

РОСЖЕЛДОР
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ростовский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВО РГУПС)

Л.В. Дергачева, Г.Н. Соколова, Т.А. Финоченко

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

Учебно-методическое пособие
для лабораторных работ

Ростов-на-Дону
2017

УДК 504(07) + 06

Рецензент – кандидат технических наук, доцент А.В. Коновалов

Дергачева, Л.В.

Промышленная экология: учебно-методическое пособие для лабораторных работ / Л.В. Дергачева, Г.Н. Соколова, Т.А. Финоченко; ФГБОУ ВО РГУПС. – Ростов н/Д, 2017. – 80 с.: ил.

Приводятся необходимые теоретические сведения для каждого лабораторного занятия, а также порядок выполнения работы, контрольные вопросы и форма бланка отчетности. Содержание пособия соответствует программе дисциплины «Промышленная экология».

Предназначено для студентов направления подготовки «Техносферная безопасность», изучающих дисциплины «Промышленная экология» и «Природопользование».

Одобрено к изданию кафедрой «Безопасность жизнедеятельности».

© Дергачева Л.В., Соколова Г.Н.,
Финоченко Т.А., 2017
© ФГБОУ ВО РГУПС, 2017

ВВЕДЕНИЕ

Сборник лабораторных работ предназначен для закрепления теоретических знаний студентов, изучающих дисциплины «Промышленная экология» и «Природопользование», в том случае, если учебной программой предусмотрено их проведение. В процессе выполнения работ студенты получают практические навыки в работе на аппаратуре, проведении измерений и обработке их результатов. При проведении занятий студенты оформляют результаты экспериментов на специальных бланках, форма которых дана в конце сборника в приложении. К каждому занятию разработан перечень контрольных вопросов. Заполненный бланк предъявляется преподавателю для проверки и подписи.

Лабораторная работа № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ПЫЛИ В ВОЗДУХЕ

Цель работы

Приобретение навыков санитарно-гигиенической оценки концентрации пыли, взвешенной в воздухе, изучение приборов отбора проб воздуха и получение практических навыков работы с электроаспиратором.

В процессе выполнения работы студент должен ознакомиться с влиянием пыли на организм человека и окружающую среду, принципами санитарно-гигиенического нормирования, произвести замеры запыленности воздушной среды и дать оценку состояния атмосферы.

Общие сведения о пыли

Пыль – совокупность взвешенных в воздухе мелких (10^{-2} – 10^{-4} см) твердых частиц, которые образуются как в естественных условиях, так и в результате антропогенной деятельности человека, способных, в отличие от дыма, оседать при безветрии.

Степень вредного влияния пыли на организм человека зависит от физико-химических свойств, вида и концентрации пыли в воздухе. Вредное воздействие пыли на организм человека происходит при ее проникновении через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт, кожные покровы и слизистые оболочки.

По характеру действия на организм человека пыль можно разделить на раздражающую и токсичную. К *раздражающей* относится пыль минерального происхождения (цемент, гипс, кварц, металлическая и др.). Проникая в легкие и лимфатическую систему, она вызывает заболевания легких, при воздействии на кожные покровы – дерматиты и др. *Токсичные* пыли (мышьяк, свинец и др.), растворяясь в биологических средах, действует на организм, как яд, и вызывают его отравление.

Пыль способна адсорбировать из воздуха некоторые ядовитые газы, в результате чего неядовитая пыль может оказаться ядовитой. Например, угольная пыль и сажа могут адсорбировать оксид углерода.

Гигиеническое нормирование

Для охраны здоровья человека установлены предельно-допустимые концентрации (ПДК) пыли и других вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе [1, 2, 3]. Для установления ПДК используют расчетные методы, результаты биологических экспериментов, а также материалы динамических наблюдений за состоянием здоровья лиц, подвергшихся воздействию вредных веществ. В последнее время широко используются методы компьютерного моделирования, предсказания биологической активности новых веществ, биотестирование на различных объектах.

ПДК_i – предельно-допустимая концентрация пыли *i*-го загрязняющего вещества (мг/м³). Под ПДК понимается такая концентрация химических элементов и их соединений в атмосферном воздухе, которая при повседневном влиянии в течение длительного времени на организм человека не вызывает патологических изменений или заболеваний, устанавливаемых современными методами исследований в любые сроки жизни настоящего и последующего поколений.

В зависимости от времени осреднения выделяют следующие виды ПДК для атмосферного воздуха:

ПДК_{с.с.} – среднесуточная предельно-допустимая концентрация – концентрация загрязнителя в воздухе, не оказывающая на человека прямого или косвенного вредного воздействия при круглосуточном вдыхании. Среднесуточное значение ПДК устанавливается для предупреждения общетоксического, канцерогенного, мутагенного действия.

ПДК_{м.р.} – максимально-разовая предельно-допустимая концентрация в воздухе населенных мест. Максимально-разовое значение ПДК устанавливается для предотвращения рефлекторных реакций человека при кратковременном действии примесей (осредненные за 20 минут).

ОБУВ – ориентировочно безопасный уровень воздействия. Это временный гигиенический норматив для загрязняющего атмосферу вещества, устанавливаемый расчетным методом для целей проектирования промышленных объектов.

Величины предельно-допустимых концентраций утверждены нормативными документами: Перечнем и кодами веществ, загрязняющих атмосферный воздух [1] и гигиеническими нормативами ГН 2.1.6.1338-03 «Предельно-допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест» [2] (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Наименование вещества	Предельно-допустимые концентрации, мг/м ³		Класс опасности
	максимальная разовая	среднесуточная	
Зола сланцевая	0,3	0,1	3
Пыль неорганическая, содержащая диоксид кремния в %			
- более 70	0,15	0,05	3
- 70–20	0,3	0,1	3
- менее 20	0,5	0,15	3
СМС «Кристалл»	0,04	0,01	2
Угольная зола теплоэлектростанций	0,005	0,02	2
Пыль крахмала	0,5	0,15	4
Пыль мучная	1	0,4	4

При совместном присутствии в атмосферном воздухе нескольких загрязняющих веществ, обладающих суммацией действия, сумма их концентраций не должна превышать единицы при расчете по формуле:

$$C_1/\text{ПДК}_1 + C_2/\text{ПДК}_2 + \dots + C_n/\text{ПДК}_n \leq 1,$$

где C_1, C_2, C_n – фактические концентрации веществ в атмосферном воздухе; $\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \text{ПДК}_n$ – предельно-допустимые концентрации тех же веществ.

Методы и приборы для определения концентрации пыли

Пыль подвергается качественному и количественному анализу [3].

Качественный анализ пыли (химический состав пыли) проводится специальными методами в химических лабораториях или экспресс-методами.

Количественный анализ заключается в измерении концентрации пыли. Существует много методов измерения концентрации пыли в воздухе: весовой (с фильтрацией или центробежным отделением пыли), счетный, радиоизотопный, фотометрический, индукционный, пьезоэлектрический; оптико-абсорбционный и др.

Различают прямые и косвенные методы определения запыленности воздуха. *Прямые* – методы определения концентрации пыли в показателях, совпадающих с физическими свойствами частиц, положенными в основу ее измерения. *Косвенные* – методы получения показателей степени запыленности воздуха, основанные на использовании какого-либо свойства пылевых частиц, отличного от того, которое используется для выражения этого показателя.

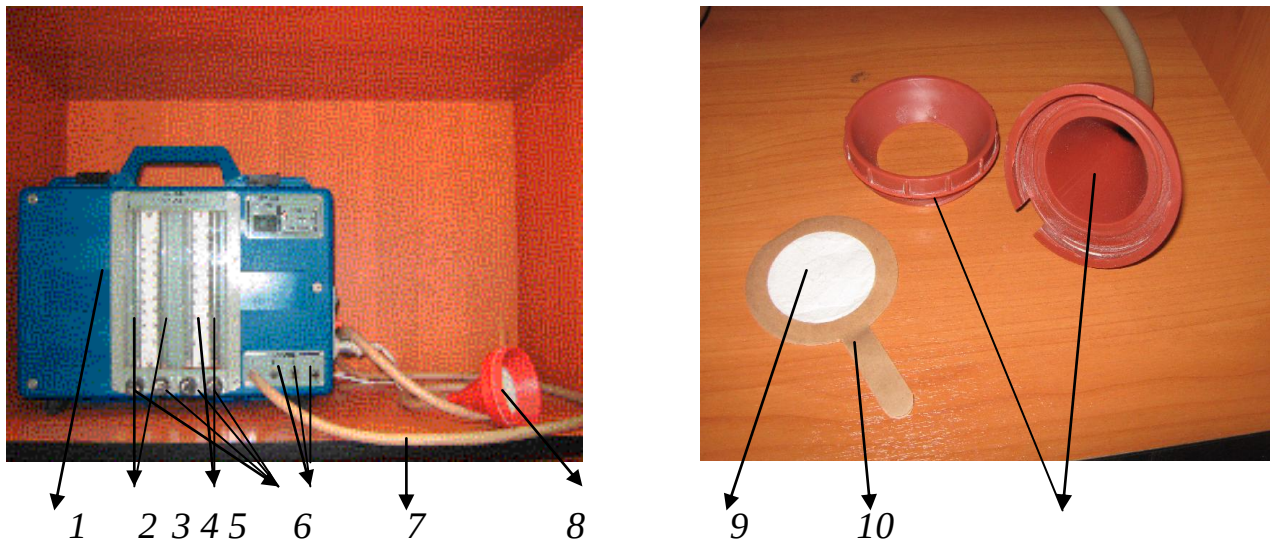
К косвенным методам измерения запыленности воздуха в весовых или счетных показателях относятся некоторые оптические (фотоэлектрические), электрические, акустические, радиоизотопные и др. методы, поскольку нет внутренней связи между весом (числом частиц) и оптическими, электрическими и другими свойствами пыли. Точность косвенных методов зависит от изменчивости характеристик пылевого аэрозоля, особенно от изменчивости дисперсного и химического состава, от стабильности измеряемых его свойств.

Установлено, что из известных свойств пыли масса и число частиц характеризуют вредность пыли для организма человека. Поэтому в практике пылевого контроля различают несколько основных методов для определения концентрации пыли: весовой (гравиметрический), счетный (кониметрический), фотоэлектрические, оптико-адсорбционные и другие.

1.1 Определение концентрации пыли весовым методом

Более подробно рассмотрим определение запыленности воздуха с использованием прямого метода с фильтрацией пыли (весовой метод определения запыленности воздуха) с использованием электроасpirатора.

На рис. 1.1 показан внешний вид aspirатора типа ПУ-4Э, предназначенного для автоматического отбора проб газов, паров и аэрозолей в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе и промышленных выбросах.



- 1 Электроаспиратор «ПУ-4Э» 6 Соединительный шланг
 2 Ротаметры (0,2–2 л/мин) 7 Аллонж с фильтром
 3 Ротаметры (2–20 л/мин) 8 Фильтр АФА
 4 Тумблер расхода воздуха 9 Кольцо-держатель фильтра
 5 Каналы 10 Аллонж открытого типа

Рис. 1.1. Аспиратор ПУ-4Э

Отобранные пробы анализируются в лабораторных условиях с применением стандартных методик. К достоинствам ПУ-4Э относятся: высокая точность задания отбора проб; метрологическое обеспечение; необслуживаемые безмасляные насосы; удобство в эксплуатации; взаимная независимость расходов по каналам; возможность отбора проб в полевых условиях на аккумуляторных батареях.

Электроаспиратор для отбора проб воздуха представляет собой устройство, состоящее из двух функциональных узлов: побудителя расхода воздуха и расходомера. Это переносные аппараты с ручным способом регулирования расхода и неавтоматической программой работы, предназначены для многоканального аспирационного отбора проб воздуха.

Аспираторы позволяют производить отбор проб сразу по четырем каналам с регулированием скорости отбора пробы по каждому каналу отдельно (2 канала со скоростью 0,1–1 дм³/мин и 2 канала – 1–20 дм³/мин).

Одним из самых простых способов отбора проб является пропускание воздуха с помощью побудителя расхода со скоростью, регламентируемой расходомерным устройством (ротаметром) через накопительный элемент (фильтр).

Объем пробы (л) находится как произведение скорости аспирации (л/мин) на время отбора пробы (мин). В ходе отбора пробы необходимо поддерживать скорость аспирации на заданном уровне с максимально возможной точностью.

Фильтры используются для улавливания из воздуха высокодисперсных аэрозолей и твердых частиц. В качестве фильтрующего элемента в фильтре АФА-ВП используют гидрофобную ткань Петрянова из тонкослойного перхло-

рвинилового волокна. Фильтры АФА-ВП имеют высокую эффективность улавливания и малое гидравлическое сопротивление.

При отборе проб фильтры закрепляют в специальных фильтродержателях – аллонжах, в которых диаметр выреза соответствует рабочей поверхности фильтра. Фильтры могут быть использованы при температуре ОС от -20 до $+150$ °С и скорости аспирации до 140 л/мин. Способность фильтров АФА задерживать аэрозоль и пропускать пары позволяет использовать их для раздельного определения веществ, находящихся в различных агрегатных состояниях.

Порядок выполнения работы

Перед началом работы необходимо:

- ознакомиться с методами и приборами для отбора проб воздуха;
- ознакомиться с санитарно-гигиеническим нормированием;
- изучить прибор для отбора проб воздуха и определения запыленности воздуха весовым методом;
- определить необходимый объем прокачиваемого воздуха, который зависит от содержания пыли в воздухе и определяется необходимостью накопления на фильтре (1–2 мг) пыли. В зависимости от этого определить скорость и время отбора пробы;
- заготовить форму отчета с рабочей таблицей 1.2, приведенной ниже;
- ознакомиться с мерами безопасности при эксплуатации прибора (работа с электроаспиратором допускается только при надежном заземлении корпуса прибора).

Таблица 1.2

Вид пыли, ПДК _{м.р}	Температура воздуха °С, t	Барометрическое давление, мм. рт. ст. B	Масса фильтра, мг		Масса пыли мг, Δm	Время отбора пробы, мин, τ	Объем отобранного воздуха, л/мин П	Концентрация пыли C , мг/м ³	$C/\text{ПДК}_{\text{м.р}}$
			до замера m_1	после замера m_2					

Экспериментальное определение концентрации пыли весовым методом

В процессе выполнения работы следует:

- фильтр довести до постоянной массы в эксикаторе с плавленым хлористым кальцием в течение 30–40 мин (для придания ему постоянной температуры и влажности);
- на аналитических весах определить вес фильтра до замера (m_1) и вставить его в защитное кольцо;

- фильтр вместе с защитным кольцом установить в гнездо аллонжа, и установить аллонж в точке отбора пробы (на уровне дыхания);
- электроаспиратор (см. рис. 1.1) установить вблизи места отбора пробы и его всасывающие патрубки с помощью резиновых трубок подключить к аллонжам;
- включить aspirator одновременно с секундомером и по ротаметру снять показания расхода воздуха, отобрав пробу воздуха, выключить aspirator;
- вынуть фильтр (для сохранности уловленной пыли эту операцию выполняют, повернув аллонж в вертикальное положение), перегнуть его пополам экспонированной (запыленной) поверхностью внутрь;
- взвесить запыленный фильтр при соблюдении первоначальных условий взвешивания (m_2);
- определить объем воздуха, пропущенного через фильтр и приведенного к нормальным условиям.

Обработка результатов исследования

Объем пробы воздуха, взятый для анализа, приводят к нормальным условиям при температуре 20 °С и атмосферном давлении 760 мм рт. ст.

Весовую концентрацию пыли C , мг/м³, определить по формуле:

$$C = (m_2 - m_1) / V_0, \quad (1.1)$$

где $m_2 - m_1$ – привес фильтра, мг;

V_0 – объем воздуха, прошедшего через фильтр, приведенный к нормальным условиям, м³;

Расчет объема отобранной пробы, приведенной к нормальным условиям, производят по формуле:

$$V_0 = V \frac{273 \cdot B}{(273 + t) \cdot 760}, \quad (1.2)$$

где V_0 – объем отобранной пробы воздуха, приведенной к нормальным условиям, м³;

V – объем пробы воздуха, прошедшего через ротаметр, м³;

B – атмосферное давление при отборе проб воздуха, мм рт. ст.;

t – температура воздуха, °С.

Объем пробы воздуха, прошедшего через ротаметр, в м³, рассчитывается исходя из показаний ротаметра Π (л/мин) и времени отбора пробы

$$V = \frac{\Pi \cdot \tau}{1000}, \quad (1.3)$$

где τ – время отбора пробы, мин;

Π – объем отобранного воздуха, л/мин.

Записать результаты исследования концентрации пыли в воздухе, сделать вывод о соответствии отобранной пробы существующим нормативам (ПДК_{мп}); занести данные в таблицу и оформить отчет о проделанной работе.

Контрольные вопросы

- 1 Что такое пыль?
- 2 Действие пыли на организм человека и окружающую среду.
- 3 Какой метод используется для определения весовой концентрации пыли в воздухе?
- 4 Какие приборы используются для определения весовой концентрации пыли в воздухе?
- 5 Что такое ПДК, единицы ее измерения?
- 6 От чего зависит ПДК пыли?
- 7 Санитарно-гигиеническое нормирование.
- 8 Каким методом проводили определение концентрации пыли?
- 9 Какова сущность весового метода определения пыли весовым методом?
- 9 Каким образом определяется объем пробы?
- 10 Преимущества и недостатки весового метода определения концентрации пыли.
- 11 Какие фильтры используются для отбора проб?

Литература

- 1 Перечень и коды веществ, загрязняющих атмосферный воздух. – СПб., 2012.
- 2 ГН 2.1.6.1338-03 Предельно-допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест (утв. Главным Государственным врачом РФ 31.05.2003 г.) с изм. на 12 января 2015 г.
- 3 СанПиН 2.1.6.575-96. Санитарные правила и нормативы. Гигиенические требования к охране атмосферного воздуха населенных мест нормативы. Минздрав России. – М., 1997.
- 4 РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. Госкомитет СССР по гидрометеорологии, Министерство здравоохранения СССР. – М., 1991.

1.2 Определение концентрации пыли оптико-абсорбционным методом

Цель работы

Приобретение навыков санитарно-гигиенической оценки концентрации пыли, взвешенной в атмосферном воздухе, изучение приборов отбора проб воздуха и получение практических навыков работы с измерителем пыли ИДИП-01ПМ.

Ознакомившись с влиянием пыли на организм человека и окружающую среду, принципами санитарно-гигиенического нормирования (лабораторная работа №1), произвести замеры запыленности отходящих газов с помощью пылемера ИДИП-01ПМ и дать оценку состояния атмосферы.

Общие принципы работы пылемеров

При проведении экологического контроля загрязнения окружающей среды возникает несколько основных задач. Одна из них – определение содержания пыли в газовоздушных потоках. Наиболее распространенный способ заключается в том, что определенный объем воздуха пропускают через фильтровальный материал и находят массу этого материала до и после запыления. Таким образом, зная массу пыли и объем пробы, можно определить концентрацию пыли в анализируемой среде (весовой метод определения концентрации пыли).

С другой стороны, на производствах, являющихся крупными потенциальными загрязнителями атмосферы, технология и применяемое сырье меняются чрезвычайно редко, характер выбросов примерно постоянен и подробно изучен, стоят фильтры на данные загрязнители. При этом практически возникает необходимость только в быстром определении значительных изменений концентрации пыли в выбросах, что может служить показателем аварийной ситуации или несоблюдением технологии. Это позволяет использовать для оценки или измерения выбросов простые и оперативные косвенные методы определения содержания пылевых выбросов, в частности оптические методы. В настоящее время имеется ряд разработок измерителей запылённости, использующих косвенные методы. Это радиоизотопные, основанные на измерении степени поглощения радиоактивного излучения, акустические (например, пьезоэлектрические), основанные на измерении давления частиц пыли в газовоздушном потоке, оптические.

