



Министерство образования и науки, молодежи и спорта Украины
Севастопольский национальный технический университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ПЫЛИ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ ГРАВИМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Методические указания к выполнению лабораторной работы
по дисциплине

«Методы измерения параметров окружающей среды»
для студентов дневной и заочной форм обучения по направлению
6.040106 – Экология, охрана окружающей среды
и сбалансированное природопользование

Севастополь
2013



УДК 551.58

Исследование запыленности атмосферного воздуха гравиметрическим методом: Методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Методы измерения параметров окружающей среды»/ Сост. канд. техн. наук, доцент Е.И. Азаренко. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2013. – 12 с.

Целью методических указаний является ознакомление студентов с методами и средствами, применяющимися для исследования запыленности атмосферного воздуха.

Методические указания утверждены на заседании кафедры ПЭОТ, протокол № 6 от «17» января 2013 г.

Допущено учебно-методическим центром СевНТУ в качестве методического указания.

Рецензент: Одинцов А.Н., зав. кафедрой ПЭОТ,
канд.техн.наук, доцент.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель работы	3
2. Основные теоретические положения	3
3. Краткое описание лабораторного оборудования	6
4. Требования безопасности при проведении работы	8
5. Порядок выполнения эксперимента	8
6. Обработка результатов эксперимента	9
7. Контрольные вопросы	10
Библиографический список	10
Приложение А	11

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Ознакомиться с методикой и приобрести практические навыки измерения массовой концентрации пыли в атмосферном воздухе.

2. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Наиболее распространенным методом, применяемым при санитарно-гигиенических исследованиях запыленности атмосферного воздуха населенных пунктов и воздуха рабочей зоны, является гравиметрический (весовой) метод.

Методика определения массовой концентрации пыли в атмосферном воздухе реализуется в соответствии с ГОСТ 17.2.4.05-83 «Атмосфера. Гравиметрический метод определения взвешенных частиц пыли» и РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы» [1, 2]. Она применяется для измерения разовых и среднесуточных концентраций пыли при удельном расходе воздуха $5 \text{ дм}^3/(\text{мин} \cdot \text{см}^2)$ в диапазонах: 0,26-50 $\text{мг}/\text{м}^3$ (разовая при отборе пробы в течение 20 мин); 0,007-0,69 $\text{мг}/\text{м}^3$ (суточная при непрерывном отборе пробы); 0,04-4,2 $\text{мг}/\text{м}^3$ (суточная при автоматическом циклическом отборе проб по 20 мин 12 раз в сутки); от 0,17 до 16,7 $\text{мг}/\text{м}^3$ (суточная при ручном циклическом отборе проб по 20 мин 3 раза в сутки).

По экспертным оценкам [2], при определении концентрации пыли в атмосферном воздухе в указанных диапазонах относительная погрешность не превышает $\pm 25\%$. Предельная абсолютная погрешность определения массы пыли на фильтре $\pm 0,2 \text{ мг}$. Предельная относительная погрешность определения объема воздуха, прошедшего через фильтр, $\pm 6\%$. На точность определения объема воздуха, прошедшего через поглотительные устройства, влияет нарушение герметичности воздухопроводов и фильтродержателя. Проверка состояния системы производится не реже одного раза в месяц. Наиболее вероятной причиной нарушения герметичности является старение резины и появление трещин в подводящих резиновых шлангах.

Весовой метод основан на определении массы взвешенных частиц пыли, задержанных фильтром из ткани ФПП при прохождении через него определенного объема исследуемого воздуха.

Массовую концентрацию (ρ , мг/м³) взвешенных частиц в воздухе вычисляют по формуле

$$\rho = \frac{m_2 - m_1}{V_0}, \quad (2.1)$$

где m_1 - масса фильтра без пыли, мг;

m_2 - масса фильтра с пылью, мг;

V_0 - объем пропущенного через фильтр воздуха, приведенный к нормальным условиям, м³.

Массы m_1 и m_2 определяют взвешиванием фильтра на аналитических весах.

