

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ ФАКТОРОВ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ
Сборник учебно-методических материалов по дисциплине
для направления подготовки 20.04.01 — Техносферная безопасность

Благовещенск, 2022

Печатается по решению
редакционно-издательского совета
инженерно-физического факультета
Амурского государственного
Университета

Составитель: Булгаков А.Б.

Инструментальный контроль факторов среды обитания: сб. учеб.-метод. материалов
по дисц. для направления подготовки 20.04.01. /сост. А. Б. Булгаков – Благовещенск:
АмГУ, 2022. – 162 с.

© Амурский государственный университет, 2022

© Кафедра Безопасности жизнедеятельности в техносфере, 2022

© Булгаков А.Б., составление

СОДЕРЖАНИЕ

1. Лекции	4
2. Методические рекомендации по проведению лабораторных занятий по дисциплине	154
3. Методические рекомендации для выполнения самостоятельной работы	159

1. Краткое изложение лекционного материала

Раздел 1. Контроль химических факторов среды обитания

Тема 1. Мониторинг атмосферного воздуха

План:

1. Характеристики загрязнения атмосферы
2. Контроль качества воздуха селитебной территории
 - 2.1 Организация контроля
 - 2.2 Размещение и количество постов наблюдений
 - 2.3 Программы и сроки наблюдений
 - 2.4 Отбор проб
3. Автоматизированная система контроля загрязнения атмосферы (АНКОС-АГ)
 - 3.1 Структура автоматизированной системы контроля загрязнения атмосферы
 - 3.2 Стационарные посты
 - 3.3 Маршрутные и подфакельные посты
 - 3.4 Техническое дело поста
4. Система управления качеством атмосферного воздуха

1. Характеристики загрязнения атмосферы

По данным о загрязнении атмосферы определяют величины концентраций примесей:

- разовые (20 - 30 мин);
- среднесуточные;
- среднемесячные;
- среднегодовые.

Среднесуточные концентрации определяют как среднее арифметическое значение разовых концентраций, полученных по полной программе через равные промежутки времени, включая обязательные сроки 1, 7, 13, 19 ч, а также по данным непрерывной регистрации в течение суток.

Среднемесячные значения концентраций загрязняющих веществ определяют как среднее арифметическое значение всех разовых или среднесуточных концентраций, полученных в течение месяца.

Среднегодовую концентрацию загрязняющего вещества определяют как среднее арифметическое значение разовых или среднесуточных концентраций, полученных в течение года.

2. Контроль качества воздуха селитебной территории

2.1 Организация контроля

Устанавливают три категории постов наблюдений за загрязнением атмосферы:

а) стационарный - предназначен для обеспечения непрерывной регистрации содержания загрязняющих веществ или регулярного отбора проб воздуха для последующего анализа.

Из числа стационарных постов выделяются *опорные стационарные посты*, которые предназначены для выявления долговременных изменений содержания основных и наиболее распространенных загрязняющих веществ;

б) маршрутный - предназначен для регулярного отбора проб воздуха в фиксированной точке местности при наблюдениях, которые проводятся с помощью передвижного оборудования;

в) передвижной (подфакельный) - предназначен для отбора проб под дымовым (газовым) факелом с целью выявления зоны влияния данного источника.

2.2 Размещение и количество постов наблюдений

Каждый пост независимо от категории размещается на открытой, проветриваемой со всех сторон площадке с непылящим покрытием: асфальте, твердом грунте, газоне - таким образом, чтобы были исключены искажения результатов измерений наличием зеленых насаждений, зданий и т.д.

Непылящее покрытие: асфальт, твердый грунт, газон.

Стационарный и маршрутный посты размещаются в местах, выбранных на основе предварительного исследования загрязнения воздушной среды города промышленными выбросами, выбро-

сами автотранспорта, бытовыми и другими источниками и условий рассеивания. Эти посты размещаются в центральной части населенного пункта, жилых районах с различным типом застройки (в первую очередь, наиболее загрязненных), зонах отдыха, на территориях, примыкающих к магистралям интенсивного движения транспорта.

Размещение стационарных постов согласовывается с территориальными органами Росгидромета и Роспотребнадзора.

Опорные посты не подлежат переносу без предварительного разрешения Росгидромета.

Места отбора проб при подфакельных наблюдениях выбирают на разных расстояниях от конкретного источника загрязнения с учетом закономерностей распространения загрязняющих веществ в атмосфере.

Число постов и их размещение определяется с учетом:

- численности населения;
- площади населенного пункта;
- рельефа местности;
- развития промышленности;
- сети магистралей с интенсивным транспортным движением и их расположением по территории города;
- рассредоточенности мест отдыха и курортных зон.

Число стационарных и маршрутных постов в зависимости от численности населения устанавливается не менее:

- а) 1 пост - до 50 тыс. жителей;
- б) 2 поста - 100 тыс. жителей;
- в) (2 – 3) поста – (100 – 200) тыс. жителей;
- г) (3 – 5) постов – (200 – 500) тыс. жителей;
- д) (5 – 10) постов - более 500 тыс. жителей;
- е) (10 – 20) постов (стационарных и маршрутных) - более 1 млн. жителей.

В населенных пунктах устанавливают один стационарный или маршрутный пост через каждые (0,5 – 5) км с учетом сложности рельефа и наличия значительного количества источников загрязнения.

При проведении расширенных изучений состояния загрязнения атмосферы число стационарных постов допускается увеличивать.

2.3 Программы и сроки наблюдений

А) Стационарные посты

На стационарных постах устанавливают четыре программы наблюдений:

- а) полную;
- б) неполную;
- в) сокращенную;
- г) суточную.

Полная программа наблюдений предназначена для получения информации о разовых и среднесуточных концентрациях. Наблюдения по полной программе выполняют ежедневно путем непрерывной регистрации с помощью автоматических устройств или дискретно через равные промежутки времени не менее четырех раз с обязательным отбором в 1, 7, 13, 19 ч по местному декретному времени. Допускается проводить наблюдения по скользящему графику 7, 10, 13 ч во вторник, четверг, субботу и в 16, 19, 22 ч в понедельник, среду, пятницу.

Наблюдения по неполной программе разрешается проводить с целью получения информации о разовых концентрациях ежедневно в 7, 13, 19 ч местного декретного времени.

По сокращенной программе наблюдения проводят с целью получения информации о разовых концентрациях ежедневно в сроки 7 и 13 ч местного декретного времени.

Наблюдения по сокращенной программе допускается проводить при температуре воздуха ниже минус 45°С и в местах, где среднемесячные концентрации ниже 1/20 разовой ПДК или меньше нижнего предела диапазона измерений примеси используемым методом.

Программа суточного отбора проб предназначена для получения информации о среднесуточной концентрации. Наблюдения по этой программе проводятся путем непрерывного суточного отбора проб.

В период неблагоприятных метеорологических условий и значительного возрастания содержания загрязняющих веществ проводят наблюдения через каждые 3 ч. При этом отбирают пробы под факелами основных источников загрязнения и на территории наибольшей плотности населения.

Одновременно с отбором проб воздуха определяют следующие метеорологические параметры: направление и скорость ветра, температуру воздуха, состояние погоды и подстилающей поверхности.

На отдельных постах допускается смещение всех сроков наблюдений на один час.

Допускается не проводить наблюдения в воскресные и праздничные дни.

На опорных стационарных постах проводятся наблюдения за содержанием:

- основных загрязняющих веществ (пыль, сернистый газ, окись углерода, двуокись азота);
- специфических веществ, которые характерны для промышленных выбросов данного населенного пункта.

На стационарных (неопорных) постах проводятся наблюдения за специфическими загрязняющими веществами. Наблюдения за основными загрязняющими веществами на этих постах допускается проводить по сокращенной программе и не проводить их, если среднемесячные концентрации этих веществ в течение года не превышают 0,5 среднесуточной ПДК.

Перечень веществ для контроля на каждом стационарном посту в городе устанавливается территориальными органами Росгидромета и Роспотребнадзора.

Б) Маршрутные посты

На маршрутных постах проводятся наблюдения за основными загрязняющими веществами и специфическими веществами, характерными для промышленных выбросов данного населенного пункта.

В) Передвижные (подфакельные) посты

На передвижных (подфакельных) постах проводятся наблюдения за специфическими загрязняющими веществами, характерными для выбросов данного предприятия.

Методика определения перечня веществ, подлежащих контролю на постах, приведена в РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы». Данный материал изучить самостоятельно и законспектировать. Данная методика базируется на знаниях полученных на занятиях дисциплины «Источники загрязнения среды обитания».

2.4 Отбор проб

Продолжительность отбора проб загрязняющих веществ при определении разовых концентраций составляет 20-30 мин.

Продолжительность отбора проб загрязняющих веществ для определения среднесуточных концентраций при дискретных наблюдениях по полной программе составляет 20 - 30 мин, при непрерывном отборе - 24 ч.

Отбор проб при определении приземной концентрации примеси в атмосфере на всех типах постов проводят на высоте от 1,5 до 3,5 от поверхности земли.

Одновременно с отбором проб воздуха определяют следующие метеорологические параметры:

- направление и скорость ветра;
- температуру воздуха;
- влажность воздуха;
- атмосферное давление;
- состояние погоды;
- состояние подстилающей поверхности (например, наличие снежного покрова и его толщину).

Отбор проб при подфакельных наблюдениях проводится на расстояниях 0,5; 1; 2; 3; 4; 6; 8; 10; 15 и 30 км. Данные наблюдений на близких расстояниях от источника (0,5 км) характеризуют

загрязнение атмосферы низкими источниками и неорганизованными выбросами, а на дальних - сумму от низких, неорганизованных и высоких выбросов.

Измерения концентраций проводятся в центральных (осевых) точках, расположенных по оси факела на различных расстояниях от источника выброса, и в точках слева и справа от линии, перпендикулярной оси факела. Расстояние между точками зависит от ширины факела: по мере удаления от источника выброса оно увеличивается и может колебаться от 50 до 300-400 м. Проведение отбора проб в зоне влияния факела предприятия на разных расстояниях от источника дает возможность проследить изменение концентраций вдоль факела и получить более достоверные данные. В случае изменения направления факела наблюдения перемещаются в зону влияния факела. Если из-за препятствий (водоемы, отсутствие подъездных дорог и т.д.) установить местоположение отбора проб на необходимых расстояниях от источника под факелом не представляется возможным, выбираются другие точки.

Более часто следует проводить наблюдения на расстояниях 10-40 средних высот труб от источника, где особенно велика вероятность появления максимума концентраций.

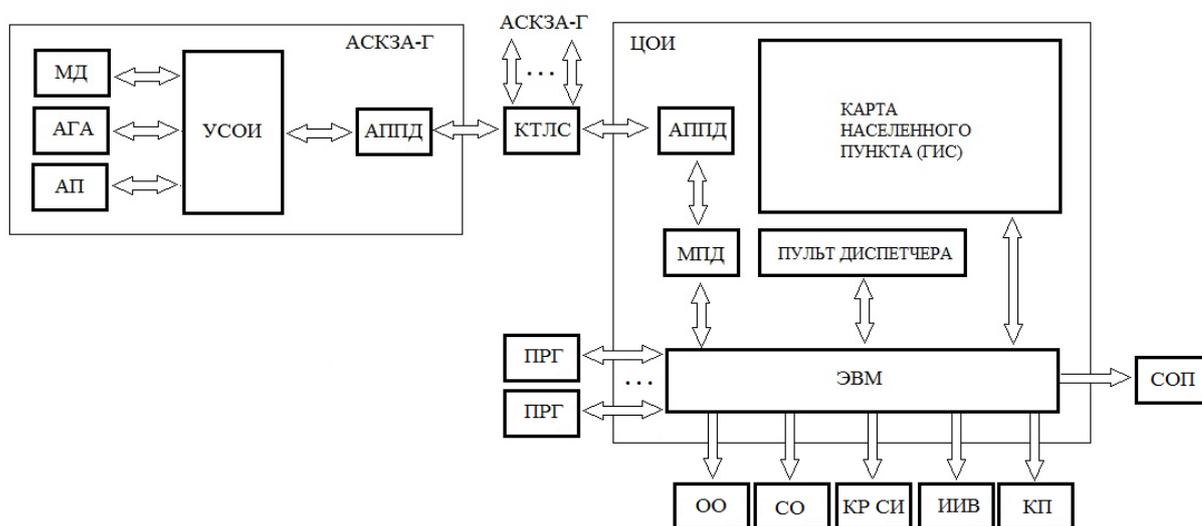
При выполнении подфакельных наблюдений наиболее существенной частью работы является установление направления факела и выбор точек отбора проб. Направление факела определяется по визуальным наблюдениям за очертаниями дыма. Если дымовое облако отсутствует, то направление факела определяется по направлению ветра (по данным шаропилотных наблюдений) на высоте выброса, по запаху вредных веществ, характерных для обследуемого источника, и по видимым факелам близлежащих источников.

3. Автоматизированная система контроля загрязнения атмосферы (АНКОС-АГ)

Данная система предназначена для автоматизированного сбора и обработки информации об уровне загрязнения атмосферного воздуха в населенных пунктах, промышленных центрах и регионах.

3.1 Структура автоматизированной системы контроля загрязнения атмосферы

На рисунке 1.1 приведена структурная схема АНКОС-АГ.



МД – метеодатчики; АГА – автоматические газоанализаторы; АП – автоматические пылемеры; УСОИ – устройство сбора и обработки информации; АППД – аппаратура приема и передачи данных; КТЛС – коммутируемые телефонные линии связи; МПД – мультиплексор передачи данных; ЭВМ – электронная вычислительная машина; ОО – оперативный отчет; СО – суточный отчет; КР СИ – контроль работоспособности средств измерений; ИИВ – идентификация источников выбросов; КП – краткосрочный прогноз; СОП – сообщения оперативному персоналу; ЦОИ – центр обработки информации; АСКЗА-Г – автоматическая станция контроля загрязнения атмосферы

Рисунок 1.1 - Структурная схема АНКОС-АГ

Система АНКОС-АГ имеет двухуровневую структуру. На нижнем уровне функционируют АСКЗА-Г, осуществляющие автоматическое измерение метеопараметров и концентраций загрязняющих веществ, их последующую обработку, формирование сообщений для передачи на верхний уровень в центр обработки информации (ЦОИ). А также ПРГ, которые осуществляют измерение метеопараметров и концентраций загрязняющих веществ в местах, не оборудованных АСКЗА-Г, и доставляют отобранные пробы воздуха для анализа в лаборатории и ввода полученной информации в ЭВМ.

Важной составной частью АНКОС-АГ, определяющей ее возможности, является программно-математическое обеспечение (ПМО) для обработки данных на ЭВМ. Задачами ПМО являются:

- первичная обработка данных;
- формирование отчетов о состоянии воздушной среды;
- оперативное представление полей загрязнения воздуха на дисплее с целью оценки и анализа изменения уровня загрязнения воздушного бассейна;
- организация диалога оператора и системы, позволяющего управлять системными средствами;
- организация хранения информации, получаемой системой;
- оперативное прогнозирование уровня загрязнения воздуха;
- определение источников, уменьшение выброса которых приводит к снижению повышенного уровня загрязнения воздуха.

3.2. Стационарные посты

Стационарные посты представляют собой павильоны - специализированный стальной металлокаркас контейнерного типа с утепленными стенами, потолком и полом, снаружи окрашенные, как правило, в белый цвет, что снижает нагрев воздуха внутри помещения за счет солнца. Внутри потолок и стены облицованы пластиком, пол линолеум, что упрощает влажную уборку помещения. Сегодня в России используют следующие виды стационарных постов: «ПОСТ-1», «ПОСТ-2», «ПОСТ-2а», разработанные Государственным учреждением «Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Войкова». Например, «ПОСТ-2» имеет габариты (3,0 x 2,2 x 2,5) м³, масса не более 2,5 т.

Помимо этого появляются и другие модели, например, стационарные экологические посты контроля атмосферы типа СЭП-1, автоматические стационарные посты контроля атмосферного воздуха типа АСПК.

В состав стационарного поста входят:

1. Измерительный комплекс, который включает:
 - 1.1. Систему отбора и пробоподготовки воздуха;
 - 1.2. Газоаналитический комплекс;
 - 1.3. Комплекс для измерения концентраций пыли и сажи в воздухе;
 - 1.4. Метеорологический комплекс;
 - 1.5. Автоматизированная система сбора и обработки полученной информации;
 - 1.6. Система проверки достоверности результатов измерений;
 - 1.7. Система передачи накопленных результатов измерений;
2. Системы жизнеобеспечения:
 - 2.1. Пожаро-охранная система;
 - 2.2. Система электроснабжения;
 - 2.3. Система освещения;
 - 2.4. Система отопления;
 - 2.5. Системы вентиляции и кондиционирования воздуха.

На рисунках 1.2, 1.4а приведены внешние виды выпускаемых постов, а на рисунках 1.3, 1.4б газоаналитический комплекс и внутреннее обустройство поста.



Рисунок 1.2 - Стационарный пост экологического мониторинга атмосферного воздуха



Рисунок 1.3 - Газоаналитический комплекс

В таблице 1.1 приведен примерный перечень оборудования стационарного поста.

Таблица 1.1 - Примерный перечень оборудования стационарного поста

Модель	Краткое описание
Serinus 50	Анализатор диоксида серы (SO ₂) в атмосферном воздухе. Метод - ультрафиолетовая флуоресценция Диапазон измерения: 0-20 ppb Нижний предел обнаружения менее 0,3 ppb Рабочая температура: 0-40°C
Serinus 55	Анализатор сероводорода (H ₂ S) в атмосферном воздухе. Метод - ультрафиолетовая флуоресценция Диапазон измерения: (0-2) ppb Нижний предел обнаружения: 0,3 ppb Рабочая температура: (0-40) °C
Serinus 51	Анализатор диоксида серы (SO ₂) и сероводорода (H ₂ S) обеспечивает точное и надежное измерение двух компонентов (SO ₂ /H ₂ S) в циклическом режиме. Метод - ультрафиолетовая флуоресценция и внутренний каталитический конвертер для пооче-

Модель	Краткое описание
	редного измерения SO ₂ и H ₂ S Диапазон измерения: (0-20) ppm/(0-2)ppm Нижний предел обнаружения: 0,3 ppb Рабочая температура: 0-40°C
Serinus 40	Анализатор оксидов азота (NO - NO ₂ - NO _x) в атмосферном воздухе. Метод - хемилюминесценция Диапазон измерения: (0 – 20) ppm Нижний предел обнаружения: 0,4 ppb Рабочая температура: 0-40°C
Serinus 44	Анализатор оксидов азота (NO, NO ₂ , NO _x) и аммиака (NH ₃) в атмосферном воздухе. Метод - хемилюминесценции и внешний тепловой каталитический конвертор. Диапазон измерения: (0 – 20) ppm Нижний предел обнаружения: 0,4 ppb Рабочая температура: (0-40) °C
Serinus 30	Анализатор монооксида углерода (CO), (дополнительная опция - канал для измерения CO ₂) в атмосферном воздухе. Метод - инфракрасный (технология неразрушающего поглощения ИК излучения) Диапазон измерения: (0 – 200) ppm Нижний предел обнаружения: 40 ppb Рабочая температура: (0-40) °C
Serinus 10	Анализатор озона (O ₃) в атмосферном воздухе. Метод - ультрафиолетовой (УФ) абсорбции Диапазон измерения: (0 – 20) ppm Нижний предел обнаружения: 0,5 ppb Рабочая температура: (0-40) °C
VOC1000 в комплекте с генератором водорода	Анализатор метановых, неметановых углеводородов и общего содержания углеводородов: - Пламенно-ионизационный детектор - Измерение углеводородов в диапазоне от значения менее 1 ppm до 1000 ppm
GC 5000 ВТХ GC 5000 VOC	Поточный газовый хроматограф для непрерывного анализа содержания всего диапазона органических соединений веществ-предшественников озона C2-C12, GC 5000 ВТХ объединяется в хроматографическую систему с модулем GC 5000 VOC.
TOPAS	Автоматический анализатор пыли TOPAS позволяет одновременно измерять концентрации частиц фракций TSP, PM10, PM2.5 и PM1. Встроенный эталонный фильтр используется для проверки и калибровки анализаторов с помощью гравиметрического метода. Все приборы выполняют сохранение концентраций частиц во встроенную память. Модели Osiris и Topas оснащены датчиками скорости и направления ветра, температуры, влажности, осадков, а так же разъемами для подключения шумомера или газоанализатора.
	Комплект аспираторов для сбора пыли на фильтры или абсорбционные трубки (в соответствии с Техническим заданием Заказчика)
	Приборная стойка для размещения газоаналитической системы.
Атмосфера-3М	Пробоотборный зонд с системой подогрева пробы.
	Автоматическая метеостанция, включает: метеомачту 3.5м, датчики температуры и влажности, давления, направления и скорости ветра, специализированное программное обеспечение.
Enviroicsmodel 6000 Enviroicsmodel 7000	Система для калибровки газоанализаторов в составе: Генератор газовых смесей Enviroicsmodel 6000 Генератор нулевого воздуха Enviroicsmodel 7000 Комплект поверочных газовых смесей (ПГС) и источников микропотока (ИМП)
	Система сбора, обработки и передачи данных в составе: Промышленный компьютер для установки в стойку, монитор, GSM модем, русифицированное программное обеспечение
	Павильон с системой жизнеобеспечения состоящей из систем электроснабжения, пожарно-охранной сигнализации и системы климат-контроля.



а)

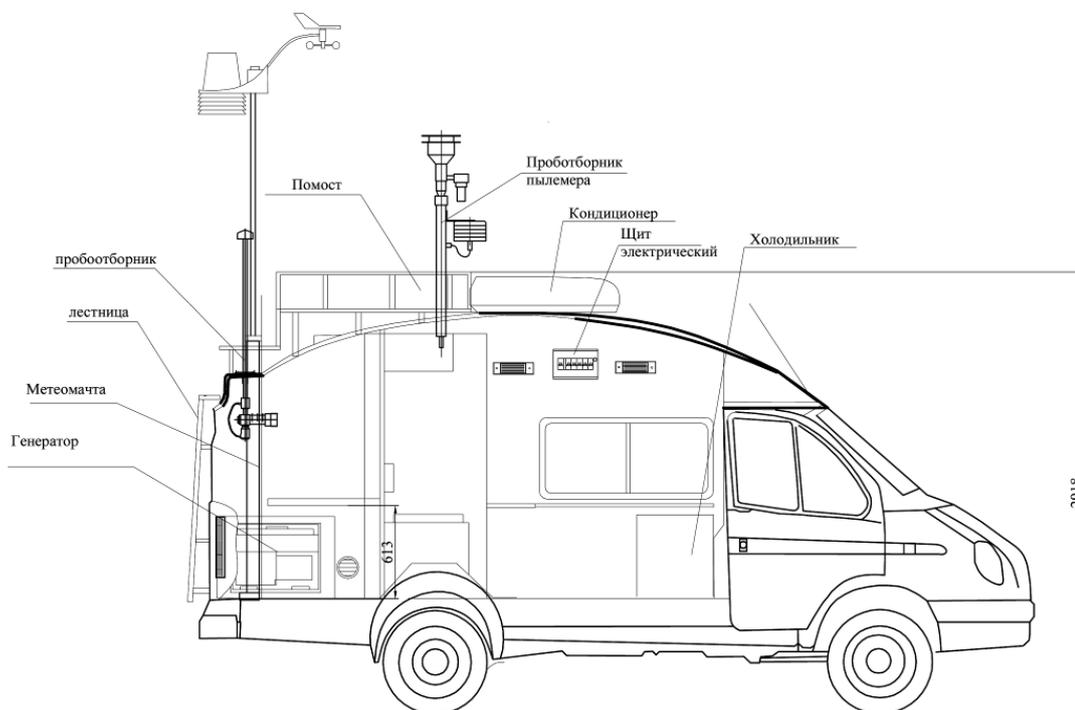
б)

а) внешний вид поста; б) внутренний вид поста

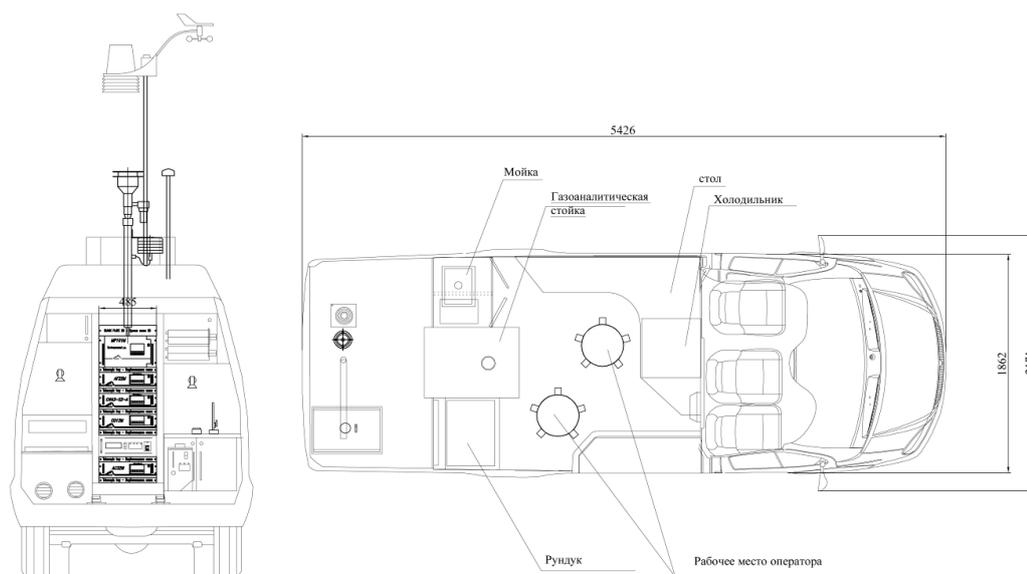
Рисунок 1.4 - Автоматический стационарный пост контроля атмосферного воздуха типа АСПК

3.3. Маршрутные и подфакельные посты

Маршрутные и подфакельные посты строятся на базе цельнометаллического фургона. Основой являются автомобили типа УАЗ, ГАЗель (рисунок 1.5), Ford Tranzit (рисунок 1.6), Renault Master, VW Crafter. На российском рынке также предлагаются такие посты на базе шасси КамАЗ, что обеспечивает им хорошую проходимость, особенно это важно для подфакельных постов. На базе УАЗ посты получили название «Атмосфера».