Принцип метрологического обеспечения работы таких пылемеров заключается в начальной калибровке приборов для данного производства, то есть данного состава выбросов, весовым (гравиметрическим) методом. Затем, используя предположение о малой изменчивости характеристик выбросов данного постоянного производства, осуществляется оперативный контроль с помощью пылемера. Внеочередная калибровка может быть осуществлена при существенных изменениях в технологических процессах, приводящих к изменению дисперсионного состава твёрдых частиц пыли. Наиболее простыми и надёжными пылемерами для оперативного измерения концентрации пыли в газовоз-

душном потоке, являются оптические пылемеры, например пылемер ИДИП-01ПМ и пылемер ИП-01.

Измеритель пыли ИДИП-01ПМ предназначен для оперативного контроля содержания пыли в отходящих газах технологических процессов при содержании пыли в анализируемой среде в пределах от 0,5 до 7 г/м³. Общий вид измерителя пыли ИДИП-01ПМ представлен на рис. 1.2.



Рис. 1.2 Общий вид измерителя пыли ИДИП-01ПМ

Прибор состоит из измерительного зонда, блока обработки (индикации) и соединительного кабеля. Питание измерителя автономное, от аккумулятора, с подзарядкой от сети.

Достоинства пылемера ИДИП-01ПМ:

- широкий диапазон измерений;
- автономное питание.
- сигнализация разряда аккумулятора;
- простота управления и возможность калибровки;
- небольшие размеры и вес;
- цифровая индикация.

Принцип действия прибора ИДИП-01ПМ основан на измерении ослабления или рассеяния инфракрасного излучения (ИК) в анализируемой запыленной среде, т.е. на затенении непрозрачными частицами пыли светового потока в оптическом канале внутри газохода. Оптико-абсорбционный метод заключается в измерении коэффициента ослабления ИК-излучения в отходящих газах и определении массовой концентрации пыли. Мерой концентрации пыли является измеренная величина поглощенного или рассеянного излучения.

Измеритель имеет два режима измерений:

- 1) измерение коэффициента ослабления (Косл), %...0–100; пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения коэффициента ослабления в поддиапазоне от 0 до 40 %, составляет ± 2 %, в поддиапазоне от 40 % до 100 % – ± 5 %.

2) измерение массовой концентрации пыли. Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерений массовой концентрации пыли $\pm 25 \%$.

Пределы допускаемой дополнительной погрешности от изменения температуры окружающей среды от температуры $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ в диапазоне рабочих температур от 0 до $+40 ^\circ\text{C}$ на каждые $10 ^\circ\text{C}$ должны быть $\pm 0,6$ долей от основной погрешности.

Технические характеристики прибора ИДИП-01ПМ представлены в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Технические характеристики прибора ИДИП-01ПМ

Характеристики	Значения
Диапазон измерений концентрации пыли, г/м ³	от 0,1 до 7,0
Диапазон дисперсности пыли (по радиусу), мкм	от 10 до 1000
Диапазон температуры окружающей среды, $^\circ\text{C}$	от $+5$ до $+40$
Диапазон температуры анализируемого газа, $^\circ\text{C}$	от $+5$ до $+300$
Время работы от аккумулятора, ч	4
Диаметр газохода в месте измерения, мм, не менее	300
Габаритные размеры ИДИП-01, мм – блок обработки и управления – блок отражателя	$128 \times 80 \times 37$ $d = 20 \times 400$
Масса, кг, не более	1,3
Время установления показаний С – не более	20.
Время выхода на режим после включения, с, не более	30
Потребляемая мощность, В А, не более	1
Средняя наработка на отказ, не менее: ч	500

Принцип действия пылемера ИДИП-01ПМ

В основу принципа действия прибора положен оптико-абсорбционный метод, заключающийся в измерении коэффициента ослабления ИК-излучения, характеризующего запыленность среды. При включении пылемера ИДИП-01ПМ происходит облучение частиц пыли инфракрасным излучением под разными углами. При этом производится измерение величины рассеянного частицами пыли излучения. Величина рассеянного излучения служит показателем концентрации пыли в газовой воздушном потоке, а соотношение интенсивности излучения, рассеянного под разными углами дает возможность оценить размеры частиц пыли. Пылемер ИДИП-01ПМ (рис. 1.3) состоит из генератора импульсов 1, излучающего светодиода 2, формирующего инфракрасное излучение 3,

фотоприемника 4 и микропроцессорной схемы управления и индикации 5, размещенных в малогабаритном корпусе. Зонд 6 с отверстиями для прохода потока 7 и возвращающим зеркалом 8, защитными стеклами 9 образуют измерительный оптический канал. Зонд вставляется через небольшое отверстие 10 в стенке 11 газохода.

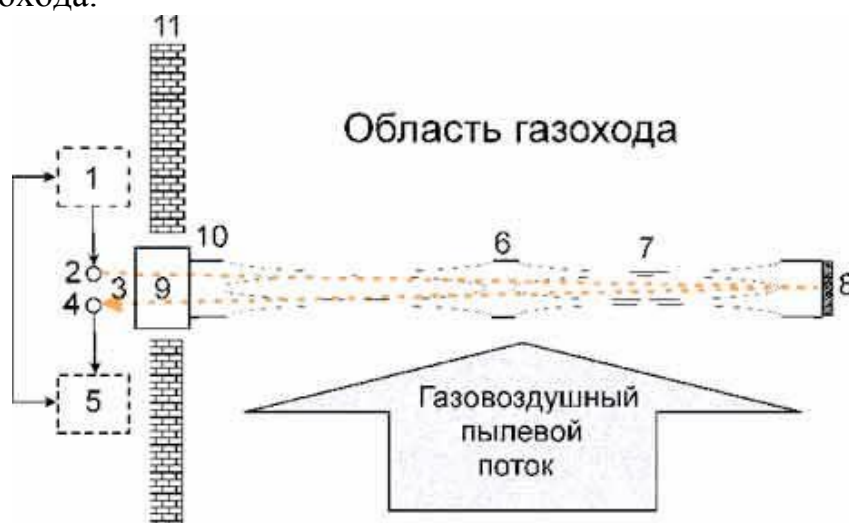


Рис. 1.3. Принцип действия пылемера ИДИП-01

При включении пылемера ИДИП-01ПМ происходит измерение степени ослабления инфракрасного излучения из-за поглощения и рассеяния пылью. Величина ослабления и служит показателем концентрации пыли в газовоздушном потоке. Конструкция пылемера ИДИП-01ПМ приведена на рис. 1.4.

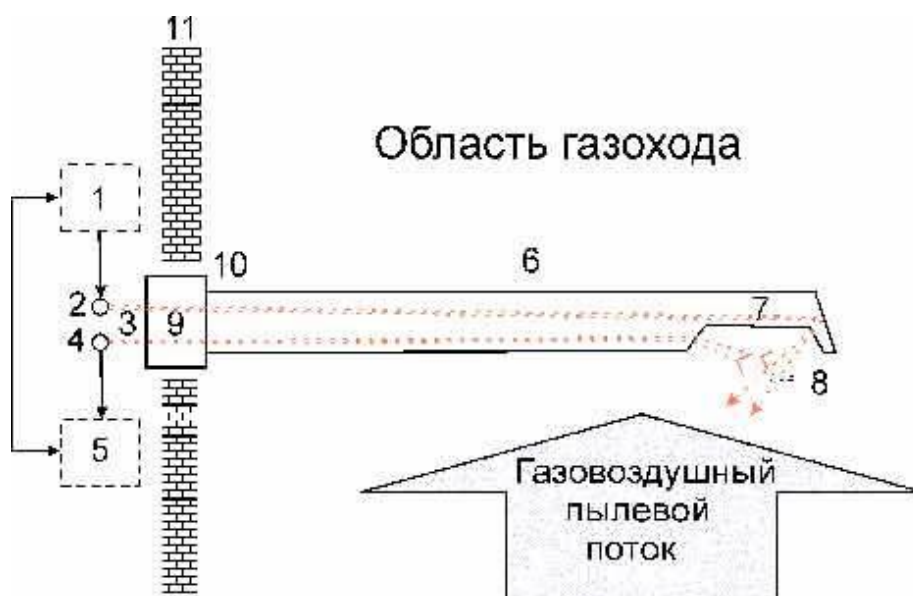


Рис. 1.4. Конструкция и способ использования пылемера ИДИП-01

Блок обработки прибора представлен на рис. 1.5.

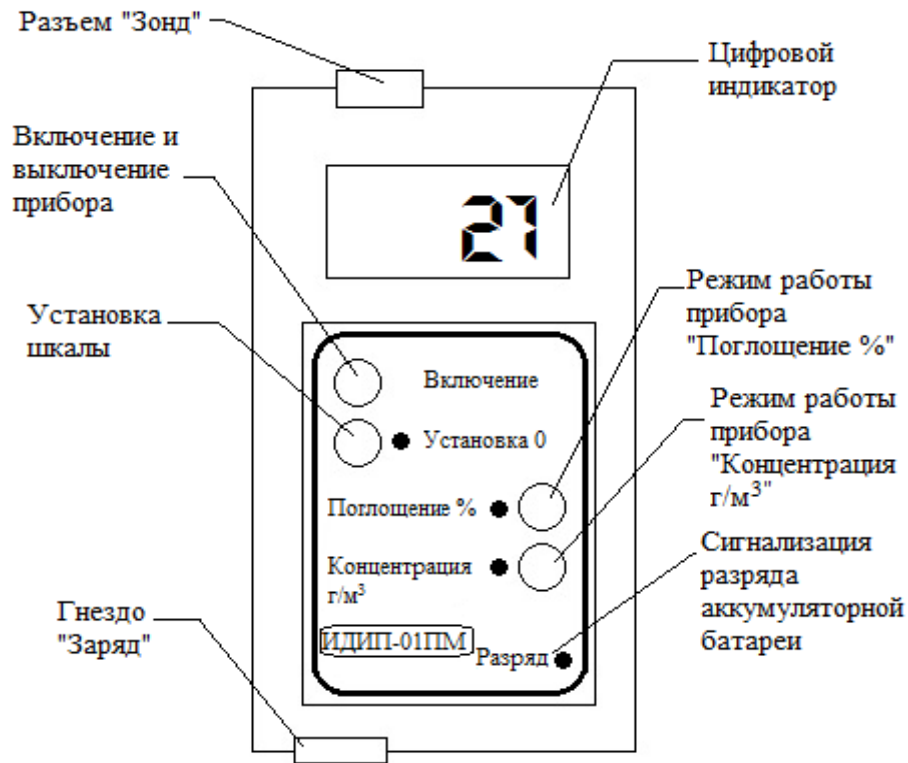


Рис. 1.5. Блок обработки

Питание прибора осуществляется от встроенной внутрь аккумуляторной батареи, которая может заряжаться от зарядного устройства, поставляемого с прибором. На передней панели блока обработки расположены элементы управления и индикации (рис. 1.5). Цифровой индикатор показаний измерения служит для отображения результатов измерения в режимах «Поглощение %» и «Концентрация г/м³». В основном режиме работы шкала прибора регистрирует величину ослабления пылегазового потока «К» в % (коэффициент ослабления). Поверка прибора производится по шкале «Поглощение %». Разъем «Зонд» предназначен для подключения зонда. Интерфейс связи зонда с прибором позволяет при необходимости удлинять соединительный кабель зонда до нескольких десятков метров. Гнездо «Гнездо заряда» предназначено для подключения зарядного устройства при подзарядке аккумуляторной батареи. Для работы с компьютером необходимо вставить кабель связи между блоком обработки (прибором), зондом, и подключить кабель к СОМ-порту компьютера.

Зонд состоит из стержня отражателя и ручки с присоединительным кабелем (рис. 1.6). На стержне располагаются отражатель с зеркалом и установочная пробка. Установочная пробка служит для защиты рук оператора от газов в измеряемой среде. На корпусе ручки расположено отверстие с заглушкой для условной проверки шкалы прибора путем вставления нейтральных светофильтров (по дополнительному заказу) с коэффициентом пропускания $T \approx 70\%$ и $T \approx 15\%$.

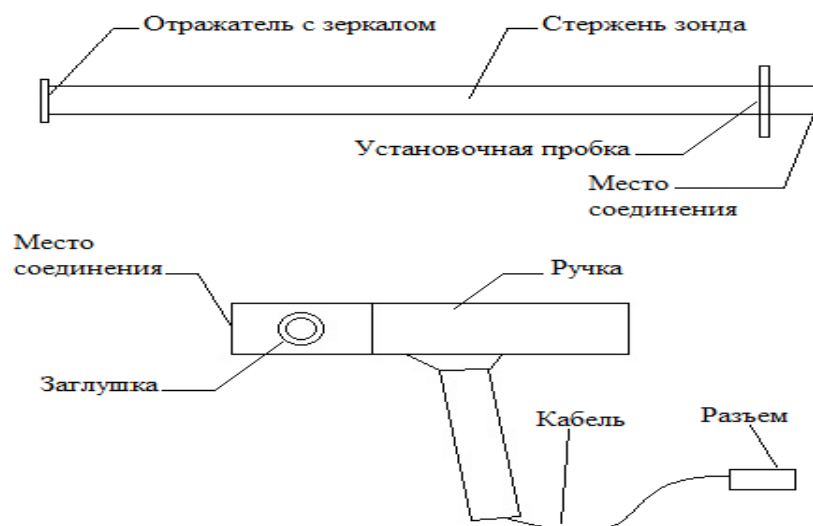


Рис. 1.6. Зонд

Пылемер ИП-01ПМ позволяет измерять малые концентрации пыли, так как при отсутствии пыли величина рассеянного излучения равна 0, то есть чувствительность прибора к концентрации пыли определяется чувствительностью фотоприемника, т.е. очень велика. Работа с прибором и его обслуживание не требует от обслуживающего персонала высокой квалификации.

Меры безопасности при работе с прибором

При эксплуатации измерителя пыли ИДИП-01П для зарядного устройства необходимо выполнять все требования правил техники безопасности при работе с напряжением до 250 В. При работе с высокотемпературными газовыми потоками от 60 °С до 300 °С остерегайтесь ожогов и возгорания соприкасающихся со стержнем зонда предметов.

Измеритель пыли ИДИП-01ПМ должен храниться в отапливаемом помещении при температуре от +5 °С до +35 °С и относительной влажности не более 80 % при температуре +25 °С.

Порядок выполнения работы

Перед началом работы необходимо:

- ознакомиться с методами и приборами для отбора проб воздуха;
- ознакомиться с санитарно-гигиеническим нормированием;
- изучить прибор для отбора проб воздуха и определения запыленности воздуха опико-абсорбционным методом;
- приготовить форму отчета с рабочей таблицей.
- ознакомиться с мерами безопасности при эксплуатации прибора.

Подготовка прибора к работе

Собрать зонд. Для этого в ручку зонда ввернуть стержень до упора по часовой стрелке. Если со стержня зонда было снято зеркало для профилактических работ, ввернуть в стержень зеркало до упора. Подключить зонд с соедини-

тельным кабелем к блоку обработки через разъем «Зонд». Без подсоединенного зонда прибор не включается.

Включить прибор, нажав кнопку «Включение», при этом загорится цифровой индикатор. После включения прибора в течение 20 секунд происходит автоматическая установка шкалы на «0».

Светодиод «Разряд батареи» не должен светиться, что свидетельствует о нормально заряженной аккумуляторной батарее. При загорании светодиода «Разряд батареи» красным цветом, произвести зарядку аккумуляторной батареи с помощью зарядного устройства. При установке прибора на зарядку отключить кабель зонда от разъема блока обработки. Зарядку аккумуляторной батареи проводить в течение 14 часов от сети 220В.

Перевести прибор в режим работы «Поглощение %».

Нажать кнопку «Установка шкалы», при этом в течение не более 5 секунд происходит автоматическая установка нуля шкалы. Прибор готов к работе.

Экспериментальное определение концентрации пыли оптико-абсорбционным методом

1 Очистить отверстие газохода в месте замера от налета пыли. Вставить стержень зонда в отверстие газохода до упора в установочную пробку. Через 1 минуту зафиксировать показания K_1 по цифровому индикатору.

2 Вынуть зонд из отверстия газохода. Через 1 минуту зафиксировать показания K_2 по цифровому индикатору.

3 Определить разность показаний $K = K_1 - K_2$, при этом K считается показателем измерения – коэффициент ослабления. Число измерений коэффициента ослабления должно быть не менее 5 раз.

После каждого измерения необходимо очистить от пыли (при помощи мягкой ткани) стержень и зеркало, находящиеся в ручке зонда. Для этого необходимо провести следующие операции:

- отвернуть отражатель с зеркалом со стержня;
- вывернуть из ручки стержень;
- протереть чистой мягкой тканью зеркало и стержень.
- после очистки от пыли стержня и зеркала произвести сборку зонда (зеркало плотно завернуть на стержень и затем стержень ввернуть в ручку).

Полученные результаты занести в табл. 1.4.

Таблица 1.4

Вид пыли	ПДК _{мр} мг/м ³	Значения			Концентрация, С, мг/м ³	С/ ПДК _{мр}
		K_1	K_2	K		

Сделать вывод по работе.

Контрольные вопросы

- 1 Что такое пыль?
- 2 Действие пыли на организм человека и окружающую среду.
- 3 Какие методы используются для определения концентрации пыли в воздухе?
- 4 Что такое ПДК, единицы ее измерения?
- 5 От чего зависит ПДК пыли?
- 6 Санитарно-гигиеническое нормирование.
- 7 Каким методом проводили определение концентрации пыли?
- 8 Какой прибор используется для определения концентрации пыли в воздухе опτικο-абсорбционным методом?
- 9 Опишите принцип работы прибора ИДИП-01ПМ.
- 10 Экспериментальное определение пыли опτικο-абсорбционным методом.

Литература

- 1 Перечень и коды веществ, загрязняющих атмосферный воздух. – СПб., 2012.
- 2 ГН 2.1.6.1338-03 Предельно-допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест (утв. Главным Государственным врачом РФ 31.05.2003 г.) с изм. на 12 января 2015 г.
- 3 СанПиН 2.1.6.575-96. Санитарные правила и нормативы. Гигиенические требования к охране атмосферного воздуха населенных мест нормативы. Минздрав России. – М., 1997.
- 4 РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. Гос.комитет СССР по гидрометеорологии, Министерство здравоохранения СССР. – М., 1991.

Лабораторная работа № 2

ОЦЕНКА КОНЦЕНТРАЦИИ ГАЗООБРАЗНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ

Цель работы

Приобретение навыков санитарно-гигиенической оценки концентрации газообразных загрязняющих веществ в воздухе, изучение приборов отбора проб воздуха и получение практических навыков работы с газоанализаторами.

В процессе выполнения работы необходимо изучить приборы для определения газообразных веществ в воздухе, определить концентрацию газообразных загрязняющих веществ в воздухе при сжигании различных видов топлива, фиксируя при этом температуру его сгорания, сравнить полученные результатами с нормативными требованиями.

Основные теоретические положения

В лабораторной работе рассматриваются загрязнения атмосферного воздуха, источником которых является сгорание топлива в различных топливных установках. Критерием загрязненности среды (в данном случае воздуха) является предельно допустимая концентрация данного (ПДК) загрязнителя, размерность ее мг/м^3 . Загрязнители воздуха делят на 4 класса опасности: первый – чрезвычайно опасный (например, бенз(а)пирен, оксид ванадия), второй – высоко опасный (например, сероводород), третий – умеренно опасный (сажа, сероводород) и четвертый – мало опасный (например, оксид углерода, аммиак). Для загрязняющих веществ назначаются следующие виды ПДК: ПДК_{мр} – максимально разовая и ПДК_{сс} – среднесуточная. ПДК_{мр} определяется из условия отсутствия рефлекторных реакций организма в результате 20-минутного воздействия загрязнителя. ПДК_{сс} – при круглосуточном воздействии (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Предельно допустимые концентрации вредных веществ (ПДК)
в приземном слое атмосферы, мг/м^3

Вещество	ПДК _{м.р.}	ПДК _{сс}	Класс опасности
1	2	3	4
Азота диоксид	0,085	0,04	3
Азота оксид	0,6	0,06	3
Аммиак	0,2	0,04	4
Бенз(а)пирен	–	10^{-6}	1
Ванадия оксид	–	0,002	1
Ксилол	0,2	0,2	3
Свинец и его соединения (кроме тетраэтил- свинца, в пересчёте на свинец)	–	0,0003	1

1	2	3	4
Сажа	0,15	0,05	3
Сероводород	0,008	0,008	2
Серы диоксид	0,5	0,05	3
Углерода оксид	5	3	4
Толуол (метилбензол)	0,6	-	1
Фенол	0,01	0,003	1

Для природопользователя нормативами являются ПДВ (предельно допустимые выбросы). ПДВ_{*i*} – это максимальные выбросы в единицу времени (г/с) данного загрязнителя, которые создают в приземном слое атмосферы концентрацию *i* загрязнителя, не превышающую ПДК_{*i*}. При этом обязательно учитывается фоновое загрязнение атмосферы и эффект суммации загрязнителей одностороннего действия.