Приведение объема пробы воздуха, прокачанной через фильтр, к нормальным условиям выполняют для получения сравнимых результатов определения концентраций пыли. Под нормальными условиями понимают: температуру $t_0 = 0$ °С ($T_0 = 273$ К) и давление $P_0 = 760$ мм рт.ст. (101,3 кПа).

Значение V_0 , м³, вычисляют по формуле:

$$V_0 = V \cdot \frac{273 \text{ К}}{101,3 T}, \quad (2.2)$$

где $V = \frac{Q\tau}{1000 \cdot 60}$ – объем прокачанного через фильтр воздуха, м³, при темпера-

туре T , К (определяется на входе в ротаметр) и атмосферном давлении, B , кПа;

Q – расход воздуха при отборе пробы, дм³/мин;

τ – время прокачки воздуха через фильтр, с.

Таким образом, в ходе эксперимента измеряют следующие величины: m_1 ; m_2 ; B ; T ; Q ; τ .

При выполнении измерений применяют средства измерений, вспомогательные устройства и материалы, включая: весы аналитические; термометр; барометр; электроаспиратор; фильтры.

Для определения m_1 перед отбором пробы фильтр не менее 1 ч выдерживают в помещении, где производится взвешивание, а затем взвешивают на аналитических весах. Чтобы не испортить рабочую поверхность фильтра, при всех операциях его следует брать пинцетом за край.

При выполнении измерений в лаборатории должны быть соблюдены следующие условия:

- температура воздуха (20±10) °С;
- атмосферное давление 84,0-106,7 кПа (630-800 мм рт.ст.);
- влажность воздуха не более 80% при температуре 25 °С.

Взвешенные чистые фильтры вкладывают в пакеты из кальки. Эти пакеты помещают в полиэтиленовые пакеты, на которые шариковой ручкой наносят номер фильтра и его начальную массу m_1 . Подготовленные фильтры передаются наблюдателям для отбора проб воздуха на постах наблюдений.

Отбор пробы для определения среднесуточной концентрации пыли выполняется непрерывно с удельным расходом $5 \text{ дм}^3/(\text{мин} \cdot \text{см}^2)$ в течение 24 ч или (при большой запыленности) циклически по 20 мин через одинаковые промежутки времени. Для определения разовой концентрации отбор производится в течение 20 мин. Предельная пылеемкость фильтра составляет 5 мг/см^2 .

Для правильного определения концентрации пыли при отборе разовых проб воздуха должно выполняться условие изокINETичности, т.е. скорость пропускаемого через фильтр воздуха должна быть равна скорости набегающего потока; выравнивание скоростей осуществляется за счет применения конусных насадок, выбор которых зависит от скорости ветра. Фильтродержатель должен быть ориентирован навстречу ветровому потоку.

Для соблюдения указанного условия за 10 мин до начала срока наблюдений включают устройство измерения скорости ветра и через 10 мин определяют скорость и направление ветра с целью установления наветренной стороны павильона стационарного поста наблюдений за загрязнением атмосферы, из люка которой следует отбирать пробы на пыль и для выбора конусной насадки при отборе проб. При отсутствии автоматической системы измерения скорости и направления ветра определяют направление ветра по флюгеру или вымпелу, скорость ветра – по ручному анемометру, который предварительно укрепляется на выносной штанге высотой 1,5 м.

Фильтр с отобранной пробой осторожно вынимают из фильтродержателя, складывают пополам запыленной поверхностью внутрь и помещают последовательно в пакет из кальки и в полиэтиленовый пакет. На пакет шариковой ручкой наносят следующие данные: наименование и номер города; дату и время отбора; расход воздуха Q и продолжительность отбора пробы τ , температуру воздуха T , проходящего через ротаметр, и атмосферное давление во время отбора пробы B . После этого фильтр передается в лабораторию для определения массы m_2 .