а)



б)

- а) Внешний вид ПЛ-А на шасси ГАЗель;
- б) Внутренний вид ПЛ-А на шасси ГАЗель

Рисунок 1.5 - Передвижная лаборатория контроля качества атмосферного воздуха (ПЛ-А) на базе ГАЗель



Рисунок 1.6 - Передвижная лаборатория контроля качества атмосферного воздуха (ПЛ-А) на шасси Ford Transzit

В состав маршрутных и подфакельных постов по аналогии со стационарными постами входят измерительный комплекс и системы жизнеобеспечения. Отличием является то, что они наряду с внешним электроснабжением обеспечиваются дополнительно автономным электроснабжением. Подфакельные посты отличаются от маршрутных постов перечнем измеряемых в атмосферном воздухе вредных веществ.

3.4. Техническое дело поста

Техническое дело составляется для каждого поста. Техническое дело хранится на посту. В нем содержатся необходимые данные о постах, программах их работы, используемых приборах, в него вносятся изменения в программе работы, сведения о замене приборов, оборудования, проведенных инспекциях поста.

На титульном листе записываются: название управления, города (и его административная подчиненность), название поста (опорный стационарный, неопорный стационарный, маршрутный), координаты поста, номер поста на схеме и в информативных документах, адрес организации, которой подчинен пост, номер ее телефона и другие сведения.

Техническое дело состоит из пяти разделов.

1. Запись замечаний лиц, инспектирующих посты (в этом разделе 1 раз в 2-3 года дается заключение о репрезентативности поста).
2. Схема расположения поста, на которой следует указать местоположение основных источников загрязнения в районе поста и расстояние до них, расстояние до строений, высоких зеленых насаждений и т.д.
3. Программа работы поста с указанием сроков наблюдений для каждого измеряемого вещества, отдельно, используемых приборов и продолжительности отбора проб воздуха.
4. Программа метеорологических наблюдений с указанием используемых приборов.
5. Сведения о приборах и оборудовании, установленных на посту.

4. Управление качеством атмосферного воздуха

Основной принцип регулирования уровня загрязнения воздушного бассейна состоит в обеспечении нормированного показателя качества атмосферного воздуха ПДК путем выполнения предприятиями установленных нормативов по ПДВ и специальных мероприятий по снижению выбросов вредных веществ при получении предупреждения о возможном повышении уровня загрязнения атмосферы вследствие прогнозируемых неблагоприятных метеорологических. Регулировать количество выбросов можно путем воздействия на технологические процесс, при котором образуются загрязняющие воздух вещества, или путем совершенствования системы пылегазоочистки.

Данный принцип является исходным для разработки основ построения автоматизированной системы управления качеством атмосферы (АСУКА).

Важное место в АСУКА принадлежит подсистеме контроля и регулирования уровня загрязнения атмосферы. Базой этой подсистемы является АНКОС-АГ. По информации от АСКЗА-Г и контроля турбулентности приземного слоя атмосферы (АСКТ), а также по метеорологическим данным в подсистеме осуществляется оценка состояния и краткосрочный прогноз уровня загрязнения атмосферного воздуха, которые являются исходными при решении вопроса о необходимости уменьшения выбросов.

Для обеспечения решения задачи управления в подсистему включается дополнительная функция по определению допустимого выброса на основе данных прогноза уровня загрязнения и метеорологических параметров воздушной среды. В результате ее решения формируются предложения по размеру снижения и пространственно-временной структуре промышленных и автотранспортных выбросов, направляемые в диспетчерские пункты предприятий и центр управления движением автотранспорта.

Эти предложения реализуются в системах контроля источников выбросов и поддержания ПДВ и таким образом обеспечивается решение задачи регулирования уровня загрязнения атмосферы.

Тема 2. Контроль состава воздуха рабочей зоны

План:

1. Термины и определения.
2. НПА по контролю вредных веществ в воздухе рабочей зоны
3. Классификация вредных веществ.

4. Предельно допустимое содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
5. Общие принципы организации контроля содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
6. Требования к методикам и средствам измерения концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

1. Термины и определения

1. Вредное вещество - вещество, которое при контакте с организмом человека в случае нарушения требований безопасности может вызывать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами как в процессе работы, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений (ГОСТ 12.1.007-76).

2. Предельно допустимая концентрация (ПДК) вредного вещества в воздухе рабочей зоны - концентрация вредного вещества, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 ч и не более 40 ч в неделю в течение всего рабочего стажа не должна вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений. Воздействие вредного вещества на уровне ПДК не исключает нарушение состояния здоровья у лиц повышенной чувствительности (ГОСТ 12.1.005-88, Р 2.2.2006-05). ПДК устанавливаются в виде максимально разовых и среднесменных нормативов.

3. Среднесменная предельно допустимая концентрация ПДК_{сс рз} - концентрация, полученная при непрерывном или прерывистом отборе проб воздуха при суммарном времени не менее 75% продолжительности рабочей смены или концентрация, средневзвешенная во времени длительности всей смены в зоне дыхания работающих на местах постоянного или временного их пребывания (усредненная за 8-часовую рабочую смену) (Р 2.2.2006-05).

4. Предельно допустимая концентрация максимальная (максимально разовая ПДК_{мр рз}) - концентрация вредного вещества при выполнении операций (или на этапах технологического процесса), сопровождающихся максимальным выделением вещества в воздух рабочей зоны, усредненная по результатам непрерывного или дискретного отбора проб воздуха за 15 мин для химических веществ и 30 мин - для аэрозолей преимущественно фиброгенного действия (ГОСТ 12.1.005-88, Р 2.2.2006-05).

5. Ориентировочный безопасный уровень воздействия (ОБУВ) - временный ориентировочный гигиенический норматив содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Величина ОБУВ обосновывается путем расчета по параметрам токсикометрии и физико-химических свойств на основе корреляционно-регрессионной зависимости или путем интерполяции и экстраполяции в рядах близких по строению соединений.

6. Зона дыхания – Пространство в радиусе до 50 см от лица работающего.

7. Вещества с остронаправленным механизмом действия - это вещества, опасные для развития острого отравления при кратковременном воздействии вследствие выраженных особенностей механизма действия: гемолитические, антиферментные (антихолинэстеразные, ингибиторы ключевых ферментов, регулирующих дыхательную функцию и вызывающих отек легких, остановку дыхания, ингибиторы тканевого дыхания), угнетающие дыхательный и сосудодвигательные центры и др.

8. Пылевая нагрузка (ПН) на органы дыхания работника - это реальная или прогностическая величина суммарной экспозиционной дозы пыли, которую работник вдыхает за весь период фактического (или предполагаемого) профессионального контакта с пылью.

2. НПА по контролю вредных веществ в воздухе рабочей зоны

1. Методические указания МУ 2.2.5.2810-10 «Организация лабораторного контроля содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны предприятий основных отраслей экономики» (утв. Руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом РФ 28 декабря 2010 г.).

2. ГОСТ 12.1.005-88. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны"(ред. от 20.06.2000).

3. Классификация вредных веществ

Согласно ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ "Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности" (с изменениями) по степени воздействия на организм человека вредные вещества подразделяют на четыре класса: I - вещества чрезвычайно опасные; II - вещества высокоопасные; III - вещества умеренно опасные; IV - вещества малоопасные.

Каждое конкретное вредное вещество относится к классу опасности по показателю, значение которого соответствует наиболее высокому классу опасности. Класс опасности вредных веществ устанавливается в зависимости от норм и показателей, указанных в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Классификация опасности веществ по степени воздействия на организм (по ГОСТ 12.1.007-76)

Наименование показателя	Норма для класса опасности			
	I	II	III	IV
Предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	Менее 0,1	0,1-1,0	1,1-10,0	Более 10,0
Средняя смертельная доза при введении в желудок, мг/кг	Менее 15	15-150	151-5 000	Более 5 000
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг/кг	Менее 100	100-500	501-2 500	Более 2 500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м ³	Менее 500	500-5000	5 001-50000	Более 50 000
Коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО)	Более 300	300-30	29-3	Менее 3
Зона острого действия	Менее 6,0	6,0-18,0	18,1-54,0	Более 54,0
Зона хронического действия	Более 10,0	10,0-5,0	4,9-2,5	Менее 2,5

4. Предельно допустимое содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны

В современных промышленных производствах используется большое количество веществ, которые в виде газов, паров или пыли попадают в воздух рабочей зоны и могут представлять опасность для здоровья работающих. При внедрении в хозяйственную деятельность они должны подлежать обязательной токсикологической оценке и гигиеническому нормированию.

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно допустимых концентраций (ПДК), используемых при проектировании производственных зданий, технологических процессов, оборудования, вентиляции, для контроля за качеством производственной среды и профилактики неблагоприятного воздействия на здоровье работающих.

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны подлежит систематическому контролю для предупреждения возможности превышения предельно допустимых концентраций - максимально разовых рабочей зоны (ПДК_{мр рз}) и среднесменных рабочей зоны (ПДК_{сс рз}).

Величины ПДК_{мр рз} и ПДК_{сс рз} приведены в СанПиН 1.2.5.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ разнонаправленного действия ПДК остаются такими же, как и при изолированном воздействии.

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ однонаправленного действия (по заключению органов государственного санитарного надзора) сумма отношений фактических концентраций каждого из них (K_1, K_2, \dots, K_n) в воздухе к их ПДК (ПДК₁, ПДК₂, ... ПДК_n) не должна превышать единицы

$$\frac{K_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{K_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{K_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1$$

5. Общие принципы организации контроля содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Контроль и гигиеническая оценка состояния воздушной среды производственных помещений

Основопологающей целью проведения систематического контроля содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны является предупреждение возможности превышения предельно допустимых концентраций.

Осуществление контроля состояния производственной среды позволяет своевременно проводить профилактику их неблагоприятного воздействия на здоровье работающих.

План лабораторного контроля состояния воздуха рабочей зоны составляется на год и дополняется или изменяется в случае реконструкции или замены оборудования, изменения производственных процессов, выявления профессиональных заболеваний или отравлений. Отбор проб и анализ проводят при характерных производственных условиях. Нарушения технологического процесса, неисправность или неправильная эксплуатация оборудования должны быть зафиксированы в протоколе. После устранения нарушений измерения повторяют. Используемые средства измерения должны быть внесены в «Государственный реестр средств измерений» Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии и поверены в установленном порядке.

При отборе проб воздуха заполняются «Протоколы отбора проб». Результаты анализа регистрируются в журналах по утвержденной форме.

Контроль содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны проводится путем сравнения полученных в ходе химического анализа значений концентраций с их предельно допустимыми значениями. Различают максимальные (ПДК_{мр рз}) и среднесменные (ПДК_{сс рз}) нормативы.

При возможном поступлении в воздух рабочей зоны веществ с остронаправленным механизмом действия, должен быть обеспечен непрерывный контроль с сигнализацией превышения ПДК.

Организация контроля содержания вредных веществ в воздухе начинается с определения перечня веществ, которые могут выделяться в воздух рабочей зоны, для каждого рабочего места. При этом необходимо учитывать особенности технологического процесса, температурный режим, количество выделяющихся вредных веществ, а также физико-химические свойства контролируемых веществ и возможности превращения последних в результате окисления, деструкции, гидролиза и других процессов. Необходимо принимать во внимание и длительность пребывания работающих на производственном участке в течение рабочей смены с учетом вида рабочего места (постоянные и непостоянные).

В случае когда в воздушную среду выделяется сложный комплекс веществ не полностью известного состава (что обусловлено, как правило, процессами термоокислительной деструкции, гидролиза, пиролиза и др.), следует получить информацию об идентификации выделяющихся компонентов по результатам хромато-масс-спектрометрии или других современных методов исследований. На основании анализа расшифровки состава газовой смеси выявляются ведущие и наиболее опасные и характерные компоненты, по которым будет проводиться контроль воздуха.

Отбор проб должен проводиться в зоне дыхания при характерных производственных условиях.

Требования к контролю за соблюдением максимально разовой ПДК

Контроль содержания вредных веществ в воздухе проводится на наиболее характерных рабочих местах. При наличии идентичного оборудования или выполнении одинаковых операций контроль проводится выборочно на отдельных рабочих местах, расположенных в центре и по периферии помещения.

Содержание вредного вещества в данной конкретной точке характеризуется следующим суммарным временем отбора: для химических веществ - 15 мин, для веществ преимущественно фиброгенного действия - 30 мин. За указанный период времени может быть отобрана одна или не-

сколько последовательных проб через равные промежутки времени. Для веществ, опасных для развития острого отравления (с остронаправленным механизмом действия, раздражающие вещества), максимальную концентрацию определяют из результатов проб, отобранных за возможно более короткий промежуток времени, как это позволяет метод определения вещества (ГОСТ 12.1.005-88, Р 2.2.2006-05). Если метод анализа позволяет отобрать несколько (2 - 3 и более) проб в течение 15 мин, вычисляют среднеарифметическую (при равном времени отбора отдельных проб) или средневзвешенную (если время отбора отдельных проб разное) величину из полученных результатов, которую сравнивают с ПДК_{мр рз}. Для веществ раздражающего действия полученные результаты проб, отобранных за время, предусмотренное методом контроля вещества, сравнивают с ПДК_м.

В течение смены и (или) на отдельных этапах технологического процесса в одной точке должно быть последовательно отобрано не менее трех проб. Для аэрозолей преимущественно фиброгенного действия допускается отбор одной пробы.

При возможном поступлении в воздух рабочей зоны вредных веществ с остронаправленным механизмом действия должен быть обеспечен непрерывный контроль с сигнализацией о превышении ПДК.

Периодичность контроля (за исключением веществ, с остронаправленным механизмом действия) устанавливается в зависимости от класса опасности вредного вещества: для I класса - не реже 1 раза в 10 дней, II класса - не реже 1 раза в месяц, III и IV классов - не реже 1 раза в квартал.

В зависимости от конкретных условий производства периодичность контроля может быть изменена по согласованию с органами государственного санитарного надзора. При установленном соответствии содержания вредных веществ III, IV классов опасности уровню ПДК допускается проводить контроль не реже 1 раза в год.

Требования к контролю за соблюдением среднесменных ПДК

Среднесменные концентрации определяют для веществ, для которых установлен норматив - ПДК_{сс.рз}. Измерение проводят приборами индивидуального контроля либо по результатам отдельных измерений. В последнем случае ее рассчитывают как величину, средневзвешенную во времени, с учетом пребывания работающего на всех (в том числе и вне контакта с контролируемым веществом) стадиях и операциях технологического процесса. Обследование осуществляется на протяжении не менее чем 75% продолжительности смены в течение не менее 3 смен. Расчет проводится по формуле

$$K_{cc} = \frac{K_1 t_1 + K_2 t_2 + \dots + K_n t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n},$$

где K_{cc} - среднесменная концентрация, мг/м³;

K_1, K_2, \dots, K_n - средние арифметические величины отдельных измерений концентраций вредного вещества на отдельных стадиях (операциях) технологического процесса, мг/м³;

t_1, t_2, \dots, t_n - продолжительность отдельных стадий (операций) технологического процесса, мин.

Периодичность контроля за соблюдением среднесменной ПДК должна быть не реже кратности проведения периодических медицинских осмотров, установленной Минздравом России.

6. Требования к методикам и средствам измерения концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Структура, содержание и изложение методик выполнения измерений концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны должны соответствовать требованиям Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 8.563-2009 «Государственная система обеспечения единства измерений. Методики (методы) измерений».

Разрабатываемые, пересматриваемые или внедряемые методики выполнения измерений концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны должны быть аттестованы в соответствии с требованиями ГОСТ Р 8.563-2009 и утверждены Минздравом России в установленном порядке.

Методики и средства должны обеспечивать избирательное измерение концентрации вредного вещества в присутствии сопутствующих компонентов на уровне $\leq 0,5$ ПДК.

Границы допустимой погрешности измерений концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны, равных ПДК или более, должны составлять ± 25 % от измеряемой величины при доверительной вероятности 0,95, при измерениях концентраций ниже ПДК - границы допустимой абсолютной погрешности измерений должны составлять $\pm 0,25$ ПДК в мг/м^3 при доверительной вероятности 0,95:

- данное требование распространяется на результаты единичных измерений (измерений, полученных при однократном отборе проб);

- для веществ, ПДК которых ниже $1,0 \text{ мг/м}^3$, допускается увеличивать указанные нормы не более чем в 2 раза.

Результаты измерений концентраций вредных веществ в воздухе приводят к условиям: температуре 293 К (20°C) и давлению 101,3 кПа (760 мм рт. ст.).

Измерение концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны индикаторными трубками должно проводиться в соответствии с ГОСТ 12.1.014-84 «Система стандартов безопасности труда. Воздух рабочей зоны. Метод измерения концентраций вредных веществ индикаторными трубками».

Для автоматического непрерывного контроля за содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны должны быть использованы автоматические газоанализаторы и газоаналитические комплексы утвержденных типов, соответствующие требованиям ГОСТ 13320-8 «Газоанализаторы промышленные. Автоматические. Общие технические условия».

Тема 3. Инструментальный, инструментально-лабораторный контроль и контроль концентраций ЗВ в организованных источниках загрязнения атмосферы (ИЗА) с применением индикаторных трубок

План:

1. Инструментальный контроль концентраций ЗВ в организованных источниках загрязнения атмосферы (ИЗА).

1.1. Принципы построения систем пробоотборных систем.

1.2. Основные требования к отбору, транспортировке и подготовке проб к анализу.

1.3. Беспробоотборные системы.

2. Инструментально-лабораторный контроль концентраций ЗВ в организованных источниках загрязнения атмосферы (ИЗА).

3. Контроль концентраций ЗВ в организованных источниках загрязнения атмосферы (ИЗА) с применением индикаторных трубок.

1. Инструментальный контроль концентраций ЗВ в организованных источниках загрязнения атмосферы (ИЗА).

Представительные пробы газов в газоходе могут быть отобраны экстрактивным (в пробоотборных системах) и неэкстрактивным (в беспробоотборных системах) методами. При экстрактивном отборе проб газы перед транспортировкой к газоанализатору подвергают подготовке: их очищают от аэрозолей, твердых частиц и других мешающих веществ. При неэкстрактивном отборе

проб измерения проводят "на месте", поэтому отсутствует этап пробоподготовки, за исключением необходимой фильтрации.

Экстрактивный отбор проб

Экстрактивный отбор проб заключается в:

- отборе пробы;
- удалении мешающих веществ;
- поддержании состава газа на исходном уровне при транспортировке через систему отбора проб для последующего анализа соответствующим прибором.

Неэкстрактивный отбор проб

При неэкстрактивном отборе пробу газа из потока не отбирают, а ограничиваются диффузионным контактом измерительной ячейки с потоком газа непосредственно в газоходе.

1.1. Принципы построения систем пробоотборных систем

Процесс инструментального контроля концентраций ЗВ в ИЗА можно разделить на следующие этапы:

- отбор пробы из газохода,
- транспортировка пробы,
- подготовка пробы к анализу,
- автоматическое измерение концентраций ЗВ с применением газоаналитических приборов.

В зависимости от принципов построения системы пробоотбора и пробоподготовки различают контроль ИЗА методами непосредственного (прямого) измерения газовой пробы и разбавления.

Схема контроля ИЗА методом непосредственного измерения

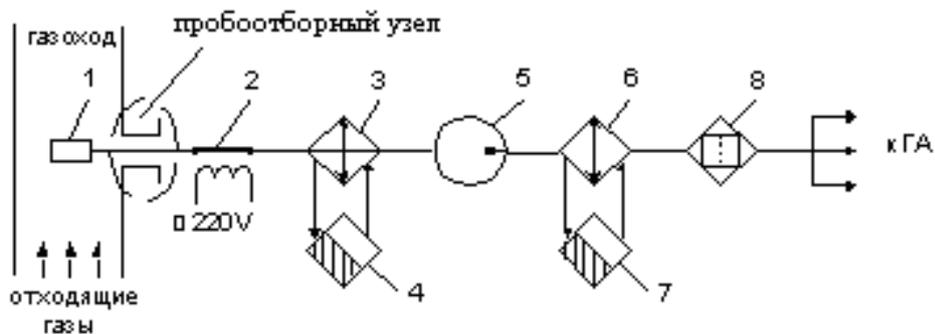
Схема контроля ИЗА методом непосредственного измерения приведена на рисунке 3.1. Пробу газа отбирают из газохода с помощью пробоотборного зонда 1, введенного в газоход через специальный пробоотборный узел, установленный на газоходе. На рисунке 10 приведена схема пробоотбора с внутренней фильтрацией, при которой фильтр грубой очистки пробы от пыли установлен на зонде внутри газохода. При отборе пробы методом внешней фильтрации фильтр грубой очистки устанавливают вне газохода и дополнительно подогревают для предотвращения выпадения на нем конденсата. Очищенная проба по обогреваемой магистрали транспортировки пробы 2 поступает в первичный осушитель пробы 3, где происходит охлаждение пробы и сбор конденсата. Конденсат, собранный в конденсатосборнике 4, может содержать легкорастворимые ЗВ (SO_2 , NO , NH_3 , HF и т.д.), при этом для повышения точности измерений необходимо определить содержание легкорастворимых загрязняющих веществ в конденсате методом инструментально-лабораторного анализа. После охлаждения проба, проходя через побудитель расхода газа 5, поступает во вторичный осушитель 6 с конденсатосборником 7, фильтр тонкой очистки 8 и подается в газоаналитические приборы, где непрерывно автоматически анализируется содержание в пробе одного или нескольких ЗВ в зависимости от типа и числа применяемых газоаналитических приборов.

Метод основан на разбавлении исходной газовой пробы чистым воздухом или азотом в заданном соотношении. Проба газа, собираемая из газохода через пробоотборный зонд с внутренней фильтрацией, поступает в устройство разбавления 2. На второй вход устройства 2 поступает чистый воздух или азот от источника газа-разбавителя 3. Часть исходной пробы, разбавленная в заданном соотношении, через фильтр тонкой очистки 4 подается в газоаналитический прибор. Избыток пробы после разбавления сбрасывается в атмосферу.

В настоящее время разработаны два типа устройств разбавления пробы:

- 1) диффузионный разбавитель, в котором проба разбавляется за счет диффузии через пористую мембрану;
- 2) динамический разбавитель, в котором проба разбавляется в эжекторе.

Диффузионные разбавители широко не применяют из-за значительных трудностей стабилизации коэффициента разбавления.



ГАЗА – газоанализаторы; 1 – пробоотборный зонд; 2 – обогреваемая магистраль транспортировки пробы;
 3 – первичный осушитель пробы; 4,7 – конденсатосборник; 5 – побудитель расхода газа;
 6 – вторичный осушитель; 8 – фильтр тонкой очистки

Рисунок 3.1 - Схема контроля ИЗА методом непосредственного измерения

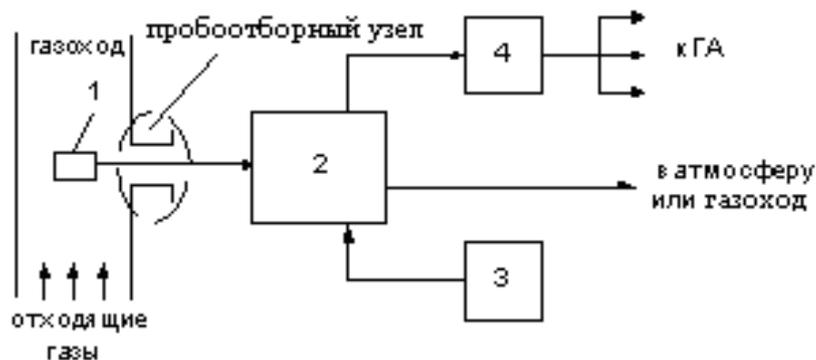
Схема контроля ИЗА методом разбавления

Наиболее распространен метод динамического разбавления, в котором коэффициент разбавления стабилизируется с помощью калиброванной диафрагмы, установленной в пробоотборной магистрали на входе в эжектор.

Преимуществами метода динамического разбавления пробы по сравнению с методом непосредственного измерения являются:

- возможность использования необогреваемых газовых магистралей, так как проба разбавляется уже при ее отборе и при этом устраняется опасность конденсации влаги и выпадения в конденсат легкорастворимых ЗВ;
- снижение химической агрессивности пробы и ее запыленности;
- возможность использования для анализа проб с микроконцентрациями ЗВ атмосферных газоанализаторов, что существенно расширяет номенклатуру газоаналитических приборов для контроля ИЗА.

Схема контроля ИЗА методом разбавления приведена на рисунке 3.2.



1 – пробоотборный зонд; 2 – устройство разбавления;
 3 – источник газа разбавителя; 4 – фильтр тонкой очистки

Рисунок 3.2 - Схема контроля ИЗА методом разбавления пробы

1.2. Основные требования к отбору, транспортировке и подготовке проб к анализу

Требования к размещению и оборудованию точек контроля

Места отбора проб должны соответствовать требованиям, изложенным в ГОСТ 12.4.021 «Системы вентиляционные. Общие требования». Особое внимание надо уделять местам отбора проб, находящимся на высоте более 3 м над поверхностью производственной площади, а также местам отбора проб высокотоксичных веществ. Площадки для производства измерений должны быть защищены от воздействия высоких температур, прямых солнечных лучей, осадков и ветра. В непосредственной близости от оператора не должно быть движущихся частей технологического оборудования.

Рабочую площадку оператора оборудуют переносным или стационарным средством двухсторонней связи с технологической и аварийными службами и руководством производственного подразделения. Уровень шума на площадке должен соответствовать ГОСТ 12.1.003 «Шум. Общие требования безопасности».

Площадки и вводы освещают переносными или стационарными лампами накаливания, включаемыми через разделительный трансформатор. Так же подключают средства пробоотбора и измерений. Если для отбора проб используют вакуумный эжекторный насос, то необходим подвод линий сжатого воздуха.

Вибрация площадки не должна превышать действующие санитарные нормы и допустимые нормативы для средств отбора проб и измерений. Если строительная конструкция площадки не позволяет обеспечить это условие, следует применять специальные амортизаторы и демпферы.

Общая рабочая площадь для отбора проб и измерений должна быть не менее 2 м². Площадка и ведущая к ней лестница должны иметь ограждение. Аппаратура должна надежно закрепляться.

В части пожарной безопасности площадки должны соответствовать ГОСТ 12.1.004 «Пожарная безопасность. Общие требования».

Точки контроля (замерные сечения) выбирают работники служб контроля ИЗА предприятий и согласовывают их с территориальными комитетами по охране природы.

