

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

### ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАПЫЛЕННОСТИ И ЗАГАЗОВАННОСТИ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

#### 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

I.1. Ознакомление с современными методами и приборами определения содержания пыли и газов в воздухе;

I.2. Приобретение навыков анализа воздушной среды на производстве.

#### 2. ОБЩИЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Производственные условия характеризуются выделением в воздух рабочей зоны вредных веществ в виде газов, паров, пылей. Концентрация этих веществ в воздухе рабочей зоны не должна превышать установленные для них нормы. Степень вредного воздействия пыли на дыхательные пути, кожу, глаза зависит от ее физико-химических свойств, токсичности, дисперсности и концентрации.

Запыленность воздушной среды оценивают весовым, счетным, электрическим и фотоэлектрическим методами.

2.1. Весовой метод является основным методом для определения массы пыли, содержащейся в единице объема воздуха. Концентрация пыли в воздухе определяется как разность масс фильтра после и до протягивания через него запыленного воздуха, отнесенная к объему воздуха. Наиболее широко в настоящее время применяются фильтры АФА-ВП.

2.2. Дисперсность пыли выражается процентным содержанием частиц пыли разного размера. Наибольшую опасность для организма в целом представляют мелкодисперсные пыли. Так, частицы размером менее 5 мкм, не задерживаются в верхних дыхательных путях, проникают в легкие, оседают там и приводят к пылевым заболеваниям – пневмокониозам. Наиболее распространенными из них являются: силикоз, вызываемый воздействием кварцевой, асбестоз – асбестовой, талькоз – тальковой, сидероз – железосодержащей, цементоз – цементной, антропокоз – угольной пыли.

Дисперсность определяется методом микроскопии просветленных фильтров из ткани ФПП или даже препаратов, полученных по методам экранирования, осаждения, а также в приборах Грина и Оуэнса N<sub>2</sub>.

Наиболее удобным, простым и достаточно точным является метод микроскопии просветленных фильтров. Для определения дисперсности пыли по этому методу фильтры предварительно просветляют над парами ацетона, затем подсчитывают число частиц разной величины под микроскопом и опре-

деляют процентное содержание частиц каждого размера от общего числа подсчитанных пылинок.

2.3. Для анализа воздушной среды по содержанию газов и паров применяют различные методы: фотометрические, люминесцентные, полярографические, спектрографические, хроматографические и т.д. Перечисленные методы позволяют определить наличие наибольших количеств токсичных веществ в воздухе, однако требуют сравнительно много времени для подготовки приборов и проведения анализа.

Этого недостатка лишены быстрые (экспрессные) методы. Они основаны на изменении окраски растворов, реактивной бумаги, или индикаторных порошков под действием определяемого вещества. При этом концентрацию вещества определяют по длине окрашенной зоны или по интенсивности окраски путем сравнения со стандартной шкалой.

2.4. Экспрессные методы подразделяются на колориметрические и линейно-колористические. В основе последних лежит изменение окраски при взаимодействии газов и паров с твердым сорбентом - индикаторным порошком. При протягивании исследуемого воздуха через стеклянную трубку находящийся в ней индикаторный порошок окрашивается. Длина окрашенного слоя определяет концентрацию вещества в воздухе. Анализ в этом случае проводят универсальными газоанализаторами УГ-1 и УГ-2. С их помощью можно определить наличие и концентрацию сероводорода, хлора, аммиака, паров бензина, окислов азота, окиси углерода, сернистого газа, ацетона и других паров и газов.

Однако, особенно эффективными при определении состава сложных выбросов, загрязняющих воздух, являются современные физико-химические методы, в частности, метод газовой хроматографии.

Если концентрация вредных веществ в воздухе превышает ПДК, то необходимы меры по оздоровлению воздушной среды. Если возможно без ущерба для производства, то вредные вещества заменяют на безвредные или менее вредные, уменьшают содержание вредных веществ в продукции; изменяют технологический процесс (сухие способы шлифования или помола заменяют на мокрые и т.п.); обеспечивают герметизацию аппаратуры таким образом чтобы вредные вещества не могли проникнуть в воздух рабочей зоны; применяют местную вытяжную вентиляцию в местах выделения вредных веществ с последующей очисткой удаляемого оборудования, вытяжные шкафы, вытяжные зоны, газоуловители и пылеуловители; внедряют автоматизацию и механизацию вредных производств, промышленные роботы, дистанционное управление с изолированных кабин; производственные помещения оборудуют общеобменной проточно-вытяжной вентиляцией; применяют индивидуальные средства защиты – марлевые повязки, респираторы, противогазы, изолирующие костюмы с подводом чистого воздуха, защитные очки, спецодежду.