Определение концентрации загрязнителей в продуктах сгорания необходимо, например, для расчета массы их выбросов в единицу времени и сопоставления их со значениями ПДВ. Состав продуктов сгорания зависит от вида сгораемого топлива и условий сгорания (температура сгорания, недостаток или избыток кислорода и др.). На образование и выбросы вредных веществ в двигателях внутреннего сгорания влияет конструктивное совершенство двигателя, совершенство ремонтных воздействий, эксплуатационные факторы, внешние и внутренние параметры ДВС. Заметное влияние на токсичность выбросов оказывает скоростной режим работы двигателя, характеризуемой частотой вращения коленчатого вала, например при увеличении частоты вращения коленчатого вала дизеля наблюдается значительный рост содержания в выбросах бенз(а)пирена из-за ухудшения условий догорания промежуточных продуктов реакции окисления углеводородного топлива.

При горении в котлах, печах и т.п., продукты сгорания в основном состоят из оксидов углерода и азота (азота, содержащегося как в топливе, так и в воздухе, лидирует по массе обычно NO), оксидов элементов, содержащихся в топливе, из которых наиболее заметным является сернистый ангидрид SO₂. Продуктами сгорания природного газа являются: диоксид углерода, водяной пар, оксиды азота, непрореагировавший остаточный кислород, метан. В состав входящих газов твердых видов топлива (торфа, бурого и каменного угля, антрацита, горючего сланца) кроме CO₂ и H₂O, входят загрязняющие атмосферу вещества: диоксид серы SO₂, оксиды азота NO_x, включающие NO и NO₂, оксид углерода CO, бенз(а)пирен, а также частицы золы и сажи. При сжигании котельного высокосернистого топлива (мазута) иногда в входящих газах содержатся и пятиокись ванадия V₂O₅.

Продукты сгорания жидких видов топлива представляют собой сложную многокомпонентную смесь газов, паров, капель жидкостей и дисперсных твердых частиц. Всего продукты сгорания жидких видов топлива содержат около 280 компонентов, среди которых можно выделить содержащиеся в воздушном

заряде азот, H_2 и кислород O_2 , продукты полного сгорания топлива (диоксид углерода CO_2 и водяной пар H_2O), вещества, образующиеся в результате термического синтеза из воздуха при высоких температурах (оксиды азота NO_x), продукты неполного сгорания топлива (оксид углерода CO , бенз(а)пирен, углеводороды C_nH_x , дисперсные твердые частицы, основным компонентом которых является сажа), а также оксиды серы, альдегиды, продукты конденсации и полимеризации. Кроме продуктов сгорания топлива продукты сгорания смазочного масла и вещества, образующиеся из присадок к топливу и маслу. В незначительных количествах (1–2 %) продукты сгорания топлива содержат водород H_2 и инертные газы – аргон Ar и др. Кроме того, в двигателях внутреннего сгорания, вследствие особенностей смесеобразования и горения, образуется целый ряд других соединений – полициклические углеводороды, альдегиды, фенолы. Кроме того, в двигателях внутреннего сгорания, вследствие особенностей смесеобразования и горения, образуется целый ряд других соединений – полициклические углеводороды, альдегиды, фенолы, бензапирен и пр. Продуктами сгорания также являются различные твердые частицы (сажа, зола и т. п.).

Условия сгорания топлива в конкретной топливной установке могут оцениваться некоторыми специальными показателями, к которым можно отнести: избыток воздуха ($LAMBDA$), содержание углекислого газа в отходящих газах, теплотери при сгорании (q_A).

Избытком воздуха называют отношение действительного количества воздуха к теоретическому, он рассчитывается по формуле:

$$LAMBDA = 20,9 / (20,9 - O_{2\text{ изм}}),$$

где $O_{2\text{ изм}}$ – измеренное содержание кислорода % в отходящих газах.

Содержание CO_2 в отходящих газах зависит от доли углерода в топливе и полноты сгорания, чем это содержание ближе к теоретическому, тем лучше используется энергия топлива. Содержание CO_2 рассчитывается по формуле:

$$CO_2 = CO_{2\text{ макс}} * (20,9 - O_{2\text{ изм}} / 20,9),$$

где $CO_{2\text{ макс}}$ – максимальное содержание углекислого газа, которое может образоваться при сгорании данного вида топлива, согласно данным, приведенным в таблице 2.2.

Таблица 2.2

Максимальное содержание углекислого газа в продуктах сгорания и эталонное содержание кислорода

Вещество	Содержание $CO_{2\text{ макс}}$ и O_2 в различных видах топлива, %						
	Ма-зут	При-родн. газ	Го-родск. газ	Кокс. газ	Сжиж. газ	Кокс	Древ. сух.
$CO_{2\text{ макс}}$	15,5	11,75	13,7	12,5	13,5	20,5	20,3
O_2	3	3	3	3	3	7	11

В таблице 2.2 O_2 – эталонное объёмное содержание кислорода в топливе.

Потери освобождающегося при сгорании тепла происходят вследствие разницы между температурой, поступающей в топку смеси топлива с воздухом и температурой отходящих газов.

2.1 Определение концентрации газообразных загрязняющих веществ с помощью газоанализатора IMR-3000P

Описание лабораторной установки

Лабораторная установка состоит из газоанализатора IMR-3000P и источника загрязняющих атмосферу веществ, в качестве которых может быть использован работающий двигатель внутреннего сгорания или горящее углеводородное топливо. Компьютерный газоанализатор IMR-3000P (рис. 2.1) предназначен для контроля выбросов вредных веществ и оптимизации работы топливных установок путем измерения содержания в отработанных газах следующих компонентов: кислорода, окиси углерода, двуокиси серы, окиси азота, двуокиси азота; кроме того измеряются: температура газовых выбросов, давление/разрежение в газовом канале, содержание сажи.

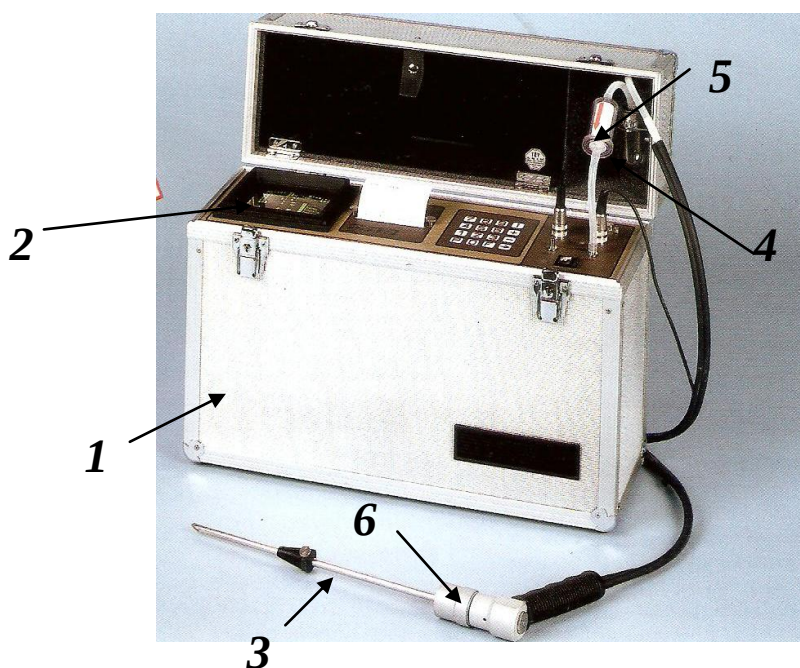


Рис. 2.1. Газоанализатор IMR-3000P:

- 1 – корпус; 2 – панель управления; 3 – газозаборный зонд с соединительным шлангом; 4 – конденсатосборник; 5 – фильтр тонкой очистки;
6 – фильтр грубой очистки

Принцип измерения анализируемых газов основан на использовании набора электрохимических ячеек, являющихся основой сенсоров, обладающих избирательностью к одному из измеряемых газов. На поверхности сенсора происходит адсорбция анализируемого компонента. ЭДС ячейки зависит от концентрации измеряемого газа. Поток выходящих из топливного устройства газов попа-

дает через внутреннюю часть зонда и шланга в ловушку конденсата, проходит через фильтр, и попадает затем в измерительную камеру с размещенными в ней сенсорами. Подача газов осуществляется посредством мембранного насоса. Результаты измерений обрабатываются электронным блоком прибора, состоящим из аналоговой и цифровой частей. Они выводятся на монитор прибора 1 и могут быть распечатаны на принтере 2 (рис. 2.2). На мониторе показываются результаты измерений и параметры состояния и настройки прибора. Управление прибором производится с встроенного пульта управления 3. Для работы прибор подключается к сети 220 В или работает от встроенного аккумулятора, который заряжается при включении прибора в сеть переменного тока.

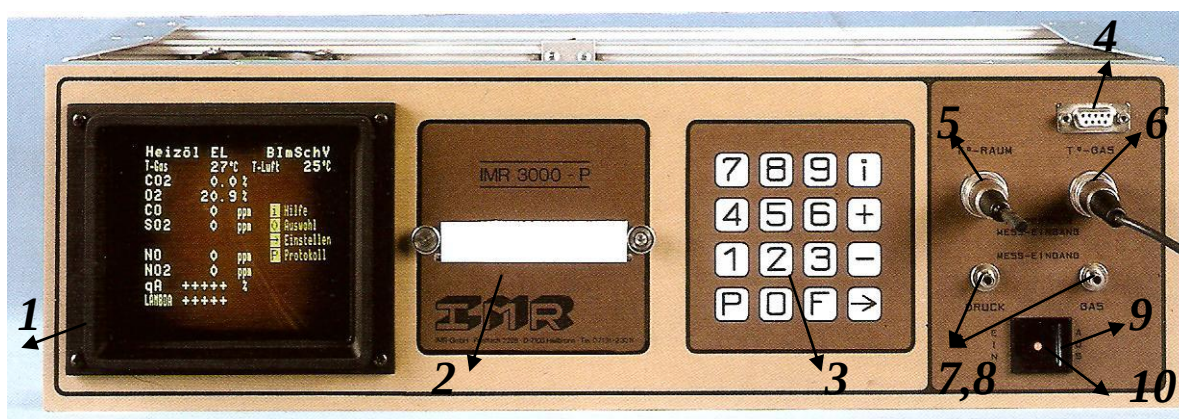


Рис. 2.2. Панель управления:

- 1 – монитор; 2 – принтер; 3 – пульт управления; 4 – выход для компьютера;
 5 – датчик температуры окружающей среды; 6 – датчик температуры газа;
 7, 8 – ниппели для подключения газозаборного зонда; 9 – кнопка включения;
 10 – индикатор работы

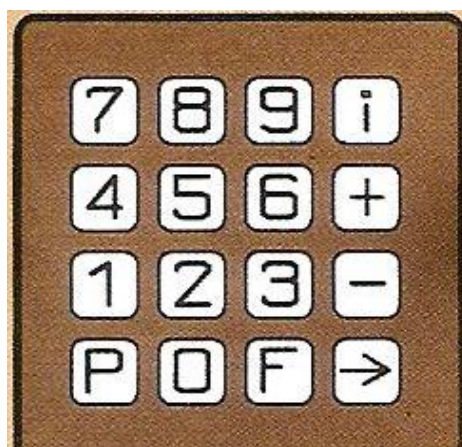


Рис. 2.3 Пульт управления:

- 1 – цифровой блок; 2 – клавиша помощи; 3 – выбор видов топлива; 4 – переход в измерительное меню; 5 – пропуск печати; 6 – выбор; 7 – печать

Подготовка прибора к работе и его включение

Прибор должен эксплуатироваться в диапазоне температур от + 10 °С до +40 °С.

Для защиты измеряющих сенсоров, газ, подлежащий измерению, пропускается через пылевой фильтр тонкой очистки. При визуальном определенном загрязнении фильтра он должен быть заменен. Без фильтра производить измерения запрещается.

1 Включить прибор в сеть.

Прибор включается кабелем в сеть 220 В, 50 Гц, но может работать и от встроенного аккумулятора. При подключении кабеля загорается зеленым цветом светодиод, сигнализирующий о подключении к электросети и зарядке аккумулятора. Включение прибора меняет цвет светодиода на оранжевый. Работа от аккумулятора сопровождается красным цветом светодиода 10 (см. рис. 2.2).

2 Подключить газовый шланг к свободному ниппелю конденсаторного сборника (GAZ INPUT).

3 Переключить тумблер в положение «ON».

Начинается автоматическая калибровка продолжительностью 180 с. В это время зонд должен находиться вне загрязненного газового потока, т. к. калибровка проводится по чистому атмосферному воздуху. Во время калибровки на экране отображается следующая информация:

- тип прибора IMR-3000P;
- анализатор газа GAZ ANALYSIS;
- компьютер COMPUTER;
- текущие дата и время;
- калибровка *calibration*;
- обратный счет секунд.

По окончании калибровки прибор подает звуковые сигналы и на экране в двух нижних строках появляется информация:

- калибровка закончена *calibration finished*;
- нажмите любую клавишу *press any key*.

После нажатия клавиши прибор переходит к меню выбора видов топлива. С помощью клавиш «+/-» выбирается один из 18 запрограммированных видов топлива (табл. 2.3). Если нужного вида топлива в меню нет, то возможно его внесение туда, если известен его химический состав (можно внести до 4 видов топлив). Указатель выбора появляется в виде светящегося штриха. Выбор топлива производится нажатием клавиши «→».

После выбора топлива прибор переходит в основное измерительное меню, в котором указываются следующие параметры:

- t газа;
- t воздуха (t -room);
- CO_2 %;
- O_2 %;
- CO 0 ppm;

- SO₂ 0 ppm;
- H₂S 0 ppm;
- NO 0 ppm;
- NO₂ 0 ppm;
- qA + + + + + % (тепловые потери);
- LAMBDA + + + + + (избыток воздуха).

Кроме того, высвечиваются дополнительные функциональные клавиши:

- i help – помощь;
- o choice – выбор;
- setting – установка;
- p record – запись.

Нажатие «help» возвращает прибор в исходное положение, нажатие «choice» позволяет удалять с монитора отдельные измерения или возвращать их на монитор. Клавиша «setting» осуществляет переход к основному функциональному меню, которое обеспечивает изменение некоторых параметров измерений (менять размерность величин с ppm на мг/м³, производить статистическую обработку данных, выбирать вид топлива, измерять параметры давления или разрежения газов и т. п.).

Клавиша «p» включает принтер, распечатывающий показания монитора в момент нажатия с указанием даты и времени.

После входа в основное измерительное меню прибор готов к измерениям. Виды топлива, запрограммированные в газоанализаторе IMR-3000P, представлены в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Виды топлива, запрограммированные в газоанализаторе IMR-3000P

№ п/п	Топливо	№ п/п	Топливо
1	топочная нефть EL(мазут) (fuel oil extra light)	10	каменный уголь (hard coal hd 7450)
2	природный газ (natural gaz)	11	антрацит (hard coal hd 7170)
3	городской газ (town gaz)	12	бурый уголь (hard coal hd 2230)
4	коксовальный газ (coal gaz)	13	смесь пропан/бутан (propane/butane)
5	сжиженный газ (liguid gaz)	14	биогаз(дутье) (biogas ventilation)
6	кокс (hard coal hd 1950)	15	биогаз (biogas)
7	дрова (воздушно—сухие) (wood, air-dry)	16	дязтерное масло (coaltar oil)
8	топочная нефть L (fuel oil light)	17	пропан (propane)
9	топочная нефть S (fuel oil heavy)	18	бутан (butane)

Экспериментальное определение концентрации газообразных загрязняющих веществ

Ввести зонд в газовый канал так, чтобы он попал в ядро потока (зону максимальной температуры) и закрепить его. Паспортная точность измерений обеспечивается через 3 минуты работы прибора. Результат измерений можно считывать с экрана монитора или распечатать, нажав клавишу «р» (принтер).

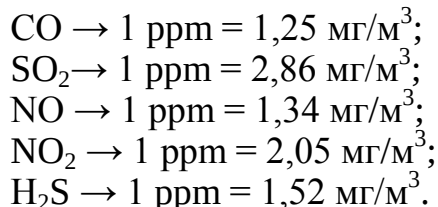
Произвести замеры параметров газового потока на различных режимах горения (различных режимах сгорания топлива). По указанию преподавателя можно произвести замер параметров загрязнителей воздуха, полученных в результате сгорания в атмосфере различных видов топлива. Возможным вариантом может быть измерение параметров газа при различных температурах сгорания топлива.

Получив от преподавателя отправные данные о параметрах газового потока, произвести расчет массы выбросов загрязнителей и расчет платы за них.

Обработка результатов исследований

Для определения концентрации газообразных загрязняющих веществ в мг/м^3 необходимо показания прибора в ppm умножить на переводной коэффициент (ppm – это миллионная доля, пропромилле – единица измерения концентрации и других относительных величин, аналогичная по смыслу проценту или промилле, представляет собой одну миллионную долю. $1 \text{ ppm} = 0,001 \text{ ‰} = 0,0001 \text{ \%} = 0,000001 = 10^{-6}$; $1 \text{ \%} = 10000 \text{ ppm}$; $1 \text{ ‰} = 1000 \text{ ppm}$. Например, если указано, что массовая доля вещества в смеси составляет 15 ppm, это означает, что на каждый килограмм смеси приходится 15 мг этого вещества).

Для пересчета ppm – величин в мг/м^3 используются следующие значения пересчета:



Записать результаты исследований концентрации газообразных веществ и сделать вывод о соответствии существующим нормативам ПДК_{м.р.} (см. табл. 2.1), занести данные в таблицу и оформить отчет.

Правила техники безопасности

- 1 Запрещаются самовольные манипуляции студентов с аппаратурой.
- 2 Прибор работает от сети с напряжением 220 В, которое классифицируется как опасное.
- 3 Перед началом работы проверить исправность работы прибора, и целостность розетки и электрического провода.
- 4 При замере параметров горения топлива необходимо соблюдать правила обращения с ним, соблюдать дисциплину на рабочих местах, строго выполнять указания преподавателя.
- 5 Преподаватель должен знать место нахождения средств пожаротушения, уметь ими пользоваться.

2.2 Определение концентрации газообразных загрязняющих веществ с помощью газоанализатора ГАНК-4

Описание прибора

Газоанализатор ГАНК-4 предназначен для автоматического разового, периодического или непрерывного контроля фоновых концентраций (Ф), атмосферного воздуха (А), воздуха рабочей зоны (Р), промышленных выбросов (П) и технологических процессов (Т) с сигнализацией о превышении предельно допустимой концентрации (ПДК).



Рис. 2.4. Общий вид газоанализатора с химкассетой и фильтром:
1 – газоанализатор ГАНК-4; 2 – встроенный аккумулятор с зарядным устройством; 3 – воздухозаборный зонд с противопылевым фильтром;
4 – химкасеты

Принцип действия газоанализатора комбинированный и основан на следующих методах измерений:

- А) со встроенными датчиками;
- Б) со сменной химкассетой;
- В) с дожигателем и химкассетой.