Все измерения (скорости, температуры, давления, влажности потока и концентрации ИЗА) проводят в установившемся потоке газа. Место для измерения выбирают на прямолинейном участке газохода, по возможности ближе к устью выбросной трубы, на прямолинейном участке длиной 8-10 наибольших линейных размеров поперечного сечения (ЛРС), причем длина прямолинейного участка до места замера должна быть не менее (5-6) ЛРС. Не следует выбирать места измерения вблизи от изменений сечения, поворотов газоходов, арматуры, вентиляторов и т.п., создающих аэродинамические сопротивления, так как возмущения потоков отражаются на точности замеров. Когда это условие соблюсти нельзя, необходимо снимать поле скоростей особо тщательно, увеличив число точек и замеров при обязательном получении близких по значению результатов.

Температуру газового потока измеряют в непосредственной близости от места, где измеряют другие его параметры, не далее одного ЛРС газохода от штуцера ввода пневмометрических трубок, с помощью которых измеряют скорость потока в случае закрытых газоходов. Оборудуют специальный ввод для средств измерений, диаметр которого зависит от габаритов вводимого в газоход средства измерения. Возле места ввода обеспечивают стационарное или переносное освещение.

При измерении пневмометрической трубкой площадка, на которой устанавливают средство измерения, не должна вибрировать, освещение должно быть достаточным для прочтения показаний на шкале.

В аэрационных фонарях замеры производят в центрах тарировочных участков, выбранных для измерения скоростей газопылевого потока, на средней линии на равных расстояниях от верхнего и нижнего краев проема фонаря в точках, отстоящих друг от друга не более, чем на 10 м каждого яруса с обеих сторон. При общей длине фонаря более 50 м можно производить измерения через каждые 25 м.

Для вентиляторов, дефлекторов и устьев шахт измерения производят в газоходах перед ними на расстоянии, определяемом теми же условиями, что и для газоходов больших размеров.

Требования к устройствам отбора пробы

Пробоотборный зонд надо выполнять из материала, устойчивого к воздействию высоких температур (до 300 °С) и агрессивных компонентов пробы. Рекомендуется использовать для изготовления зонда трубку из нержавеющей стали типа Х18Н10Т или титана. При использовании зонда с внешней фильтрацией рабочий конец зонда можно срезать под углом 45° или изогнуть под углом 90°, чтобы создать в рабочих условиях дополнительное давление потока в пробоотборной магистрали.

Как правило, в состав пробоотборного зонда входит фильтр грубой очистки пробы от пыли.

Наиболее рационально в пробоотборных зондах, применять металлокерамические фильтры, изготавливаемые методом прессования и последующего спекания при температуре 1000-1300 °С. Тип порошка, из которого прессуют фильтрующий элемент, подбирают в зависимости от условий его эксплуатации и с учетом температуры, давления и агрессивности газов. Фильтры из металлокерамики не загрязняют пробу материалом фильтра, хорошо восстанавливают свои начальные свойства, просты в изготовлении и обслуживании.

Для холодных потоков газа можно использовать стеклотканевые фильтрующие элементы, а также волокнистые фильтры типа ФП.

Требования к магистрали транспортировки пробы

Магистраль транспортировки пробы должна обеспечивать неизменность состава пробы при ее подаче от места отбора до места анализа. Материал, из которого изготавливают магистраль транспортировки пробы, не должен вступать в химическое взаимодействие с компонентами пробы и сорбировать на своей поверхности ЗВ. К таким материалам относятся фторопласты, стекло (в меньшей степени), нержавеющая сталь.

Для предотвращения сорбции ЗВ и выпадения конденсата с легкорастворимыми компонентами пробы по всей длине магистрали надо обеспечить температуру газового потока на 10-15 °С выше точки росы отходящих газов. Обогреваемая пробоотборная магистраль входит в состав выпускаемого отечественной промышленностью устройства транспортировки и подготовки пробы (ТПП).

Для обогрева газовой магистрали можно использовать электронагреваемую ленту типа ЭНГЛ с соответствующей теплоизоляцией. Температуру потока в магистрали регулируют при этом с помощью преобразователей и регуляторов температуры. Электрический обогрев можно заменить обогревом теплоносителя (горячей водой, паром) путем прокладки магистрали транспортировки пробы в теплоизолирующей трубе вместе с теплоносителем. Газовую магистраль крепят к неподвижным конструкциям хомутами с интервалом (1-3) м. Газовую пробу транспортируют от пробоотборного зонда, размещенного в источнике, по вертикальной трубке диаметром (20-30) мм, выполненной из нержавеющей стали типа Х10Н10Т.

Используя стационарную магистраль транспортировки пробы, службы предприятия обязаны 1 раз в 6 мес. производить контрольные проверки состояния газовой магистрали путем подачи образцовой газовой смеси на ее вход и анализа состава газовой пробы на выходе инструментальным или инструментально-лабораторным методом.

Требования к устройствам подготовки пробы к анализу

Устройства подготовки пробы к анализу, предназначенные для охлаждения, осушения и тонкой очистки пробы от пыли, должны обеспечивать температуру, влажность и запыленность пробы, поступающей в газоанализатор, в пределах, установленных в технической документации на применяемый тип газоаналитического прибора.

Как правило, параметры газовой пробы, поступающей на вход газоаналитического прибора, должны находиться в пределах:

- температура от 5 до 40 °С,
- влажность до 80% при температуре 25 °С,
- запыленность до 10 мг/м³ при наличии в составе газоанализатора фильтра тонкой очистки.

1.3. Беспробоотборные системы

В беспробоотборных системах используются два типа датчиков:

- точечный датчик;
- маршрутный датчик.

Пример схемы неэкстрактивного точечного датчика приведен на рисунке 3.3, неэкстрактивного маршрутного датчика - на рисунке 3.4.

Устройства для неэкстрактивного отбора проб

Точечные датчики

Точечные датчики для неэкстрактивного отбора проб, расположенные на конце зонда, помещают в газовый поток внутри газохода. Газ контролируют в одной точке или на коротком участке (менее 10 см) в зависимости от принципа измерений. Пример схемы точечного датчика для неэкстрактивного отбора проб приведен на рисунке 12. Точечные датчики должны содержать следующие устройства:

1. Приемопередающий блок.

Устройство, которое распознает отклик измерительной ячейки и генерирует электрический сигнал, соответствующий концентрации определяемого газа.

2. Зонд.

Опора измерительной ячейки, протянутая от приемопередающего устройства.

3. Измерительная ячейка.

Камера или полость на конце зонда, расположенная в потоке отходящего газа, с помощью которой получают электрооптический или химический отклик на концентрацию определяемого газа.

4. Фильтр для защиты зонда.

Пористая керамическая или спеченная металлическая трубка или сетка, которая сводит к минимуму мешающее влияние твердых частиц на процесс измерения.

5. Держатель зонда.

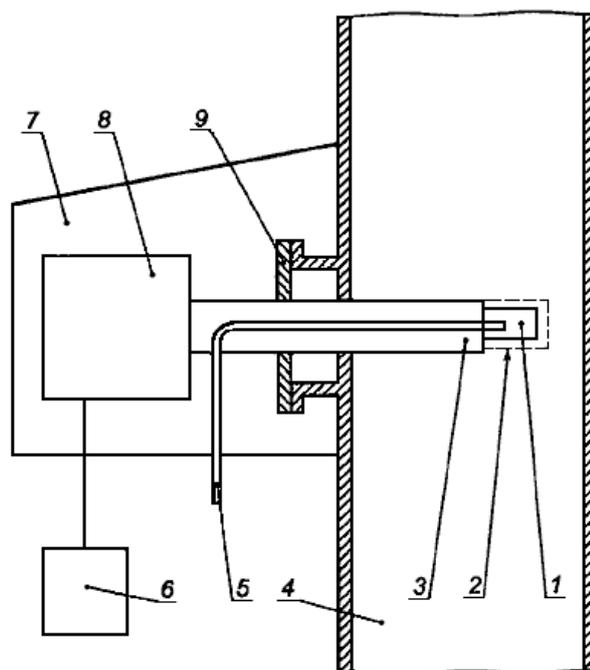
Фланец, установленный в точке отбора проб, используемый для соединения приемопередающего блока и зонда.

6. Трубка для подачи калибровочного газа.

Трубка, через которую подается калибровочный, сравнительный или нулевой газ (в Российской Федерации в качестве сравнительного, а в некоторых случаях и градуировочного газа используют ПГС, выпускаемые в баллонах и имеющие статус государственных стандартных образцов состава) в измерительную ячейку для калибровки прибора.

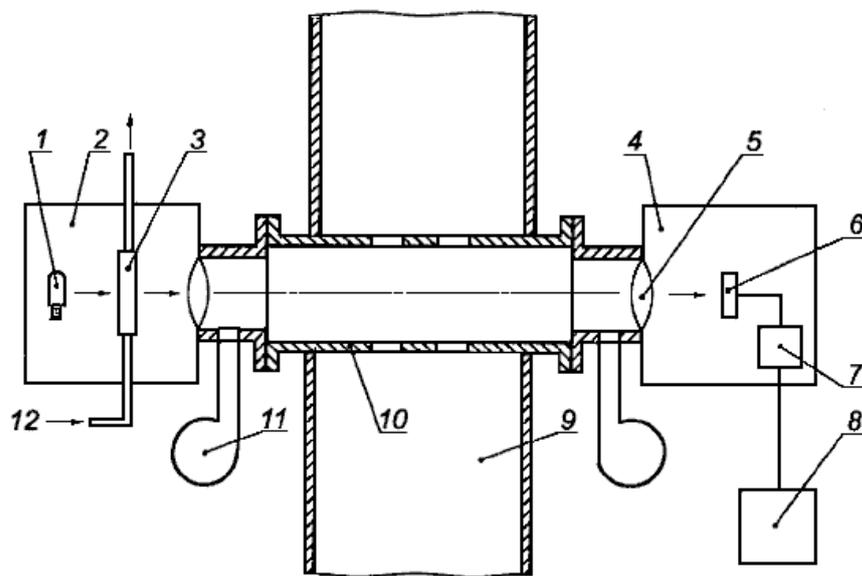
7. Защитный кожух (необязательно).

Кожух, защищающий приемопередающий блок от влияния окружающей среды.



1 - измерительная ячейка; 2 - фильтр для защиты измерительной ячейки; 3 - зонд;
 4 - газоход или труба; 5 - трубка для подачи калибровочного газа;
 6 - блок регистрации данных; 7 - защитный кожух; 8 - приемопередающий блок;
 9 - крепление зонда

Рисунок 3.3 - Пример схемы неэкстрактивного точечного датчика



1 - источник излучения; 2 - излучатель; 3 - внутренняя калибровочная ячейка;
 4 - приемник; 5 - защитное окно; 6 - детектор; 7 - электронный модуль;
 8 - блок регистрации данных; 9 - газоход или труба; 10 - труба для настройки или калибровки; 11 - нагнетатель продувочного воздуха; 12 - трубка для подачи калибровочного газа

Рисунок 3.4 - Пример схемы неэкстрактивного маршрутного датчика

Маршрутные датчики

Пример схемы маршрутного датчика для неэкстрактивного отбора проб приведен на рисунке 13. Маршрутные датчики включают в себя следующие устройства:

1. Излучатель.

Устройство измерительной системы, которое содержит источник оптического излучения и соответствующие электрооптические элементы. Излучение от источника проецируется через отходящий газ на приемник, расположенный на противоположной стороне газотока.

2. Приемник.

Устройство измерительной системы, которое содержит детектор и соответствующие электрооптические элементы. Детектор улавливает излучение, поступающее от излучателя, и генерирует сигнал, соответствующий содержанию определяемого компонента.

В других конструкциях приемопередающий блок может быть заменен уголкового отражателем. Угловой отражатель направляет пучок лучей обратно на приемник, детектор которого реагирует на отраженный свет.

3. Защитные окна.

Окна или линзы между отходящим газом и электрооптическими блоками, используемые для предотвращения проникновения газа в электрооптические блоки.

4. Нагнетатель продувочного воздуха.

Устройство, которое обдувает чистым воздухом защитные окна для уменьшения осаждения на них частиц.

5. Труба для настройки или калибровки (необязательно).

Труба, используемая для юстировки электрооптических блоков и/или для проведения калибровки. Маршрутный датчик находится в режиме калибровки, если труба заполнена воздухом и закрыта для доступа отходящих газов.

6. Антивибрационная система (необязательно, не изображена на рисунке 4).

Система, изолирующая излучатель и приемник от вибраций газотока.

7. Внутренняя ячейка для калибровки.

Ячейка, предназначенная для ввода газов в целях калибровки маршрутного датчика.

Работа системы

Контроль утечек

Для контроля утечек следует отсоединить трубку для отбора проб от зонда, заглушить ее и с помощью насоса, подсоединенного к трубке через перепускной клапан, понизить в ней давление до 50 кПа. Наличие утечек не допускается. При наличии капель жидкости и аэрозолей выполняют регулярные проверки с использованием сравнительных газов, подаваемых на вход зонда для отбора проб и газоанализатора.

Калибровка, функционирование и настройка

При экстрактивном отборе проб необходимо проводить калибровку газоанализатора, включая линию отбора проб. Для этого требуется место ввода штуцера для подачи калибровочного газа. Необходимо предусматривать две точки для подачи калибровочного газа, одна из которых должна находиться как можно ближе к месту отбора проб, а другая - на входе в газоанализатор.

При неэкстрактивном отборе проб измерительные системы также калибруют с использованием калибровочных газов. Для калибровки маршрутных датчиков может потребоваться внутренняя ячейка для калибровки.

Калибровка экстрактивных и неэкстрактивных систем отбора проб по усмотрению пользователя (несмотря на высокую стоимость) может быть выполнена экстрактивными стандартными лабораторными методами (мокрой химии).

Нулевой и калибровочный газы вводят без избыточного давления как можно ближе к точке отбора проб. В качестве нулевого газа может быть использован азот.

Для настройки газоанализатора вводят нулевой газ, а затем калибровочный газ (с концентрацией от 70% до 80% верхнего значения диапазона измерений). Эту операцию повторяют один или два раза.

Для проверки всего диапазона измерений газоанализатора с линейной градуировочной характеристикой используют четыре калибровочных газа с равномерно распределенными концентрациями (приблизительно 20%, 40%, 60% и 80% верхнего значения диапазона измерений). Калибровочный газ, используемый при установке, может быть постепенно разбавлен. В случае нелинейной градуировочной характеристики требуется проводить калибровку не менее чем по 10 точкам диапазона измерений.

Градуировочная характеристика газоанализаторов может быть проверена при подаче калибровочного газа напрямую на вход газоанализатора. Настройку газоанализатора проверяют регулярно, например еженедельно (период необслуживаемой работы). Градуировочную характеристику газоанализатора проверяют через большие интервалы времени (например, ежегодно) или после ремонта.

Сохранность пробы

Особого внимания требует сохранение целостности отобранной пробы путем правильного выбора устройств системы отбора проб, а также соответствующего нагрева, осушки, контроля и т.п. На сохранность пробы также могут влиять коррозия, синергизм, взаимодействие компонентов пробы, разложение и абсорбция/адсорбция.

Техническое обслуживание систем отбора проб

Техническое обслуживание системы отбора проб состоит из выполнения следующих операций:

- проверки соблюдения требований безопасности в соответствии с инструкциями;
- проверки работы предохранительных устройств;
- замены использованных компонентов блока очистки (фильтр, осушитель и т.д.);
- регулирования рабочих параметров;
- проверки водо-, энергоснабжения, наличия градуировочных газов.

Техническое обслуживание линии отбора проб проводят регулярно в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

2. Инструментально-лабораторный контроль концентраций ЗВ в организованных источниках загрязнения атмосферы (ИЗА)

В настоящее время основной объем данных о количественном составе выбросов в атмосферу получают, используя инструментально-лабораторные методы контроля. Это связано, с одной стороны, со значительной сложностью и большими затратами, необходимыми для создания и налаживания массового выпуска автоматических газоанализаторов. С другой - уже сейчас число веществ, подлежащих контролю, достигло нескольких сотен, что делает невозможным создание автоматических приборов для каждого из ЗВ. По-видимому, в обозримом будущем будут создаваться и относительно широко использоваться газоанализаторы для определения приоритетных газовых примесей (NO_x , SO_2 , CO) и наиболее важных специфических ЗВ (NH_3 , H_2S , фториды, меркаптаны, галогены и их соединения и др.). Анализ зарубежного опыта в области использования газоанализаторов для контроля ИЗА показывает, что в последние годы наблюдается определенное снижение интереса к автоматическим приборам определения концентраций ЗВ в отходящих газах. Это связано с их дороговизной, сложностью и большими затратами на эксплуатацию и обслуживание, а также избыточностью получаемой информации.

Таким образом, в ближайшие годы, очевидно, сохранится ведущая роль инструментально-лабораторных методов как источников получения информации о выбросах в атмосферу и средств контроля соблюдения нормативов. В этой связи особое значение приобретают создание и внедрение в практику контроля наиболее эффективных и производительных лабораторных методов контроля, их унификация по отраслям и по стране в целом с учетом современных требований к методам определения концентраций.

Государственными нормативными актами определено, что при контроле ИЗА можно использовать только методики, согласованные в установленном порядке.

Для обеспечения унификации методик в предельном случае предусмотрен принцип «одно вещество - одна методика» для всех отраслей и для всей страны. В ряде случаев этот принцип не

удается соблюдать из-за больших различий ИЗА по составу, температуре газов и условиям отбора проб.

Однако согласовывать альтернативные методики можно только при убедительно аргументированной невозможности получить достоверные данные с помощью имеющихся методик. Методики должны отвечать основным требованиям к методикам выполнения измерений и специфическим требованиям к методам контроля концентраций ЗВ в выбросах ИЗА. Одним из основных требований является обязательная экспериментальная проверка методики на поверочных газовых смесях в лабораторных условиях и на реальных выбросах.

Наиболее часто используемые на практике методики изданы в виде сборника.

3. Контроль концентраций ЗВ в организованных источниках загрязнения атмосферы (ИЗА) с применением индикаторных трубок

Номенклатура ИТ для определения загрязняющих веществ в ИЗА достаточно ограничена. Вместе с тем, для всех ИТ существует общий подход в их применении, который можно распространить и на разрабатываемые ИТ.

1. Необходимо корректно выбирать область применения ИТ, с целью не допустить влияния сопутствующих компонентов на показания ИТ.

2. Очень важно учитывать при измерениях влажности газовых потоков и наличие аэрозольной влаги. Влияние этих факторов может проявиться двояко: 1) ряд газов – H_2S , SO_2 и NH_3 - легко растворяются в сконденсировавшейся воде, что приводит к занижению результатов; 2) конденсирующаяся в ИТ вода может растворять нанесенные на носитель реагенты, что приводит к непредсказуемому смещению границы окрашенного слоя. Для устранения паров воды, которые при конденсации могут дать капли жидкости, целесообразно устанавливать небольшой поглотительный патрон, заполненный осушителем. Так, например, можно использовать цеолиты и т.д. Вместе с тем, совершенно недопустимо использовать в качестве осушителя силикагель, так как он неселективный сорбент по отношению к полярным веществам и будет поглощать как пары воды, так и анализируемый компонент. Еще одним способом устранения излишней влаги является установка между пробоотборным зондом и ИТ каплеотбойника, однако при этом на результат сильно влияет растворимость газов в воде.

3. При анализе с помощью ИТ необходимо учитывать запыленность отходящих газов. При непосредственном отборе пробы возможно значительное повышение аэродинамического сопротивления, что приводит к дополнительной погрешности. Поэтому целесообразно использовать зонды с внешней фильтрацией, например, металлокерамические или из пористого стекла.

4. Важными параметрами, требующими учета, являются температура и разрежение или избыточное давление в газоходе.

Все сказанное относится к отходящим газам с температурой внутри газохода не более (150-200) °С, так как при небольших расходах газа через ИТ ((0,2-0,3) $дм^3/мин$) уже на расстоянии (30-50) мм от стенки газохода температура пробы практически равна температуре окружающей среды. При большом разрежении аспиратор типа АМ-5 непригоден, и поэтому надо использовать другие способы отбора проб, например, использовать электроаспиратор. При этом необходимо дозировать объем пропущенного газа, изменяя время отбора пробы и соблюдая постоянный расход газа в диапазоне (0,2-0,3) $дм^3/мин$. Такой способ проверен на практике и дает хорошие результаты.

Большие проблемы возникают при использовании ИТ при низкой температуре окружающей среды. Здесь возможны следующие приемы: выносить ИТ из теплого помещения непосредственно перед анализом, при анализе использовать тепло стенки газохода или держать ИТ в руке. Создавать специальные обогреватели нецелесообразно, так как это снижает основное достоинство метода - его оперативность.

Тема 4. Мониторинг источников выбросов

План:

1. Мониторинг выбросов ТЭС.
2. Правила организации контроля выбросов в атмосферу на тепловых электростанциях и в

котельных.

3. Контроль концентраций ЗВ в выбросах автотранспорта.
4. Контроль газоочистного оборудования (ГОУ).
5. Контроль неорганизованных ИЗА

1. Мониторинг выбросов ТЭС

Регулирование качества окружающей среды с гигиенических и экологических позиций возможно путем введения и строгого контроля норм предельно допустимых выбросов (ПДВ) источниками загрязнения (нормирование выбросов и общего воздействия).

При введении норм ПДВ должны учитываться конкретные климатические характеристики, а также уже существующая в данном районе экологическая нагрузка (существующий фон).

Во многих случаях обязательное достижение величин допустимых нагрузок возможно путем установления временно согласованных величин выбросов (ВСВ) с постепенным, ступенчатым их снижением. При таком снижении величины ВСВ могут определяться исходя из достигнутого или достижимого технического уровня (конечно, с обязательным учетом безопасности для человека и экосистем).

Задачи системы мониторинга выбросов ТЭС

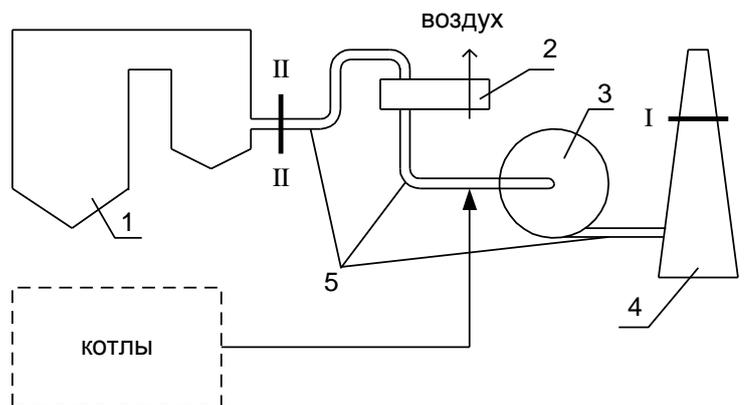
Необходимость в локальных системах мониторинга, в частности системы мониторинга выбросов ТЭС, обусловлена необходимостью обеспечения выполнения жёстких экологических требований.

Для источника выбросов такими требованиями является соблюдение ПДВ загрязняющих веществ, г/с.

Схема газового тракта котла приведена на рисунке (рисунок 4.1).

Для систем мониторинга выбросов ТЭС основными задачами являются:

1. Контроль за соблюдением ПДВ;
2. Определение текущего массового выброса;
3. Расчёт платы за выбросы;
4. Регулирование вредных выбросов при неблагоприятных метеорологических условиях;
5. Выполнение расчётов загрязнений окружающей среды.



1 – котёл; 2 – регенеративный воздухоподогреватель; 3 – дымосос;
4 – дымовая труба; 5 – дымоходы

Рисунок 4.1 – схема газового тракта котла

Способы организации систем мониторинга выбросов на ТЭС:

1. Непрерывный контроль массовых выбросов вредных веществ на дымовой трубе.
2. Непрерывный контроль концентрации вредных веществ дымовых газов на каждом котельном агрегате ТЭС.

3. Комбинация 2-х первых способов.

Непрерывный контроль массовых выбросов вредных веществ на дымовой трубе

Достоинства:

- одна система позволяет определять суммарные массовые выбросы всех котлоагрегатов, подключенных к данной дымовой трубе;
- наличие в дымовой трубе на определённой высоте практически равномерных концентрационных и скоростных полей, что позволяет производить измерения практически по сечению трубы концентраций веществ и скорости потока.

Недостатки:

- невозможность регулирования и наладки рабочих режимов котлов, т.к. измеряя суммарные концентрации вредных веществ, поступающих со всех котлоагрегатов, нельзя определить в каком именно котле произошло нарушение рабочего режима;
- системы контроля размещены вне здания ТЭС на высоте 60-100 м над поверхностью земли;
- протяжённые линии коммуникаций (например, пробы воздуха, взятые на высоте 60-100 м, отправляют в лабораторию на земле).

Непрерывный контроль концентрации вредных веществ дымовых газов на каждом котлоагрегате ТЭС

Достоинства:

- содержание примесей в дымовых газах, особенно O_2 и CO , характеризует топочный режим и завершённость процесса выгорания топлива каждого котлоагрегата;
- системы контроля размещены внутри здания ТЭС, где сезонные колебания температур окружающей среды невелики, что повышает надёжность работы всей газоотборной системы;
- линии коммуникации имеют меньшую протяжённость, нежели в предыдущем способе.

Недостатки:

- неравномерность скоростей газового потока и концентрационных полей по ширине и глубине газохода;
- большие присосы холодного воздуха.

Комбинация двух первых способов.

Достоинства (позволяет соединять достоинства (преимущества) обоих способов):

- возможность получения данных по концентрациям веществ с каждого котла;
- возможность проведения диагностики, регулирования и наладки рабочих режимов каждого котла;
- возможность определения реальных массовых выбросов всей станции.

Недостаток:

- значительные материальные затраты.

На рисунке 4.2 приведены основные элементы схемы мониторинга выбросов ТЭС.

Оборудование ТЭС - к основным источникам вредных газообразных факторов ТЭС относятся паровые и водогрейные котлы.

Выброс дымовых газов от котлов и их рассеивание осуществляется с помощью высоких дымовых труб.

Измерительная система - включает средства измерений и необходимое вспомогательное оборудование для определения содержания вредных примесей в уходящих газах котлов и их массового выброса с широкими возможностями сохранения, обработки и передачи данных.

Пробоотборная система - имеет устройство и оборудование, предназначенное для непрерывного или периодического отбора проб, их подготовки и транспортировки без изменения химического и количественного состава от места забора до измерительной системы. Эти устройства должны обеспечивать работу измерительной системы в реальном масштабе времени.