Перед взвешиванием фильтры не менее часа выдерживают в помещении, где производится взвешивание. Если отбор пробы проводился при относительной влажности воздуха, близкой к 100 %, то фильтр доводят до постоянной массы. Для этого его необходимо поместить в стеклянной чашке в сушильный шкаф с температурой 40-50 °C на 30-50 мин, а затем выдержать 40-60 мин в помещении, где производится взвешивание. Если при взвешивании масса фильтра изменяется, то повторяют операцию просушивания.

Взвешенные фильтры с накопленной на них пылью вкладывают в те же пакеты из кальки и полиэтилена, на которые шариковой ручкой наносят значение конечной массы фильтра с пылью m_2 . Если после взвешивания и занесения всех данных о пробе в рабочий журнал фильтры не направляются на анализ элементного состава, то они тщательно запаковываются в кальку и сдаются на

бессрочное хранение. Номер поста, дата и срок отбора записываются на конвертах.

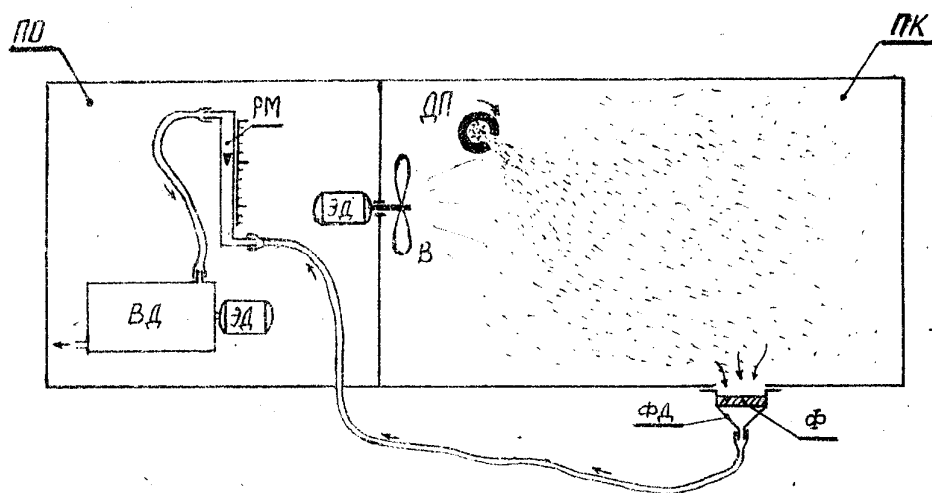
Фильтры, используемые после оценки массовой концентрации пыли для определения ее элементного состава, необходимо особенно тщательно оберегать от загрязнения. Сушить фильтры следует только в чистом сушильном шкафу и охлаждать под защитным колпаком в помещении, где производится взвешивание.

3. КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

При выполнении работы используются следующие приборы и оборудование: психрометр аспирационный, барометр-анероид, весы аналитические РА413С, лабораторная установка ОТ-1, секундомер.

Установка ОТ-1 предназначена для имитации запыленного воздуха населенного пункта (рабочей зоны) и отбора проб этого воздуха.

Установка (см. рис. 3.1) состоит из пылевой камеры ПК и приборного отсека ПО. В пылевой камере ПК смонтирован дозатор пыли ДП, ручка которого выведена на лицевую панель. Для рассеивания пыли в объеме камеры предусмотрен вентилятор В (электродвигатель вентилятора размещен в смежном приборном отсеке). На лицевой панели пылевой камеры предусмотрено отверстие для установки фильтродержателя ФД, в котором крепится фильтр Ф. Интенсивность запыленности воздуха можно визуально наблюдать через прозрачное стекло при включенном осветителе (на схеме не показаны). В приборном отсеке ПО размещен аспиратор, состоящий из воздуходувки ВД ротационного типа с электродвигателем и расходомера (ротаметра) РМ. На лицевую панель отсека выведены тумблеры включения вентилятора, воздуходувки и осветителя, а также измерительные трубки расходомера. Для соединения фильтродержателя с расходомером предусмотрен резиновый шланг.