Работа газоанализатора осуществляется в автоматическом режиме. Насос подает через входной штуцер газоанализатора анализируемый воздух на датчик или ленту химкассеты. При измерении концентраций анализируемый воздух поступает через входной штуцер на датчик или химкассету. Через время, не более 20 с (при измерении датчиком), или время, не более 30 с (при измерении химкассетой), сигнал поступает в вычислительное устройство, которое преобразовывает его и выдает на ЖКИ в виде значений.

Газоанализатор включает в себя (рис. 2.5, 2.6, 2.7):

- а) электронную схему с микропроцессором, памятью и программным управлением;
- б) систему прососа анализируемого воздуха с малогабаритным насосом;
- в) систему газовых коммуникаций;

- г) систему встроенных датчиков;
- д) сменные химкассеты с миниблоком памяти «Touch Memory» и реактивной лентой на определяемые вещества;
- е) фотоголовку с оптронной парой (светодиод-фотодиод);
- ж) аккумулятор, встроенный в корпус;
- з) зарядное устройство для Li-Ion аккумуляторов;
- и) жидкокристаллический дисплей (ЖКИ);
- к) тактовые кнопки управления КОД и ПУСК;
- л) разъем RS 232 для подключения персонального компьютера к COM порту.

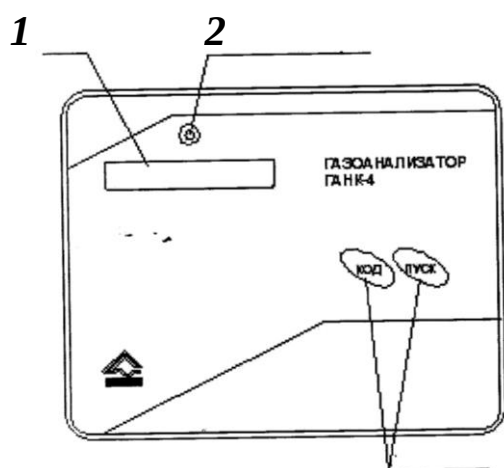


Рис. 2.5. Лицевая панель:
1 – жидкокристаллический дисплей;
2 – светодиодный индикатор;
3 – тактовые кнопки

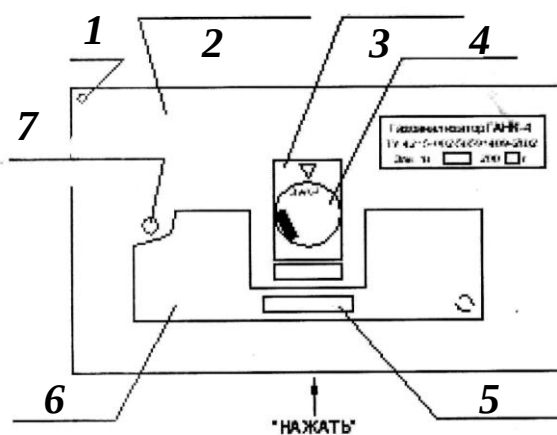


Рис. 2.6. Внутренняя панель:
1 – пломба; 2 – внутренняя панель;
3 – фотоголовка; 4 – диск подъема
головки; 5 – наименование вещества;
6 – химкассета; 7 – магнит
для фиксации кассеты

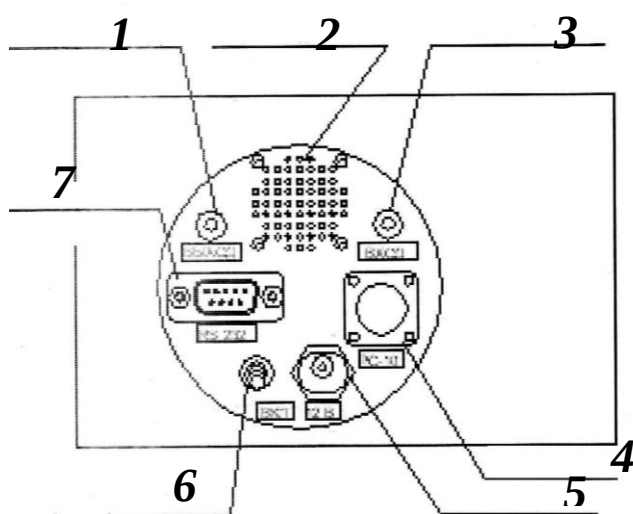


Рис. 2.7. Боковая панель:
1 – выходной штуцер; 2 – решетка
динамика; 3 – входной штуцер; 4 –
разъем РС-10; 5 – разъем зарядки
аккумулятора; 6 – тумблер
включения питания; 7 – разъем
для подключения ПК

Загрязняющие вещества (табл. 2.4) измеряются сменными химкассетами или встроенными датчиками.

Диапазон измерений загрязняющих веществ (ГАНК-4А)

№ кода	Наименование вещества	Формула	Диапазон измерений, мг/м ³	Тип датчика
01	Акролеин	C ₃ H ₄ O	0,1–4	Датчик
02	Ацетон	C ₃ H ₆ O	100–4000	Датчик
03	Ксилол	C ₈ H ₁₀	25–1000	Датчик
04	Толуол	C ₇ H ₈	25–1000	Датчик
05	Пары нефти	-	50–2000	Датчик
06	Азота диоксид	NO ₂	1–40	Химкассета
07	Азота оксид	NO	2,5–100	Химкассета
08	Аммиак	NH ₃	10–400	Химкассета
09	Ангидрид сернистый	SO ₂	5–200	Химкассета
10	Железа соединения	Fe	3–120	Химкассета
11	Кислота азотная	HNO ₃	1–40	Химкассета
12	Марганец и соединения	Mn	0,15–6	Химкассета
13	Пыль (70%>SiO ₂ >20%)	-	1–40	Химкассета
14	Свинец и соединения	Pb	0,025–1	Химкассета
15	Щелочь	NaOH	0,25–10	Химкассета
16	Кислота серная	H ₂ SO ₄	0,5–20	Химкассета

Подготовка прибора к работе и его включение**1 Условия измерения:**

- температура окружающего воздуха: от плюс 5 до плюс 50 °С;
- относительная влажность окружающего воздуха до 80 % при температуре плюс 35 °С.
- атмосферное давление от 86 до 106,7 кПа;
- температура анализируемого воздуха на входе газоанализатора не более +50 °С;
- время прогрева газоанализатора после включения, мин, не более 15 мин;
- продолжительность отбора пробы с использованием встроенных датчиков, с, не более 20 с;
- продолжительность отбора пробы с использованием сменных химкассет, с, не более 30 с.

2 Подготовка к выполнению измерений.**Выбор режимов работы**

Газоанализатор может работать в следующих режимах:

- «*Непрерывные измерения*» – для выполнения измерений от момента включения до момента остановки пользователем;

– «Фиксированное $t_{\text{усредн.}}$ » – для выполнения измерений с одним временем усреднения согласно ГОСТ:

- а) «Время усреднения 15 мин» – для измерения токсичных веществ;
- б) «Время усреднения 20 мин» – для автоматического контроля загрязнения атмосферы;
- в) «Время усреднения 30 мин» – для измерения веществ преимущественно фиброгенного действия.

Выбор режима «Непрерывные измерения»

- находясь в «Дежурном режиме», нажать кнопку КОД для входа в «Меню пользователя»;
- выбрать подменю «Режим измерений», нажимая кнопку КОД;
- выбрать режим «Непрерывные измерения», нажимая кнопку ПУСК;
- нажать одновременно кнопки КОД и ПУСК, для ввода выбранного режима в «Память» и еще раз для выхода в «Дежурный режим».

Выбор режима «Фиксированное $t_{\text{усредн.}} = 20$ мин»

- находясь в «Дежурном режиме», нажать кнопку КОД для входа в «Меню пользователя»;
- выбрать подменю «Режим измерений», нажимая кнопку КОД;
- выбрать режим «Фиксированное $t_{\text{усредн.}}$ », нажимая кнопку ПУСК;
- нажать кнопку ПУСК, для выбора пункта «Время усреднения 20 мин»
- после выбора одного из пунктов времени усреднения нажать одновременно кнопки КОД и ПУСК, для ввода в память выбранного значения режима и еще раз для выхода в «Дежурный режим».

Выбор кода вещества и номера объекта

- находясь в «Дежурном режиме» (2), установить код вещества и номер объекта следующим образом:
- нажать кнопку ПУСК и удерживать в нажатом состоянии не менее 3с.
- на ЖКИ появится подменю «Код вещества», при этом цифра десятков мигает;
- для установки провести следующие операции:
 - а) кнопкой КОД установить необходимое число;
 - б) кнопкой ПУСК перейти к разряду единиц кода вещества;
 - в) кнопкой КОД установить необходимое число.

Код вещества установлен.

– далее, по такому же принципу, нажимая поочередно кнопки ПУСК и КОД, установить номер объекта. Когда последняя цифра номера объекта мигает, газоанализатор готов для начала работы и проведения измерений по установленному веществу и номеру объекта. Для этого необходимо нажать один раз кнопку ПУСК.

Обнуление газоанализатора

ВНИМАНИЕ: ОБНУЛЕНИЕ НЕ ВЫПОЛНЯТЬ;

– ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ИЗМЕРЕНИЙ O_2 ;

– КОГДА $C_{тек} = 0$ мг/м³.

ОБНУЛЕНИЕ ВЫПОЛНЯТЬ, СОЕДИНИВ ВХОД ГАЗОАНАЛИЗАТОРА ЧЕРЕЗ ФИЛЬТР СОРБЦИОННЫЙ (ФС-1) С ВЫХОДОМ ТРУБКОЙ ИЗ КОМПЛЕКТА ПОСТАВКИ.

После установки номера объекта нажать кнопку ПУСК, заработает насос, начнутся измерения и на ЖКИ появится индикация «Рабочего режима». Например, при измерении метана в выбранном режиме измерения в атмосферном воздухе:

Дождаться стабилизации показаний $C_{тек}$ (время не более 15 мин) и установки нулевой точки (близкой к нижнему значению концентрации выбранного вещества). Признаком стабилизации установки нулевой точки являются стабильные показания $C_{тек}$, т. е. хотя бы на протяжении четырех-пяти измерений $C_{тек}$ отличается от предыдущих не более чем на 10 %.

Выполнить «Обнуление», для чего нажать и удерживать в нажатом положении кнопку ПУСК в течение 3 с до появления звукового сигнала и символа «*».

Экспериментальное определение концентрации газообразных загрязняющих веществ

Измерение концентрации с помощью датчиков необходимо учитывать следующее:

- зависимость от парциального давления кислорода;
- инерционность при помещении в газовую среду, а также при удалении из нее. Скорость отклика и восстановление составляет несколько секунд;
- наличие переходного процесса при включении, который может привести к ложной тревоге газового детектора в первые секунды после включения. Продолжительность начальной реакции зависит от условий хранения датчиков перед включением;
- значительное влияние на характеристики датчиков изменение температуры и влажности.

При измерениях в запыленной среде использовать пылевой фильтр ФП-1 на ВХОДе газоанализатора.

Выполнение измерений в режиме «Непрерывные измерения» датчиком

1 Измерения проводить после выполнения «Обнуления», при необходимости к ВХОДу подсоединить зонд отбора проб.

2 Налить растворитель (для определения ацетона, ксилола или толуола) в керамическую посуду.

3 Нажать кнопку ПУСК пять раз для возобновления измерений по ранее установленному веществу. Обнуление при этом сохраняется и действительно

для установленного вещества только в атмосферном воздухе или в воздухе рабочей зоны.

4 Выполнить необходимое количество измерений (не менее двух-трех). Снять показания $C_{\text{тек}}$ и $C_{\text{ср}}$.

При измерении концентрации с помощью химкассеты необходимо учитывать следующее:

– выполнение измерений проводить, предварительно установив код вещества и номер объекта (см. табл. 2.4).

– при выполнении измерений пользователь может произвести запись текущих значений концентраций ($C_{\text{тек}}$) в память газоанализатора вручную, а значения $C_{\text{ср}}$ – записывается автоматически.

– при переходе к измерению другого вещества и установки химкассеты обнуление по предыдущему веществу автоматически сбрасывается. Чтобы сбросить ОБНУЛЕНИЕ по предыдущему веществу, необходимо выключить питание газоанализатора, установить другую химкассету.

Выполнение измерений в режиме «Фиксированное $t_{\text{средн.}}$ химкассетой

1) Открываем крышку газоанализатора.

2) Устанавливаем химкассету с выбранным веществом (Азота диоксид, азота оксид, аммиак или ангидрид сернистый) до положения закрыт.

3) Закрываем крышку.

5) Поджигаем углеводородное топливо.

4) Включаем питания тумблера вкл.

ВНИМАНИЕ: ПРИ УСТАНОВКЕ ХИМКАССЕТЫ И ВКЛЮЧЕНИИ ПИТАНИЯ ТУМБЛЕРА ВКЛ. В ВЕРХНЕЕ ПОЛОЖЕНИЕ ГАЗОАНАЛИЗАТОР ПРОИЗВЕДЕТ СЧИТЫВАНИЕ КОДА ВЕЩЕСТВА С «TOUCH MEMORY» ХИМКАССЕТЫ, И ЧЕРЕЗ 10–15 СЕКУНД ПРОИЗОЙДЕТ ПРОТЯЖКА ЛЕНТЫ НА ОДИН ШАГ, ЗАРАБОТАЕТ НАСОС, И АВТОМАТИЧЕСКИ НАЧНУТСЯ ИЗМЕРЕНИЯ В ВЫБРАННОМ РЕЖИМЕ ПРИ ПОСЛЕДНЕМ ИЗМЕРЕНИИ.

5) Выполнить необходимое количество измерений (не менее двух-трех).

Снять показания $C_{\text{тек}}$ и $C_{\text{ср}}$.

При превышении уровня предельно допустимой концентрации (ПДК) срабатывает звуковая и световая сигнализация.

Обработка результатов исследований

1 При работе в режиме «Непрерывные измерения» измеренные значения текущей концентрации ($C_{\text{ср}}$, мг/м³) вычисляются и выдаются на ЖКИ от момента включения газоанализатора до момента его выключения (остановки измерений) После первого измерения значение $C_{\text{ср}} = C_{\text{тек}}$, после второго измерения

$$C_{\text{ср} 2} = \frac{C_{\text{тек} 1} + C_{\text{тек} 2}}{2}.$$

Записать результаты исследований концентрации газообразных веществ и сделать вывод о соответствии существующим нормативам ПДК_{м.р.} (см. табл. 2.1), занести данные в таблицу и оформить отчет.

2 При работе в режиме «Фиксированное $t_{\text{усредн.}}$ » выбирается время усреднения (15, 20 или 30 минут). При выборе одного из интервалов времени усреднения измеренные значения $C_{\text{тек}}$ выдаются на ЖКИ от момента включения до автоматической остановки измерений.

Среднее значение концентрации вычисляется за выбранное время усреднения и по истечении этого времени

$$C_{\text{ср}} = \frac{C_{\text{тек } 1} + C_{\text{тек } 2}}{t_{\text{усредн.}}}.$$

Записать результаты исследований концентрации газообразных веществ и сделать вывод о соответствии существующим нормативам ПДК_{м.р.} (см. табл. 2.1), занести данные в таблицу и оформить отчет.

Правила техники безопасности

- не вскрывать газоанализатор или нарушать целостность пломбы;
- не держать крышку газоанализатора открытой во время проведения измерений с использованием сменных химкассет;
- во время измерений не раскачивать, не трясти, не переворачивать или менять угол наклона из горизонтального положения более ± 10 градусов;
- длительное пребывание в агрессивных средах с повышенной концентрацией H_2S , SO_2 , Cl_2 , HCl и т. п., т. к. это приводит к коррозии материала нагревателей датчиков;
- загрязнение солями металлов, воздействие брызг или продолжительная конденсация воды, продолжительное пребывание в среде с высокой концентрацией газа, т. к. это приводит к увеличению дрейфа датчиков или к повреждению прибора;
- не подвергать воздействию интенсивной вибрации и сильных ударов;
- не подавать жидкие среды на штуцер входа или подносить к нему открытые ёмкости с веществами, концентрации которых превышают верхний предел измерения газоанализатора;
- химкассеты хранить только в специальных пластиковых пакетах, плотно закрытыми, без доступа воздуха, попадания прямых солнечных лучей и агрессивных сред. Химкассеты под воздействием вышеперечисленных факторов могут изменить или утратить свои свойства;
- не хранить вместе с химкассетами химические реактивы и вещества, обладающие сильным запахом.

Контрольные вопросы

- 1 Назовите виды ПДК для атмосферного воздуха и укажите размерность этой величины.
- 2 Назовите классы опасности вредных загрязняющих веществ
- 3 Что такое ПДВ? Укажите размерность этой величины
- 4 От чего зависит состав продуктов сгорания?
- 5 Перечислите продукты сгорания, образующиеся при сгорании твердых видов топлива.
- 6 Перечислите продукты сгорания, образующиеся при сгорании жидких видов топлива.
- 7 Принцип действия и назначение газоанализатора IMR-3000P.
- 8 Каким образом определяется концентрация газообразных загрязняющих веществ с помощью газоанализатора IMR-3000P?
- 9 Принцип действия и назначение газоанализатора ГАНК-4.
- 10 Экспериментальное определение концентрации газообразных загрязняющих веществ с помощью датчика.
- 11 Экспериментальное определение концентрации газообразных загрязняющих веществ с помощью химкассеты.

Литература

- 1 **Гарин, В.М.** Промышленная экология : учеб. пособие / В.М. Гарин, И.А. Кленова, В.И. Колесников ; под ред. В.М. Гарина. – М. : Маршрут, 2005.
- 2 **Носырев, Д.Я.** Выбросы вредных веществ локомотивными энергетическими установками : монография / Д.Я. Носырев, Е.А. Скачкова, А.Д. Рослякова. – М. : Маршрут, 2006. – 248 с.
- 3 **Марков, В.А.** Токсичность отработавших газов дизелей / В.А. Марков, Р.М. Баширов, И.И. Габитов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 376 с.
- 4 **Костоглотов, А.И.** Защита окружающей среды от влияния теплоэнергетических установок : учеб. пособие / А.И. Костоглотов ; Рост. гос. ун-т путей сообщения. – Ростов н/Д, 2012. – 126 с.
- 5 **Костоглотов, А.И.** Теория горения и взрыва : практикум / А.И. Костоглотов, Е.В. Наливкина; ФГБОУ ВПО РГУПС. – Ростов н/Д, 2014. – 82 с.

Лабораторная работа № 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИСЛОТНОСТИ СТОЧНЫХ ВОД С ПОМОЩЬЮ pH-МЕТРА

Цель работы:

- приобретение навыков определения кислотности водных растворов;
- ознакомление с влиянием кислотности среды на окружающую среду, флору, фауну и человека;
- ознакомление с методами определения кислотности водных растворов, и работой прибора pH-метра – 150.

Основные теоретические положения

Чистая вода очень плохо проводит электрический ток, но все же обладает измеримой электропроводностью. Электропроводность воды объясняется тем, что небольшая часть молекул диссоциирует на ионы водорода и гидроксид-ионы:



Измерение электропроводности показало, что при температуре 25 °С в одном литре воды 1×10^{-7} молей воды находятся в диссоциированном состоянии. Таким образом, в чистой воде концентрация ионов водорода равна концентрации гидроксид-ионов: $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-7}$ моль/литр (нейтральная среда).