Беспровоотборная система устанавливается непосредственно в газовом тракте и не требует линий транспортировки и устройств пробоподготовки.

Пробоотборная и беспровоотборная системы должны быть стационарно устанавливаемыми.

Стационарные системы обладают более высокой точностью измерений, чем переносные и не требуют времени на установку.

Программно – вычислительный комплекс представляет собой средства вычислительной техники, объединённые в локальные вычислительные сети, средства электронной связи и необходимый набор программных продуктов и баз данных для сбора, обработки, хранения и анализа поступающей от измерительных систем информации. Комплекс содержит диагностические и экспертные системы для разработки рекомендаций по оптимизации текущих режимов работы оборудования и по его ремонту, модернизации или реконструкции с целью улучшения экологических и экономических показателей ТЭС.

Комплекс обеспечивает взаимосвязь между вышеорганизационными уровнями системы мониторинга выбросов ТЭС, а так же санкционированный обмен данными в информационной сети системы непрерывного мониторинга выбросов.

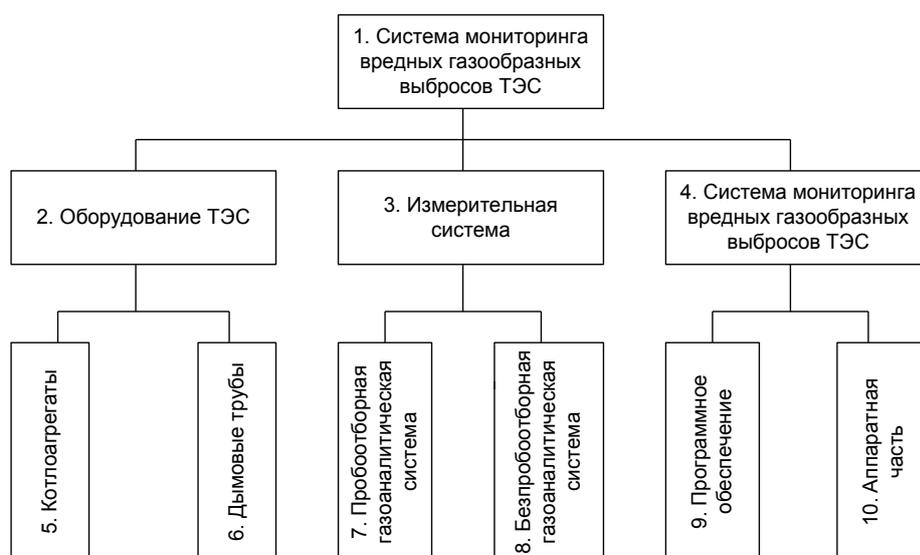


Рисунок 4.2 – Элементы схемы мониторинга выбросов ТЭС

2. Правила организации контроля выбросов в атмосферу на тепловых электростанциях и в котельных

На ТЭС должен быть разработан план-график контроля соблюдения установленных нормативов выбросов (ПДВ и ВСВ). Пример формы и заполнения плана-графика приведен в таблице 4.

План-график должен включать:

- перечень источников выбросов и выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ, подлежащих контролю;
- нормативы выбросов;
- наименование методов и периодичность контроля выбросов;
- перечень подразделений или лиц, осуществляющих контроль.

План-график должен быть согласован с местным органом Росприроднадзора и утвержден главным инженером ТЭС.

Если разработанный на ТЭС и согласованный проект нормативов выбросов включает раздел о контроле выбросов, содержащий указанные выше сведения, то разработка отдельного плана-графика не требуется.

Администрация ТЭС утверждает перечень подразделений и лиц, ответственных за:

- проведение инструментальных измерений выбросов;
- проверку эффективности газоочистных установок;
- проведение расчетов выбросов;
- учет и отчетность по контролю выбросов;
- информацию о соблюдении нормативов выбросов.

К контролю выбросов могут на договорных условиях привлекаться сторонние организации, имеющие соответствующую лицензию, но ответственность за осуществление контроля несет ТЭС.

Контролю подлежат выбросы нормируемых загрязняющих веществ.

К нормируемым загрязняющим веществам, выбрасываемым с дымовыми газами, относятся:

- пыль (зола твердого топлива);
- оксиды серы (в пересчете на диоксид серы);
- диоксид азота;
- оксид азота;
- оксид углерода;
- мазутная зола (в пересчете на ванадий);
- сажа и бенз(а)пирен (оба только для котлов паропроизводительностью менее 30 т/ч).

На угольных складах нормированию подлежат выбросы угольной пыли при перевалке топлива, на золоотвалах — выбросы золошлаковой пыли при выемке сухой золы.

При контроле определяются выбросы: максимальные (средние за 20 мин) в граммах в секунду и суммарные (за длительный период - месяц, квартал, полугодие, год) в тоннах.

Контроль максимальных выбросов осуществляется только для загрязняющих веществ, на которые установлен норматив выбросов в граммах в секунду.

Категорирование источников по инструментальному контролю выбросов устанавливается для каждого загрязняющего вещества (таблица) в зависимости от параметров Φ и Q , определяемых по формулам:

$$\Phi = \frac{M}{H \times \text{ПДК}} \times \frac{100}{100 - \eta};$$

$$Q = q \frac{100}{100 - \eta},$$

- где M - максимальный выброс загрязняющего вещества из источника, г/с;
 H - высота источника выброса, м;
ПДК - предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества, мг/м³;
 η - эффективность газоочистки, %;
 Q - приземная концентрация загрязняющего вещества на границе СЗЗ или ближайшей жилой застройки, ед. ПДК.

Условия отнесения источника загрязнения атмосферы к той или иной категории приведены в таблице 4.1.

Контроль выбросов подразделяется на систематический, осуществляемый непрерывно или периодически, и разовый.

Непрерывный систематический (аналитический) контроль с определением максимальных и годовых выбросов из дымовых труб осуществляется с помощью стационарных автоматических газоанализаторов, пылемеров и расходомеров дымовых газов.

Установки сероулавливания и азотоочистки должны оснащаться автоматическими стационарными газоанализаторами в обязательном порядке.

Допускается определение объема дымовых газов расчетным методом по расходу топлива и содержанию кислорода в дымовых газах при условиях регистрации расхода топлива и содержания кислорода прямыми или косвенными методами.

В случае временного отсутствия стационарных газоанализаторов и пылемеров систематический контроль осуществляется периодически по плану-графику с применением переносных газоанализаторов и пылемеров или расчетными методами. Частота контроля выбросов устанавливается в соответствии с таблицей 4.1.

Таблица 4.1 – Категория источника выброса по частоте контроля

Категория источника выброса	Частота контроля выброса	Одновременное условие параметров*	
		Ф	Q
I	1 раз в квартал	>0,010	>0,5
		>0,100	>5,0
II	2 раза в год	>0,001	<0,5
		>0,010	<0,5
III	1 раз в год	>0,001	<0,5
		>0,010	<0,5
IV	1 раз в 5 лет	>0,001	<0,5
		>0,010	<0,5

* Для источника II категории дополнительное условие - наличие разработанных мероприятий по сокращению выброса загрязняющего вещества.

Примечание. Для каждой из категорий источника первая строка значений параметров Ф и Q дана для $H \geq 10$ м, а вторая - $H < 10$ м.

При систематическом периодическом контроле:

- максимальные выбросы диоксида серы при наличии сероочистной установки, золы твердого топлива, оксидов азота, оксида углерода определяются расчетом с использованием результатов плановых инструментальных измерений содержания этих веществ в дымовых газах; при отсутствии сероочистных установок максимальные выбросы диоксида серы допускается определять расчетными методами без инструментальных измерений;

- максимальные выбросы мазутной золы (в пересчете на ванадий), сажи, бенз(а)пирена и годовые выбросы всех веществ определяются расчетными методами с использованием (при наличии таковых) зависимостей содержания вещества в дымовых газах от нагрузки котла.

Разовый контроль выбросов из дымовой трубы осуществляется:

- после выхода котла, его пылегазоочистного оборудования из капитального ремонта;
- после реализации воздухоохраных мероприятий (включая мероприятия, предназначенные для реализации при неблагоприятных метеоусловиях) для оценки их эффективности;
- при переводе котла на длительное использование нового топлива;
- после реконструкции, замены, изменения режима работы пылегазоочистного оборудования;

- по завершении пусконаладочных и режимно-наладочных работ.

Разовый контроль осуществляется путем инструментального измерения содержания в дымовых газах золы твердого топлива, оксида азота, оксида углерода, диоксида серы (при реализации мероприятий, связанных с изменением его выброса), а также расчетными методами.

При инструментальном измерении используются стационарные и переносные приборы, прошедшие сертификацию и аттестацию, и методы из числа включенных в «Перечень методик измерения концентраций загрязняющих веществ в выбросах промышленных предприятий», допущенных к применению.

Расчетные методы применяются из числа включенных в «Перечень методических документов по расчету выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух». Допускается использовать другие расчетные методики по согласованию с местным органом Росприроднадзора РФ.

Определение количества выбросов

Измерения при контроле с использованием стационарных и переносных приборов должны производиться в дымовой трубе или газоходе за газоочистной установкой, а при отсутствии установки - за последней поверхностью нагрева котла.

При наличии рециркуляции дымовых газов расходомер объема дымовых газов должен устанавливаться в газоходе за местом отбора дымовых газов на рециркуляцию. Допускается установка двух расходомеров: одного до места отбора на рециркуляцию, другого на линии рециркуляции.

Сечения для инструментальных измерений следует выбирать, руководствуясь рекомендациями «Методики испытаний золоулавливающих установок тепловых электростанций и котельных: РД 34.27.301-91».

При измерении содержания газообразных загрязняющих веществ в дымовых газах допускается отбирать пробы из шунтовых труб на участках газоходов.

Место отбора проб должно быть оборудовано всем необходимым для работы (площадкой, штуцерами, подводом сжатого воздуха и др.).

Периодические инструментальные измерения целесообразно проводить при максимальных нагрузках, имеющих место в установленный период измерения.

Периодические измерения содержания загрязняющих веществ проводятся при максимальной или близкой к максимальной нагрузке котла, группы котлов, подключенных к трубе, при этом измерения проводятся на тех видах топлива, которые составляют не менее 5% всего сжигаемого в течение года на котле топлива.

Периодические измерения должны проводиться одновременно на всех котельных установках, подключенных к трубе и выбрасывающих данное загрязняющее вещество. Исключение допустимо для одинаковых установок, работающих в этот момент на одинаковом топливе и имеющих одинаковую нагрузку и режим работы газоочистных установок. В этом случае достаточно проведения измерений на одной из котельных установок, результаты измерений при этом распространяются на остальные установки.

Объем дымовых газов при периодических измерениях определяется с помощью прибора определения объема дымовых газов, а при его отсутствии — косвенным методом: по нагрузке котельной установки и содержанию кислорода в дымовых газах.

Независимо от периодичности инструментальных измерений контроль расчетными методами осуществляется не реже 1 раза в месяц.

При расчетных методах определения суммарных выбросов за месяц используются следующие показатели, входящие в расчетные формулы:

- содержание оксидов азота в дымовых газах в зависимости от нагрузки котла (при наличии такой зависимости на ТЭС);
- средние за месяц зольность, сернистость, влажность, calorificity топлива — по данным химической лаборатории, а при их отсутствии — по удостоверениям о качестве и паспортам топлива;
- эксплуатационная среднемесячная степень очистки дымовых газов от золы в золоуловителях;
- расход топлива, средняя эксплуатационная нагрузка котлов, избытки воздуха — по ежемесячному «Отчету электростанции о тепловой экономичности оборудования. Макет 15506-1»;
- содержание ванадия в мазуте - по данным нефтеперегонных заводов (при наличии данных);
- остальные показатели - по данным испытаний котла или по «Тепловому расчету котельных агрегатов (нормативный метод)».

При расчетном определении максимального в течение месяца выброса используются следующие показатели, входящие в расчетные формулы:

- максимальный суточный расход наиболее загрязняющего данным веществом топлива всей группы котлов, подключенных к дымовой трубе, и ТЭС в целом (для различных загрязняющих веществ и источников выбросов это могут быть разные топлива);
- остальные показатели (но усредненные за сутки, когда имел место максимальный расход наиболее загрязняющего топлива).

План-график (примерный) по контролю за соблюдением нормативов выбросов приведен в таблице 4.2.

Таблица 4.2 - План-график контроля соблюдения нормативов выбросов

Номер источника выбросов, наименование	Точка отбора пробы	Контролируемое загрязняющее вещество	Периодичность контроля	Периодичность контроля при НМУ	Норматив, выбросов, г/с	Исполнитель	Метод контроля, используемые приборы
1, труба № 1 2, труба № 2	-	Диоксид серы	Ежемесячно	1 раз в сутки	250 320	Инженер режимно-наладочной группы ПТО	Расчетный по "Методике определения валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от котельных установок ТЭС: РД 34.02.305-98" (М.: ВТИ, 1998)
3, труба № 3	Перед дымососом котлов № 5 и 6	Зола	Расчет - ежемесячно, измерения - 1 раз в год	Тоже	595	Расчет - инженер режимно-наладочной группы. Измерения - РНП энергосистемы	Расчетный по той же Методике с использованием плановых измерений по "Методике испытаний золоулавливающих установок тепловых электростанций и котельных: РД 34.27.301-91" (М.: СПО ОР-ГРЭС, 1991)
1, труба № 1 2, труба № 2 3, труба № 3	Перед дымососом всех котлов, подключенных к трубе	Диоксид азота	Расчет ежемесячно, измерения - 2 раза в год	1 раз в сутки	440 537 525	Расчет - инженер режимно-наладочной группы ПТО. Измерения - инженер санитарно-промышленной лаборатории	Расчетный по РД 34.02.305-98 с использованием плановых измерений переносным газоанализатором типа...
4, угольный склад	-	Пыль угольного склада	1 раз в год при составлении годового отчета по форме № 2-тп (воздух)	То же	10	Инженер режимно-наладочной группы ПТО	Расчетный по "Методическому пособию по расчету выбросов от неорганизованных источников в промышленности строительных материалов" (Новороссийск: НПО Союзстромэкология, 1989)
<p>Примечания: 1. Контроль выбросов при НМУ в отсутствие стационарных приборов осуществляется расчетным методом. 2. Контроль оксида азота и оксида углерода не проводится, так как нормы в граммах в секунду на эти вещества не установлены. 3. Контроль выбросов золы с золоотвала не проводится, так как выемка сухой золы не производится.</p>							

Допустимая погрешность определения валового выброса составляет $\pm 25\%$ в соответствии с «Методикой выполнения измерения валовых выбросов с использованием автоматических, полуавтоматических и экспрессных газоанализаторов» (СПб.: НИИ Атмосфера, 1991).

Погрешность инструментального определения выброса складывается из среднеквадратичной суммы погрешностей измерения концентрации загрязняющего вещества и объемного расхода дымовых газов. Допустимая погрешность при этом обеспечивается соблюдением режима поверки и профилактики приборов, качественным выполнением импульсных линий.

Погрешность расчетного определения выброса складывается из среднеквадратичной суммы погрешностей определения входящих в расчеты параметров, основные из которых содержатся в «Нормах погрешности измерений технологических параметров тепловых электростанций и подстанций: РД 34.11.321-96» (М.: Ротапринт ВТИ, 1997).

Учет выбросов и отчетность по контролю выбросов

По согласованию с Управлением социальной статистики Госкомстата РФ ведение первичного учета выбросов на ТЭС осуществляется по журналам, указанным в данных Правилах.

Для учета выбросов в атмосферу ТЭС должна вести два журнала: учета выбросов и измерений выбросов.

В первом журнале (учета выбросов) учет выбросов ведется по дымовым трубам, складу угля, золоотвалу и по ТЭС в целом.

В этот журнал на основании обработки информации измерений, а при их отсутствии на основании расчетов ежемесячно записываются:

- выброс за месяц в тоннах;
- максимальный в течение месяца выброс в граммах в секунду (при отсутствии стационарных газоанализаторов и пылемеров - наибольшее из значений расчетного выброса и выброса, рассчитанного с использованием данных инструментальных измерений, если таковые проводились в этот месяц) для веществ, на которые установлен норматив выброса в граммах в секунду.

Если в течение месяца выброс не производился, то в соответствующей графе следует ставить 0 (ноль).

Запись производится не позднее чем через 5 суток после окончания месяца.

На основании записей в журнале учета выбросов определяется выброс в атмосферу (в тоннах) для отчета ТЭС по формам № 2-тп (воздух).

Выброс за отчетный период M определяется по формуле

$$M = (M_{M1} + M_{M2} + \dots + M_{Mn}),$$

где M_{M1}, M_{M2}, M_{Mn} - месячные выбросы в течение отчетного периода, т;

n - число месяцев в отчетном периоде.

Максимальный выброс за любой отрезок времени больше месяца определяется по наибольшему значению из максимальных за месяц выбросов в течение интересующего периода из журнала учета выбросов.

Журнал измерений выбросов ведется хронологически. Записи производятся не позднее чем через 5 суток после проведения измерений.

Пример журнала и его заполнения дан в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Журнал измерений выбросов

Дата (число, месяц, год)	Ингреди- ент	Выбрасывается с дымовыми газами		Вид топлива (для смеси - соотно- шение)	Производи- тельность котла во время измерений, т/ч, Гкал/ч	Место измерения	Концентра- ция загрязняюще- го вещества, г/нм ³ , в пересчете на O ₂ =6% ($\alpha=1,4$)	Метод опре- деления	Подпись от- ветственного лица
		из тру- бы номер	от кот- лов номер						
08.01.97г	Диоксид азота	1	1-3	Газ	80 Гкал/ч	Перед дымосо- сом	0,25	Газоанализа- тор типа _____	
17.01.97г	Зола	3	5,6	Уголь с	600 т/ч	За золо-	1,28	Экспресс-	

Дата (число, месяц, год)	Ингреди- ент	Выбрасывается с дымовыми газами		Вид топлива (для смеси - соотно- шение) мазутом (15 %)	Производи- тельность котла во время измерений, т/ч, Гкал/ч	Место измерения уловите- лем	Концентра- ция загрязняюще- го вещества, г/нм ³ , в пересчете на O ₂ =6% (α=1,4)	Метод опре- деления метод	Подпись от- ветственного лица
		из тру- бы номер	от кот- лов номер						

Оценка соблюдения нормативов при контроле промышленных предприятий

Основным методом оценки соблюдения нормативов при контроле выбросов промышленных предприятий является сравнение фактических выбросов ИЗА, полученных с помощью непосредственных измерений или расчетных методов с нормативами предельно допустимых выбросов. Значения массовых выбросов, полученные с помощью измерений, сравнивают с контрольными значениями ПДВ в граммах в секунду. Значения массовых выбросов, полученные с помощью расчетных методов, сравнивают либо с контрольными значениями ПДВ в граммах в секунду, либо с ПДВ в тоннах в год в зависимости от размерности этой величины в расчетной методике. Когда определить массовый выброс для источника выбросов невозможно по конструктивным или технологическим условиям, можно определять массовые выбросы для всех источников выделения, относящихся к ИЗА, с последующим суммированием полученных значений по всем источникам выделения.

Нарушение нормативных значений выбросов фиксируют, учитывая погрешность метода определения валовых выбросов, т.е. при выполнении условия:

$$M_{опр} > M_{пдв} + \Delta M,$$

где $M_{опр}$ - значение массового выброса, определенное с помощью непосредственных измерений или расчетных методов;

$M_{пдв}$ - нормативное значение выброса;

ΔM - погрешность метода определения массового выброса.

Для принятия решения о применении санкций к предприятию, имеющему сверхнормативные выбросы, можно использовать информацию о загрязнении атмосферы, полученную при подфакельных и маршрутных наблюдениях или от стационарных постов контроля атмосферного воздуха. Эту информацию используют при принятии решения, если можно достоверно установить влияние промышленного предприятия на состояние воздуха (например, для отдельно стоящих предприятий или для предприятий, выбрасывающих специфические ЗВ, отсутствующие в ИЗА других предприятий на контролируемой территории).

Критерии принятия решений при контроле выбросов предприятий

По результатам контроля промышленных предприятий инспектирующие органы могут принять решения об ограничении, приостановке или прекращении эксплуатации отдельных установок, цехов, производств, а также о применении санкций к должностным лицам и руководящим работникам предприятий (депремирование, меры административного воздействия, уголовная ответственность).

При принятии решения о прекращении эксплуатации оборудования, остановки цехов предприятий учитывают следующее загрязнение атмосферы, формируемое сверхнормативными выбросами рассматриваемого источника:

- 1) превышение ПДК_{мр нм} (ОБУВ) в 30 и более раз, установленное более 2 раз в течение года;
- 2) систематическое превышение ПДК_{мр нм} при повторяемости более 50% общего объема наблюдений за срок более месяца;
- 3) превышение в среднем за полугодие в 5 раз и более ПДК_{сс нм};
- 4) экстремально высокое загрязнение атмосферного воздуха.

Для атмосферного воздуха критерием экстремально высокого уровня загрязнения является содержание одного или нескольких ЗВ: 1) превышающее ПДК в 50 раз и более; 2) в 30-49 раз при сохранении этого уровня концентрации 8 ч и более; 3) в 20-29 раз при сохранении этого уровня более 2 сут.

При выбросе в атмосферу веществ, для которых не установлены ПДК или ОБУВ, или систематическом повышении содержания в атмосфере дурнопахнущих веществ решение о приостановке принимают на основе данных об ухудшении показателей здоровья населения, поражениях растительности. При повторении таких негативных явлений принимают решение о прекращении эксплуатации оборудования, цехов, участков и производств.

Решение о приостановке или прекращении эксплуатации оборудования, цехов, участков и производств принимают для предприятий, допустивших технологические и другие нарушения, приводящие к сверхнормативным выбросам или сверхнормативным уровням загрязнения атмосферы, в том числе к предприятиям:

1) выбрасывающим ЗВ в атмосферу без разрешения (ввиду отсутствия или невыполнения сроков разработки нормативов ПДВ и разрешения на выброс по вине предприятия);

2) не осуществившим в полном объеме мероприятий по сокращению выбросов ЗВ и создающим повышенные уровни загрязнения атмосферы в период неблагоприятных метеорологических условий;

3) не обеспечившим разработку и осуществление мероприятий по предотвращению залповых выбросов, создающих высокие и экстремально высокие уровни загрязнения атмосферы;

4) допустившим аварийную ситуацию на предприятии и аварийное отключение крупных пылегазоочистных установок;

5) нарушившим правила эксплуатации и не использовавшим установки очистки газов или не обеспечившим своевременное и в полном объеме выполнение заданий директивных органов по охране атмосферы;

6) приступившим к эксплуатации технологического оборудования с незавершенным строительством установок очистки газа и систем снижения выбросов ЗВ;

7) выпустившим продукцию, в том числе двигатели, с нарушением стандартов на содержание ЗВ в отходящих и отработанных газах;

8) нарушившим правила складирования промышленных и иных отходов, транспортировки, хранения и применения средств защиты растений, стимуляторов их роста, минеральных удобрений и других препаратов, повлекших или могущих повлечь загрязнение атмосферы;

9) допустившим производство передвижных ИЗА с нарушением требований нормативно-технической и конструкторской документации (в объеме более 10% транспортных средств из проверенной партии);

10) допустившим эксплуатацию транспортных средств, если выбросы от более 30% автомашин проверенной партии превышают установленные нормативы, и допустившим отсутствие контроля содержания ЗВ в отходящих газах.

Превышение нормативов ПДВ является достаточным основанием для принятия немедленных запретительных мер для эксплуатируемого оборудования, установок, цехов и предприятия в целом. Решения о санкциях принимают, учитывая неблагоприятное воздействие выбрасываемых вредных веществ на состояние воздуха в городе или районе (при наличии наблюдений на стационарных постах контроля загрязнения атмосферы, при проведении подфакельных и маршрутных наблюдений).

Рекомендуется следующий порядок учета наблюдаемых превышений санитарно-гигиенических нормативов качества воздуха при вынесении санкций предприятию.

Ограничивают выбросы или приостанавливают эксплуатацию оборудования, установок, цехов и предприятий в следующих случаях:

1) если в результате сверхнормативных выбросов рассматриваемого источника содержание одного или нескольких веществ в воздухе превышает максимально разовую ПДК_{мр нм} или ориентировочно безопасный уровень воздействия (ОБУВ) в 5 раз и более, не менее чем за два срока наблюдений в течение суток;

2) если в течение месяца наблюдается систематическое превышение ПДК_{мр нм} при повторяемости более 20% общего объема наблюдений;

3) если в среднем за полугодие зафиксированы превышения среднесуточной ПДК_{сс нм} в 3 раза и более.

Запрет эксплуатации оборудования, установок и цехов, являющихся источниками повышенной опасности для окружающей среды (атмосферы), надо сопровождать принятием экономически обоснованного решения по:

- 1) реконструкции производства или предприятия;
- 2) выносу части производств или всего предприятия за пределы населенной территории;
- 3) перепрофилированию предприятия.

3. Контроль концентраций ЗВ в выбросах автотранспорта.

Методология контроля автотранспортных средств с бензиновыми двигателями

Измерение содержания СО и $\sum C_x H_x$ в отработанных газах автомобилей с бензиновыми двигателями необходимо проводить в строгом соответствии с «ГОСТ Р 52033-2003. Государственный стандарт Российской Федерации. Автомобили с бензиновыми двигателями. Выбросы загрязняющих веществ с отработавшими газами. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния» (утв. Постановлением Госстандарта РФ от 27.03.2003 N 100-ст) (ред. от 02.05.2012).

Методология контроля дымности отходящих газов автомобилей с дизельным двигателем

Дымность автомобилей с дизельным двигателем необходимо измерять строго согласно «ГОСТ Р 52160-2003. Национальный стандарт Российской Федерации. Автотранспортные средства, оснащенные двигателями с воспламенением от сжатия. Дымность отработавших газов. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния» (утв. и введен в действие Постановлением Госстандарта России от 18.12.2003 N 375-ст) (ред. от 02.05.2012). При контроле используют технические средства определения дымности отходящих газов, приведенные в разделе 6 Руководства.

Техника безопасности при контроле выбросов автотранспорта

Содержание ЗВ в отходящих газах автомобилей надо проверять, как правило, на контрольно-регулирующих пунктах или в специально отведенном месте. При отсутствии такого места для проведения измерения и при выборочной проверке автомобилей на линии подбор места должен исключать возможность наезда автомобилей на лиц, проводящих измерения.