### 3. ПРИБОРЫ, ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

Установка для определения запыленности воздуха весовым методом включает пылевую камеру 1, аспиратор 2 и аллонж с фильтром 3.

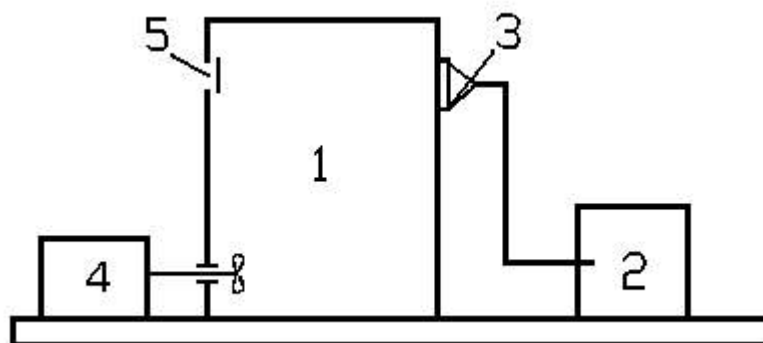


Рисунок 3.1 - Схема установки для определения запыленности воздуха

Пылевая камера служит для образования пылевоздушной среды. В нижней части ее находится вентилятор 4, создающий движение воздуха. На одной из боковых стенок камеры имеется загрузочный люк 5, на другой – отверстие, через которое происходит забор запыленного воздуха.

Аспиратор предназначен для протягивания запыленного воздуха через специальные фильтры. Прибор позволяет производить одновременно отбор 4 проб воздуха: 2 реометра градуированы на скорость протяжки воздуха то 0 до 20 л/мин и служат для отбора проб воздуха на запыленность, 2 других – для отбора проб воздуха при проведении газовых анализов со скоростью прохождения воздуха от 0 до 1 л/мин.

На передней панели прибора (рисунок 3.2.) размещены: штепсельное гнездо 1 для подключения прибора к электрической сети; тумблер 2 включения и отключения аспиратора; ручки 3 вентиля для регулировки отбора проб; штуцера 4 для присоединения резиновых трубок с аллонжем; реометры 5 (стеклянные трубки с поплавками), служащие для определения скорости прохождения воздуха; предохранительный клапан 6, предотвращающий перегрузки электродвигателя при оборе проб воздуха с малыми скоростями; гнездо предохранителя 7 и клемма для заземления 8.

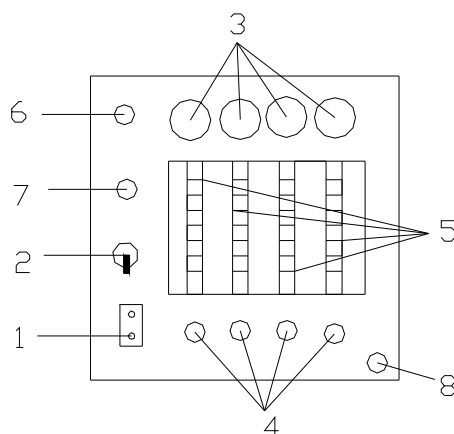


Рисунок 3.2 - Схема электрического аспиратора для отбора проб воздуха

Аллонж представляет специальный патрон в который вставляется фильтр.

При весовом анализе для осаждения и исследования пыли наиболее распространенными в настоящее время являются фильтры АФА-В10 и АФА-В18 (аналитические фильтры аэрозольные), площадью соответственно 10 и 18 см<sup>2</sup>. Их изготавливают из перхлорвинилового фильтрующего материала ФПП (фильтры перхлорвиниловые Петрянова).

3.2. Для определения дисперсности пыли методом микроскопии просветленных фильтров используют окулярный микроскоп, объектив-микрометр, спиртовую горелку или водяную баню, ацетон и фильтры АФА, использовавшиеся для определения весового содержания пыли.

3.3. Линейно-колористическое определение паров аммиака (бензина) производится на установке (рисунок 3.3.), включающей в себя универсальный газоанализатор 1 сосуд с аммиаком 2, зажимы 3 и индикаторную трубку 4.