Рису-
— Схема
новки

нок 3.1
уста-
ОТ-1

Взвешивание фильтров до и после отбора пробы производится с помощью аналитических весов. Технические характеристики весов представлены в табл. 3.1.

Технические характеристики приведены для следующих условий окружающей среды: температура окружающей среды от 10 до 30 °С; относительная влажность воздуха от 15 до 80 % при температуре 31 °С.

Таблица 3.1 – Характеристики весов модели РА413С

Параметр	Значение
Наибольший предел взвешивания, г	410
Дискретность, г	0,001
Воспроизводимость (СКО), г	0,001
Время установления показаний, с	3-5

При работе с весами используются элементы управления, представленные на рис. 3.2 и в табл. 3.2.



Рисунок 3.2 – Элементы управления весами РА413С

Таблица 3.2 – Функции элементов управления весами РА413С

Клавиша	Режим нажатия	Функция
О/Т - On	Краткое нажатие	Включение весов, установка нуля
Off	Длительное нажатие	Выключение весов
Yes	Краткое нажатие (в режиме меню)	Выбор или подтверждение установки параметра
Unit	Краткое нажатие	Переключение текущих единиц измерения и режимов
Menu	Длительное нажатие	Вызов меню
No	Краткое нажатие (в режиме меню)	Переключение доступных установок
	Длительное нажатие (в режиме меню)	Выход из меню или пункта меню
Print	Краткое нажатие	Вывод данных
Cal	Длительное нажатие	Запуск процедуры калибровки диапазона взвешивания

Для взвешивания фильтра необходимо нажимая клавишу **Unit**, выбрать требуемую единицу измерения массы, выполнить установку нуля, нажав клавишу **0/T**, затем поместить взвешиваемый предмет на платформу весов, подождать 5 с и снять показания.

4. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАБОТЫ

Перед началом работы должно быть проверено состояние проводов питания средств отбора проб и других измерительных средств и заземление этих средств (выполняется преподавателем). Не реже одного раза в месяц производится проверка отсутствия замыканий на корпус приборов, состояния изоляции проводов (выполняется зав. лабораторией). При обнаружении неисправности прибора он должен быть направлен в ремонт (изъят из лаборатории).

К работе допускаются студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности в аудитории 302 и изучившие настоящие методические указания. **Работа выполняется только в присутствии и под руководством преподавателя.** Подключение оборудования к сети и его отключение производит преподаватель. Введение пыли в камеру установки ОТ-1 производит преподаватель.

Запрещается вскрывать корпуса лабораторного оборудования и приборов, устанавливая в технологические отверстия посторонние предметы. Запрещается при включенном электроаспираторе снимать и устанавливать фильтры. Запрещается включать электроаспиратор без фильтра в фильтродержателе.

При работе с весами необходимо соблюдать следующие меры безопасности:

- перед подключением убедиться, что напряжение в сети переменного тока соответствует значению, указанному на сетевом адаптере;
- не допускать падения предметов на платформу весов;
- не допускать укладывать весы на платформу или на установочный конус платформы весов.

Категорически запрещается проводить демонтаж лабораторной установки и приборов, производить ремонт во время учебных занятий. Все операции по техническому обслуживанию оборудования должен выполнять только уполномоченный технический персонал.

5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

1. Проверить, не осталась ли в камере ПК установки ОТ-1 пыль от предыдущего эксперимента. Если необходимо удалить ее (выполняется лаборантом).

2. Измерить температуру воздуха и барометрическое давление и внести их значения в таблицу 5.1.

3. Закрепить в камере ПК дозатор с пылью.
4. Взвесить чистый фильтр. Величину m_1 занести в таблицу 5.1.
5. Установить фильтр в фильтродержатель, а фильтродержатель – в воздухозаборное отверстие пылевой камеры.
6. Включить в работу вентилятор.
7. Повернуть ручку дозатора пыли (при этом в камеру вводится порция пыли). Выдержать 3-5 сек.
8. Включить воздуходувку аспиратора и одновременно секундомер. Время отбора пробы рекомендует преподаватель.
9. Снять показания расходомера и занести в таблицу 5.1.
10. Выключить воздуходувку и одновременно секундомер. Показания секундомера занести в таблицу 5.1.
11. Извлечь фильтр из фильтродержателя. Взвесить фильтр с пылью, величину m_2 занести в таблицу 5.1.
12. Эксперимент повторить еще 2 раза.