Места, выбираемые для проведения инструментального контроля токсичности и дымности отходящих газов автомобилей, должны обеспечивать санитарно-гигиенические требования к воздуху в зоне измерений по ГОСТ 12.1.005-88, иметь естественную или принудительную вентиляцию.

На месте проведения инструментального контроля должны находиться только лица, имеющие непосредственное отношение к работам.

Очередной автомобиль для проведения измерений должен останавливаться не ближе 2 м от автомобиля, находящегося на проверке. Скорость движения автомобилей на подъездных путях к месту проведения замеров не должна быть больше 10 км/ч; в помещениях и в непосредственной близости от места измерения должна быть не более 5 км/ч.

Непосредственно перед проведением инструментального контроля необходимо убедиться в соблюдении водителем мер предосторожности, исключающих самопроизвольное движение автомобиля.

К работе с приборами контроля допускается обслуживающий персонал, ознакомленный с техническим описанием и инструкцией по эксплуатации используемого измерительного прибора, прошедший инструктаж и имеющий право пользования электрическими и электроизмерительными приборами.

4. Контроль газоочистного оборудования (ГОУ)

Основные сведения о типах газоочистного оборудования (ГОУ),

применяемого в отечественной промышленности

Отечественная промышленность серийно выпускает широкую номенклатуру различных типов газоочистных установок (ГОУ) (рисунок 4.3).

Инерционные пылеуловители

Простейшим методом удаления твердых частиц из газопылевого потока является их осаждение под действием силы тяжести. На этом принципе работают все аппараты сухого инерционного обеспыливания газов: пылеосадительные камеры, жалюзийные аппараты, циклоны различных модификаций, дымососы-пылеуловители и др. Из всей разновидности инерционных аппаратов наиболее распространены циклоны. Применение пылеосадительных камер и простейших по конструкции пылеуловителей инерционного типа оправдано лишь для предварительной очистки газов от частиц размером более 100 мкм.

Пылевые камеры

Пылевые камеры относятся к простейшим устройствам для улавливания крупных частиц сырья или пыли. Они действуют по принципу осаждения частиц при медленном движении пылегазового потока через рабочую камеру, поэтому основными размерами камеры являются ее высота и длина. Типичными представителями инерционных пылеуловителей являются “пылевые мешки”, которые широко применяют в металлургии. Характерной особенностью этого аппарата является возможность его использования при высоких рабочих температурах и агрессивных средах.

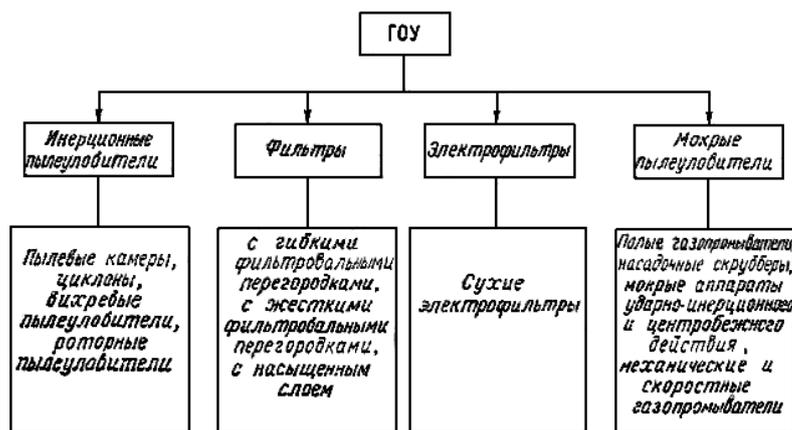


Рисунок 4.3 - Типы газоочистного оборудования

Циклоны

Циклоны являются наиболее распространенным типом механического пылеуловителя. Циклоны-пылеуловители имеют ряд преимуществ перед другими аппаратами: отсутствие движущихся частей, надежная работа при температуре до 500 °С без конструктивных изменений, возможность улавливания абразивных пылей и т.д.

К недостаткам можно отнести большое гидравлическое сопротивление, достигающее (1250-1500) Па, и малую эффективность при улавливании частиц размером менее 5 мкм.

Вихревые пылеуловители

Основным отличием вихревых пылеуловителей от циклонов является наличие вспомогательного закручивающего газового потока. Аналогично циклонам эффективность вихревых аппаратов с увеличением их диаметра снижается. По сравнению с противоточными циклонами вихревые пылеуловители имеют следующие преимущества:

- более высокую степень очистки высокодисперсных пылей;
- отсутствие абразивного износа активных частей аппарата;
- возможность обеспыливания газов с более высокой температурой за счет использования вторичного воздуха.

Роторные пылеуловители

Роторные пылеуловители можно разбить на несколько групп. В первой группе (наиболее многочисленной) запыленный поток поступает в центральную часть колеса, вращающегося в спиралеобразном кожухе. Во второй улавливаемые частицы перемещаются в направлении, обратном движению газов. Из динамических аппаратов наиболее распространен дымосос-пылеуловитель, предназначенный для улавливания частиц пыли со средним размером 15 мкм. Этот аппарат применяют для очистки дымовых газов малых котелен, в литейных производствах и на асфальтобетонных заводах. Его можно использовать в качестве первой ступени очистки перед мокрыми электрофильтрами и тканевыми фильтрами.

Фильтры

В зависимости от назначения фильтровальные аппараты для улавливания твердых аэрозолей принято делить на фильтры для очистки атмосферного воздуха и фильтры для очистки технологических газов и аспирационного воздуха. В фильтрах для технологических газов и аспирационного воздуха можно очищать агрессивные, взрывоопасные и высокотемпературные газы с концентрацией пыли 60 г/м³ и более. Иногда фильтровальные аппараты используют не только для улавливания пылей, но и для химической очистки газов.

Общепромышленные фильтры предназначены для улавливания нетоксичных и невзрывоопасных пылей при температуре газов не более 140 °С. В зависимости от типа фильтровальных перегородок аппараты принято делить на фильтры с гибкими и жесткими фильтровальными перегородками и насыпным слоем.

Фильтры с гибкими перегородками

Конструкции серийно изготавливаемых фильтров с гибкими перегородками в зависимости от основного конструктивного признака - устройства регенерации - подразделяются на следующие основные группы фильтров:

- с регенерацией механическим воздействием;
- с механическим встряхиванием в сочетании с обратной посекционной продувкой;
- с обратной посекционной продувкой;
- с импульсной продувкой;
- с поэлементной струйной продувкой.

Фильтры с жесткими перегородками

Фильтры с жесткими перегородками предназначены для тонкой очистки газов при высоких температуре и давлении, для фильтрования жидкостей и газов в химической и фармацевтической промышленности, очистки сжатого воздуха от масла и твердых частиц в компрессорных установках. Промышленность серийно выпускает рукавные фильтры, в которых используют фильтровальные элементы металлических сеток. Они предназначены для улавливания химических реактивов, особо чистых химических веществ и других ценных продуктов из газов, отходящих от технологических установок распылительного типа, печей кипящего слоя в химической, нефтехимической и других отраслях промышленности.

Фильтры с насыщенным слоем

Фильтры с насыщенными слоями делятся на фильтры с неподвижным и движущимся насыщенным слоем.

В фильтрах с неподвижным насыщенным слоем достигается наиболее высокая очистка.

В числе фильтров с движущимся насыпным слоем наиболее распространены аппараты с периодическим движением слоя, обеспечивающие относительно высокую очистку. Концентрация пыли в очищаемых газах составляет 5-9 г/м³, а на выходе из фильтра 60-90 мг/м³. В последние годы подобные аппараты используют для очистки газов в небольших котельных установках, работающих на угле.

Электрофильтры

Электрофильтры являются универсальными аппаратами для очистки промышленных газов от твердых и жидких частиц. К преимуществам электрофильтров относятся: высокая очистка, достигающая 99%; низкие энергетические затраты на улавливание частиц; возможность улавливания

частиц размером (100-0,1) мкм и менее, при этом концентрация взвешенных частиц в газах может колебаться от долей грамма до 50 г/м³ и более, а их температура может превышать 500 °С.

Электрофильтры широко применяют почти во всех отраслях народного хозяйства: теплоэнергетике, черной и цветной металлургии, химии и нефтехимии, в строительной индустрии, при производстве удобрений и утилизации бытовых отходов, в атомной промышленности и др. В СССР в электрофильтрах очищается более 50% общего объема отходящих газов.

Электрофильтры не применяют, если очищаемый газ является взрывоопасной смесью, так как при работе электрофильтра неизбежно возникают искровые разряды.

По конструкции осадительных электродов разделяют пластинчатые и трубчатые электрофильтры. По виду улавливаемых частиц и способу их удаления с электродов разделяют сухие и мокрые электрофильтры.

Мокрые пылеуловители

Целесообразность использования мокрых аппаратов газоочистки обычно определяется не только задачами очистки газов от пыли, но и необходимостью одновременного охлаждения и осушки (или увлажнения) газов, улавливании туманов и брызг, абсорбции газовых примесей и др. В мокрых пылеуловителях в качестве орошающей жидкости чаще всего применяют воду; при совместном пылеулавливании и химической очистке газов выбор орошающей жидкости (абсорбента) обуславливается процессом абсорбции.

Мокрые пылеуловители разделяют на группы в зависимости от поверхности контакта или по способу действия.

Полые газопромыватели

Наиболее распространенным аппаратом этого класса является полый форсуночный скруббер. Он широко используется как для очистки газов от достаточно крупных частиц пыли, так и для охлаждения газов. В различных системах пылеулавливания аппарат обеспечивает подготовку (кондиционирование) газов. Степень очистки в полом форсуночном скруббере достигает 99% при улавливании частиц размером более 10 мкм и резко снижается при размере менее 5 мкм.

Насадочные газопромыватели

Насадочные газопромыватели следует применять только при улавливании хорошо смачиваемой пыли, особенно когда процессы улавливания пыли сопровождаются охлаждением или абсорбцией газов.

Газопромыватели ударного действия

Наиболее простой по конструкции пылеуловитель ударно-инерционного действия представляет собой вертикальную колонну, в нижней части которой находится слой жидкости. Аппараты ударно-инерционного действия следует устанавливать для очистки холодных или предварительно охлажденных газов.

Газопромыватели центробежного действия

Скрубберные газопромыватели центробежного действия по своей конструкции делятся на два типа: в первом вращательное движение пылегазовому потоку придается за счет тангенциального подвода потока, а во втором закручивателем служит центральное лопастное устройство.

В России наиболее распространены центробежные скрубберы с тангенциальным подводом газопылевого потока и пленочным орошением, создаваемым форсунками. Циклон с водяной пленкой (ЦВП) является типичным представителем этого типа пылеуловителей и предназначен для очистки запыленного вентиляционного воздуха от любых видов нецементирующей пыли.

Скоростные газопромыватели

Скрубберы Вентури являются эффективными аппаратами мокрого пылеулавливания. Разработан большой ряд конструкций скрубберов Вентури:

- 1) с центральным (форсуночным) орошением,
- 2) с периферийным и пленочным орошением,
- 3) с подводом жидкости за счет энергии газового потока (бесфорсуночные скрубберы Вентури).

Методология контроля газоочистного оборудования

Основной величиной, характеризующей работу газоочистных установок (ГОУ) в промышленных условиях, является степень очистки воздуха, которую определяют по одному из следующих соотношений:

$$\eta = \frac{M_2}{M_1} = \frac{M_1 - M_3}{M_1} = \frac{M_2}{M_2 + M_3} = \frac{C_{\text{ВХ}} Q_1 - C_{\text{ВЫХ}} Q_3}{C_{\text{ВХ}} Q_1}, \quad (4.1)$$

где $M_1 - M_3$ - массы химического вещества или частиц пыли, содержащихся в газе до поступления в аппарат, уловленных в аппарате и содержащихся в очищенном воздухе после выхода из аппарата соответственно, кг;

$C_{\text{ВХ}}$ и $C_{\text{ВЫХ}}$ - средние концентрации вещества или частиц пыли в воздухе на входе в аппарат и на выходе из него соответственно, г/м³;

Q_1 и Q_3 - объемные расходы воздуха, поступившего в аппарат и вышедшего из него, приведенные к нормальным условиям, м³/ч.

Иногда для определения эффективности работы аппаратов применяют упрощенное соотношение:

$$\eta = 1 - C_{\text{ВЫХ}} / C_{\text{ВХ}}, \quad (4.2)$$

справедливое только при одинаковых объемных расходах воздуха на входе и выходе из аппарата.

Все значения величин, входящих в соотношения (4.1) и (4.2), следует определять одновременно.

Для контроля ГОУ необходимо знать характеристики пылегазовых потоков до и после прохождения через каждый аппарат в отдельности и всей газоочистки в целом.

Характеристика пылегазовых потоков включает в себя следующие показатели:

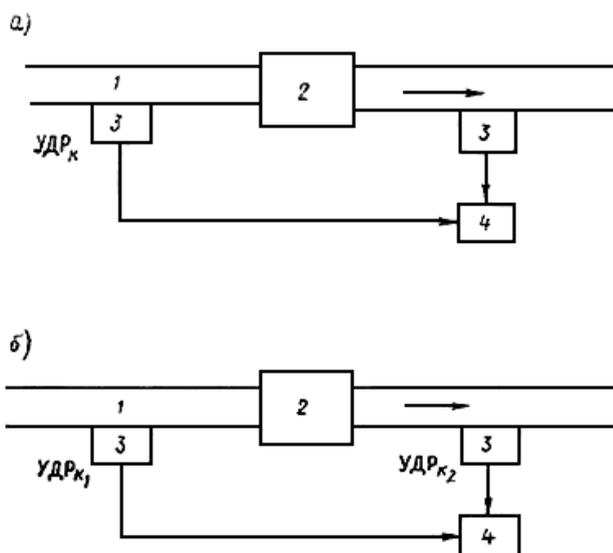
- количество газа на входе и выходе из ГОУ, м³/ч;
- температура газа на входе и выходе, °С;
- влажность газа до и после очистки, г/м³;
- давление или разрежение газов по всему газовому тракту, Па;
- запыленность газа на входе и выходе из ГОУ, г/м³;
- дисперсный состав пыли на входе и выходе из ГОУ.

Контроль ГОУ с использованием инструментальных методов в зависимости от типа газоанализаторов осуществляют в двух вариантах:

- 1) с применением газоанализаторов промышленных выбросов;
- 2) с применением газоанализаторов микроконцентраций.

Контроль ГОУ с применением газоанализаторов промышленных выбросов

Газ отбирают из газохода в точках до и после места расположения ГОУ (рисунок 4.4). На входе ГОУ в газоход помещают пробоотборный зонд с устройством динамического разбавления газовой пробы. Газовая проба очищается от пыли фильтрующим элементом, помещенным в защитный стальной кожух. При фильтрации пыль задерживается пористой перегородкой фильтрующего элемента, а газовая проба проходит через поры фильтра. Использование металлокерамического фильтра позволяет применять его для отбора пробы из газовых потоков практически любой запыленности с температурой до 400 °С и влажностью до 100%. На выходе ГОУ в газоход помещают пробоотборный зонд без УДР, так как концентрация ЗВ соответствует диапазонам измерения газоанализатора. Для фильтрации используют зонды с внутренней или внешней фильтрацией. При внешней фильтрации для предотвращения выпадения конденсата используют подогревательную манжету фильтра. Газовую магистраль доставки пробы к устройству пробоподготовки надо термостатировать.



1 - газоход, 2 - ГОУ, 3 - пробоотборный зонд,
4 - газоанализатор промышленных выбросов (а) или газоанализатор микроконцентраций (б)

Рисунок 4.4 - Схема контроля эффективности ГОУ

Контроль ГОУ с применением газоанализаторов микроконцентраций

При контроле ГОУ с применением газоанализаторов микроконцентраций используют пробоотборные зонды с устройством динамического разбавления пробы УДР_k (см. рисунок 4.4), где *k* это коэффициент разбавления пробы. Пробы газа отбирают из газохода перед местом установки ГОУ и после него. Каждую пробу разбавляют чистым воздухом в заданном соотношении (с коэффициентом разбавления *k*₁ или *k*₂).

Степень очистки газа определяют из соотношений:

$$\eta = 1 - C_{\text{ВЫХ}}^{\text{ИЗМ}} / C_{\text{ВХ}}^{\text{ИЗМ}},$$

$$C_{\text{ВЫХ}}^{\text{ИЗМ}} = k C'_{\text{ВЫХ}}, \quad C_{\text{ВХ}}^{\text{ИЗМ}} = k C'_{\text{ВХ}},$$

где *k* - коэффициент разбавления пробы;

$C'_{\text{ВЫХ}}$ и $C'_{\text{ВХ}}$ - концентрации ЗВ, измеренные с помощью газоанализатора на выходе и входе газоочистного оборудования соответственно;

$C_{\text{ВХ}}^{\text{ИЗМ}}$ и $C_{\text{ВЫХ}}^{\text{ИЗМ}}$ - концентрации ЗВ в разбавленной пробе, измеренные с помощью газоанализатора соответственно на входе и выходе газоочистного оборудования.

Последнее соотношение справедливо при отсутствии подсосов воздуха в ГОУ.

Контроль ГОУ с переключением коэффициента разбавления

Разбавление газа атмосферным воздухом приводит к появлению в анализируемой смеси новых ЗВ, отсутствующих в газовой пробе, взятой из газохода. Это связано с наличием в воздухе рабочей зоны всех примесей, выбрасываемых предприятием, а не только тех, которые имеются в контролируемых ИЗА. При этом наличие дополнительных примесей увеличивает погрешность определения основного ЗВ. Для повышения точности контроля степени очистки газа от ЗВ используют следующий способ. Пробу газа, отбираемую из газохода до газоочистного оборудования, разбавляют газом, отбираемым из газохода после места установки ГОУ, причем концентрацию разбавленного газа измеряют дважды через заданный промежуток времени с разными коэффициентами разбавления. При этом гарантируется, что газовая проба не будет содержать новых

ЗВ, отсутствующих в исходной газовой пробе и вносящих дополнительную погрешность при определении концентрации.

Устройство для контроля степени очистки газа от ЗВ изображено на рисунке 4.5. Устройство состоит из двух пробоотборных узлов 2 и 13 с зондами, установленных в газоходе 1. Первый пробоотборный узел 2 с зондом установлен в газоходе перед ГОУ. Магистраль транспортировки пробы 3 соединяет пробоотборный узел 2 с переключающим пневмоклапаном 4. Один из выходов пневмоклапана 4 соединен с диафрагмой 5, а второй - с диафрагмой 6, имеющей меньший, чем диафрагма 5, диаметр проходного отверстия. Выходы диафрагм 5 и 6 подключены к первому входу 9 эжектора 11. Второй вход 10 эжектора через побудитель расхода 15 и магистраль транспортировки пробы 14 связан с пробоотборным узлом 13, установленным после ГОУ. Выход эжектора через магистраль транспортировки пробы 7 соединен с газоанализатором 8. Эжектор имеет выход сброса 12, предназначенный для сброса излишка газа, не поступающего на анализ в газоанализатор 8.

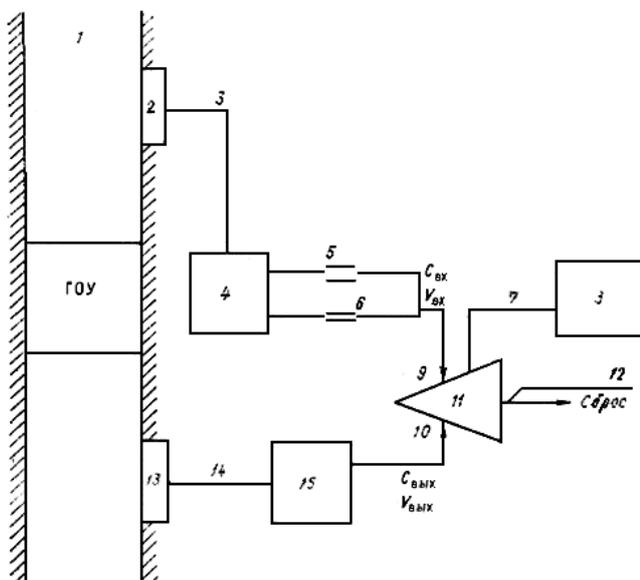


Рисунок 4.5 - Устройство для контроля эффективности ГОУ

От устройства управления (на схеме не показано) подается команда на переключающий пневмоклапан, по которой пробоотборный узел 2 подключается к диафрагме 5, и запускается побудитель расхода 15. Проба газа с малой концентрацией ЗВ, отбираемая через второй пробоотборный узел 13, через магистраль транспортировки пробы 14 и побудитель расхода 15 поступает на вход 10 эжектора 11. В камере эжектора создается разрежение, что приводит к поступлению потока газа с большой концентрацией ЗВ из первого пробоотборного узла 2 через магистраль транспортировки пробы 3 и диафрагму 5 на вход 9 эжектора 11. В камере эжектора смешиваются потоки газа с большой и малой концентрацией ЗВ и образуется смесь с концентрацией, определяемой коэффициентом разбавления, т.е. проходным отверстием диафрагмы 5. Полученная смесь поступает через магистраль транспортировки пробы 7 в газоанализатор 8, где определяется концентрация газовой смеси, соответствующая коэффициенту разбавления диафрагмы 5. Через заданное время, необходимое для измерения концентрации в установившемся режиме (20 мин), устройство управления переводит переключающий пневмоклапан в положение, соответствующее подключению диафрагмы 6 к пробоотборному узлу 2. При этом увеличивается коэффициент разбавления и изменяется концентрация разбавленной газовой пробы в эжекторе 11 и на входе в газоанализатор 8. Газоанализатор 8 измеряет новую концентрацию разбавленной газовой смеси, полученной в эжекторе.

Степень очистки газа η рассчитывают по известным коэффициентам разбавления k_1 и k_2 и соответствующим этим коэффициентам концентрациям ЗВ, измеренным газоанализатором по отношению

$$\eta = \frac{(1 + k_1 + k_2 + k_1 k_2)(C_{\Sigma_2} - C_{\Sigma_1})}{k_1(1 + k_2)C_{\Sigma_1} - k_2(1 + k_1)C_{\Sigma_2}},$$

где k_1 и k_2 - коэффициенты разбавления; C_{Σ_1} и C_{Σ_2} - концентрации ЗВ, измеренные газоанализатором, для значения коэффициента разбавления k_1 и k_2 .

Эффективность работы ГОУ во многом определяется количеством подсасываемого воздуха в газоотводящем тракте и в самих газоочистных аппаратах. Большое количество подсасываемого воздуха по газоходу приводит к снижению эффективности улавливания и отвода газов от технологических агрегатов и повышению нагрузки на газоочистной аппарат, а разбавление газов, содержащих горючие компоненты, может создавать условия для образования взрывоопасных концентраций. Подсос воздуха в самом аппарате, особенно при сухих способах очистки, как правило, приводит ко вторичному пылеуносу и снижению степени очистки газов, а также увеличивает энергозатраты на очистку газа. Для учета подсоса газа на участке выбирают две замерные точки в его начале и конце. В этих точках анализируют концентрацию газа и по ее изменению определяют количество воздуха, подсасываемого в газоход на данном участке.

5. Контроль неорганизованных ИЗА

Эксплуатация ряда объектов в горнодобывающей промышленности, промышленности строительных материалов, нефте- и газодобывающей и перерабатывающей промышленности связана с выделением ЗВ, непосредственно поступающих в атмосферу. Такими объектами являются терриконы и карьеры, буровые установки, узлы погрузки и разгрузки материалов, нефтяные резервуары, пруды-отстойники и т.п. Ввиду многообразия неорганизованных ИЗА и технических трудностей, связанных с их контролем, методология контроля неорганизованных ИЗА в настоящее время разработана недостаточно.

Ниже приведены основные методы контроля неорганизованных ИЗА на примере нефтеперерабатывающей промышленности: инструментально-лабораторные (для определения выбросов из цистерн и открытых площадных ИЗА) и инструментальные (для контроля открытых площадных ИЗА).

Методология определения суммарной концентрации углеводородов методом газожидкостной хроматографии

Для определения концентрации ЗВ в выбросах из железнодорожных и автомобильных цистерн пробу отбирают во время налива нефтепродукта.

Для определения суммарной концентрации алифатических $C_1 - C_8$ и ароматических $C_6 - C_8$ углеводородов в промышленных выбросах с диапазоном концентраций (50-30000) мг/м³ используют газохроматографические методы, основанные на общем детектировании углеводородов пламенно-ионизационным детектором (ПИД).

Пробу исследуемого воздуха вводят без предварительного концентрирования в колонку, заполненную инертным носителем. Количественный анализ основан на том, что чувствительность ПИД пропорциональна числу атомов углерода в молекуле углеводорода.

Суммарную концентрацию углеводородов в газовых выбросах определяют по градуировочным зависимостям высот пиков h (в миллиметрах) от концентрации гексана (в миллиграммах в 1 м³) в пересчете на углерод методом абсолютной калибровки. Градуировочную зависимость строят по МИ 137-77 «Методике по нормированию метрологических характеристик градуировки, поверке хроматографических приборов универсального назначения и суммы точности результатов хроматографических измерений».

Через (2-3) ч приготовленную градуировочную смесь анализируют. Правильность градуировочной зависимости проверяют 1 раз в месяц по МИ 137-77.

Пробу исследуемого воздуха объемом 1 мл вводят в хроматограф шприцем, предварительно промыв шприц исследуемым воздухом. Сигнал ПИД на $\sum C_x H_x$ выходит на хроматограмме одним узким пиком с временем удерживания 13 с. Каждую пробу анализируют 5 раз. Измеряют высоту пиков и за результат принимают среднее арифметическое значение.

Концентрацию гексана или бензола (в миллиграммах в 1 м³) в градуировочной смеси в пересчете на углерод вычисляют по соотношению

$$C = [12mn / (MV)] \cdot 10^3,$$

где m - навеска гексана или бензола, мг;

n - число атомов углерода в молекуле гексана или бензола;

V - объем бутылки, л;

M - относительная молекулярная масса смеси гексана и бензола.

Суммарную концентрацию углеводородов в пересчете на углерод в пробе анализируемого воздуха при нормальных условиях определяют по градуировочной зависимости высот пиков от концентрации гексана или бензола в градуировочной смеси.

Суммарную концентрацию углеводородов в выбросах в пересчете на углерод рассчитывают по соотношению

$$C^1 = C / \alpha,$$

где C - суммарная концентрация углеводородов, определенная по градуировочному графику, мг/м³;

α - коэффициент, рассчитанный по соотношению

$$\alpha = 273 p_a / [760(273 + t)],$$

где p_a - атмосферное давление, мм рт. ст.;

t - температура в месте отбора пробы, °С.