Установлено, что для воды и разбавленных растворов произведение концентрации ионов водорода и гидроксид-ионов – величина постоянная. При температуре 25 °С $[\text{H}^+] \times [\text{OH}^-] = 10^{-7} \times 10^{-7} = K_w = 10^{-14}$. Эта величина называется ионным произведением воды. Из неё следует, что в водных растворах концентрация ионов водорода обратно пропорциональна концентрации гидроксид-ионов, что измерив концентрацию одного из ионов, легко находим концентрацию второго: $[\text{OH}^-] = 10^{-14}/[\text{H}^+]$. Экспериментально проще определяется концентрация ионов H^+ . Поэтому о состоянии кислотно-основного равновесия в растворах принято судить по содержанию ионов H^+ . В чистой воде $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-7}$ моль/л. В растворах, содержащих кислоты, концентрация ионов H^+ больше, чем 1×10^{-7} (например: 10^{-5} , или 10^{-3} моль/л). А в растворах щелочей $[\text{H}^+]$ меньше, чем 1×10^{-7} , например: 10^{-8} или 10^{-11} моль/л.

Кислотность и щелочность раствора можно выразить другим, более удобным способом: вместо концентрации ионов водорода в моль/л **указывают десятичный логарифм от концентрации ионов водорода, взятый со знаком минус [1]. Последняя величина называется водородным показателем и обозначается через pH:**

$$\text{pH} = -\lg [\text{H}^+],$$

где $[H^+]$ – концентрация ионов водорода, моль/л.

Для нейтральных растворов $pH = -\lg [10^{-7}] = 7$, pH кислых – меньше 7, pH растворов щелочей – больше 7.

Величина pH имеет большое значение в химических и биологических процессах, поэтому определение pH очень важно в медицине, науке, технике, сельском хозяйстве. Отклонение pH от нормального значения свидетельствует о патологических процессах в организме. Для многих видов, населяющих леса и водоёмы, диапазон толерантности ограничен снизу значением 6, при котором угнетаются популяции водорослей и трав – основных первичных продуцентов. При $pH \leq 5$ экосистема погибает [2].

От величины pH зависит жизнедеятельность и развитие гидробионтов в водоемах, миграция различных элементов, агрессивное воздействие воды на металл и бетон.

На величину pH поверхностных вод влияет интенсивность процесса фотосинтеза и распада органических соединений, содержание гуминовых веществ и различных соединений. В большинстве водных объектов pH колеблется от 6,3 до 8,5; в атмосферных осадках – от 4,1 до 6,1; в речных и озерных водах зимой $pH = 6,8-7,4$, летом – $4,7-8,2$.

Величина pH поверхностных вод, подверженных загрязнению сточными водами, изменяется в широких пределах из-за присутствия в их составе щелочей или сильных кислот.

Для измерения pH существуют различные методы. Ориентировочно, реакцию раствора можно определить с помощью специальных реактивов, называемых индикаторами, окраска которых меняется в зависимости от концентрации ионов водорода. Наиболее распространенный индикатор – лакмус (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Характеристика некоторых индикаторов

Название индикатора	Цвет индикатора в различных средах		
	кислой	нейтральной	щелочной
Метил-оранж	Красный	Оранжевый	Желтый
Лакмус	Красный	Бледно-фиолетовый	Синий
Фенолфталеин	Бесцветный	Бесцветный	Малиновый

Для точного измерения pH растворов существует прибор pH-метр.

Устройство прибора

pH-метр – это милливольтметр и подставка. Подставка предназначена для крепления электродов и установки сосудов с испытуемым раствором. Все элементы собраны на настольном штативе. На нем крепится поворотный столик, на который ставится стакан с раствором. К верхней части штатива крепится держатель, в который вставлены электроды. Элементы преобразователя мВ в pH размещены в металлическом корпусе.

При определении pH потенциометрическим методом используются так называемые стеклянный и хлорсеребряный электроды.

Стеклянный электрод – измерительный электрод. Он представляет собой небольшой сосуд, оканчивающийся шариком из тонкостенного стекла специального состава, более электропроводного, чем обычное стекло. Внутри сосуда вмонтирован маленький электрод из платины, погруженный в 0,1 М раствор HCl. На поверхности стеклянного электрода (по обе стороны мембраны) устанавливается сложное равновесие. В зависимости от концентрации ионов водорода в растворе меняется потенциал стеклянного электрода, а следовательно, ЭДС электродной системы. Шкала прибора отградуирована на pH раствора.

Стеклянный электрод имеет ряд характерных особенностей.

1 Он пригоден для измерения pH в интервале от 0 до 12–13.

2 Электрод не чувствителен к различным примесям (за исключением ионов фтора), им можно пользоваться для измерения pH в растворах, содержащих сильные окислители, восстановители и красители.

3 Равновесие между электродом и раствором устанавливается очень быстро.

4 Недостатком является хрупкость.

5 Перед применением электрод необходимо выдержать несколько часов в 0,01 М растворе HCl, далее – в дистиллированной воде.

Хлорсеребряный электрод – это серебряная проволочка, покрытая слоем AgCl и погруженная в раствор KCl. Хлорсеребряный электрод выполняет функцию электрода сравнения. Он имеет стабильный, воспроизводимый потенциал. Электролитический контакт электрода сравнения с исследуемым раствором происходит через небольшую мелкопористую стеклянную пластинку.

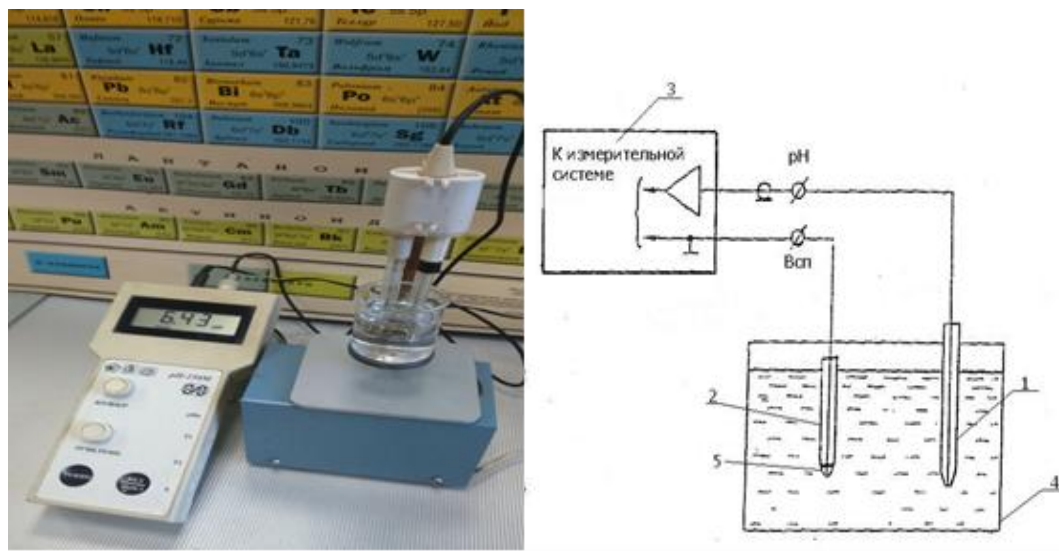


Рис. 5.1. Схема подключения электродной системы при измерении pH:

- 1 – измерительный стеклянный электрод; 2 – вспомогательный электрод;
3 – преобразователь pH–150; 4 – стаканчик с раствором; 5 – солевой контакт
вспомогательного электрода

В данной модификации прибора электроды зафиксированы в держателе, а стаканчики объемом 50 см³ с растворами ставятся на подвижный столик.

Принцип работы

Измерение рН осуществляется в цифровой форме с помощью измерительного преобразователя и набора электродов. Используется электродная система, ЭДС которой зависит от концентрации ионов H^+ . ЭДС измеряется в милливольт-тах.

Порядок выполнения работы

1 Включить прибор в электрическую сеть и нажать клавишу «вкл/выкл».

2 Клавишей «режим» выбрать режим рН.

3 Проверить настройку прибора с помощью стандартных растворов (растворов с известным значением рН). Перед каждым новым раствором следует тщательно прополоскать электроды и стаканчик водой и промокнуть электроды фильтровальной бумагой. Для каждого раствора записывают показание рН и соответствующее значение ЭДС мВ. По полученным данным строят график зависимости ЭДС от рН раствора (линейная зависимость).

4 Анализируемую пробу объемом примерно 30 см^3 наливают в химический стаканчик емкостью 50 см^3 , ставят на подвижный столик и подставляют под электроды. При этом шарик измерительного стеклянного электрода и солевой контакт вспомогательного электрода должны быть погружены в раствор на глубину 5–6 мм. Шарик не должен соприкасаться со стенкой стакана.

Отсчет величины рН по шкале прибора проводится после установления равновесия. Записывается 2–3 показания вблизи состояния равновесия. За результат анализа принимается среднее арифметическое значение:

$$pH = \frac{x_1 + x_2}{2}.$$

После окончания измерений прибор выключается клавишей 1, отключается от сети, электроды дважды ополаскиваются водой, протираются фильтровальной бумагой и погружаются в стаканчик с дистиллированной водой.

Контрольные вопросы

1 Что называется водородным показателем?

2 Какие значения рН имеют нейтральные, кислые и щелочные растворы?

3 При каких значениях рН прекращается жизнь в водоёмах?

4 Какие факторы влияют на величину рН поверхностных вод?

5 В чем сущность потенциометрического измерения рН водной среды?

Литература

1 Глинка, Н.Л. Общая химия / Н.Л. Глинка. – Л. : Химия, 1974. – 251 с.

2 Савенкова, М.А. Примеси в гидросфере и методы их анализа : учеб. пособие / М.А. Савенкова, Т.А. Шатихина; Рост. гос. ун-т путей сообщения. – Ростов н/Д, 2002. – С. 32–34.

Лабораторная работа № 6

ИССЛЕДОВАНИЕ ШУМА ОТ ПЕРЕДВИЖНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Цель работы:

Ознакомиться с прибором для измерения шума, приобрести навыки по измерению и расчету шумового дискомфорта от транспортных магистралей.

В работе необходимо:

- ознакомиться с устройством шумомера, принципами его работы;
- изучить методику определения шума от транспортных потоков;
- получить практические навыки в проведении измерений шума от транспортных потоков;
- оценить соответствие измеренных значений нормативным.

Основные теоретические положения

Физическим загрязнением называют загрязнение, которое связано с изменением физических параметров среды: шумовых, радиационных, световых, температурных, электромагнитных, и т. п.

Шум – это случайное сочетание звуков различной интенсивности и частоты. Понятие «шум» охватывает любой звук, который может вызвать потерю слуха или быть вредным для здоровья или опасным в другом отношении. С физиологической точки зрения шум – это всякий неблагоприятно воспринимаемый звук. Шум воспринимается человеком как неприятно действующее беспорядочное сочетание звуков, которые являются следствием колебания частиц воздуха механического (вибрация упругих элементов и машин) или аэродинамического (обтекание воздухом или газом тел с большой скоростью) происхождения.

Основными параметрами, характеризующими шум, являются [1]:

- звуковое давление P , Па (переменная избыточное давление, возникающее в упругой среде при прохождении через нее звуковой волны);
- интенсивность звука I , Вт/м² (средняя по времени энергия, переносимая звуковой волной через единичную площадку перпендикулярную к направлению распространения волны, в единицу времени или плотность потока энергии, переносимой звуковой волной);
- частота колебаний f , Гц (число колебаний, совершаемых за единицу времени);
- мощность W , Вт (энергия, передаваемая звуковой волной через рассматриваемую поверхность в единицу времени);
- длина звуковой волны λ , м (расстояние между двумя ближайшими друг к другу точками в пространстве, в которых колебания происходят в одинаковой фазе);
- скорость распространения волны c , м/с (скорость распространения упругих волн в среде).

Практически плохо слышимые звуки имеют частоту более 10 000 Гц. Поэтому безопасный (допустимый) уровень шума нормируется в диапазоне 20 – 10 000 Гц, который разбивается на 9 октав или октавных полос. *Октава* – это участок частотного диапазона, у которого частота верхней границы f_2 в 2 раза больше частоты нижней границы f_1 , т. е. $f_2 = 2f_1$. На практике вместо верхней и нижней границы октавы пользуются ее среднегеометрической частотой $f_{cp} = \sqrt{f_1 \cdot f_2}$. Допустимые уровни звука нормируются в октавах со среднегеометрическими частотами 16; 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц. Создаваемые в этом диапазоне звуки называются *шумовым спектром*.

По спектральному составу, в зависимости от преобладания звуковой энергии в соответствующем диапазоне частот различают низко- (до 350 Гц), средне- (до 800 Гц) и высокочастотные (более 800 Гц) шумы, по временным характеристикам – постоянные и непостоянные (колеблющиеся, прерывистые и импульсные), по длительности действия – продолжительные (изменение за смену уровня не более чем на 5 дБА) и кратковременные (более 5 дБА), по спектру – широкополосные (непрерывный спектр более 1 октавы) и тональные (превышение звука в одной октаве на 10 дБА и более). Наиболее неблагоприятные – тональные, средне- и высокочастотные, а также непостоянные (кратковременные) шумы [1].

Звуковое давление – это переменная составляющая P давления в среде, в которой создано звуковое поле. Между силой звука и звуковым давлением существует зависимость

$$I = P \cdot V, \quad (6.1)$$

где V – мгновенная скорость колебаний звуковой волны, м/с.

Так как разница между порогом слышимости и болевым порогом очень велика, то, чтобы при расчетах не пользоваться большими числами, было предложено вместо абсолютных значений использовать относительные логарифмические уровни интенсивности звука и звукового давления в белах (Б):

$$L = \lg \frac{I}{I_0}; \quad L = 2 \lg \frac{P}{P_0}, \quad (6.2)$$

где I, I_0 – интенсивность звука соответственно в данной точке и пороговая;

P, P_0 – звуковое давление соответственно в данной точке и пороговое.

Если акустическое поле не ограничено поверхностью и распространяется практически до бесконечности, то такое поле называют *свободным акустическим полем*.

Все методы измерения шумов делятся на стандартные и нестандартные.

Стандартные измерения регламентируются соответствующими стандартами и обеспечиваются стандартизованными средствами измерения. Величины, подлежащие измерению, также стандартизованы. Нестандартные методы применяются при научных исследованиях и при решении специальных задач.

Измерительные стенды, установки, приборы и звукоизмерительные камеры подлежат метрологической аттестации в соответствующих службах с выдачей аттестационных документов, в которых указываются основные метрологи-

ческие параметры, предельные значения измеряемых величин и погрешности измерения.

Стандартными величинами, подлежащими измерению, для постоянных шумов являются [2]:

- уровень звукового давления L_p , дБ, в октавных или третьоктавных полосах частот в контрольных точках;
- скорректированный по шкале А шумомера уровень звука L_A , дБА, в контрольных точках.

При этом для тонального постоянного шума допустимые уровни нормируются в конкретной октаве. Для непостоянного шума – эквивалентный и максимальный уровни. *Эквивалентный уровень* $L_{экв}$ определяется из условия равенства энергии условного (эквивалентного) постоянного широкополосного шума, имеющего то же среднеквадратичное звуковое давление, что и реальный непостоянный шум:

$$L_{экв} = 10 \cdot \lg \left(\frac{1}{100} \cdot \sum_{i=1}^n t_i \cdot 10^{0,1 \cdot L_i} \right), \text{ дБА}, \quad (6.3)$$

где t_i – относительное время действия шума, %;

L_i – уровень шума, дБА.

Для непостоянного шума нормируется эквивалентный и максимальный уровни одновременно.

Шумоизмерительные приборы – шумомеры – состоят, как правило, из датчика (микрофона), усилителя, частотных фильтров (анализатора частоты), регистрирующего прибора (самописца или магнитофона) и индикатора, показывающего уровень измеряемой величины в дБ. Шумомеры снабжены блоками частотной коррекции с переключателями A , B , C , D (A – характеристика, приближающаяся к частотной характеристике чувствительности человеческого уха; B , C – характеристики, используемые при измерении громких звуков, для которых чувствительность человеческого уха меньше изменяется в зависимости от частоты; D – характеристика, используемая при измерении шумов самолетов) и временных характеристик с переключателями F (*fast*) – быстро, S (*slow*) – медленно, I (*pik*) – импульс. Шкалу F применяют при измерениях постоянных шумов, S – колеблющихся и прерывистых, I – импульсных.

По точности шумомеры делятся на четыре класса 0, 1, 2 и 3. Шумомеры класса 0 используются как образцовые средства измерения; приборы класса 1 – для лабораторных и натурных измерений; 2 – для технических измерений; 3 – для ориентировочных измерений. Каждому классу приборов соответствует диапазон измерений по частотам: шумомеры классов 0 и 1 рассчитаны на диапазон частот от 16 Гц до 16 кГц, класса 2 – от 20 Гц до 8 кГц, класса 3 – от 31,5 Гц до 8 кГц [3].

Основными источниками шума являются все виды транспорта (и прежде всего авто- и железнодорожный), промышленные предприятия и бытовое оборудование (включая звуковую аппаратуру), существенно влияющие на состоя-

ние человеческого организма, работоспособность индивидуумов и целых коллективов [4]–[7].

Шум вызывает повышенную утомляемость, снижение умственной способности, развитие сердечно-сосудистых и нервных заболеваний. В районах воздействия транспортных потоков (прежде всего – в больших городах) шум, по мнению ученых, сокращает продолжительность жизни на 8–12 лет. Установлено, что уровень шума в 90–100 дБА при длительном воздействии не только вызывает постепенное ослабление слуха, но и способствует заболеваниям щитовидной железы, повышению уровня холестерина в крови, возникновению язвенной болезни. После 10 лет проживания в условиях постоянного воздействия шумов с уровнем 80 дБА и выше (что соответствует уровню шума, создаваемому интенсивным движением по четырехполосному городскому проспекту) отмечается значительный рост общей заболеваемости населения. Все это заставляет ограничивать уровни шума – нормировать их на территории жилой застройки, в помещениях и на рабочих местах – см. [8, 10].

Санитарные нормы устанавливают предельно допустимые уровни (ПДУ) звука (звукового давления) для различных зон и в разное время суток (табл. 8.1). Для постоянных шумов нормируются уровни звукового давления L_{Pi} (дБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 16, 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц. Нормируемыми параметрами прерывистого и импульсного шума в расчетных точках следует считать эквивалентные (по энергии) уровни звукового давления $L_{эkv}$ в дБ в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 16, 31,5, 63, 125, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц. Для непостоянных шумов нормируется также эквивалентный уровень звука в дБ(А) [1].

Допустимые уровни звукового давления для рабочих мест служебных помещений и для жилых и общественных зданий и их территорий различны. Нормативным документом, регламентирующим уровни шума для различных категорий рабочих мест служебных помещений является ГОСТ 20444 – 85 [9], для жилых и общественных зданий и их территорий следует принимать в соответствии с санитарными нормами по шуму СН 2.2.4/2.1.8.562-96 и СНиП 23-03 – 2003 [8].

Допустимые уровни звукового давления (эквивалентные уровни звукового давления) в дБ в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука в дБА для жилых и общественных зданий и их территорий следует принимать в соответствии с санитарными нормами по шуму. Нормируемыми параметрами непостоянного шума (именно такой шум создается транспортными средствами) являются эквивалентные (по энергии) уровни звука (шума) $L_{A_{эkv}}^{доп}$, дБА и максимальные уровни звука (шума) $L_{A_{max}}^{доп}$, дБА.