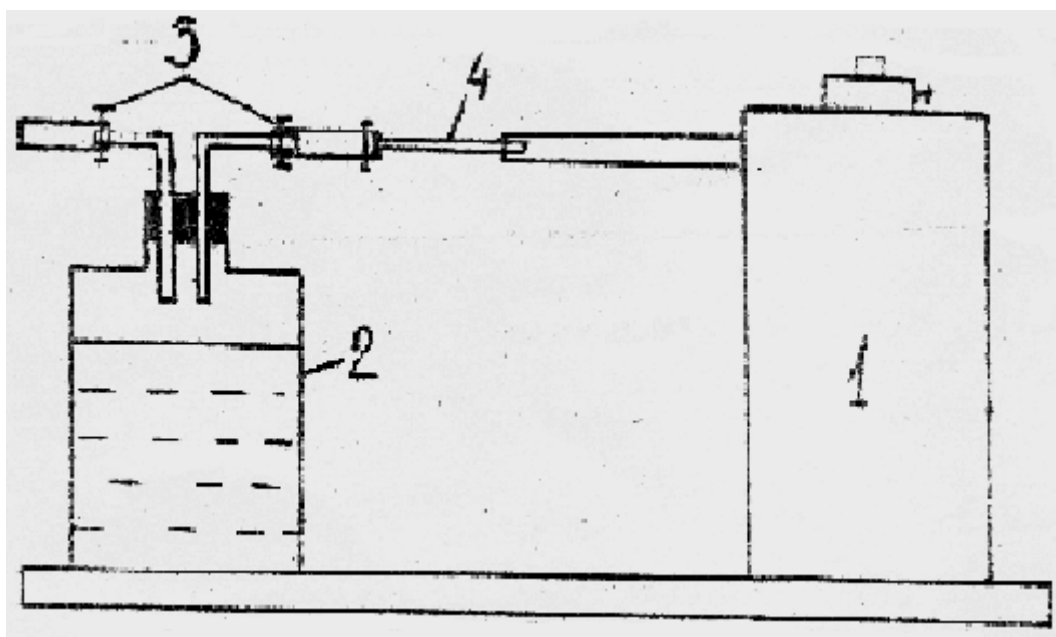


Рисунок 3.3 - Схема установки для анализа воздушной среды

В комплект универсального газоанализатора УГ-2 (рисунок 3.4.) входит воздухозаборное устройство, размещенное в металлическом корпусе и набор индикаторных трубок. Основным элементом воздухозаборного устройства (рисунок 3.4.) является резиновый сильфон 1, на нижнем фланце которого крепится пружина 2, удерживающая сильфон в растянутом состоянии. Просасывание исследуемого воздуха через индикаторную трубку 8 производят-

ся после предварительного сжатия сильфона штоком 3. На цилиндрической поверхности штока имеется продольная канавка с двумя углублениями 4, расстояние между которыми определяет объем засасываемого воздуха. Для фиксации штока при его работе предусмотрено стопорное устройство 5 в направляющей втулке 6. Непосредственный отсчет концентрации газа производится по шкалам, прилагаемым к прибору. На каждой шкале маркируется род газа и объем прокачиваемого воздуха.

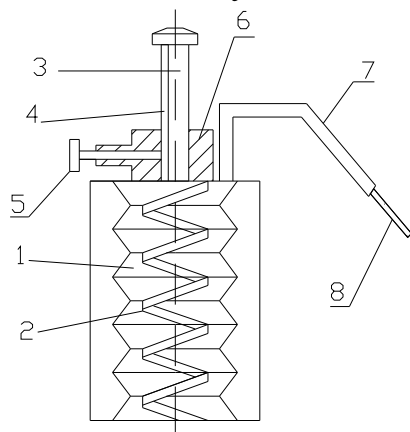


Рисунок 3.4 - Схема универсального газоанализатора УГ-1 и УГ-2

#### 4.ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

4.1. Выполнить общие требования безопасности при работе с электроприборами.

4.2. Обеспечить герметичность соединений при монтаже установок.

4.3. Соблюдать меры предосторожности, исключающие возможность разлива ацетона, аммиака (бензина).

4.4. Приступать к выполнению экспериментальной части после разрежения преподавателя.

#### 5.ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

5.1. Определение запыленности воздуха весовым методом.

5.1.1. Подготовить аспиратор к работе заранее определив необходимую скорость прохождения воздуха. Для этого: установить предохранительный клапан 6 (рисунок 3.2) в положение I. При этом клапан открыт и может пропускать воздух без возникновения в воздуходувке излишнего разрежения, это уменьшает нагрузку электродвигателя. Открыть до отказа вентили 3, регулирующие скорость прохождения воздуха. При открытых вентилях двигатель испытывает наименьшую нагрузку и легче запускается. Подключить аспиратор к сети переменного тока напряжением 220В. Включить прибор тумблером 2. Работа электродвигателя должна сопровождаться специфическим шумом и слабым, тусклым горением лампочек, освещающих шкалу.