Погрешности измерений суммарной концентрации углеводородов оценены при числе измерений $n = 5$ и принятой доверительной вероятности, равной 0,95, в диапазоне измерений (50-30000) мг/м³, доверительные границы случайной погрешности $\pm 5\%$. Относительная суммарная погрешность измерения $\pm 10\%$.

Метод оценки выбросов углеводородов из открытых площадных ИЗА

Метод основан на определении скорости ветра и концентраций ЗВ в газовой воздушном потоке по периметру ИЗА с наветренной и подветренной сторон.

Метод предусматривает проведение следующих измерений:

- 1) скоростей и температур газовоздушного потока,
- 2) барометрического давления,
- 3) концентраций углеводородов по периметру ИЗА в точках наветренной и подветренной сторон;
- 4) геометрических размеров объекта.

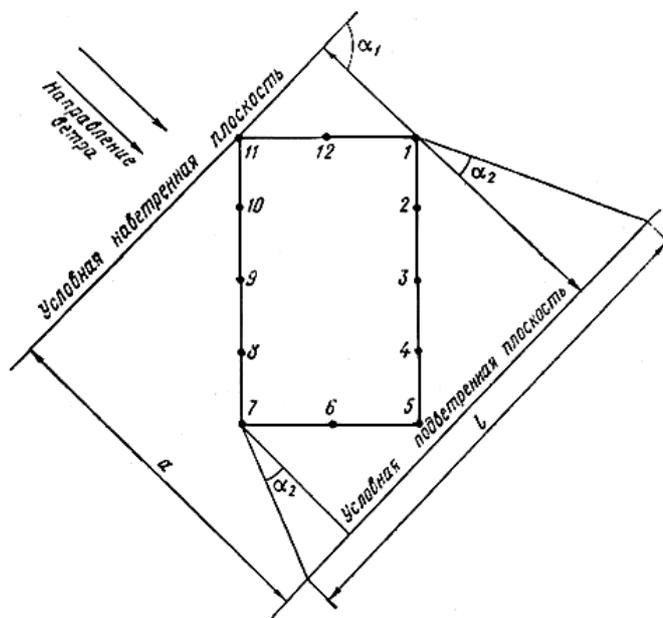
Скорость измеряют анемометром типа АСО-3 по ГОСТ 6376-64 при скорости (1-4) м/с и анемометром типа МС-13 при скорости 4 м/с и больше.

Температуру измеряют ртутным термометром по ГОСТу 18646-68.

Давление измеряют мембранным манометром по ТУ 23696-79.

Концентрацию углеводородов в пробе измеряют газоанализатором на $\sum C_x H_x$ (без метана) с пределом измерения до 500 ppm (1 ppm = 10⁻⁴ % об.).

До начала измерения выбирают проекцию условной наветренной плоскости, проходящей через ближний с наветренной стороны угол источника перпендикулярно направлению ветра (рисунок 4.6), подготавливают приборы в соответствии с требованиями НТД и выписывают данные о размерах объекта.



1-12 - точки плоскостей

Рисунок 4.6 - Расположение условных плоскостей:

Измеряют температуру, атмосферное давление и скорость газовоздушного потока на высоте 3 м.

Рассчитывают значения l_y , a и a_i - расстояния от каждой i -й точки до условной наветренной плоскости.

Проводят в пяти-шести точках контроль с наветренной и подветренной сторон источника. Измеряют концентрации во всех выбранных точках.

Массовый выброс рассчитывают по соотношению

$$M_y = 2,31 w_y l_y \frac{P_a}{273 + t_y} \cdot \left[\frac{\sum_{i=1}^n C_{\text{подв}}^i k(a_i)}{n} - \frac{\sum_{i=1}^m C_{\text{нав}}^i k(a_i)}{m} \right] \cdot 10^{-3},$$

где M_y - массовый выброс, г/с;

w_y - скорость ветра на высоте 3 м, м/с;

l_y - длина подветренной условной плоскости;

P_a - атмосферное давление, мм рт. ст.;

t_a - температура воздуха, °С;

$C_{\text{подв}}^i$ и $C_{\text{нав}}^i$ - концентрация ЗВ в i -й точке с подветренной и наветренной сторон соответственно, мг/м³;

n и m - число точек с подветренной и наветренной сторон соответственно;

$k(\alpha)$ - опытный коэффициент, зависящий от α .

Данные нескольких замеров в одной точке усредняют.

Метод инструментального контроля плоских наземных ИЗА

Данный метод основан на отборе и анализе проб ЗВ, поступающих в атмосферу от очистных сооружений: нефтеловушек, бассейнов, нефтеотделителей и других плоских наземных ИЗА.

Система контроля плоских наземных ИЗА (рисунок 4.7) состоит из пробоотборников 5, входы которых размещены по периметру ИЗА; переключателей устройств 6 и 8; электромагнитных клапанов 7 и 9 и включенных параллельно на общий коллектор автоматических преобразователей концентраций 12. Необходимые для контроля точки отбора выбирают с помощью блока выбора точек отбора 2, состоящего из многоуровневого компаратора 3 и преобразователя кодов 4.

Вход блока 2 соединен с выходом автоматического измерителя направления ветра 1. Блок 2 имеет два кодовых выхода, передающих код требуемой точки отбора с подветренной и наветренной сторон источника на переключательные устройства 6 и 8 соответственно. Стабилизирующее устройство 13, состоящее из источника опорных импульсов 14 и делителя частоты 15, соединено с управляющими входами клапанов 7 и 9, установленных на выходах устройств 6 и 8. Один из выходов клапанов 7 и 9 связан с коллектором параллельно включенных автоматических преобразователей концентрации 12, а другой - с входом побудителя расхода газа 18. Выходы автоматических преобразователей концентрации 12 можно подключать к входам вычислительного устройства 10, связанного с измерителем скорости ветра 11.

Система работает следующим образом. С выхода автоматического измерителя направления ветра 1 поступает электрический сигнал, пропорциональный углу между направлением ветра и направлением на север. Этот сигнал поступает в блок выбора точек отбора 2, где сравнивается с набором установок (заданных напряжений) во многоуровневом компараторе 3. При этом выбирается поддиапазон, верхняя граница (уставка) которого ограничивает сигнал сверху, а нижняя - снизу. После выбора поддиапазона блоки 6 и 8 подключают соответствующие пробоотборники с наветренной и подветренной сторон ИЗА.

Сигналы от автоматических преобразователей концентраций 12 поступают в вычислительное устройство 10, где по концентрациям ЗВ с наветренной и подветренной сторон ИЗА, по информации, поступающей от автоматического измерителя скорости ветра 11, и по размерам ИЗА, введенным в память, вычисляется массовый выброс от ИЗА по соотношению, аналогичному (1).

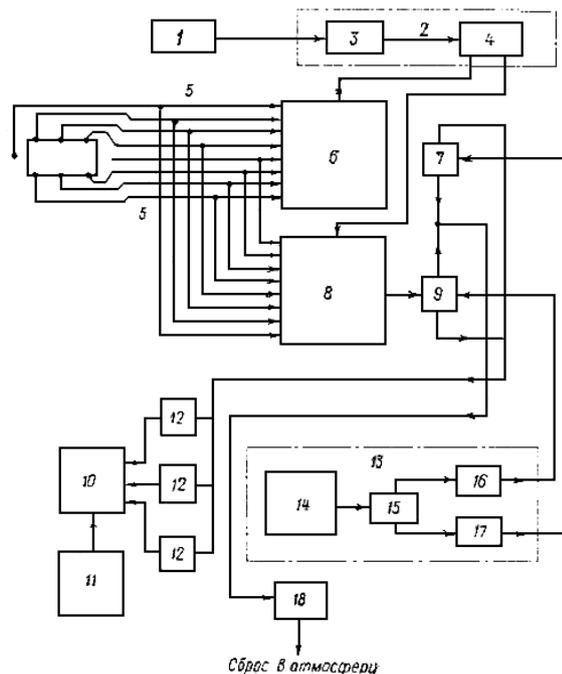


Рисунок 4.7 - Блок-схема системы отбора и анализа проб воздуха от плоских наземных ИЗА

Тема 5. Методы и средства анализа состава атмосферного воздуха, воздуха рабочей зоны и выбросов

План:

1. Основные области применения газоаналитической техники.
2. Классификация методов газового анализа и газоанализаторов на их основе.
3. Принцип действия основных методов газового анализа, применяемых для решения задач в области мониторинга сред обитания и промышленных выбросов, и структурные методы газоанализаторов на их основе.

1. Основные области применения газоаналитической техники

Газовый анализ - это качественное обнаружение и количественное определение компонентов газовых смесей. Газовый анализ может проводиться, так по лабораторным методикам, так как с помощью специальных газоанализаторов. Газоанализатор - средство измерений содержания одного или нескольких компонентов в газовой смеси (по ГОСТ 13320-81 «Газоанализаторы промышленные автоматические. Общие технические условия»). К большому сожалению, создать один универсальный газоанализатор для решения задач газового анализа невозможно. Контроль различных газов во множестве диапазонов измерений концентраций веществ производится исключительно разными способами и методами измерений. Поэтому данные приборы изготавливаются серийно или индивидуально под свою аналитическую задачу для каждого конкретного случая.

На современном этапе можно выделить следующие основные области применения газоаналитической техники (аналитические задачи):

1. Мониторинг технологических процессов (в том числе и природоохранных).
2. Мониторинг сред обитания.
 - 2.1. Мониторинг атмосферного воздуха.
 - 2.2. Мониторинг воздуха рабочей зоны.
 - 2.3. Мониторинг состава газовых сред замкнутых искусственных экологических систем.
3. Мониторинг источников загрязнения атмосферы.
 - 3.1. Мониторинг промышленных выбросов от стационарных источников загрязнения атмосферы.
 - 3.2. Мониторинг передвижных источников загрязнения атмосферы.
4. Научные исследования.
5. Метрология (образцовые средства метрологического обеспечения).
6. Медицина.
7. Техника военного назначения.

2. Классификация методов газового анализа и газоанализаторов на их основе

Широкий круг газоаналитических задач явился причиной развития большого числа методов газового анализа.

По принципу действия различают физические и физико-химические методы газового анализа.

Физические методы основаны на измерении некоторого физического свойства, зависимость которого от химического состава точно определена (теплопроводность, плотность газа, поглощение электромагнитных волн и т.п.).

Физико-химические методы основаны на измерении некоторых физических явлений, сопровождающих химическую реакцию, в которой определяемый газ либо участвует сам, либо на которую он оказывает существенное влияние. В некоторых случаях анализируемая газовая смесь сама содержит достаточное количество вещества, необходимого для реакции с определяемым газом, а иногда к анализируемой смеси приходится добавлять вспомогательное вещество в газовой или жидкой фазе.

Существуют избирательные и неизбирательные методы измерения. В неизбирательных методах проводится измерение свойств пробы (например, плотности или теплопроводности), кото-

рые зависят от относительного содержания всех ее компонентов пробы. Поэтому такие методы могут применяться для анализа бинарных и псевдобинарных газовых смесей, в которых варьируется содержание только определяемого компонента, а соотношение концентраций остальных компонентов не изменяется. В избирательных методах измеряемое свойство пробы зависит преимущественно от содержания определяемого компонента.

Стандартизированной классификации методов газового анализа на данный момент не существуют и в литературе имеются по этому вопросу много предложений. Одним из вариантов предложена следующая классификация физико-химических методов и физических методов газового анализа:

I. Физико-химические методы:

1. Хроматографический метод;
2. Эмиссионные методы:
 - 2.1. С использованием теплового эффекта химической реакции;
 - 2.2. С использованием молекулярной люминесценции;
3. Электрохимические методы:
 - 3.1. Кондуктометрический метод;
 - 3.2. Кулонометрический метод;
4. Колориметрический методы:
 - 4.1. Фотоколориметрический метод;
 - 4.2. Линейно-колористический.

II. Физические методы:

1. Оптический метод:
 - 1.1. Абсорбционный метод:
 - 1.1.1. Недисперсный абсорбционный метод (для реализации метода применяются лазеры, газовые фильтры, твердотельные фильтры (интерференционные, дифракционные и т.п.) и т.п.);
 - 1.1.2. Дисперсный абсорбционный метод (для реализации метода применяются дифракционные решётки, призмы и т.п.);
 - 1.2. Флуорометрический метод;
 - 1.3. Интерферометрический метод;
 - 1.4. Рефрактометрический метод.
2. Масс – спектральный метод;
3. Акустический метод;
4. Метод, основанный на эффекте сорбции на твёрдых сорбентах;
5. Метод, основанный на парамагнитных свойствах газов;
6. Метод, основанный на измерении теплопроводности;
7. Метод, основанный на измерении плотности.

В последнее время развиваются биологические методы. Однако широкого применения для решения задач мониторинга среды обитания человека они не нашли, несмотря на то что они обладают рядом преимуществ по сравнению с выше перечисленными методами.

Все приборы газового анализа, реализующие выше перечисленные методы, могут быть классифицированы:

1) *по функциональным возможностям* (индикаторы, течеискатели, сигнализаторы, газоанализаторы). Индикаторы газа дают лишь качественную оценку газовой смеси о наличии в ней контролируемого компонента. Они работают по принципу «много-мало». В большинстве случаев индикаторы – это портативные приборы, отображающие информацию при помощи линейки точечных светодиодов. Например, при большом количестве контролируемого вещества светится вся линейка диодов. Течеискатели, как правило, горючих газов, фреона и других хладагентов имеют в составе пробоотборник или зонд. Как правило, эти устройства показывают себя как простые в эксплуатации, удобные в применении и надежные приборы. В то же время, портативные течеискатели представляют собой сигнализаторы для профессионального использования, имея высокую чувствительность и избирательность. Сигнализаторы загазованности (газосигнализаторы) позволяют весьма приблизительно оценить концентрацию контролируемых веществ, имея при этом один или

несколько порогов срабатывания сигнализации. Как правило, неотъемлемой частью стационарного сигнализатора либо газосигнализатора является блок реле или блок коммутации, которые служат для коммутации внешних устройств, в том числе принудительной вентиляции, при достижении порогов срабатывания. По функциональным возможностям газоанализаторы представляют вершину эволюции в области газового анализа. Они могут давать не только количественную оценку концентрации измеряемого вещества с цифровой индикацией показаний, но и снабжаются по желанию потребителя различным вспомогательным функционалом;

2) *в зависимости от возможности перемещения в процессе эксплуатации газоанализаторы* (ГОСТ 13320-81): стационарные; передвижные; переносные; носимые (индивидуальные). Характерными особенностями переносных и индивидуальных газоанализаторов принято считать небольшие массогабаритные показатели, что позволяет их применять практически на любом рабочем месте. Переносные и индивидуальные приборы газового анализа, как правило, имеют цифровую индикацию результатов измерения, а также светозвуковую сигнализацию о превышении порогов опасных концентраций газов. Основным и важным назначением переносных газоанализаторов для контроля параметров воздуха рабочей зоны принято считать обследование замкнутого пространства и подземных объектов на предмет дефицита кислорода, наличия токсичных веществ и горючих газов, например, при оформлении допуска рабочих для осуществления работ. Для контроля опасных факторов непосредственно в самом месте нахождения человека используются индивидуальные приборы, необходимые для рабочего персонала при выполнении различных работ на потенциально опасных территориях или в помещениях.

Для газоанализаторов стационарного типа масса и габариты, как правило, не важны и не являются критичными, зато к ним предъявляются высокие требования к стабильности показаний и надёжности работы. Стационарные приборы могут быть оснащены средствами сигнализации о превышении пороговых значений концентрации, интерфейсом для передачи данных на компьютер, а также средствами выключения либо включения исполнительных устройств, например, с помощью блоков реле из состава газоанализаторов.

Как переносные и индивидуальные, так стационарные и передвижные газоанализаторы могут иметь общепромышленное, взрывобезопасное исполнение с различными типами взрывозащиты, а также широкий спектр степени герметичности, защиты от воздействия атмосферы, влаги и пыли (IP);

3) *по количеству измеряемых компонентов* (однокомпонентные и многокомпонентные). Однокомпонентные газоанализаторы – это, как правило, простые приборы, которые комплектуются одним датчиком или сенсором и рассчитаны для измерений концентрации только одного вещества. Газоанализаторы на один компонент могут иметь портативное, переносное либо стационарное исполнение конструкции. Многокомпонентные газоанализаторы применяются для измерения и контроля одновременно нескольких разных веществ. В таких мультигазовых анализаторах обычно используются отличные друг от друга типы сенсоров или электрохимические ячейки. В зависимости от количества и типа установленных чувствительных элементов многокомпонентный газоанализатор способен индицировать на экране цифрового дисплея свои показания от 1 до 6 газов одновременно;

4) *по количеству каналов измерения* (одноканальные и многоканальные). Одноканальные газоанализаторы – это приборы, предназначенные для контроля концентрации одного определённого вещества и имеющие один датчик или один измерительный канал, либо одну точку для отбора пробы. Выделяют стационарные моноблочные одноканальные газоанализаторы, объединяющие в одном корпусе измерительный сенсор, электронный преобразователь, а также световые либо цифровые индикаторы; стационарные одноканальные приборы с информационным пультом и одним выносным датчиком либо измерительным преобразователем на конкретный газ. Одноканальные газоанализаторы стационарного типа могут работать как автономно, так и в составе измерительной газоаналитической системы, которая объединяет необходимое количество газоанализаторов. Кроме того, одноканальными газоанализаторами могут быть и компактные переносные приборы, в том числе персональные (индивидуальные). Многоканальные газоанализаторы – это приборы для одновременного контроля до 16 и больше каналов измерения. В одном таком газоанализаторе до-

пускается сочетание каналов измерения разных газов в произвольном наборе. В случае газоанализаторов с измерительными датчиками проточного типа проблему многоточечного контроля можно решить при помощи вспомогательных устройств специального типа: газовых распределителей, обеспечивающих поочередную подачу пробы к датчику из нескольких точек пробоотбора;

5) *по назначению* (для обеспечения безопасности работ, для контроля технологических процессов, для контроля промышленных выбросов, для контроля выхлопных газов автомобилей, для экологического контроля и т.п.). В зависимости от назначения по ГОСТ 13320-81 газоанализаторы различают по:

- наименованиям определяемого компонента;
- диапазонам измерений;
- наименованиям неопределяемого компонента;
- в зависимости от режима работы газоанализаторы подразделяют на (ГОСТ 13320-81):
- непрерывного действия;
- циклического действия.

б) *в зависимости от воздействия окружающей среды* газоанализаторы подразделяют на исполнения (по ГОСТ 13320-81 и ГОСТ 12997-84 «Изделия ГСП. Общие технические условия»):

- обыкновенное;
- защищенное от попадания внутрь изделия твердых тел (пыли);
- защищенные от попадания внутрь изделия воды;
- защищенные от агрессивной среды;
- взрывозащищенные;
- защищенные от других внешних воздействий;

7) *по устойчивости к механическим воздействиям* газоанализаторы подразделяют на исполнения (по ГОСТ 13320-81 и ГОСТ 26883-86 «Внешние воздействующие факторы. Термины и определения»):

- виброустойчивое;
- вибропрочное;
- удароустойчивое;
- ударопрочное.

Прочность изделия - свойство изделия сохранять работоспособное состояние после воздействия на него определенного внешнего воздействующего фактора (вибрации или удара) в пределах заданных значений. Устойчивость изделия – это свойство изделия сохранять работоспособное состояние во время действия на него определенного внешнего воздействующего фактора (вибрации или удара) в пределах заданных значений.

3. Принцип действия основных методов газового анализа, применяемых для решения задач в области мониторинга сред обитания и промышленных выбросов, и структурные схемы газоанализаторов на их основе

Физико-химические методы газового анализа

1. Хроматографический метод

Хроматографический метод состоит в разделении адсорбционным способом газовой смеси при пропускании её совместно с потоком газа-носителя через слой пористого сорбента и последующим поочередным измерением содержания каждого выделившегося компонента физическими методами. Физические свойства отдельных компонентов, входящих в состав пробы, неодинаковы, поэтому существует различие в скоростях их передвижения через хроматографическую колонку. По мере продвижения пробы вдоль хроматографической колонки происходит процесс разделения компонентов на ряд отдельных, представляющих собой бинарные смеси каждого из компонентов с газом-носителем, разделенные между собой зонами чистого газа-носителя. Физические свойства газового потока, выходящего из хроматографической колонки, фиксируются детектором (детекторы используют разные, в зависимости от класса химического вещества). Выход компонентов фиксируется на хроматограмме в виде пиков, расположенных на нулевой линии, представляющей собой регистрацию сигналов детектора во времени выхода из колонки чистого газа-носителя

(например, на рисунке 5.1 приведена хроматограмма газовой смеси из двух компонентов). Хроматограмма является источником качественной (какой газ) и количественной (концентрация газа) (высота или площадь пика) информации.

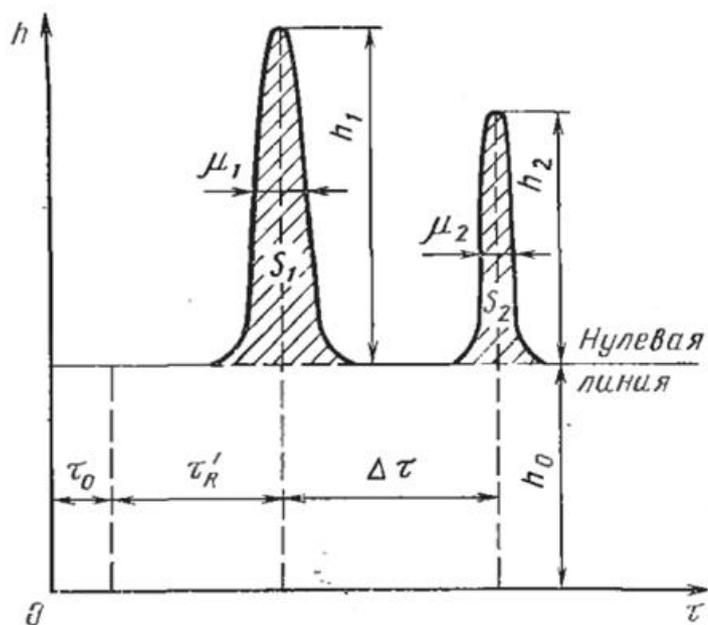


Рисунок 5.1 – Хроматограмма двухкомпонентной смеси

Структурная схема хроматографа приведена на рисунке 5.2.

Газовая система хроматографа включает в себя баллон с газом-носителем, редуктор и блок подготовки газов. В качестве газа-носителя обычно применяют сжатые до давления - 15 МПа газы, поставляемые в баллонах емкостью 40 дм³ (позиция 1 на рисунке 5.2). Требования к газу носителю:

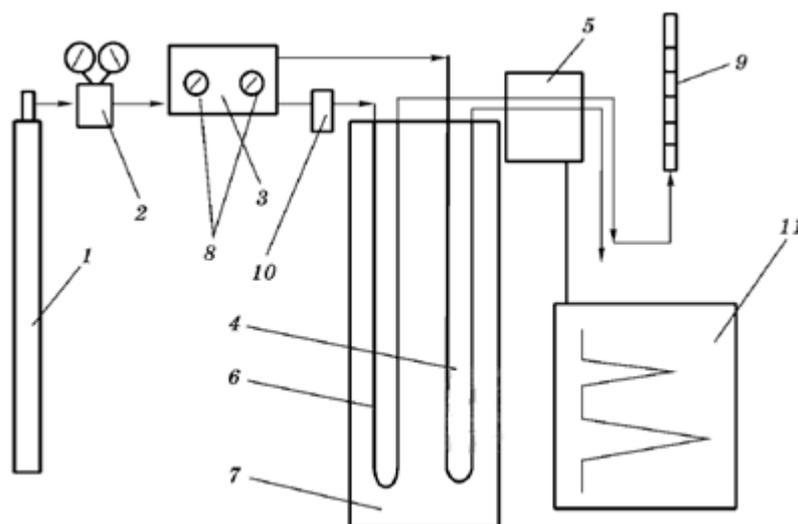
- инертность к разделяемым веществам и неподвижной фазе колонки;
- малая вязкость, необходимая для поддержания минимального перепада давлений в колонке;
- обеспечение высокой чувствительности детектора;
- доступность.

Выбор того или иного газа-носителя определяется в первую очередь доступностью (низкой его стоимостью) и обеспечением высокой чувствительности применяемого детектора. Если в работе используется *катарометр*, то предпочтительнее применять гелий, так как его теплопроводность сильно отличается от теплопроводности большинства веществ, что обеспечивает более высокую чувствительность детектора, чем при работе с более дешевым азотом. Детектор электронного захвата имеет большую чувствительность при работе с аргоном и азотом, нежели с гелием. При использовании ПИД можно применять дешевый азот, так как влияние свойств газа-носителя на чувствительность детектора здесь минимально и т. д. Баллоны с газами принято маркировать, как это приведено в таблице 5.1. *Редуктор* (позиция 2 на рисунке 5.2) понижает давление с 15 до (0,15–0,5) МПа. Входной манометр редуктора показывает давление в баллоне, выходной - давление на входе в блок подготовки газов. *Блок подготовки газов* (позиция 3 на рисунке 5.2) включает в себя:

- 1) систему очистки — фильтры, очищающие газ от пыли, и колонки с адсорбентом (молекулярные сита), очищающие газ от воды, масла и т. п.;
- 2) регуляторы расхода газа-носителя — они позволяют поддерживать определенную объемную скорость — газа-носителя, протекающего через хроматографические колонки.

Таблица 5.1 – Маркировка баллонов с газами

Наименование газа	Цвет баллона	Цвет надписи	Цвет полосы
Азот	Черный	Желтый	Коричневый
Аммиак	Желтый	Черный	—
Аргон сырой	Черный	Белый	Белый
Аргон технический	Черный	Синий	Синий
Аргон чистый	Серый	Зеленый	Зеленый
Ацетилен	Белый	Красный	—
Бутилен	Красный	Желтый	Черный
Водород	Зеленый	Красный	—
Гелий	Коричневый	Белый	—
Закись азота	Серый	Черный	—
Кислород	Голубой	Черный	—
Кислород медицинский	Голубой	Черный	—
Сероводород	Белый	Красный	Красный
Сжатый воздух	Черный	Белый	—
СО ₂	Черный	Желтый	—
Фреон-11	Серебристый	Черный	Синий



1 - баллон с газом-носителем; 2 - редуктор; 3 - блок подготовки газов;
 4-колонка сравнения; 5 - детектор; 6 - рабочая колонка; 7 - термостат колонок;
 8 - манометры; 9- пенный расходомер; 10 - испаритель;
 11 – потенциометр или экран монитора.