Таблица 5.1 – Результаты измерений

№ п/п	Наименование измеряемой величины	Обозначение	Размер- ность	№ эксперимента		
				1	2	3
1	Масса чистого фильтра	m_1	мг			
2	Масса фильтра после прокачки воздуха	m_2	мг			
3	Расход воздуха	Q	л/мин			
4	Время пробоотбора	τ	с			
5	Температура воздуха	t	°С			
6	Барометрическое давление	B	кПа			

6. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА

1. Объем прошедшего через фильтр воздуха (в пересчете на нормальные условия) определить по формуле (2.2).
2. Рассчитать массовую концентрацию пыли по формуле (2.1).
3. Среднее значение из трех экспериментов вычислить по формуле

$$\rho_{cp} = \frac{\rho_1 + \rho_2 + \rho_3}{3}, \quad \text{мг/м}^3.$$

4. Полученное значение ρ_{cp} сравнить с ПДК (см. приложение А) заданного состава пыли (состав пыли сообщает преподаватель или лаборант).
5. Сделать вывод по работе.

7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какова сущность весового метода оценки запыленности воздуха?
2. Порядок работы с аналитическими весами?
3. Основные технические характеристики весов РА413С?
4. Для чего объем пробы воздуха приводят к нормальным условиям?
5. В чем преимущества и недостатки весового метода оценки запыленности воздуха?
6. Какие нормативные документы содержат требования к весовому методу оценки запыленности воздуха?
7. С какой целью измерения повторяют трижды?

БИБЛИОГРАФИЯ

1. ГОСТ 17.2.4.05-83 (СТ СЭВ 3846-82). Атмосфера. Гравиметрический метод определения взвешенных частиц пыли. Введ. 1985-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 2 с.
2. РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. – Введ. 1991-07-01. – М.: Государственный комитет СССР по гидрометеорологии, 1991. – 693 с.
3. ДСП-201-97. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднень хімічними і біологічними речовинами). Введ. 1997-07-09. – К.: Міністерство охорони здоров'я України, 1997. – 57 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1- Предельно допустимые концентрации (ПДК) некоторых пылей

№ п/п	Наименование пыли	ПДК, мг/м ³ [3] для воздуха населенных пунктов	
		максимальная разовая	средне- суточная
1.	Пыль неорганическая, с содержанием двуокиси кремния более 70 %	0,15	0,05
2.	Пыль неорганическая, с содержанием двуокиси кремния 20-70 %	0,3	0,1
3.	Пыль неорганическая, с содержанием двуокиси кремния менее 20 %	0,5	0,15
4.	Пыль цементного производства (оксида кальция >60 % и диоксида кремния >20 %)	0	0,02
5.	Пыль полиметаллическая свинцово-цинкового производства	0	0,0001
6.	Пыль хлопчатобумажная	0,2	0,05
7.	Пыль зерновая	0,2	0,03

Примечания:

1) В случаях определения недифференцированной по составу пыли допускается принимать значение ПДК: максимальной разовой – 0,5 мг/м³, средне-суточной – 0,15 мг/м³. Эти значения не касаются аэрозолей органических и неорганических соединений (металлов, их солей, пластмасс, биологических, врачебных препаратов и др.), для которых устанавливаются соответствующие ПДК.

2) Общая запыленность, которая создается выбросами предприятий и других объектов с содержанием разных химических соединений, в воздушной среде жилой застройки не должна превышать ПДК, установленной для недифференцированной по составу пыли.

Заказ № ____ от « ____ » _____ 2013. Тираж ____ экз.
Изд-во СевНТУ