Таблица 6.1

Допустимые уровни звука (шума)

Назначение помещений или территорий	Время суток	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука L_A и эквивалентные уровни звука $L_{A_{экв}}$, дБА	Максимальные уровни звука $L_{A_{max}}$, дБА
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1 Палаты больниц и санаториев, операционные больницы	7–23 ч	76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50
	23–7 ч	69	51	39	31	24	20	17	14	13	25	40
2 Кабинеты врачей поликлиник, амбулаторий, диспансеров, больниц, санаториев		76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50
3 Классные помещения, учебные кабинеты, учительские комнаты, аудитории школ и других учебных заведений, конференцзалы, читальные залы библиотек		79	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55
4 Жилые комнаты квартир, жилые помещения домов отдыха, пансионатов, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, спальные помещения в детских дошкольных учреждениях и школах-интернатах	7–23 ч	79	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55
	23–7 ч	72	55	44	35	29	25	22	20	18	30	45
5 Номера гостиниц и жилые комнаты общежитий	7–23 ч	83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60
	23–7 ч	76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50
6 Залы кафе, ресторанов, столовых		90	75	66	59	54	50	47	45	44	55	70
7 Торговые залы магазинов, пассажирские залы аэропортов и вокзалов, приемные пункты предприятий бытового обслуживания		93	79	70	63	59	55	53	51	49	60	75

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
8 Территории, непосредственно прилегающие к зданиям больниц и санаториев	7–23 ч	83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60
	23–7 ч	76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50
9 Территории, непосредственно прилегающие к жилым домам, зданиям поликлиник, зданиям амбулаторий, диспансеров, домов отдыха, пансионатов, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, детских дошкольных учреждений, школ и других учебных заведений, библиотек	7–23 ч	90	75	66	59	54	50	47	45	44	55	70
	23–7 ч	83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60
10 Территории, непосредственно прилегающие к зданиям гостиниц и общежитий	7–23 ч	93	79	70	63	59	55	53	51	49	60	75
	23–7 ч	86	71	61	54	49	45	42	40	39	50	65
11 Площадки отдыха на территории больниц и санаториев		76	59	48	4	34	30	27	25	23	35	50
12 Площадки отдыха на территории микрорайонов и групп жилых домов, домов отдыха, пансионатов, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, площадки детских дошкольных учреждений, школ и др. учебных заведений		83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60

Примечание:

1 Допустимые уровни шума от внешних источников в помещениях устанавливаются при условии обеспечения нормативной вентиляции помещений (для жилых помещений, палат, классов – при открытых форточках, фрамугах, узких створках окон).

2 Эквивалентные и максимальные уровни звука в дБА для шума, создаваемого на территориях средствами автомобильного, железнодорожного транспорта в 2 м от ограждающих конструкций первого эшелона шумозащитных типов жилых зданий, зданий гостиниц, общежитий, обращенных в сторону магистральных улиц общегородского и районного значения, железных дорог, допускается принимать на 10 дБА выше (поправка $\Delta = + 10$ дБА), указанных в позиции 12 и 13 табл.

Оценка непостоянного шума на соответствие допустимым уровням должна производиться одновременно по обоим параметрам и превышение хотя бы одного из них должно рассматриваться, как несоответствие санитарным нормам. В санитарных нормах приводятся также уровни звукового давления в октавных частотах, но для непостоянного шума они не являются нормируемыми, а используются только при анализе и расчетах звукоизоляции.

По СНиП 23-03-2003 [10] оценка уровней шума, создаваемого автодорогой, производится по уровню звука (дБА), который наиболее точно отражает воздействие транспортного шума на организм человека. Согласно ГОСТ 20444 – 85 [9] в качестве шумовой характеристики транспортного потока используется эквивалентный уровень звука на расстоянии 7,5 м от первой полосы движения.

Уровень звука (УЗ) потока автотранспорта определяется интенсивностью движения на данной полосе N_{Σ} (шт/ч) и составом движущихся машин (долей грузовых автомобилей $\bar{G}$ %), а также их скоростью v (км/ч) и расстоянием от источника шума (оси движения) до интересующего объекта (или места измерения) r_0 (м). При необходимости УЗ пересчитывают на другое расстояние r [11]:

$$L_{A_{\text{экв}}}^r = L_{A_{\text{экв}}}^{7,5} - \Delta L_{\text{рас}}, \text{ дБА}, \quad (6.4)$$

где $\Delta L_{\text{рас}}$ – поправка на снижение УЗ в зависимости от расстояния между источником звука и расчетной точкой, дБА

$$\Delta L_{\text{рас}} = 20 \cdot \lg \frac{r}{7,5}, \text{ дБА}. \quad (6.5)$$

Здесь r – расстояние от источника звука до расчетной точки (РТ) или экранирующего препятствия, м.

$$L_{A_{7,5}} = 12,5 \cdot \lg N_{\Sigma} + 13,3 \cdot \lg v + 8,4 \cdot \lg (\bar{G} + 1) + 9,5, \text{ дБА}, \quad (6.6)$$

где N_{Σ} – шт/ч; v – км/ч; $\bar{G}$ – %.

Расчёты справедливы для расстояния $r = 7,5$ м, для движущегося потока ($v > 10$ км/ч) при любых долях грузовых машин в потоке (при $\bar{G} = 100$ % $\Rightarrow \lg(\bar{G} + 1) = 2$; при $\bar{G} = 0 \Rightarrow \lg(\bar{G} + 1) = 0$). Для остановленного потока $L_{A_{\text{экв}}}$ принимается равным уровню шума от одной машины. Интенсивность движения N_{Σ} берётся для **одной полосы**.

Максимальный уровень шума потока автотранспортных средств при расчетах принимается на 15 дБА большим, чем эквивалентный:

$$L_{A_{\text{max}}} = L_{A_{\text{экв}}} + 15, \text{ дБА}. \quad (6.7)$$

Значение по формуле (4) сравнивается с допустимыми для данного объекта и определяются величины акустического дискомфорта ($\Delta L_{\text{диск}} > 0$):

$$\Delta L_{\text{диск}} = L_{A_{\text{экв}}} - L_{A_{\text{дон}}}, \text{ дБА}. \quad (6.8)$$

Основным методом борьбы с шумом является улучшение конструкции машин (более жесткие технологические требования) и градостроительные мероприятия:

- уменьшение дисбаланса роторов;
- установка глушителей;
- переход на электротягу (для рельсового транспорта) и применение гибридного (с электрическим двигателем) автотранспорта;
- улучшение стыковки рельсов (для рельсового транспорта), установка амортизирующих прокладок, гребнесмазывателей и др.;
- применение тоннельных (или полутоннельных – углубленных) развязок, позволяющих уменьшить внешний шум без снижения скоростей;
- применение усиленных стеклопакетов и отдельных оконных переплетов, а также снижения площади остекленных поверхностей для домов вдоль транспортных магистралей;
- применение при строительстве автомагистралей шумогасящих покрытий;
- установку комплексных шумогасящих зеленых экранов вдоль и по центру наиболее напряженных магистралей, а также вертикального озеленения домов.

Очень важно уменьшить мощность шумовых источников за счет оптимального размещения предприятий, создания объездов, развязок – на основе шумовых карт.

6.1 Исследование шума от передвижных источников с помощью шумоанализатора SVAN-945A

Прибор SVAN-945A при работе в режиме шумомера соответствует требованиям международных стандартов (МЭК 651, МЭК 804, МЭК 61672-1 и ГОСТ 17187-81) для шумомеров 1 класса точности, что удовлетворяет требованиям ГОСТ 30691-2001 [12] и имеет свидетельства о государственной поверке.

Прибор состоит из измерительного блока SVAN-945A, микрофонного предусилителя SV11 1/2” , измерительного микрофона 40AN или ВМК-205 (рис. 6.1).

Прибор имеет один измерительный диапазон «130 дБ», охватывающий весь диапазон измеряемого уровня сигнала, с погрешностью измерения менее 0,3 дБ. Эта погрешность такая же и при измерении уровня звукового давления для синусоидального сигнала 1000 Гц, с входным фильтром А, С или LIN при стандартных условиях окружающей среды (температура 20 °С, относительной влажности 65 % и атмосферного давления 1013 кПа), в поле свободной акустической волны, падающей перпендикулярно мембране микрофона [10].

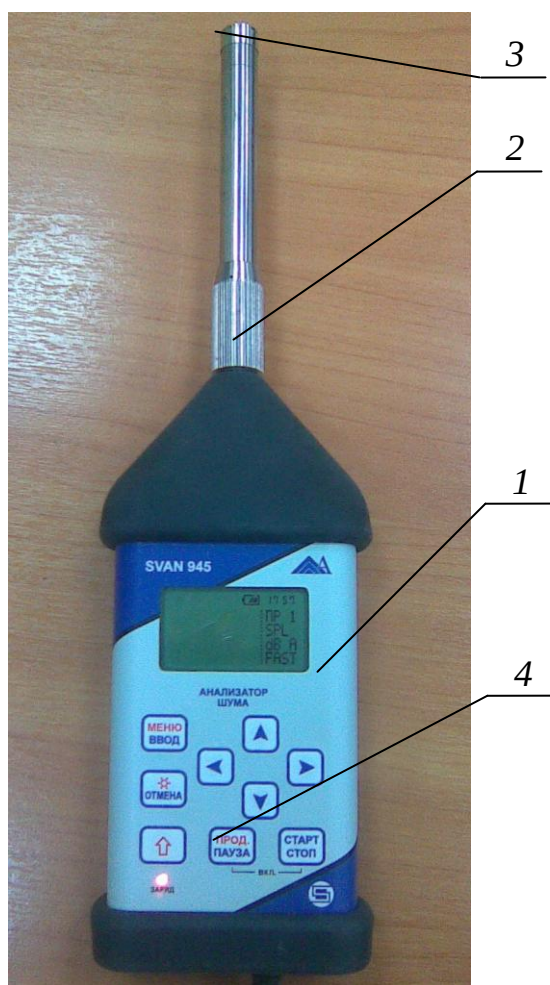


Рис. 6.1. SVAN-945A:

1 – измерительный блок; 2 – микрофонный предусилитель;
3 – измерительный микрофон; 4 – панель управления.

Прибор имеет встроенные фильтры частотной коррекции с переключателями для измерения шума: LIN соответствует требованиям для фильтра Z класса 1 (по МЭК 61672-1); A класс 1 в соответствии с МЭК 651 и МЭК 61672-1; C класс 1 в соответствии с МЭК 651 и МЭК 61672-1. И переключатели временных характеристик – F (fast) – быстро, S (slow) – медленно, I (impulse) – импульс. Шкалу F применяют при измерениях постоянных шумов, S – колеблющихся и прерывистых, I – импульсных [10].

Включение прибора осуществляется одновременным нажатием на клавиши 1 и 2 (рис. 6.2). После включения прибора необходимо выждать 60 секунд, в это время происходит инициализация прибора. Вначале производится выбор измерения (максимальный, минимальный, эквивалентный, моментальный уровень шума или спектр шума) путем нажатия клавиш 4 или 3, а затем 2 («старт»); переход по частотам осуществляется клавишами 5 и 6; для произведения замера на выбранной частоте необходимо нажать 2 («старт»). Для фиксации текущего результата нажимается 2 («стоп»), результатом замера является значение уровня шума на выбранной частоте. Запуск повторного замера на той же частоте осуществляется 2, если необходимо сменить частоту, на которой производится замер, нажимаются 5 и 6, а затем 2. Для перехода в другой режим

измерения необходимо нажать 3, затем 2. Выключение прибора осуществляется одновременным нажатием клавиш 1 и 2.

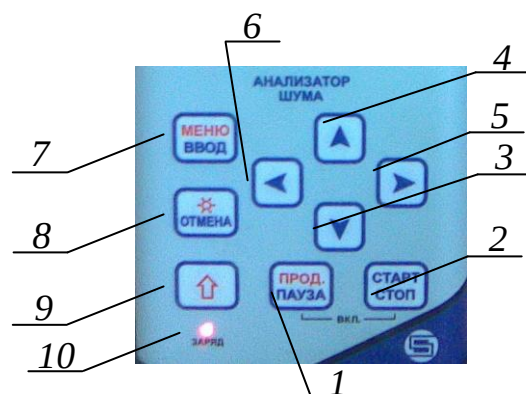


Рис. 6.2. Схема панели управления:

1 – клавиша «пауза» («продолжение»); 2 – клавиша «старт» («стоп»); 3, 4 – клавиши «вниз» и «вверх» (переключение между режимами индикации); 5, 6 – клавиши «вправо» и «влево» (переключение между результатами измерений); 7 – клавиша «ввод», «вызов меню»; 8 – клавиша «отмена»; 9 – клавиша Shift (включение верхнего регистра, выделение красным цветом и др. функции); 10 – индикатор заряда батареи.

На рис. 6.3 показана схема проведения измерений шумомером SVAN-945A.

Все измерения проводятся в соответствии с требованиями ГОСТ 20444-85 [9], ГОСТ 30691-2001 [11], ГОСТ 12.1.003 – 83 ГОСТ [12], ГОСТ 23337-78 [13]. Оценка шума от транспортной магистрали на соответствие допустимым уровням проводится одновременно по эквивалентному и максимальному уровням звука в дневное (7.00–23.00) время.

Для обеспечения высокой точности полученных данных при измерениях уровней звука применяется шумомер SVAN-945A, имеющие свидетельства о государственной поверке и соответствующий 1-му классу точности, что удовлетворяет требованиям ГОСТ Р 53188.1-2008 [3].

Согласно ГОСТ 20444-85 [9] в качестве шумовой характеристики транспортного потока используется эквивалентный уровень звука на расстоянии 7,5 м от первой полосы движения. При измерении уровней звука от потоков автотранспорта используются расстояния 3,7 м, 7,5 м и 22 м от первой полосы движения (рис. 6.3).

Измерение шума на заданном объекте (объекте, расположенного вблизи транспортной магистрали, например, жилого дома, общежития, кафе, учебных классов) проводится в трех точках, расположенных на ближайшей к источнику шума границе площадок (вне звуковой тени) на высоте 1,2–1,5 м от уровня поверхности земли и расположенных на расстоянии 2 м от ограждающих конструкций зданий. Измерительный микрофон направляется в сторону основного источника шума и удаляется на 0,5 м от оператора, проводящего измерение [13].



Рис. 6.3. Схема проведения измерений шумомером SVAN-945A

Переключатель временной характеристики шумомера устанавливается в положение «быстро» (Fast – соответствует временной постоянной 0,125 с). Единицы измерения уровня звука устанавливаются на dB A – использование корректирующего фильтра типа A.

При проведении измерений фиксируются параметры окружающей среды (температура, влажность, давление, осадки). Измерение шума не проводится во время выпадения атмосферных осадков и при скорости ветра более 5 м/с, т. е. метеорологические условия должны соответствовать стандартным условиям окружающей среды, при которых прибор работает с допустимой погрешностью.

В каждой точке производится не менее трех замеров уровней звука (схема расположения точек для проведения замеров представлена на рис. 6.4). Если результаты измерений отличаются не более чем на 3 дБА, за результат измерения принимается среднее значение, определяемое по формуле:

$$L_{A_{\text{ср}}} = 10 \lg \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{i=n} 10^{0,1 L_{A_i}}, \text{ дБА}, \quad (6.9)$$

или

$$L_{A_{\text{ср}}} = 10 \lg \sum_{i=1}^{i=n} 10^{0,1 L_{A_i}} - 10 \lg N, \text{ дБА}, \quad (6.10)$$

где N – количество проведенных измерений.

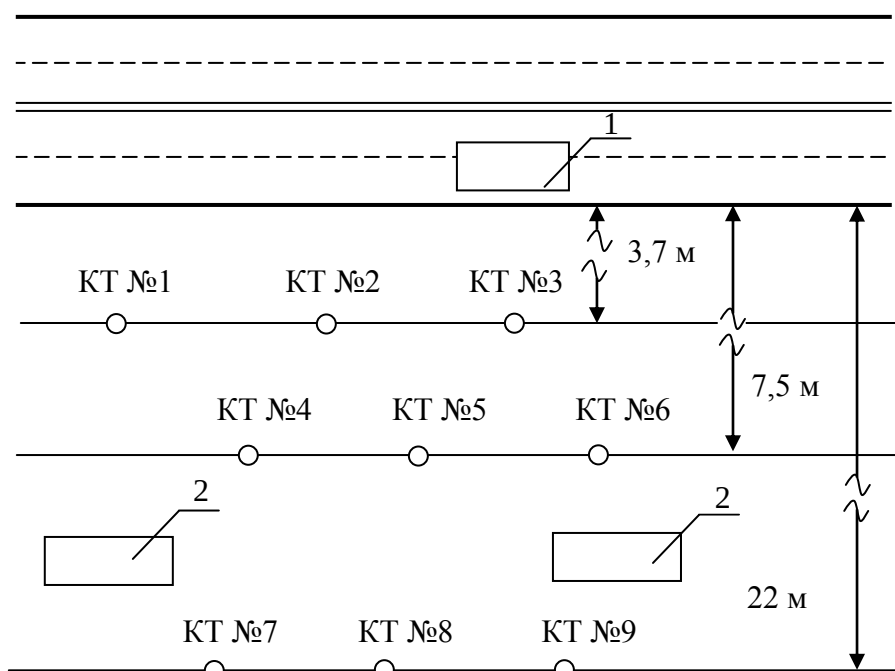


Рис. 6.4. Схема расположения точек при замерах:
1 – источник шума – автотранспорт; 2 – заданный объект;
КТ – контрольная точка

6.2 Исследование шума от передвижных источников с помощью шумоанализатора DT-805

Прибор DT-805 соответствует стандартам IEC61672-1 тип 2, ANSI S1.4 тип 2 для измерителей уровня шума. Он разработан в соответствии с требованиями к измерениям, предъявляемыми инженерами по технике безопасности, охране труда, промышленной безопасности и контролю качества звука в различных средах.

Технические характеристики прибора DT-805:

Диапазон измерений от 30 до 130 дБ при частотах 31,5 Гц – 8 кГц.

ЖК-экран (4-разрядный, с единицей измерения 0,1 дБ и временем обновления 0,5 с).

Шумовые фильтры А/С

Микрофон: 0,5-дюймовый электретный конденсаторный микрофон

Калибровка: электрическая калибровка с помощью внутреннего излучателя.

Переключателя временных характеристик: БЫСТРОЕ «F» (125 мс), МЕДЛЕННОЕ «S» (1 с)

Точность измерения: $\pm 1,5$ дБ

Предупреждение: «OVER» в случае выхода сигнала за установленные пределы значений

Диапазоны уровней звукового давления: низкий 30–100 дБ, высокий 60–130 дБ

Автоматическое выключение питания через 15 минут

Диапазон рабочих температур от 0 до 40 °С и относительной влажности от 10 до 90 %

В случае применения прибора при скорости ветра свыше 10 м/с рекомендуется установить на микрофон защитный экран.

На рис. 6.5 представлена схема прибора DT-805.

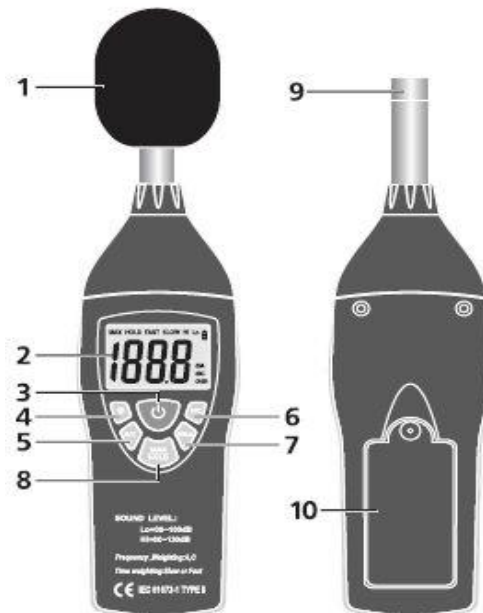


Рис. 6.5. Схема прибора DT-805:

- 1 – защитный экран; 2 – ЖК-экран; 3 – кнопка «вкл/выкл»; 4 – подсветка;
 5 – выбор шумового фильтра; 6 – переключатель временных характеристик; 7 – выбор диапазона уровня шума (Lo/Hi); 8 – фиксация максимального значения (MAX) и данных (HOLD); 9 – микрофон;
 10 – батарейный отсек

Функции на экране и соответствующие им символы:

LCD – 4-разрядный;

MAX – фиксация максимального значения;

OVER – выход за пределы измерений;

FAST – быстрое измерение;

SLOW – медленное измерение;

dBA – измерение с использованием шумового фильтра А;

dBC – измерение с использованием шумового фильтра С;

Lo – низкий диапазон (30–100 дБ);

Hi – высокий диапазон (60–130 дБ);

BAT – индикатор разряженной батареи.