Рисунок 5.2 – Структурная схема газового хроматографа

Очистка газов. Аргон обычно поставляют достаточно чистым, и он не нуждается в дополнительной очистке. Азот, применяемый в хроматографии, обычно имеет степень чистоты, равную 99,99 %, поэтому его также не следует дополнительно очищать. То же относится и к гелию при использовании катарометра или ПИД. Однако в случае применения гелиевого ионизационного детектора газ не должен содержать даже следов примесей. Присутствие примесей в газах обычно не влияет на сам процесс разделения, однако они могут оказывать вредное воздействие на неподвижную фазу в колонке. Так, кислород и водяной пар при температурах выше 100 °С могут разлагать полигликоли, полиэферы и некоторые силиконовые фазы, что приводит к изменению термостойкости и хроматографических свойств неподвижных фаз.

Для осушки газов обычно применяют молекулярные сита. Они обладают большой емкостью (до 30% от собственной массы), способностью адсорбировать воду даже при температурах выше температуры ее кипения и легко регенерируются. Кислород, водород, углекислый газ обычно удаляют из газов с помощью каталитических реакций. Так, для очистки водорода или газов, содержащих водород, от следов кислорода систему пропускают через палладиевый катализатор, работающий уже при комнатной температуре. Образующаяся при этом вода улавливается молекулярными ситами. Следы углекислого газа, метана и других углеводородов удаляют с помощью медного или никелевого катализаторов, нагретых до 600 °С.

Ввод газовых проб осуществляют либо с помощью шприца, либо с помощью крана-дозатора.

Достоинства метода:

1. Высокая селективность (избирательность) метода;
2. Метод позволяет производить анализ органических газов, которые нельзя разделить ни

одним другим методом.

Недостатки метода:

1. Чувствительность (в основном определяется типом используемого детектора);
2. Тип используемого детектора определяет класс определяемых компонентов (например, для анализа органических соединений используется пламенно-ионизационные детекторы (ПИД));
3. Для каждого класса определяемых компонентов требуется своя неподвижная фаза в хроматографической колонке;
4. Низкое быстродействие.

Анализируемые компоненты:

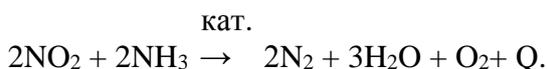
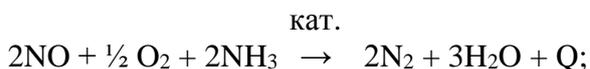
Данный метод позволяет производить анализ как органических, так и неорганических соединений.

2. Эмиссионные методы

Эмиссионные методы основаны на измерении интенсивности излучения, которая сопровождает химическую реакцию. Для анализа используют как спектры теплового излучения, так и молекулярную люминесценцию.

2.1. Использование теплового эффекта химической реакции.

Например, для определения содержания NO_x (NO, NO₂) используют следующие химические реакции:



Данные реакции являются экзотермическими и общее количество тепла, выделившееся в результате этих химических реакций, будет зависеть от концентрации NO_x в анализируемой пробе.

Достоинства метода:

1. Высокая чувствительность метода;
2. Высокое быстродействие;

3. Простота конструкций и низкая стоимость приборов, используемых в данном методе.

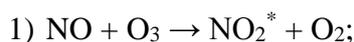
Недостатки метода:

1. Низкая селективность метода;
2. Необходимость строго поддерживать постоянство соотношений расхода реагирующих компонентов;
3. Изменение активности катализатора.

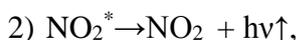
2.2. Использование молекулярной люминесценции

Сущность метода состоит в том, что исследуемые молекулы тем или иным способом приводят в состояние оптического возбуждения и затем регистрируют интенсивность люминесценции, возникающей при возвращении их в равновесное состояние.

Данный метод в настоящее время является одним из основных методов измерения, используемый при контроле оксидов азота:



Знак * говорит о том, что молекула NO_2 находится в возбуждённом состоянии.



где h – постоянная Планка;

ν – волновое число (частота), см^{-1} .

Волновое число связано с длиной волны соотношением

$$\lambda = \frac{10^4}{\nu} \text{ (мкм)}.$$

В результате протекания реакции возникает люминесцентное свечение в диапазоне длин волн (600-3000) нм с максимумом свечения при 1200 нм.

Этим методом можно определять и NO_2 , если предварительно с помощью специальных катализаторов восстановить его до NO (температура восстановления (300-600) $^\circ\text{C}$ + NH_3 + катализатор). Структурная схема газоанализатора приведена на рисунке 5.3.

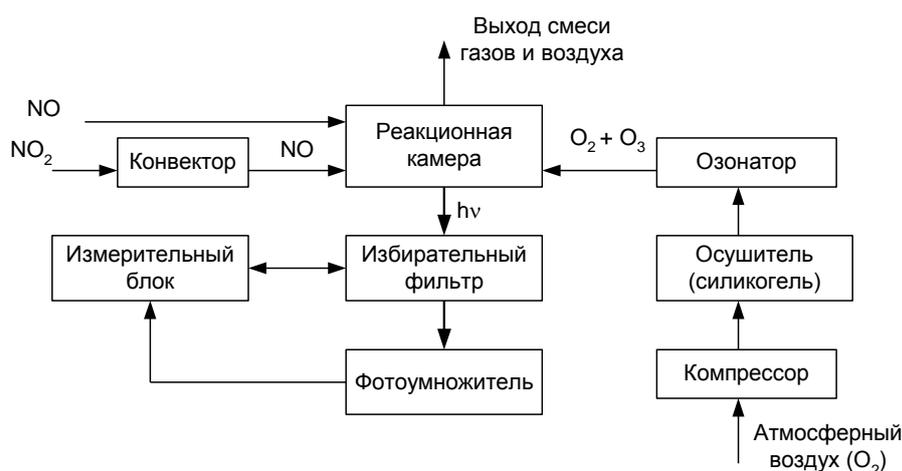


Рисунок 5.3 - Структурная схема хемилюминесцентного газоанализатора

Избирательный фильтр выделяет определённый спектральный интервал из спектра, генерируемого источником излучения, по энергии которого можно оценить концентрацию измеряемо-

го компонента. Для этих целей применяют интерференционные фильтры, дисперсионные фильтры и пр. Спектральное пропускание интерференционного фильтра приведено на рисунке 5.4.

Спектральное пропускание интерференционного фильтра описывается следующей формулой:

$$\tau = \tau_m \left[1 - \frac{1}{2} \left(\frac{\lambda - \lambda_0}{\delta\lambda_{0.5}} \right)^2 \right]^2$$

где τ_m - максимальное пропускание интерференционного фильтра, %;

$\delta\lambda_{0.5}$ - полуширина интерференционного фильтра, мкм;

λ - длина волны, мкм.

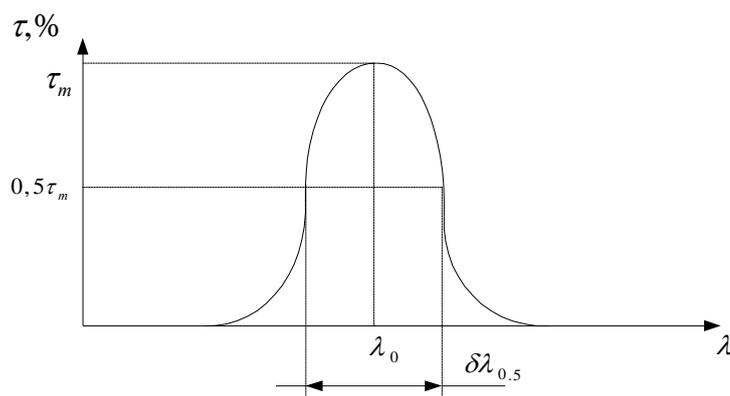


Рисунок 5.4 – Спектральное пропускание интерференционного фильтра

Достоинства метода:

1. Высокая чувствительность;
2. Высокая селективность;
3. Работоспособность детекторов вплоть до температуры 300 °С;

Недостатки метода:

Для работы газоанализатора требуются расходные компоненты (например, как в примере NH_3). Для определения концентрации углеводородов и оксидов азота необходимо использовать озон, для определения озона - этилен, кроме того для увеличения скорости реакции газовая смесь озон-этилен облучается ультрафиолетом.

Анализируемые компоненты: NO , NO_2 , $\sum \text{NO}_x$, O_3 , некоторые углеводороды.

3. Электрохимические методы

Электрохимические методы анализа - это совокупность методов качественного и количественного анализа, основанных на электрохимических явлениях, происходящих в исследуемой среде или на границе раздела фаз и связанных с изменением структуры, химического состава или концентрации анализируемого вещества.

В электрохимических методах измеряют параметры системы, состоящей из жидкого или твердого электролита, электродов и определяемого компонента газовой смеси или продуктов его реакции с электролитом.

Электрохимические методы анализа (ЭХМА) основаны на процессах, протекающих на электродах или межэлектродном пространстве. Результатом этих процессов является изменение ряда параметров системы - потенциал, сила тока, количество электричества, полное сопротивление, электрическая емкость, электрическая проводимость, диэлектрическая проницаемость. Их достоинством является высокая точность и сравнительная простота как оборудования, так и методик

анализа. Высокая точность определяется весьма точными закономерностями используемыми в ЭХМА. Большим удобством является то, что в этом методе используют электрические воздействия, и то, что результат этого воздействия (отклик) тоже получается в виде электрического сигнала. Это обеспечивает высокую скорость и точность отсчета, открывает широкие возможности для автоматизации. ЭХМА отличаются хорошей чувствительностью и селективностью, в ряде случаев их можно отнести к микроанализу, так как для анализа иногда достаточно менее 1 мл раствора.

По разновидностям аналитического сигнала подразделяют на:

- 1) кондуктометрию - измерение электропроводности исследуемого раствора;
- 2) потенциометрию - измерение бестокового равновесного потенциала индикаторного электрода, для которого исследуемое вещество является потенциоопределяющим;
- 3) кулонометрию - измерение количества электричества, необходимого для полного превращения (окисления или восстановления) исследуемого вещества;
- 4) вольтамперометрию - измерение стационарных или нестационарных поляризационных характеристик электродов в реакциях с участием исследуемого вещества;
- 5) электрогравиметрию - измерение массы вещества, выделенного из раствора при электролизе.

3.1. Кондуктометрический метод

Данный метод основан на регистрации изменений электропроводности раствора, возникающих в результате поглощения определяемого компонента раствором.

Сигнал формируется в межэлектродном пространстве электрохимической ячейки и возникает за счёт:

- диссоциации молекул на ионы;
- миграции ионов под действием внешнего источника напряжения.

По этой причине методом кондуктометрии можно анализировать только растворы электролитов.

3.2. Кулонометрический метод

Кулонометрия – электрохимический метод анализа, основанный на измерении количества электричества, необходимого для электрохимического превращения определяемого вещества. Это простой, надёжный, высокочувствительный метод, позволяющий проводить анализ с достаточно высокой точностью и экспрессностью, что позволяет автоматизировать процесс аналитического контроля и дает возможность управлять им дистанционно.

В основе кулонометрического метода анализа лежит процесс электролиза, при котором на поверхности электрода, опущенного в анализируемый раствор, под действием электрического тока происходит окисление или восстановление определяемого вещества. При этом электрическая энергия переходит в энергию окислительно-восстановительной реакции.

Различают два основных вида кулонометрических определений:

- прямую кулонометрию;
- кулонометрическое титрование.

В прямой кулонометрии электрохимическому превращению подвергается непосредственно анализируемое вещество.

В кулонометрическом титровании, независимо от электрохимической активности определяемого вещества, в испытуемый раствор вводят электрохимически активный вспомогательный реагент, продукт электрохимического превращения которого (кулонометрический титрант) количественно взаимодействует с определяемым веществом.

Кулонометрию можно проводить при постоянном потенциале рабочего электрода (потенциостатический режим) или при постоянной силе тока электролиза (амперостатический режим).

Достоинства метода:

1. Высокая чувствительность;
2. Высокое быстродействие;
3. Простота конструкции, малые габариты.

Недостатки метода:

1. Низкая селективность;
2. Необходимость периодической замены электрохимических ячеек;
3. Необходимость предварительной очистки анализируемой газовой смеси от мешающих примесей.

Анализируемые компоненты: O_2 , CO_2 , H_2S , SO_2 , HCl , O_3 , NH_3 , галогены, Cl_2 , HF и прочие электрохимически активные газы.

4. Колориметрический метод

Принцип действия данного метода основан на использовании специфических реакций, сопровождающихся образованием или изменением окраски взаимодействующих веществ (определяемый компонент и химический реагент).

ГОСТ 12.1.014-84*. ССБТ. «Воздух рабочей зоны. Метод измерения концентраций вредных веществ индикаторными трубками» устанавливает ускоренный метод измерения концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны индикаторными трубками.

Сущность метода заключается в изменении окраски индикаторного порошка в результате реакции с вредным веществом (газом или паром) в анализируемом воздухе, просасываемом через трубку. Измерение концентрации вредного вещества производится:

1) по длине изменившего первоначальную окраску слоя индикаторного порошка в трубке (линейно-колористическая индикаторная трубка - индикаторная трубка, позволяющая измерять концентрацию вредного вещества в анализируемом воздухе, просасываемом через трубку, по длине изменившего первоначальную окраску слоя индикаторного порошка в трубке);

2) по его интенсивности (колориметрическая индикаторная трубка - индикаторная трубка, позволяющая судить о наличии вредного вещества в анализируемом воздухе, просасываемом через трубку, в концентрации, большей концентрации срабатывания для данной индикаторной трубки по интенсивности окраски индикаторного порошка путем сравнения с контрольным образцом индикационного эффекта).

На рисунке 5.5 приведена линейно-колористическая индикаторная трубка на аммиак, а на рисунке 5.6 насос-пробоотборник НП-3М, с помощью которого можно отобрать заданный объем пробы.

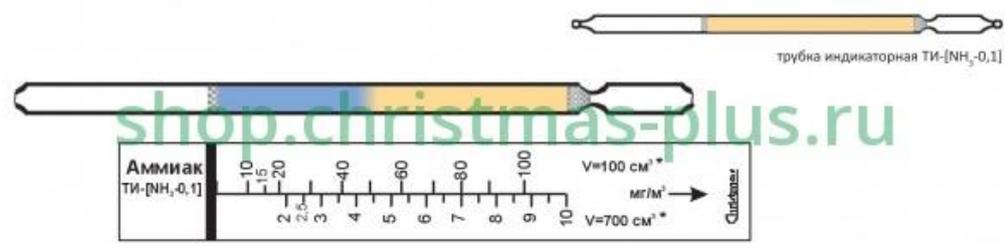


Рисунок 5.5 - Линейно-колористическая индикаторная трубка на аммиак



Рисунок 5.6 – Насос-пробоотборник (с сумкой и ЗИП) НП-3М

Индикаторные трубки применяются при контроле вредных веществ в воздухе и газовых средах в различных областях хозяйственной деятельности:

- для производственного лабораторного и технологического экспресс-контроля на предприятиях химической, машиностроительной, нефтегазовой, пищевой, металлургической, горнодобывающей, горно-обогатительной, топливно-энергетической и других отраслей промышленности;
- для санитарно-химического, экологического и специального химического экспресс-контроля, контроля условий труда и специальной оценки условий труда, мониторинга газовых выбросов и т.п.;
- при химическом экспресс-контроле загрязнений воздушной и газовой среды в аварийных и чрезвычайных ситуациях.

Достоинства метода:

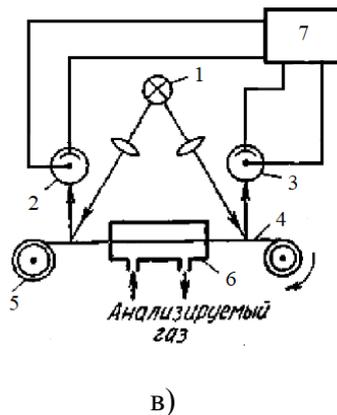
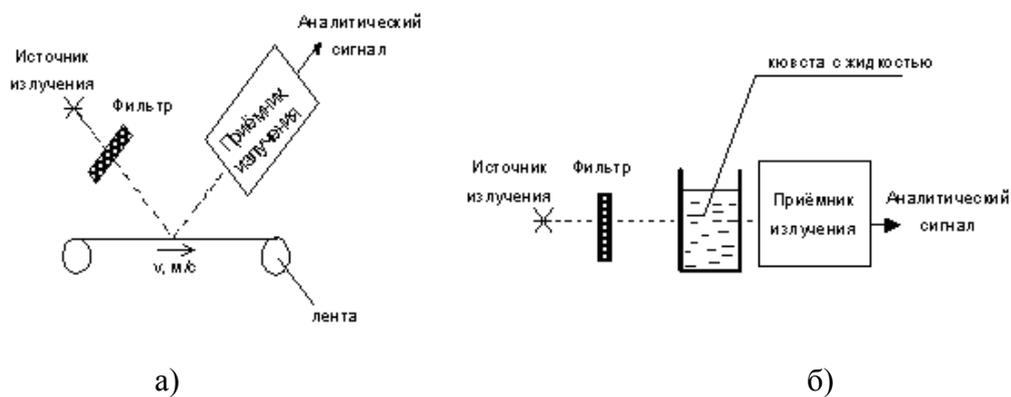
1. Быстрота проведения анализа и получение результатов непосредственно на месте отбора проб, что приводит к существенному сокращению трудовых затрат;
2. Простота метода и аппаратуры, что позволяет проводить газовый анализ лицам, прошедшим лишь вводный инструктаж (механики, операторы, лаборанты и т.п.);
3. Малый вес и габариты, а также низкая стоимость аппаратуры;
4. Достаточная чувствительность и точность анализа (погрешность не более 25 %, с учетом влияния неконтролируемых факторов в сравнительно широких диапазонах температуры, давления и влажности воздуха);
5. Удобства при подготовке и выполнении измерений - в частности, не требуется регулировка и настройка аппаратуры перед проведением анализа;
6. Не требуются источники электрической и тепловой энергии. Это позволяет эффективно применять индикаторные трубки для автономного химического экспресс-контроля токсичных, взрыво- и пожароопасных веществ не только в ходе плановых производственных лабораторных исследований, но и в аварийных чрезвычайных ситуациях, в замкнутых помещениях и на открытых пространствах;
7. Применение индикаторных трубок на начальном этапе работ позволяет рационализировать аналитический процесс, получить первичную информацию и свести к минимуму затраты на получение всего массива аналитической информации, а в ряде случаев – и ограничиться полученной информацией, что способствует значительной экономии средств;
8. Отсутствие необходимости в стационарном оборудовании;
9. Отсутствие необходимости в высококвалифицированных специалистах;
10. Низкая стоимость выполнения анализа исследуемого объекта;
11. Возможность проведения исследований так часто, как это необходимо для оптимизации технологических процессов, создания комфортных условий труда персонала и как результат продления безаварийного интервала работы оборудования и получения максимально качественной конечной продукции.

Недостатки метода:

1. Индикаторные трубки одноразовые;
2. Для каждого определяемого компонента необходим свой колориметрический реагент а, следовательно, и индикаторная трубка;
3. Ограниченный срок хранения индикаторных трубок (пол года, 1 год, два года, три года – в основном 1 год).

Анализируемые компоненты: NO_2 , CO_2 , H_2S , NH_3 , Cl , пары бензина и другие газы, способные с определённым реагентом давать колориметрическую реакцию.

Автоматизация выше рассмотренного метода привела к развитию *фотоколориметрического метода*. По фотоколориметрическому оптическому методу предварительно проводят цветную реакцию контролируемого компонента с подходящим реагентом в газовой фазе, в индикаторном реакторе или на поверхности твердого носителя (в виде ленты, таблетки, порошка) и измеряют интенсивность окраски продуктов реакции. В фотоколориметрическом методе образование или изменение окраски фиксирует фотодатчик, который измеряет прошедший или отражённый поток излучения (возможные схемы приведены на рисунке 5.7).



1 – источник излучения; 2 – приемник опорного канала; 3 – приемник рабочего канала; 4 - индикаторная лента; 5 – катушка с индикаторной лентой; 7 – блок обработки аналитического сигнала

Рисунок 5.7 – Структурные схемы фотоколориметров

Достоинства метода:

1. Высокая чувствительность;
2. Высокая селективность.

Недостатки метода:

1. Большая погрешность результата измерения вследствие неравномерности пропитки индикаторной ленты;
2. Зависимость показаний от температуры;
3. Ограниченное количество одновременно определяемых газов.

Метод применяют для избирательного определения оксидов азота, CO, CS₂, NH₃, ацетилена, фосгена, формальдегида и др. компонентов, для которых можно реализовать колориметрическую реакцию.

Физические методы газового анализа

1. Масс-спектральный метод

Метод исследования вещества, основанный на определении отношения массы к заряду ионов, образующихся при ионизации представляющих интерес компонентов пробы. Образующиеся ионы сортируются по величинам их отношения масса/заряд (m/z), затем регистрируется число ионов для каждого значения этого отношения в виде масс-спектра. Масс-спектр - это зависимость интенсивности ионного тока (количества вещества) от отношения массы к заряду (природы вещества). Поскольку масса любой молекулы складывается из масс составляющих её атомов, масс-спектр всегда дискретен (рисунок 5.8).

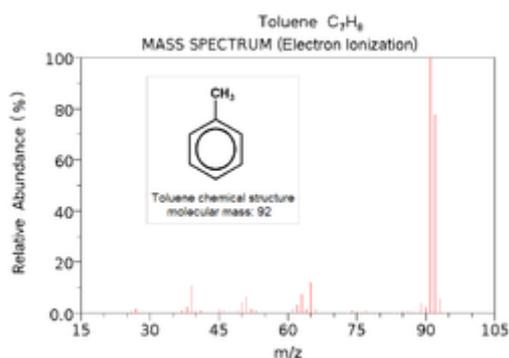


Рисунок 5.8 – Пример масс-спектра

На рисунке 5.9 приведена структурная схема масс-спектрометра.



Рисунок 5.9 - Структурная схема масс-спектрометра

Разделение происходит в условиях высокого вакуума в электрических и магнитных полях, имеет своей целью определение масс молекул (атомов) и относительного содержания в анализируемом веществе компонентов, различных по массе.

Масс-спектральный анализ сводится, в основном, к следующим операциям:

1. Превращение атомов вещества в положительные ионы.
2. Создание ионного пучка или групп ионов в статическом или импульсном электростатическом полях.
3. Пространственное или временное разделение потока частиц в магнитном и электрическом полях.
4. Раздельное измерение и регистрация интенсивности каждого компонента потока.

Аналитическое применение масс-спектрометрии, требующее получения высокой чувствительности и селективности определения, реализуется путем сочетания ее с эффективными методами разделения, такими как газовая хроматография.

Достоинства метода:

1. Высокая селективность (с предварительным хроматографическим разделением);
2. Высокая чувствительность.

Недостатки метода:

1. Сложное, громоздкое и дорогое оборудование;
2. Необходимость в квалифицированном обслуживании;
3. Трудоёмкость и сложность обработки результатов измерений;
4. Высокие эксплуатационные требования.

Анализируемые компоненты: возможно определение практически всех веществ.

2. Термокондуктометрический метод (по теплопроводности)

Принцип работы основан на зависимости теплопроводности газовой смеси от её состава (см. таблицу 5.2).

Чувствительными элементами анализаторов являются тонкие платиновые нити. В зависимости от состава газа меняется температура чувствительного элемента, возникает ток, сила которого пропорциональна концентрации контролируемого компонента.

Таблица 5.2 – Теплопроводность некоторых газов

Газ	λ_r , кВт/(м·°С)	λ_r / λ_n	Газ	λ_r , кВт/(м·°С)	λ_r / λ_n
Азот	23,72	0,996	Оксись углерода	22,94	0,965
Аммиак	21,33	0,879	Сернистый ангидрид	8,17	0,344
Водород	169,60	7,130	Сероводород	12,79	0,538
Воздух	23,78	1,000	Углекислый газ	14,59	0,614
Двуокись азота	42,71	1,796	Хлор	7,65	0,322
Кислород	24,16	1,016	Водяной пар (при 100 °С)	23,15	0,973
Метан	31,38	1,320			

Примечание: λ_r и λ_n – теплопроводности соответственно газового компонента и воздуха.

Для практического применения зависимость теплопроводности газовой смеси от состава удовлетворительно описывается уравнением, аддитивным относительно теплопроводностей отдельных компонентов смеси:

$$\lambda_{см} = C_1\lambda_1 + C_2\lambda_2 + \dots + C_n\lambda_n,$$

где C_1, C_2, \dots, C_n – концентрации компонентов в долях единицы;

$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ – теплопроводности компонентов.

Как следует из последнего уравнения, для бинарной газовой смеси с различными теплопроводностями компонентов теплопроводность смеси является однозначным критерием состава. Это справедливо и для квазибинарной многокомпонентной смеси, в которой теплопроводность λ_1 определяемого компонента с концентрацией C_1 значительно отличается от теплопроводности $\lambda_{нк}$ неопределяемых компонентов:

$$\lambda_{см} = \lambda_1 C_1 + \lambda_{нк}(1-C_1).$$

Простейшая принципиальная схема термокондуктометрического анализатора приведена на рисунке 5.10. В плечи измерительного неуравновешенного моста включены одинаковые терморезисторы 5. Два из них размещены в рабочих камерах 1 и 3, через которые проходит анализируемый газ, и включены в противоположные плечи моста, а два других размещены в сравнительных камерах 2 и 4, заполненных или продуваемых сравнительным газом известного и постоянного состава (например, воздухом).

Если анализируемая газовая смесь отличается по теплопроводности от сравнительного газа, то температура, а, следовательно, и сопротивление терморезисторов в рабочих камерах отличаются от температуры и сопротивления терморезисторов в сравнительных камерах. Сила тока в диагонали моста зависит от величины разбаланса моста, т.е. от содержания искомого компонента в газовой смеси.

Для неуравновешенного моста сила тока в диагонали

$$I \approx \left(\frac{I_0}{2}\right) (\Delta R / (R + R_{МВ})),$$

где I_0 – сила тока питания моста;

R – сопротивление терморезисторов 5;

ΔR – изменение сопротивлений плеч моста в рабочих камерах 1 и 3;

$R_{мв}$ – сопротивление милливольтметра.