Путем вращения ручек вентиля 3 установить требуемую скорость прохождения воздуха, причем она должна быть несколько больше, чем скорость отбора проб.

Отключить aspirator тумблером 2.

5.1.2. Взвесить фильтр на аналитических весах с точностью до мг и вложить его в аллонж.

5.1.3. Подсоединить аллонж к aspiratorу и пылевой камере (рис.3.1).

5.1.4. Включить вентилятор в пылевой камере.

5.1.5. Включить aspirator и в течение 4-5 минут производить забор запыленного воздуха.

5.1.6. Выключить aspirator и вентилятор пылевой камеры, отсоединить аллонж и взвесить фильтр.

5.1.7. Снять показания барометрического давления и температуры воздуха в помещении.

5.1.8. Определить объем прошедшего через фильтр воздуха, зная скорость отбора пробы и длительность опыта.

5.1.9. Привести объем протянутого воздуха  $V_t$  к нормальным условиям по формуле:

$$V_0 = \frac{273 \cdot B \cdot V_t}{(273 + t) \cdot 760}, \text{м}^3 \quad (5.1)$$

где  $V_t$  - объем воздуха, прошедшего через фильтр при температуре  $t$  и давлении  $B$ ,  $\text{м}^3$

$V_0$  - объем протянутого через фильтр воздуха, приведенный к нормальным условиям,  $\text{м}^3$

$B$  – барометрическое давление, мм. рт.ст;

$t$  – температура воздуха в помещении,  $^{\circ}\text{C}$ .

5.1.10. Определить концентрацию пыли в воздухе  $C$  по формуле:

$$C = \frac{m_2 - m_1}{V_0}, \text{мг/м}^3. \quad (5.2)$$

Где  $m_1$  и  $m_2$  – соответственно масса фильтра до и после отбора пробы, мг.

5.1.11. Результаты исследования занести в таблицу 5.1.

*5.1.12. Дать оценку запыленности путем сопоставления результатов исследования с предельно допустимой концентрацией пыли в воздухе рабочей зоны по СанПиН №11-19-94 перечень регламентированных в воздухе рабочей зоны вредных веществ (см. приложение 1).*

5.2, Определение дисперсности пыли методом микроскопии просветленных фильтров.

5.2.1. Подготовить препарат для исследования. Для этого: положить

фильтр, ранее применявшийся для определения концентрации пыли, фильтрующей поверхностью на предметное стекло;

подогреть колбу с ацетоном на спиртовой горелке (в водяной бане);

выдержать препарат над колбой с ацетоном в течение нескольких минут пока ткань фильтра не расплавится, приобретая вид прозрачной пленки.

Таблица 5.1 - Результаты измерения запыленности

Температура воздуха в помещении $t, ^\circ\text{C}$	Давление В, мм. рт. ст.	Масса фильтра, мг		Масса пыли, мг $m_2 - m_1$	Объем расходов протягиваемого воздуха, л/мин	Длительность опыта, мин, $t$	Объем воздуха прошедшего через фильтр, $\text{м}^3$		Концентрация пыли $C, \text{мг/м}^3$	ПДК $\text{мг/м}^3$
		До отбора пробы, $m_1$	После отбора пробы, $m_2$				$V_t$	$V_0$		

5.2.2. Определить дисперсность методом микроскопии. Для этого объектив-микрометр помещают на оптический столик микроскопа, при малом увеличении находят линии, нанесенные на поверхности стекла объектив-микрометра (они нанесены с интервалом 10 мкм), центрируют их в поле зрения и переводят под большое увеличение. Затем извлекают окуляр микроскопа, снимают верхнюю крышку его, помещают окулярную линейку, закрывают крышку окуляра и устанавливают его снова в микроскоп. После этого совмещают линии объектив-микрометра с краем линейки (рисунок 5.1) и рассчитывают цену деления линейки, зная количество делений объектив-микрометра, интервал между ними (10 мкм) и число делений линейки.

Так, цена деления в оптических условиях, приведенных на рисунке составляет 
$$\frac{10 \cdot 100}{35}, \text{ мкм}$$

Снять объектив-микрометр со столика микроскопа и установить вместо него пылевой препарат.

Произвести замеры размеров 20 пылинок при тех же оптических условиях, когда определялась цена делений окулярного микроскопа. Для этого каждую пылинку без выбора подводят под линейку и определяют ее наи-

больший размер.