Порядок проведения измерений с помощью приборов DT-805:

- открыть крышку батарейного отсека 10 и установить 9В батарею;
- включить питание 3 и выбрать временную характеристику 6 (МЕДЛЕННО или БЫСТРО), а также шумовой фильтр 5 А или С. Если шум представляет собой кратковременные всплески или неустойчивые пики, устанавливается БЫСТРЫЙ режим. МЕДЛЕННЫЙ режим – для измерения среднего шума. Шумовой фильтр С используется для проверки низкочастотной составляющей шума; если dBC получается выше dBA, значит, присутствует сильный низкочастотный шум);
- выбрать требуемый уровень звукового давления 7;
- аккуратно вставить трубку микрофона 9 в специальное отверстие калибратора;
- прибор держать в руке или закрепить на штативе, направить микрофон на предлагаемый источник шума. На экране отображается уровень шума.
- если выбрать режим фиксации максимального значения 8 (MAX), прибор улавливает и сохраняет значение максимального уровня шума в течение длительного периода времени при любом режиме временной характеристики и диапазоне измерений. Максимальный уровень обновляется постоянно, для перехода в стандартный режим измерений следует повторно нажать 8;
- если выбран режим фиксации данных (HOLD), значение фиксируется на экране прибора. Нажатие и удерживание 8 в течение более 2 с включает или выключает данный режим;
- выключить 3 прибор и извлечь элемент питания 10, если прибор не используется.

Меры предосторожности при выполнении измерений:

- движение воздуха через микрофон приводит к появлению дополнительных внешних шумов. Если прибор используется в ветреных условиях, необходимо установить защитный экран, чтобы не допустить появления неточных сигналов;
- для получения более точных результатов измерений микрофон необходимо подключить к прибору с помощью кабеля, чтобы отделить микрофон от корпуса прибора и устранить нежелательный эффект эха;
- следует провести калибровку прибора, если он не использовался в течение длительного времени или работал в сложных условиях;
- запрещено хранить и использовать прибор в условиях высоких температур и влажности;
- следует защитить микрофон от попадания влаги и сильных вибраций;

– если прибор не используется, следует хранить его и элемент питания в условиях низкой влажности.

Порядок выполнения работы

1 На специальном бланке вычерчивается панель управления прибора (SVAN-945A или DT-805) и схема расположения контрольных точек при измерении (рис. 6.4).

2 Провести по три замера максимального и эквивалентного уровня шума в каждой контрольной точке.

3 По формуле (6.9) или (6.10) определяются средние значения результата измерения для каждой контрольной точки, которые затем заносятся в протокол исследования на специальном бланке.

4 Одновременно с п. 2 производится визуальный подсчет характеристики автопотока, следующего в одну сторону: общего количества автотранспорта, количества легковых и грузовых автомашин, количества автобусов.

5 По результатам данных п. 4 по формулам (6.6) и (6.7) определяется эквивалентный и максимальный уровень шума на расстоянии 7,5 м от транспортной магистрали.

6 Для других расстояний производится пересчет эквивалентного уровня шума, определенного по формуле (6.6) по формулам (6.5) и (6.4), а затем производится определение максимального уровня шума по формуле (6.7).

7 Расчетные значения по формулам (6.4)–(6.7) и измеренные усредненные значения по формуле (6.9) сравниваются с допустимыми уровнями шума для данного объекта по формуле (6.8) с учетом данных таблицы 6.1.

8 По результатам п. 7 делается вывод об уровне шума на территории заданного объекта.

Контрольные вопросы

1 Понятие и виды шума.

2 Назовите параметры, которыми характеризуется шум, укажите их размерность.

3 Что такое октава и шумовой спектр?

4 Нормирование шума.

5 Действие шума на организм человека.

6 Перечислите методы борьбы с шумом.

7 Что называется свободным акустическим полем?

8 Как пересчитать уровень шума на другое расстояние?

9 Как определяется шумовой дискомфорт?

10 Методика проведения измерений шума от транспортных потоков.

Литература

- 1 **Гарин, В.М.** Промышленная экология / В.М. Гарин, И.А. Клёнова, В.И. Колесников. – М. : Маршрут, 2005.
- 2 СНиП 23-03-2003. Защита от шума. Госстрой России. – М., 2004 (ввод в дейст. с 01.01.2004) в актуализир. ред. от 20.05.2011.
- 3 ГОСТ Р 53188.1-2008. Шумомеры. Часть 1. Технические требования – М. : Стандартинформ, 2009 (в ред. от 17.03.2014).
- 4 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность на железнодорожном транспорте / под ред. проф. Н.И. Зубрева, Н.А. Шарповой. – М. : УМК МПС, 1999. – 595 с.
- 5 Шум на транспорте / пер. с англ. К.Г. Бомштейна ; под ред. В.Е. Тольского, Г.В. Бутакова, Б.Н. Мельникова. – М. : Транспорт, 1995.
- 6 Охрана окружающей среды : учебник для техн. спец. вузов / С.В. Белов, Ф.А. Барбинов, А.Ф. Козьяков [и др.] ; под ред. С.В. Белова. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Высш. шк., 1991. – 319 с.
- 7 **Маслов, Н.Н.** Охрана окружающей среды на железнодорожном транспорте : учебник / Н.Н. Маслов, Ю.И. Коробов. – М. : Транспорт, 1996. – 223 с.
- 8 СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки. – М. : Минздрав, Россия, 1996 (+ СанПиН 2.1.2.2645-10 Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях» от 15.07.2010).
- 9 ГОСТ 20444-2014. Шум. Транспортные потоки. Методы измерения шумовой характеристики. – М. : Стандартинформ, 2015 (вступ. в дейст. с 01.07.15).
- 10 Санитарные нормы и правила. СНиП 23-03 – 2003 «Защита от шума». – М. : ИИЦ Минздрава России, 2003 (в ред. от 20.05.2011).
- 11 **Гарин, В.М.** Оценка воздействия транспортных потоков на окружающую среду : учеб. пособие / В.М. Гарин, Л.В. Громова. – Ростов н/Д : РГУПС, 2007. – 94 с.
- 12 ГОСТ 30691-2001 «Шум машин. Заявление и контроль значений шумовых характеристик» от 01.07.2002.
- 13 ГОСТ 12.1.003-2014 «Шум. Общие требования безопасности». – М. : Стандартинформ, 2015 (вступ. в дейст. 01.11.2015).
- 14 ГОСТ 23337-2014 «Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий» – М. : Стандартинформ, 2015 (вступ. в дейст. с 01.07.2015).

Лабораторная работа № 8

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ОТ ИСТОЧНИКОВ РАДИОЧАСТОТ

Цель работы:

- изучить методику измерения электромагнитных излучений радиочастот;
- получить практические навыки в проведении измерений;
- оценить соответствие измеренных значений нормам.

Общие сведения об источниках электромагнитных излучений радиочастот (ЭМИ РЧ)

Электромагнитные волны (излучения) представляют собой электромагнитные колебания, распространяющиеся в пространстве с конечной скоростью, зависящей от свойств среды. Характеризуются длиной волны λ , частотой f , единица измерения Герц (Гц).

Движение электромагнитных волн определяется как распространение возмущения в физической системе, т. е. происходит перенос энергии без переноса вещества. Термин «**излучение**» означает энергию, переданную волнами.

Международная классификация электромагнитных волн по частотам приведена в таблице 8.1.

Таблица 8.1

Классификация электромагнитных излучений по частотам

Наименование частотного диапазона	Границы частотного диапазона	Наименование волнового диапазона	Границы волнового диапазона
Крайние низкие, КНЧ	3–30 Гц	Декамегаметровые	100–10 Мм
Сверхнизкие, СНЧ	30–300 Гц	Мегаметровые	10–1 Мм
Инфранизкие, ИНЧ	0,3–3 кГц	Гектокилометровые	1000–100 км
Очень низкие, ОНЧ	3–30 кГц	Мириаметровые	100–10 км
Низкие частоты, НЧ	30–300 кГц	Километровые	10–1 км
Средние, СЧ	0,3–3 МГц	Гектометровые	1–0,1 км
Высокие частоты, ВЧ	3–30 МГц	Декаметровые	100–10 м
Очень высокие, ОВЧ	30–300 МГц	Метровые	10–1 м
Ультравысокие, УВЧ	0,3–3 ГГц	Дециметровые	1–0,1 м
Сверхвысокие, СВЧ	3–30 ГГц	Сантиметровые	10–1 см
Крайне высокие, КВЧ	30–300 ГГц	Миллиметровые	10–1 мм
Гипервысокие, ГВЧ	300–3000 ГГц	Децимиллиметровые	1–0,1 мм

ЭМИ РЧ характеризуются тремя основными параметрами: напряженностью электрического поля, E , В/м, напряженностью магнитного поля, H , А/м и плотностью потока энергии, ППЭ, мкВт/см². Оценка интенсивности радиочастот различных диапазонов неодинакова. В диапазоне радиочастотного излучения менее 300 МГц интенсивность излучения выражается напряженностью электрической и магнитной составляющих. В диапазоне частот свыше 300 МГц, – интенсивностью, или плотностью потока энергии (ППЭ).

Воздействие электромагнитных излучений радиочастотного диапазона, в первую очередь, проявляется в тепловом эффекте на ткани организма человека. В связи с чем температура отдельных органов может повышаться. Это особенно вредно для тканей и органов со слабо развитой сосудистой системой, недостаточным кровообращением и незащищенными жировыми прослойками (глаза, мозг, почки, желудок и проч.). При длительном воздействии радиоизлучений, даже умеренной интенсивности, происходят расстройства нервной системы, процессов обмена; изменение состава крови; в некоторых случаях наблюдается выпадение волос, ломкость ногтей, стойкое снижение работоспособности. Со временем могут происходить необратимые изменения в состоянии здоровья.

Свойство ЭМИ РЧ распространяться в пространстве и отражаться от границы двух сред используется в связи, (радио- и телестанции, ретрансляторы, радио- и сотовые телефоны), радиолокации (радиолокационные комплексы различного функционального назначения, навигационное оборудование).

Одними из наиболее типичных и широко распространенных в настоящее время источников ЭМИ РЧ являются системы сотовой связи.

Основными элементами системы сотовой связи являются базовые станции (БС), которые поддерживают радиосвязь с мобильными радиотелефонами (МРТ) и работают в режиме приема-передачи сигнала. БС и МРТ – источники электромагнитного излучения в УВЧ-диапазоне.

В зависимости от стандарта, БС излучают электромагнитную энергию в диапазоне частот от 463 до 1880 МГц. Антенны БС устанавливаются на высоте 15–100 м от поверхности земли на уже существующих постройках или на специально сооруженных мачтах.

Основная энергия излучения передающих и приемопередающих антенн (более 90 %) сосредоточена в довольно узком «луче». Он всегда направлен в сторону от сооружений, на которых находятся антенны БС, и выше прилегающих построек, что является необходимым условием для нормального функционирования системы сотовой связи. Среди установленных в одном месте антенн БС имеются как передающие, так и приемные антенны, которые не являются источниками ЭМИ.

Мобильный радиотелефон (МРТ) представляет собой малогабаритный приемопередатчик. В зависимости от стандарта связи, используемого телефона, передача ведется в диапазоне частот 453–1785 МГц. Мощность излучения МРТ переменна и в значительной степени зависит от состояния канала связи с БС: чем выше уровень сигнала БС в месте приема, тем меньше мощность излучения МРТ. Максимальная мощность находится в границах от 0,125 до 1 Вт, но в реальной обстановке обычно не превышает 0,05–0,2 Вт. [2]

При проведении измерений электромагнитных излучений от подвижных радиочастотных источников и выборе норм руководствуются следующим нормативным документом:

1 СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03 Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи.

Настоящие Санитарные правила устанавливают временные допустимые уровни (ВДУ) воздействия на человека ЭМП, создаваемые подвижными стан-

циями сухопутной радиосвязи непосредственно у головы пользователя. ВДУ электромагнитных полей не должны превышать следующих значений, применительно к сотовой связи:

– в диапазоне частот $300 \text{ МГц} \leq f < 2400 \text{ МГц}$ – $100,0 \text{ мкВт/см}^2$.

Прибор для измерения электромагнитных излучений радиочастотного диапазона

Измеритель электромагнитных излучений ПЗ-40 (рис. 8.1) обеспечивает измерение напряженности, E , В/м и плотности потока энергии, ППЭ, мкВт/см^2 в диапазоне частот от 30 кГц до 40 ГГц для целей контроля норм по электромагнитной безопасности.

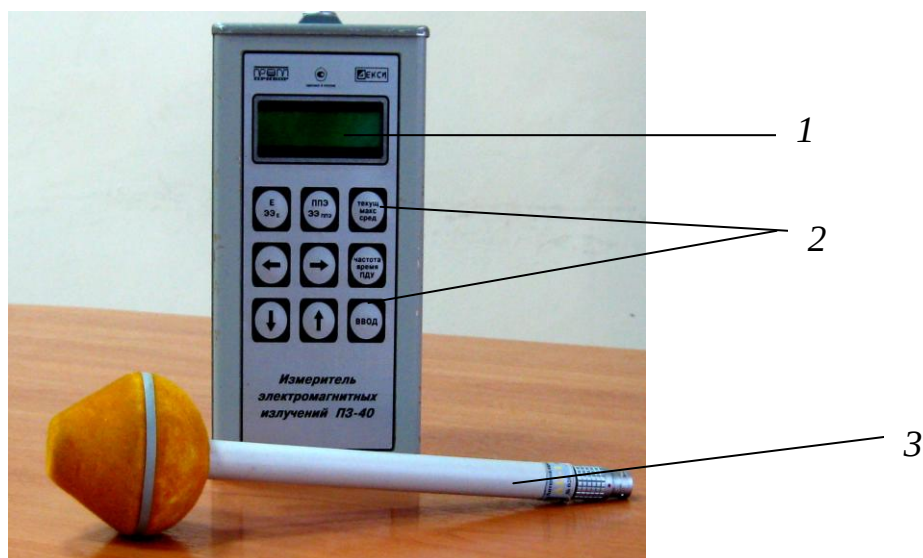


Рис. 8.1. Измеритель электромагнитных излучений ПЗ-40:
1 – дисплей; 2 – панель управления; 3 – антенна-преобразователь



Рис. 8.2. Панель управления прибора

Питание прибора осуществляется от 4 аккумуляторных батарей, встраиваемых в батарейный отсек. Время заряда батарей в зарядном устройстве – 5 ч., время непрерывной работы в составе измерителя – 8 ч.

Технические характеристики прибора

Диапазон частот и пределы измерения прибора изменяются в зависимости от использования антенны-преобразователя определенного типа (табл. 8.2).

Таблица 8.2

Технические характеристики ПЗ-40

Тип антенны-преобразователя	Диапазон частот	Пределы измерения	
		Напряженность электрического поля, Е, В/м	Плотность потока энергии, ППЭ, мкВт/см ²
АП-1	0,3–40 ГГц	1–615	0,26–100000

Виды обработки результатов измерения в измерительном устройстве

- усреднение текущих значений плотности потока энергии (ППЭ) и напряженности электромагнитного излучения за истекшие 6 мин;
- выбор максимальных значений ППЭ и напряженности электромагнитного излучения из текущих значений за истекшие 6 мин;
- хранение в памяти процессора средних и максимальных значений;
- расчет экспозиции облучения за время проведения измерений.

Порядок работы с прибором

1 Установить тумблер, находящийся внизу корпуса в положение ВКЛ. После этого на табло прибора появляется надпись АНТЕННА 1. Для начала работы необходимо набрать номер используемой антенны кнопками (стрелки «вверх»-«вниз»). После выбора номера нажать кнопку ВВОД. При этом в правом нижнем углу табло появляется мерцающий значок «*». При включении прибора табло показывает текущее значение напряженности поля, Е, В/м.

2 Нажатиями кнопки ЧАСТОТА-ВРЕМЯ-ПДУ устанавливаются: частота измеряемого электромагнитного излучения, временное значение таймера, предельные значения допустимых уровней всех измеряемых параметров. В этом режиме вместо «*» появляется мерцающий курсор «_». Для установки требуемого численного значения выбранного параметра используются кнопки со стрелками влево-вправо для перемещения курсора, а стрелками вверх-вниз для увеличения или уменьшения цифры выбранной позиции. При нажатии кнопки «ВВОД» новое значение параметра заносится в память устройства, а курсор перестает мигать. Последовательное нажатие кнопки «ЧАСТОТА-ВРЕМЯ-ПДУ» дает возможность просмотра всех установленных значений.

3 Режим измерения устанавливается кнопками клавиатуры верхнего ряда.

Кнопка «Е/ЭЭ_Е» устанавливает режим индикации напряженности поля, Е, В/м (В/м) или энергетической экспозиции в $((V/m)^2 \cdot ч)$, вычисленной по формуле:

$$\mathcal{E}\mathcal{E}_E = E^2 \cdot t, \quad (8.1)$$

где t – время с момента включения прибора, час.

Значение энергетической экспозиции вычисляется автоматически.

Кнопка «ППЭ/ЭЭ_{ППЭ}» устанавливает режим индикации плотности потока энергии в $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ (мкВт/см²), вычисленной по формуле:

$$\text{ППЭ} = E^2 / 3,77. \quad (8.2)$$

Повторное нажатие этой кнопки задает вывод на табло значения энергетической экспозиции в $\mu\text{W}/\text{cm}^2 \cdot \text{ч}$, вычисленной по формуле:

$$\text{ЭЭ}_{\text{ППЭ}} = \text{ППЭ} \cdot t, \quad (8.3)$$

где t – время с момента включения прибора, час.

4 В случае измерения напряженности поля или плотности потока энергии кнопкой «ТЕКУЩ-МАКС-СРЕДН» можно установить вид измерений соответственно – текущих, максимальных, средних значений. При этом в правом верхнем углу верхней строки табло индицируется размерность измеряемого параметра, а в левом – вид измерений: «max» – максимальное за прошедшие с начала измерения 6 мин., «avg» – среднее арифметическое за тот же интервал времени, при индикации текущих измеряемых значений название не указывается.

При индикации ЭЭ_Е или ЭЭ_{ППЭ} кнопка «ТЕКУЩ-МАКС-СРЕДН» не действует.

5 При превышении в процессе измерений ПДУ в середине верхней строки индицируется «*****». Если превышенные значения напряженности или плотности потока энергии снижаются до пределов ПДУ, то «*****» исчезают.

Порядок проведения измерений и оформление результатов

Объект исследования – мобильные телефоны.

1 Прикрепить к измерителю антенну АП-1, соответствующую по частотному диапазону рабочей частоте мобильного телефона.

2 Включить прибор ПЗ-40, выставить рабочую частоту мобильного телефона и ПДУ согласно порядку работы с измерителем.

3 Записать в таблицу название телефона и оператора связи.

4 Включить телефон в режим приема и положить на стол, расположить антенну прибора в непосредственной близости от лицевой части корпуса сотового телефона, при разговоре прилегающей к голове пользователя.

5 Записать ряд текущих измеренных значений ППЭ в таблицу бланка отчета. Максимальное значение из текущих измеренных внести в соответствующую графу.

6 Повторить измерения при других режимах работы телефона: разговор и передача.

7 Произвести аналогичные измерения для других нескольких моделей сотовых телефонов, записав измеренные значения в таблицу.

8 Начертить графики значений ППЭ для каждой модели телефона для трех режимов пользования ими.

9 Сравнить максимальные значения с ВДУ.

10 Сделать вывод.

Контрольные вопросы

- 1 Какие в настоящее время существуют наиболее типичные источники электромагнитных излучений радиочастотного диапазона?
- 2 Какими нормативными документами руководствуются при проведении измерений ЭМИ радиочастотного диапазона для сотовой связи?
- 3 Каким прибором измеряются параметры электромагнитных излучений радиочастот?
- 4 В каком диапазоне частот проводятся измерения электромагнитного поля от мобильных телефонов?

