластиной

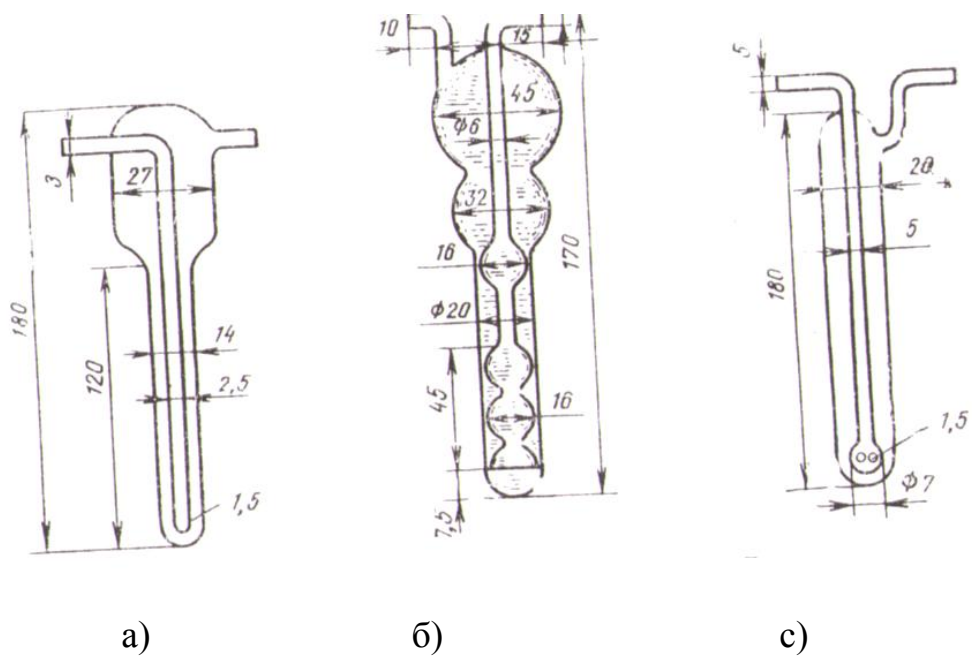


Рис. В.2. Поглощающие приборы:
а) прибор Зайцева, б) прибор Рихтера, с) прибор Петри

ЛИТЕРАТУРА

1. Якунина И.В., Попов Н.С. Методы и приборы контроля окружающей среды. Экологический мониторинг: учебное пособие. - Тамбов: Издательство ТГТУ, 2009. - 188 с. - ISBN 978-5-8265-0864-0.
2. ГОСТ 17.2.1.04-77. Охрана природы. Атмосфера. Метрологические аспекты загрязнения и промышленные выбросы. Основные термины и определения.
3. ОНД-90. Руководство по контролю источников загрязнения атмосферы.
4. Сборник методик по определению концентраций загрязняющих веществ в промышленных выбросах. - Л.: Гидрометеиздат, 1987.
5. ГОСТ 17.2.4.02-81. Охрана природы. Атмосфера. Общие требования к методам определения загрязняющих веществ.
6. ГОСТ 12.1.014-84. Воздух рабочей зоны. Методы измерения концентраций вредных веществ индикаторными трубками.
7. Потапов А.И. Методы и технические средства контроля и мониторинга Окружающей среды: учебное пособие. - СПб.: СПбГУ, 2005.

Учебное издание

**Ленивенко Нина Николаевна
Лямина Наталья Викторовна**

**ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ
МЕТОДЫ АНАЛИЗА В ЭКОЛОГИИ.
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**

Учебное пособие

В авторской редакции

Изд. № 54/2020. Объем 3 п.л.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»