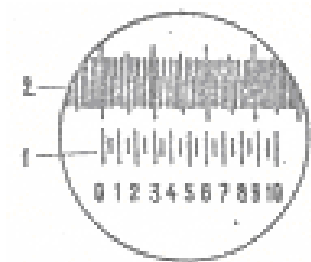


Рисунок 3.6 - Измерение величины окулярной микрометрической линейки:

1-окулярная микрометрическая линейка; 2-объектив-микрометр

Результаты исследований занести в таблицу 5.2.

Таблица 5.2 - Результаты измерений дисперсности пыли

Размеры пылинок (фракций), Показатель мкм	До 2	2 – 5	5 – 10	Более 10
Число пылинок, n Степень дисперсности, %				

5.2.4. Дать оценку дисперсности пыли, степень которой равна:

$$d = \frac{n}{n_0} \cdot 100, \% \quad (5.3)$$

где  $n_0$  – общее число замеренных пылинок, шт.

$n$  – число пылинок соответствующей фракции, шт.

5.3. Анализ воздушной среды с помощью универсального газоанализатора УГ-1.

5.3.1. Для проведения анализа следует отвести стопор 5 (рисунок 3.4), вставить шток 3 в направляющую втулку 6, затем нажатием руки на головку штока сжать сильфон I так, чтобы наконечник стопора вошел в верхнее углубление в канавке штока.

5.3.2. Присоединить индикаторную трубку 8 к воздухозаборной резиновой трубке 7. Индикаторная трубка должна соответствовать анализируемому газу.

5.3.3. Ввести второй конец индикаторной трубки в резиновую трубку, связанную с сосудом, содержащим аммиак (бензин) и др.

5.3.4. Освободить зажимы 3 (рисунок 3.3) на резиновой трубке.

5.3.5. Надавливая одной рукой на головку штока, второй отвести стопор. Как только шток начинает двигаться, стопор следует отпустить. При этом



сильфон расправляется, и воздух с определенной скоростью протягивается через индикаторную трубку. После прекращения движения штока (наконечник вошел в углубление канавки) просасывание воздуха еще продолжается в течение 1,5-2,0 мин из-за наличия, остаточного вакуума в сильфоне.

5.3.6. Освободить индикаторную трубку и определить концентрацию газа. При этом трубку следует приложить к шкале таким образом, чтобы начало окрашенного столбика совпало с нулевым делением шкалы. Тогда верхняя граница окрашенного порошка определяет концентрацию газа в исследуемой среде.

5.3.7. Результаты исследования записать в таблице 5.3.

Таблица 5.3 - Результаты измерений загазованности

№ п.п.	Наименование исследуемого газа	Объем забираемого воздуха, см <sup>3</sup>	Концентрация газа в воздухе, мг/м <sup>3</sup>	ПДК, мг/л

5.3.8. Дать оценку загазованности воздушной среды, для этого в приложении I приведены допустимые концентрации газов.

## 6. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет о работе должен содержать цель работы, схему установки для определения запыленности воздуха весовым методом, схему анализа воздушной среды с помощью универсального газоанализатора, таблицы 4.1-4.3 с экспериментальными данными, анализ результатов исследований.

## 7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Основные и теоретические сведения.
2. Установка для определения запыленности весовым методом.
3. Установка для определения содержания паров аммиака.
4. Оценка запыленности воздуха весовым методом.
5. Оценка дисперсности пыли методом микроскопии.
6. Анализ воздушной среды универсальным газоанализатором.

## 8. ЛИТЕРАТУРА

1. Гигиенические нормативы ГН 9-106 РБ 98. предельно-допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

2. СанПиН №11-19-94. Перечень регламентированных в воздухе рабочей зоны вредных веществ.

Приложение I

Предельно допустимые концентрации веществ

Вещество	Предельно допустимая концентрация, мг/м <sup>3</sup>	Агрегатное состояние: а – аэрозоль, п – пары и газы
Бериллий	0.001	а
Свинец	0.01	а
Марганец	0.05	а
Хром	0.02	а
Кремнеземсодержащая пыль	1	а
Полированная пыль	2	а
Пыль стекловолокна стекла	2	а
Пыль слюды	4	а
Окись железа	6	а
Азот	0.1	п
Фенол	0.3	п
Едкий натр	0.5	п
Окись углерода, аммиак	20	п
Хлор	1	п
Серная кислота	1	п
Соляная кислота	5	п
Бензол	5	п
Эфир этиловый	20	п
Толуол	50	п
Ксилол	50	п
Бензин топливный	100	п
Ацетон	200	п
Углеводороды	300	п
Скипидар	300	п
Спирт этиловый	1000	п
Фреон	3000	п