Литература

- 1 Безопасность жизнедеятельности : учебник для вузов / С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков [и др.] ; под общ. ред. С.В. Белова. – 6-е изд., испр. и доп. – М. : Высш. шк., 2006. – 616 с.
- 2 **Авраамов, Ю.С.** Защита человека от электромагнитных воздействий / Ю.С. Авраамов, Н.Н. Грачев, А.Д. Шляпин. – М. : МГИУ, 2002. – 232 с.
- 3 СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03 Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи. – М. : Изд-во НЦ ЭНАС, 2003. – 24 с.

ФИО студента _____
Группа _____

Отчет лабораторной работы № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ПЫЛИ В ВОЗДУХЕ (1.1 – ВЕСОВЫМ МЕТОДОМ)

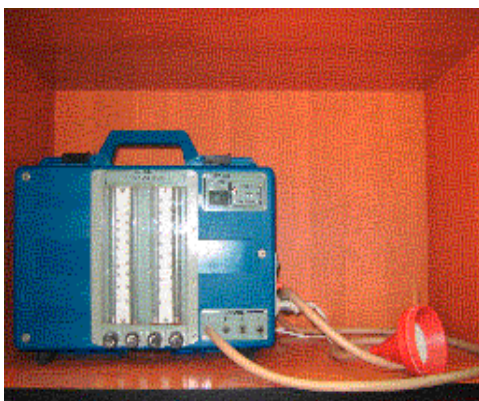
Цель работы:

Назначение прибора:

Комплектность:

Основные характеристики:

Общий вид электроаспиратора «ПУ-4Э»



Принцип действия и порядок работы прибора:

Дополнительное необходимое оборудование и материалы:

Результаты измерений и определений занести в таблицу

Вид пы- ли, ПДК м.р	Темпера- тура воздуха, °С	Баромет- рическое давление, мм рт.ст. P	Вес фильтра, мг		Масса пыли, мг, Δm	Время замера, мин	Объем отобранно- го воздуха, л/мин	Кон- центра- ция пы- ли C , мг/м ³
			до за- мера m_1	после замера m_2				

Вывод по работе:

Порядок эксплуатации и техника безопасности:

Работу принял _____

Дата _____

ФИО студента _____

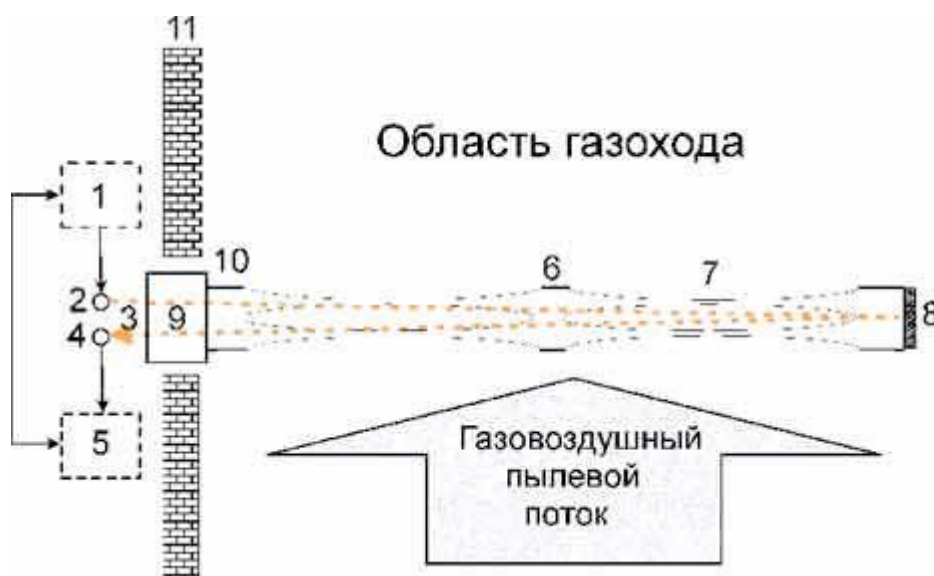
Группа _____

Отчет лабораторной работы № 1
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ПЫЛИ В ВОЗДУХЕ
(1.2 – ОПТИКО-АБСОРБЦИОННЫМ МЕТОДОМ)

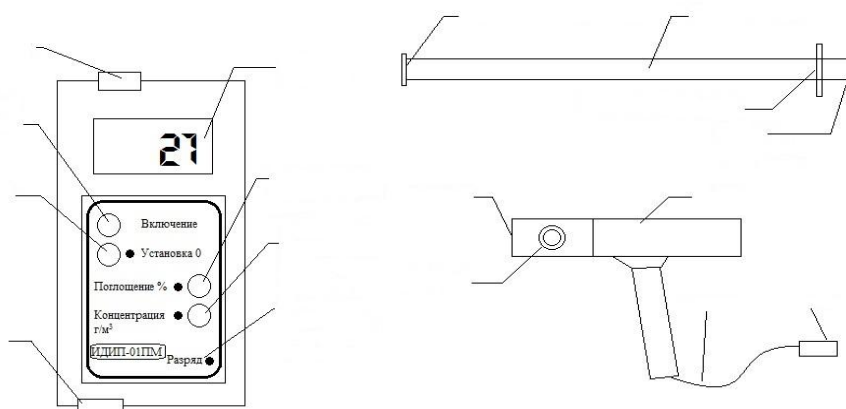
Цель работы _____

Назначение прибора _____

Принцип действия пылемера _____



Блок обработки прибора и зонд



Экспериментальное определение концентрации пыли оптическо-абсорбционным методом

Меры безопасности при работе с прибором

Полученные результаты занести в таблицу:

Вид пыли	ПДК _{мр} мг/м ³	Значения			Концентрация, С, мг/м ³	С/ ПДК _{мр}
		К ₁	К ₂	К		

Вывод _____

Работу принял: _____

Дата: _____

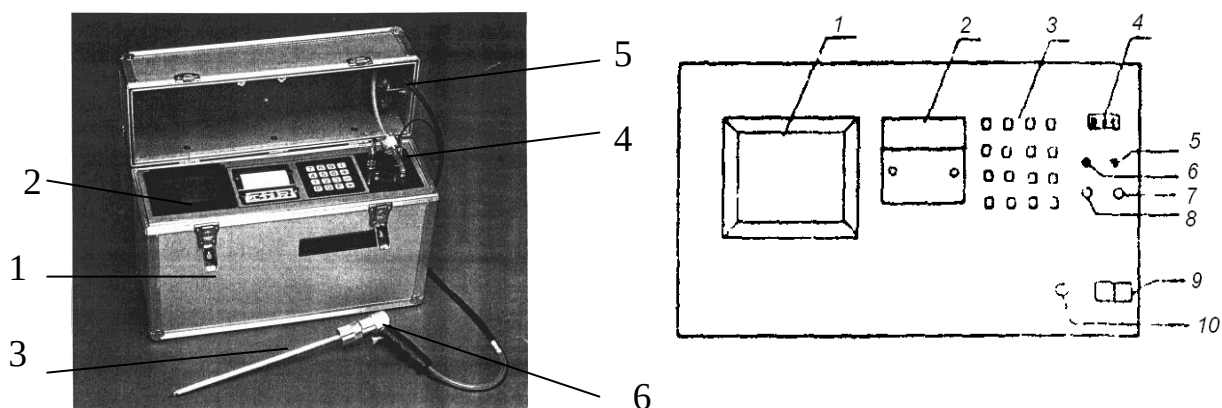
ФИО студента _____

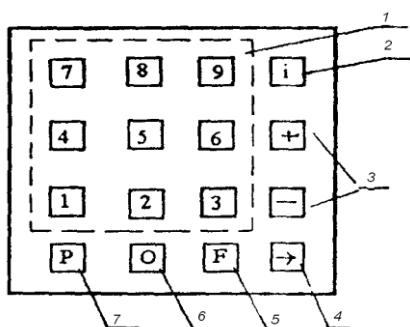
Группа _____

Отчет лабораторной работы № 2**ОЦЕНКА КОНЦЕНТРАЦИИ ГАЗООБРАЗНЫХ ВЕЩЕСТВ
В ВОЗДУХЕ (2.1 – С ПОМОЩЬЮ ГАЗОАНАЛИЗАТОРА IMR-3000P)**

1 Цель работы:

2 Прибор: _____



Пульт управления

3 Принцип действия: _____

4 Порядок экспериментального определения газообразных веществ в отходящих газах _____

5 Результаты измерений _____

Топливо	Загрязняющее вещество (ЗВ)	Показания прибора, ppm	Переводной коэффициент	Концентрация ЗВ C_i , мг/м ³	ПДК _i , мг/м ³	$\frac{C_i}{ПДК_i}$

6 Обработка результатов исследования _____

Вывод: _____

Работу принял: _____

Дата: _____

ФИО студента _____

Группа _____

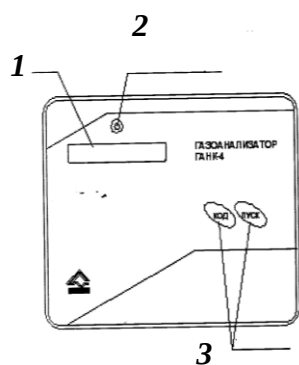
Отчет лабораторной работы № 2**ОЦЕНКА КОНЦЕНТРАЦИИ ГАЗООБРАЗНЫХ ВЕЩЕСТВ
В ВОЗДУХЕ (2.2 - С ПОМОЩЬЮ ГАЗООАНАЛИЗАТОРА ГАНК-4)**

Цель работы:

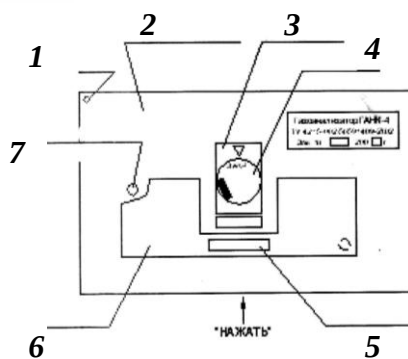
Прибор: _____

Назначение

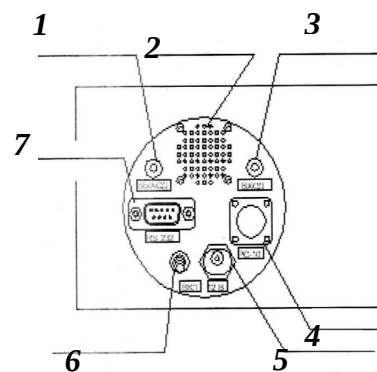
Комплектность



Лицевая панель



Внутренняя панель



Боковая панель

Принцип действия и порядок работы прибора: _____

Работа газоанализатора при режиме «Непрерывном» (или «Фиксированном $t_{\text{усредн}}$ »)

Экспериментальное определение концентрации газообразных загрязняющих веществ (с помощью датчика или химкассеты) _____

Результаты измерений:

№ кода	Загрязн. вещество	Тип дат- чика	Режим работы ГАНК-4	Время из- мерений $t_{\text{усредн}}$	$C_{\text{тек1}}$	$C_{\text{тек2}}$	$C_{\text{ср}}$	ПДК _{мр}

Обработка результатов исследований

Вывод: _____

Работу принял: _____

Дата: _____

ФИО студента _____
Группа _____

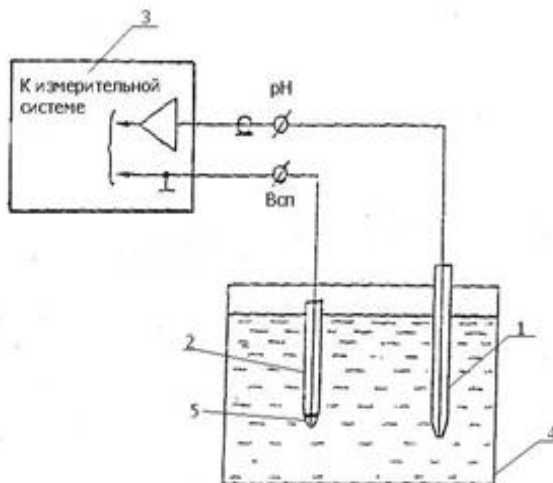
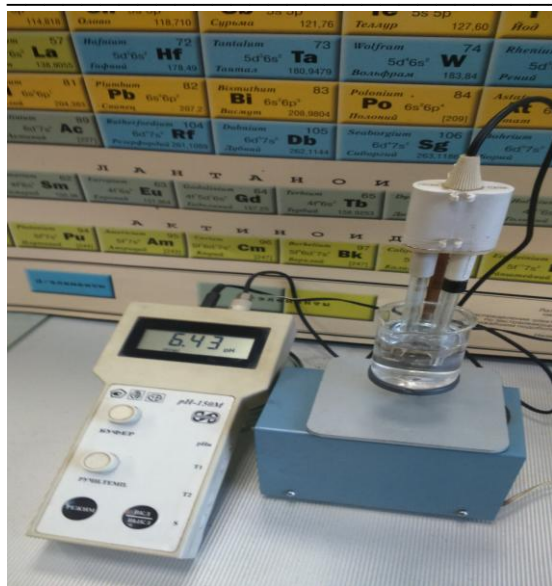
Отчет лабораторной работы № 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИСЛОТНОСТИ СТОЧНЫХ ВОД С ПОМОЩЬЮ рН-МЕТРА

Цель работы:

Ориентировочное определение кислотности раствора _____

Принцип работы рН-метра _____



Устройство рН-метра:

1 Функция подставки: _____

2 Назначение и особенности стеклянного электрода: _____

3 Хлорсеребряный электрод, его характеристики _____

Настройка рН-метра по буферным (стандартным) растворам.

Буферный раствор, рН				
Показание прибора, рН				
Показание , mV				

Измерение кислотности растворов

Исследуемый раствор	Питьевая вода	Раствор уксуса	Мыльный раствор	Настой почвы	Пепси кола
Значения рН					
Среднее					

$$pH = \frac{x_1 + x_2}{2}.$$

Построить график зависимости между рН и ЭДС.

Вывод

1) Символ «рН» означает: _____

2) _____

3) _____ 4)

Работу принял _____

Дата _____

ФИО студента _____
Группа _____

Отчет лабораторной работы № 6

ИССЛЕДОВАНИЕ ШУМА ОТ ПЕРЕДВИЖНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Цель работы:

Общие теоретические положения

Шум – _____

Физические характеристики шума

Звуковое давление P , Па _____

Частота колебаний f , _____

Интенсивность звука I , Вт/м² _____

Мощность W , Вт _____

Уровни интенсивности звука и звукового давления

$$L = 10 \lg \frac{I}{I_0}; \quad L = 20 \lg \frac{P}{P_0}, \text{ дБ}$$

где I, I_0 – _____

P, P_0 – _____

Нормативные документы

Расчётные формулы:

Эквивалентный уровень звука (формула Пospelова) для $r = 7.5$ м:

$$L_{A_{7,5}} = 12,5 \cdot \lg N_{\Sigma} + 13,3 \cdot \lg v + 8,4 \cdot \lg r + 1 \pm 9,5, \text{ дБА},$$

где N_{Σ} — _____

v — _____

r — _____

Поправка на снижение уровня звука в зависимости от расстояния между источником звука и расчетной точкой, дБА

$$\Delta L_{pac} = 20 \cdot \lg \frac{r}{7,5}, \text{ дБА}.$$

где r — _____

Расчетный уровень звука

$$L_{A_{\text{эkv}}}^r = L_{A_{\text{эkv}}}^{7,5} - \Delta L_{pac}, \text{ дБА},$$

Акустический дискомфорт ($\Delta L_{\text{диск}} > 0$):

$$\Delta L_{\text{диск}} = L_{A_{\text{эkv}}} - L_{A_{\text{доп}}}, \text{ дБА}$$

где $L_{A_{\text{доп}}}$ — _____

Измеренный уровень шума

$$L_{A_{\text{cp}}} = 10 \lg \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n 10^{0,1 L_{A_i}}, \text{ дБА}$$

где L_A — _____

Основные методы борьбы с шумом

Работу принял: _____

Дата: _____

ИССЛЕДОВАНИЕ ШУМА ОТ ПЕРЕДВИЖНЫХ ИСТОЧНИКОВ (6.1 - С ПОМОЩЬЮ ШУМОАНАЛИЗАТОРА SVAN-945A)

[illegible]

Заданные величины:

рассматриваемый объект – _____

расстояние до рассматриваемого объекта $r =$ _____ м

Результаты измерений:

Характеристика потока				Уровни шума	
Интенсивность движения, шт/ч	Количество автобусов, шт/ч	Количество легковых машин, шт/ч	Количество грузовых машин, шт/ч	Мах уровень, дБА	Эквивалентный уровень, дБА

Обработка результатов измерений:

This image shows a blank sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and extend across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

Вывод по работе:

[illegible]

Работу принял: _____

Дата: _____

ИССЛЕДОВАНИЕ ШУМА ОТ ПЕРЕДВИЖНЫХ ИСТОЧНИКОВ (6.2 - С ПОМОЩЬЮ ШУМОАНАЛИЗАТОРА ДТ-805)

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

SOUND LEVEL:
Low-110dB
Mid-110dB
High-110dB

Frequency weighting: 1/1

CE 11074 TYPE 1

Схема расположения контрольных точек при измерении:

скорость движения транспортного потока $v =$ _____ м/с
 рассматриваемый объект – _____
 расстояние до рассматриваемого объекта $r =$ _____ м

Результаты измерений:

Характеристика потока				Уровни шума	
Интенсивность движения, шт/ч	Количество автобусов, шт/ч	Количество легковых машин, шт/ч	Количество грузовых машин, шт/ч	Мах уровень, дБА	Эквивалентный уровень, дБА

Обработка результатов измерений:

This image shows a blank sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and extend across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

Вывод по работе:

[illegible]

Работу принял: _____

Дата: _____

ФИО студента _____

Группа _____

Отчет лабораторной работы № 8**ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ
ОТ ИСТОЧНИКОВ РАДИОЧАСТОТ**

Цель работы:

Прибор:



Технические характеристики прибора:

Электромагнитные излучения _____

Основные параметры, характеризующие ЭМИ:

Нормативные документы:

Результаты измерения ЭМИ от сотовых телефонов

№	Модель телефона	Оператор	Режим работы	ВДУ, мкВт/см ²	ППЭ, мкВт/см ²							max
					Текущие							
					1	2	3	4	5	6	7	
1			прием	100								
			передача									
			разговор									
2			прием									
			передача									
			разговор									
3			прием									
			передача									
			разговор									



Графики замеров ЭМИ от сотовых телефонов

Вывод:

Работу принял: _____

Дата: _____

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Лабораторная работа № 1. Определение концентрации пыли в воздухе .	4
1.1 Определение концентрации пыли весовым методом.....	6
1.2 Определение концентрации пыли оптико-абсорбционным методом	11
Лабораторная работа № 2. Оценка концентрации газообразных веществ	
в воздухе	19
2.1 Определение концентрации газообразных загрязняющих веществ	
с помощью газоанализатора IMR-3000P	22
2.2 Определение концентрации газообразных загрязняющих	
веществ с помощью газоанализатора ГАНК-4	27
Лабораторная работа № 5. Определение кислотности сточных вод	
с помощью pH-метра	35
Лабораторная работа № 6. Исследование шума от передвижных	
источников	39
6.1 Исследование шума от передвижных источников с помощью	
шумомера SVAN-945A	46
6.2 Исследование шума от передвижных источников с помощью	
шумомера DT-805	50
Лабораторная работа № 8. Исследование параметров	
электромагнитных полей от источников	
радиочастот	55
Приложение	61

Учебное издание

Дергачева Людмила Владимировна
Соколова Галина Николаевна
Финоченко Татьяна Анатольевна

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

Печатается в авторской редакции
Технический редактор Т.И. Исаева

Подписано в печать 20.11.17. Формат 60×84/16.
Бумага газетная. Ризография. Усл. печ. л. 4,65.
Тираж экз. Изд. № 90574. Заказ .

Редакционно-издательский центр ФГБОУ ВО РГУПС.

Адрес университета: 344038, г. Ростов н/Д, пл. Ростовского Стрелкового Полка
Народного Ополчения, д. 2.