Из этого уравнения видно, что измерения следует проводить при $I_0 = \text{const}$, так как только в этом случае I однозначно зависит от ΔR , т.е. от содержания искомого компонента в газовой смеси.

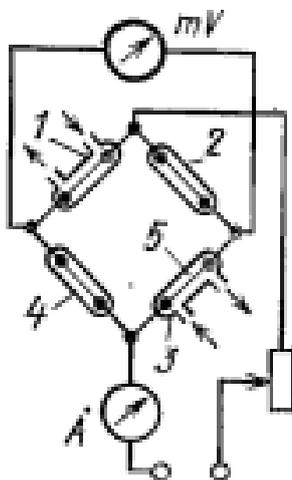


Рисунок 5.10 - Схема термокондуктометрического газоанализатора

Причины погрешностей в термокондуктометрических газоанализаторах: колебания температуры окружающей среды, вызывающие изменение температуры стенки измерительных камер; колебания напряжения источника питания измерительного моста; изменение скорости продувки газовой смеси через рабочие камеры. Наличие неопределяемых компонентов, в частности, водяных паров.

Основной недостаток этих приборов заключается в том, что они одинаково реагируют на все газы, имеющие близкие по значению теплопроводности. Поэтому область применения термокондуктометрических газоанализаторов весьма ограничена и сводится в основном к анализу двухкомпонентных смесей или многокомпонентных, у которых все компоненты, кроме определяемого, обладают приблизительно одинаковой теплопроводностью, а теплопроводность определяемого компонента значительно отличается.

Достоинства метода:

1. Простота конструкции;
2. Высокая надёжность и нетребовательность к эксплуатационным условиям.

Недостатки метода:

1. Неселективный анализ бинарных или квазибинарных смесей;
2. Низкая чувствительность;
3. Необходимость иметь в наличии сравнительный газ (сухой воздух, H_2 , N_2);
4. Зависимость результата от колебаний температуры и расхода газовой смеси;
5. Большая инерционность.

Анализируемые компоненты: термокондуктометрические газоанализаторы применяют для определения H_2 , He, CO_2 , SO_2 , NH_3 , Ar, Cl_2 , HCl в технологических смесях различного состава.

3. Оптический метод

В оптических методах измеряют оптическую плотность (абсорбционные методы), интенсивность излучения (эмиссионные методы), коэффициент преломления (рефрактометрический). Абсорбционные методы, основанные на измерении селективного поглощения ИК, УФ или видимого излучения контролируемым компонентом

3.1. Интерферометрический метод

Интерферометрический оптический метод основан на измерении смещения интерференционных полос в результате изменения оптической плотности газовой смеси при изменении концентрации определяемого компонента.

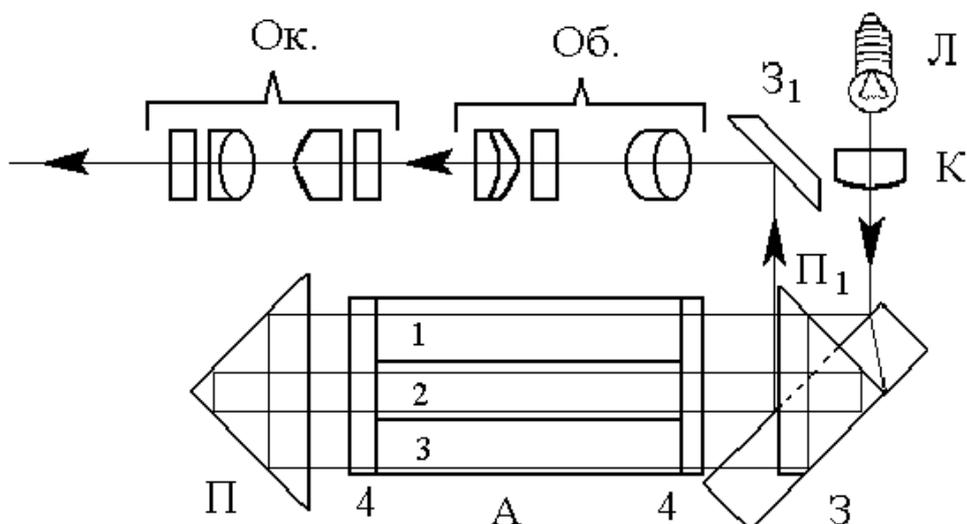
Данный метод не нашёл широкого применения.

В настоящее время шахты оснащены интерферометром ШИ-10, ШИ-11, ШИ-12 и ШИ-6. Приборы ШИ-10 и ШИ-11 (рисунок 5.11) предназначены для определения содержания CH_4 и CO_2 в рудничном воздухе в пределах от 0 до 6 % по объёму. Прибор ШИ-12 предназначен для измерения высоких (до 100 %) концентраций метана (например, в дегазационных трубопроводах). Прибор ШИ-6 служит для измерения содержания CH_4 , CO_2 и кислорода в шахтном воздухе.



Рисунок 5.11 - Шахтный интерферометр ШИ-11

Оптическая схема интерферометра представлена на рисунке 5.12.



Л - лампа накаливания; К - конденсорная линза; З - плоскопараллельная пластина (зеркало); А - подвижная газоздушная камера, имеющая три сквозных полости 1,2,3, ограниченные плоскопараллельными стеклянными пластинами 4; П, П₁ призмы полного внутреннего отражения; зрительная труба с объективом ОБ, окуляром ОК и щелевой диафрагмой с отсчётной шкалой Ш.

Рисунок 5.12 - Оптическая схема интерферометра

Анализируемые компоненты (в воздухе шахт): CO_2 ; CH_4 .

3.2. Флуориметрический метод

Флуорометрический метод анализа основан на возбуждении электронных спектров испускания молекул определяемого вещества при внешнем УФ-облучении и измерении интенсивности их фотолюминесценции.

Например:



где h – постоянная Планка.

Для SO_2 возбуждающее ультрафиолетовое излучение находится в диапазоне длин волн от 220 нм до 240 нм.

Возбуждённая молекула SO_2^* переходит в основное состояние с излучением кванта света:

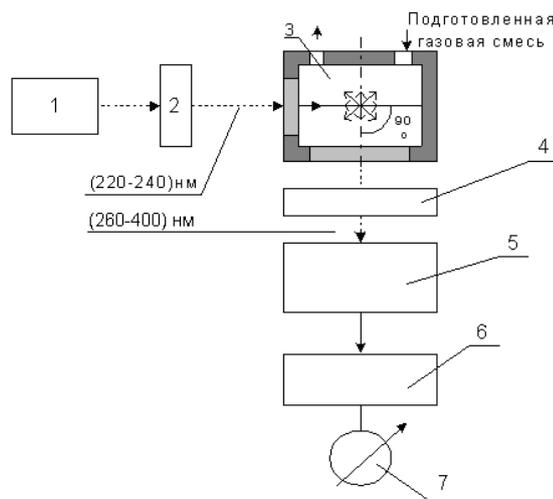


Излучение при флуоресценции находится в диапазоне длин волн от 260 нм до 400 нм.

Интенсивность излучения зависит от концентрации диоксида серы в анализируемой пробе.

Структурная схема флуоресцентного газоанализатора приведена на рисунке 5.13.

Газоанализатор работает в циклическом режиме. В течение 30 секунд на источник излучения не подается напряжение и в это время измеряется фоновый сигнал с приемника излучения 5. В следующие 30 секунд на лампу подается напряжение и измеряется сигнал, который является суммой фонового сигнала и сигнал флуоресценции. Разность сигналов, измеренных в течении первых 30 секунд и последующих 30 секунд несет информацию о концентрации SO_2 в анализируемой пробе.



1 – источник излучения (импульсная ксеноновая лампа); 2 – первичный светофильтр (220-240) нм; 3 – флуоресцентная камера; 4 – вторичный светофильтр (260-370) нм; 5 – приемник излучения (фотоэлектронный умножитель - ФЭУ); 6 – блок обработки аналитического сигнала; 7 – показывающий прибор.

Рисунок 5.13 - Структурная схема флуоресцентного газоанализатора

Достоинства метода:

1. Высокая чувствительность;
2. Высокая селективность.

Недостатки метода:

1. Только измерение концентрации газов, способных к флуоресценции.

Анализируемые компоненты: NO , NO_2 , SO_2 , CO , некоторые органические соединения.

3.2. Абсорбционный метод

Абсорбционный метод спектрального анализа газов основан на свойстве веществ избирательно поглощать часть проходящего через них электромагнитного излучения. Спектры поглощения различных веществ (газов, жидкостей, твёрдых тел) охватывают все диапазоны электромагнитного излучения от лучей до радиоволн. Для газового анализа в настоящее время используют в основном ультрафиолетовый ($\lambda \approx (0,2-0,4)$ мкм) и инфракрасный ($\lambda \approx (2-10)$ мкм) диапазоны электромагнитного спектра. Полосы поглощения в инфракрасной (ИК) области спектра определяются колебательным и колебательно-вращательным движениями атомов и групп атомов внутри молекул. Абсорбционный спектр в ультрафиолетовом (УФ) диапазоне обусловлен избирательным поглощением энергии внешними электронами.

Специфичность спектра поглощения позволяет качественно определять состав газовых смесей, а интенсивность абсорбционного спектра связана с количеством поглощающего энергию вещества. Количественное соотношение между концентрацией C определяемого компонента и изменением интенсивности поглощаемого этим компонентом излучения устанавливается законом Бугера–Ламберта:

$$I(\lambda) = I_0(\lambda)e^{-K(\lambda)lC},$$

где $K(\lambda)$ – спектральный коэффициент поглощения на длине волны λ ;

C – концентрация газа в анализируемой пробе;

$I_0(\lambda)$ – интенсивность излучения до прохождения слоя на длине волны λ ;

$I(\lambda)$ – интенсивность после прохождения слоя на длине волны λ .

Если газовая смесь состоит из n компонентов, то поглощение излучения подчиняется закону Бугера–Ламберта–Беера (рисунок 5.14):

$$I(\lambda) = I_0(\lambda)e^{-l\sum_{j=1}^N K_j(\lambda)c_j},$$

где j – номер компоненты в газовой смеси.

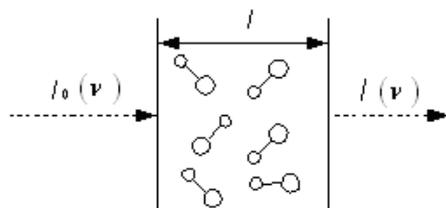


Рисунок 5.14 – К пояснению закона Бугера–Ламберта–Беера

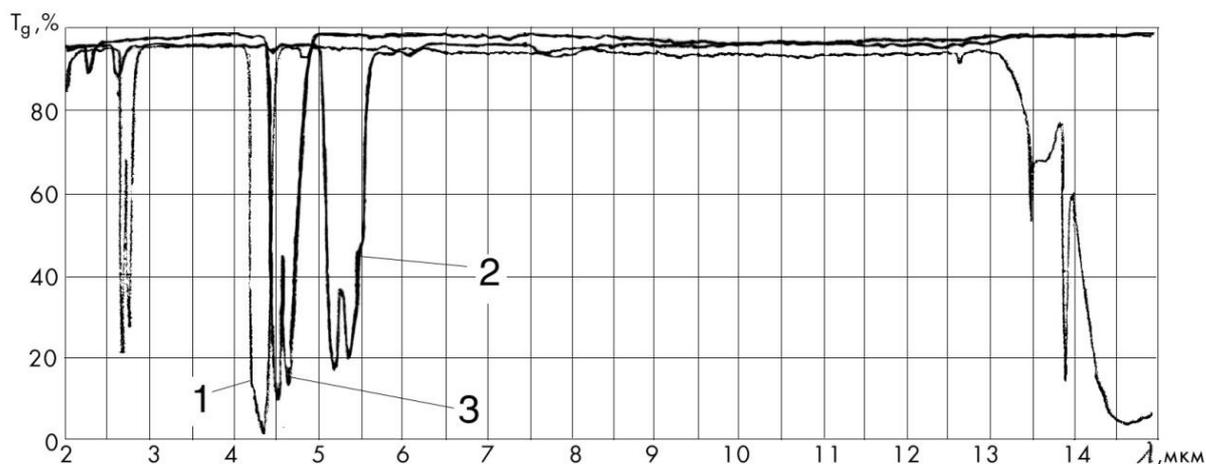
Пропускание газовой смеси равно

$$T(\lambda) = (I(\lambda)/I_0(\lambda)) = e^{l\sum_{j=1}^N K_j(\lambda)c_j},$$

а спектральное поглощение

$$A(\lambda) = 1 - T(\lambda).$$

Например, на рисунке 5.15 показано спектральное пропускание для газов CO, CO₂, NO.



1 – CO₂ (0,92 атм); 2 – NO (0,93 атм); 3 – CO (0,94 атм).

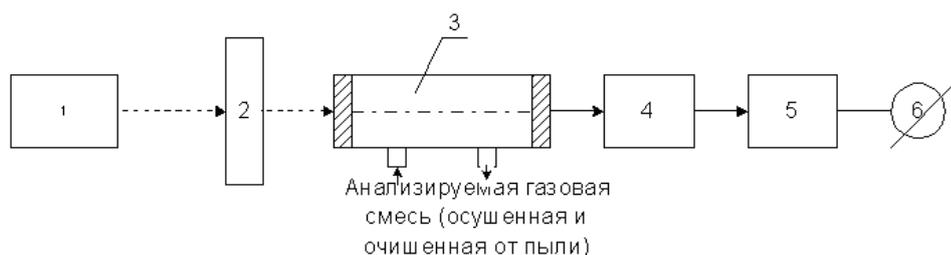
Рисунок 5.15 – Спектральное пропускание CO, CO₂, NO

В зависимости от способа выделения требуемого спектрального интервала, в котором определяемый газ поглощает излучение, различают следующие методы:

1. Недисперсные методы – анализ основан на выделении нужной спектральной области без разложения излучения в спектр. Для этого используют лазеры, газовые фильтры, интерференционные фильтры и т.п.

2. Дисперсионные методы – основаны на выделении нужной спектральной области в результате разложения излучения в спектр. В качестве диспергирующего элемента используют призмы, решётки, интерферометры и т.п.

Структурная схема простейшего абсорбционного газоанализатора приведена на рисунке 5.16. Для выделения спектрального интервала, в котором определяемый компонент поглощает излучение используется оптический фильтр, например, с характеристикой приведенной на рисунке 5.4.



1 – источник излучения; 2 – фильтр; 3 – газовая кювета; 4 – приёмник излучения;
5 – блок обработки информации; 6 – показывающий прибор;

Рисунок 5.16 – Структурная схема простейшего абсорбционного газоанализатора

Выше приведенная схема газоанализатора не позволяет обеспечить необходимую точность измерения. Для этих целей разработаны различные схемы оптических абсорбционных газоанализаторов, которые позволяют измерять концентрации загрязняющих веществ в воздухе с требуемой точностью. Одна из таких схем такого газоанализатора приведена на рисунке 5.17.

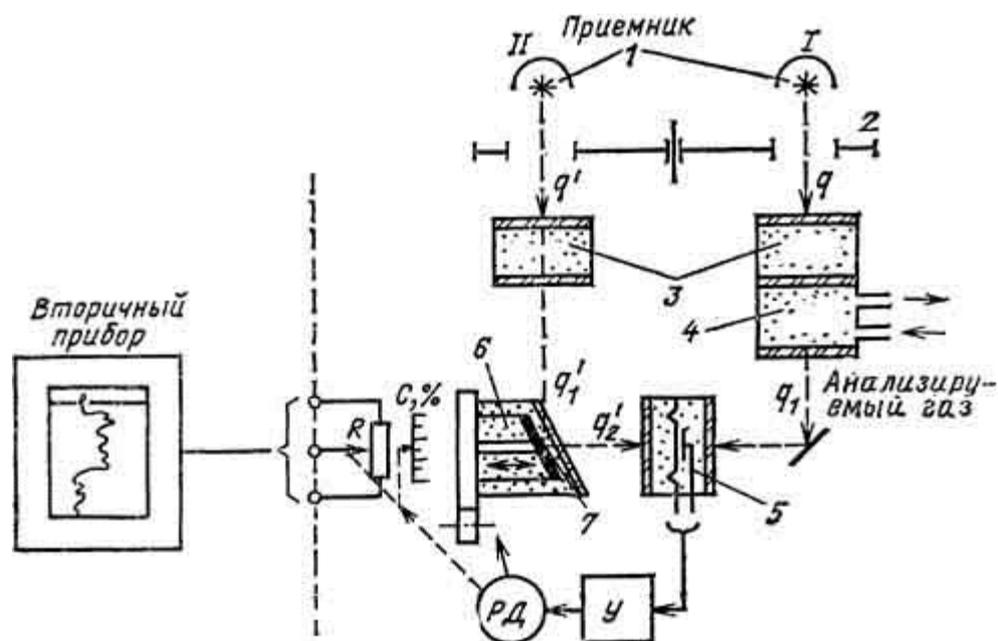


Рисунок 5.17 - Схема автоматического оптико-акустического газоанализатора

От источников излучения I потоки пульсирующего инфракрасного излучения q , q' через обтюратор (прерыватель) 2 поступают в два оптических канала: рабочий I и сравнения II . Оба канала содержат фильтровые камеры 3 , заполненные неопределяемым компонентом, имеющим спектр поглощения, частично перекрывающий спектр поглощения анализируемого газа. Введение фильтровых камер, заполненных газом с близким спектром поглощения, позволяет устранить из потока излучения ту часть длин волн, интенсивность которых зависела бы от концентрации неопределяемого компонента.

Первый оптический канал включает рабочую камеру 4 , через которую протекает анализируемый газ. Вследствие поглощения излучения в рабочей камере на ее выходе световой поток q_1 меньше потока q_1' в канале сравнения. Поскольку в приборе используется компенсационный метод измерения, сравнительный канал II включает в себя компенсационную камеру 6 , заполненную определяемым компонентом. Внутри камеры находится подвижный поршень, передняя грань 7 которого является отражающей поверхностью. Длина пути потока q_1' внутри камеры 6 , а следовательно, и его ослабление зависит от положения поршня. Потоки q_2' и q_1 поступают в лучеприемник 5 , заполненный анализируемым компонентом и содержащий конденсаторный преобразователь микрофонного типа.

Стенки камер $3-6$ по ходу потоков излучения выполнены из светофильтров, имеющих полосу пропускания, соответствующую спектру поглощения анализируемого компонента. При равенстве потоков q_1 и q_2' пульсации давления в обеих частях лучеприемной камеры 5 происходят с одинаковой амплитудой, не вызывая изменения емкости конденсатора. При увеличении концентрации определяемого компонента поток q_1 уменьшается, при этом снижается амплитуда пульсаций давления в правой половине камеры 5 и конденсатор изменяет свою емкость. На выходе усилителя появляется сигнал, вызывающий вращение реверсивного двигателя $РД$. Последний перемещает цилиндр 7 , увеличивая длину пути потока q_1' и снижая q_2' до восстановления равенства потоков. Положение цилиндра компенсирующей камеры, однозначно зависящее от концентрации анализируемого компонента, определяет положение движка реохорда R и связанного с ним указателя вспомогательной шкалы приемника.

В качестве вторичного прибора используется автоматический уравновешенный мост. Оптические газоанализаторы типа ОА, предназначенные для измерения концентраций CO , CO_2 , CH_4 в газовых смесях, имеют при нулевом нижнем верхние пределы измерения 1; 2; 5; 10; 20; 30; 50; 70; 100 %, предельная погрешность газоанализаторов составляет $\pm 2,5$ % диапазона измерения.

Рассмотренный способ компенсации потока излучения, прошедшего через рабочую камеру, называется газовым. Существуют другие способы компенсации, связанные с изменением мощности источника излучения во втором канале либо с введением ослабляющего светофильтра во второй канал. Эти методы называются соответственно электрической и оптической компенсацией.

Погрешность измерения концентрации двухканальными газоанализаторами существенно зависит от симметрии оптических каналов, изменения излучательной характеристики источников световых потоков, загрязнения светофильтров. В связи с этим существует ряд модификаций газоанализаторов с одноканальными измерительными схемами.

Схема приемника инфракрасного излучения представлена на рисунке 5.18.

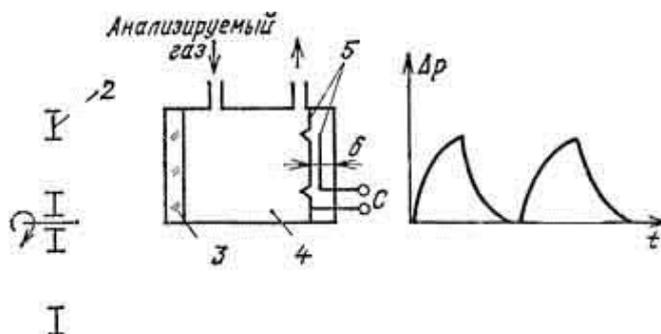


Рисунок 5.18 - Принципиальная схема опико-акустического приемника излучения

Источником 1 создается постоянное излучение, которое с помощью вращающегося диска с отверстиями (обтюратора) 2 и светофильтра 3 преобразуется в пульсирующее монохроматическое излучение. Анализируемый компонент, находящийся в камере 4, поглощает излучение, при этом в камере возникают пульсации температуры, а следовательно, и давления, изображенные на том же рисунке.

Пульсации давления в камере воспринимаются микрофонным чувствительным элементом 5, представляющим собой конденсатор, образованный подвижной мембраной и неподвижной пластиной. Под действием давления мембрана перемещается, вызывая изменения емкости конденсатора C вследствие изменения зазора δ .

Схема такого приемника излучения представляет конструкцию конденсаторного микрофона, в связи с этим они получили название опико-акустических.

Достоинства метода:

1. Высокая чувствительность;
2. Высокая селективность, однако, необходимо учитывать перекрывание полос поглощения определяемого и мешающих компонентов газовой смеси.
3. Высокое быстродействие;
4. Возможность создания многокомпонентных газоанализаторов.

Недостатки метода:

1. Некоторые типы газоанализаторов имеют сложную конструкцию, значительны по массе, габаритам и имеют жесткие эксплуатационные требования.

Анализируемые компоненты: NO , NO_2 , SO_2 , CO , CO_2 , органические соединения и другие газы и пары, молекулы которых состоят из двух и более различных атомов.

Раздел 2. Контроль физических факторов среды обитания

Тема 6. Контроль показателей микроклимата

План:

1. Термины и определения
2. Контролируемые показатели микроклимата
3. Подготовка к измерениям
4. Выполнение измерений

5. Анализ результатов
6. Оформление результатов инструментального контроля
7. Нормативные акты по контролю и оценки микроклимата производственных помещений

1. Термины и определения

Производственные помещения. Замкнутые пространства в специально предназначенных зданиях и сооружениях, в которых постоянно (по сменам) или периодически (в течении рабочего дня) осуществляется трудовая деятельность людей.

Персонал (работники) – лица, профессионально связанные с работой в условиях производственного микроклимата.

Контролируемая зона (КЗ). Места возможного нахождения персонала при выполнении им работ – определенная часть производственных площадей, на которой производятся работы и периодически в течение рабочей смены находятся работники, производящие эти работы. В этих зонах следует проводить измерение параметров микроклимата.

Рабочее место (РМ). Все места, где работник должен находиться или куда ему необходимо следовать в связи с его работой и которые прямо или косвенно находятся под контролем работодателя. Профессия, должность работника (коды по ОК 016-94) характеризуют и РМ.

Одно РМ может включать в себя несколько КЗ. Например – если отдельные работы выполняются работником в разнесенных территориально местах (при этом контроль должен проводиться в каждом из этих мест). С другой стороны, один и тот же КЗ может входить в состав различных РМ, если на них производятся различные работы различными работниками. При этом для различных работников, в зависимости от длительности выполнения работ, условия труда на этом контролируемом участке могут классифицироваться по-разному.

План производственного помещения. Документ, описывающий (в графическом виде) планировку обследуемого производства (цеха, участка, территории). На плане должны быть:

- отмечены все КЗ – места возможного нахождения людей при выполнении ими работ;
- отражены общие сведения о производственном объекте, размещении технологического оборудования.

План является определяющим документом при проведении измерений (определяет места проведения измерений) и при анализе их результатов. Он необходим, если эти две операции разнесены по времени и по исполнителям.

В пояснительной записке к плану должны быть отражены:

- общие сведения о производственном объекте;
- размещении технологического и санитарно-технического оборудования;
- источники локального тепловыделения, охлаждения и влаговыведения (нагретые агрегаты, окна, дверные проемы, ворота, открытые ванны и т. д.).

Категории работ по уровню энергозатрат

Характеристика (категория) трудового процесса, отражающая преимущественную нагрузку на опорно-двигательный аппарат и функциональные системы организма (сердечно-сосудистую, дыхательную и другие), обеспечивающие его деятельность. Категория работ по уровню энергозатрат характеризуется физической динамической нагрузкой, массой поднимаемого и перемещаемого груза, общим числом стереотипных рабочих движений, величиной статической нагрузки, характером рабочей позы, глубиной и частотой наклона корпуса, перемещениями в пространстве.

Физические работы категории I

Виды деятельности с расходом энергии не более 150 ккал/ч (174 Вт).

Легкие физические работы разделяются на категорию Ia – энергозатраты до 120 ккал/ч (139 Вт) и категорию Ib – энергозатраты 121—150 ккал/ч (140—174 Вт).

К категории Ia относятся работы, производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением (ряд профессий на предприятиях точного приборо- и машиностроения, на часовом, швейном производствах, в сфере управления и т. п.).

К категории Ib относятся работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением (ряд профессий в полиграфической про-

мышленности, на предприятиях связи, контролеры, мастера в различных видах производства и т. п.).

Физические работы категория II

Виды деятельности с расходом энергии в пределах 151—250 ккал/ч (175—290 Вт).

Физические работы категории II разделяют на категорию IIa – энергозатраты от 151 до 200 ккал/ч (175—232 Вт) и категорию IIб – энергозатраты от 201 до 250 ккал/ч (233—290 Вт).

К категории IIa относятся работы, связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения (ряд профессий в механосборочных цехах машиностроительных предприятий, в прядильно-ткацком производстве и т. п.).

К категории IIб относятся работы, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением (ряд профессий в механизированных литейных, прокатных кузнечных, термических, сварочных цехах машиностроительных и металлургических предприятий и т. п.).

Физические работы категория III

Виды деятельности с расходом энергии более 250 ккал/ч (290 Вт).

К категории III относятся работы, связанные с постоянными передвижениями, перемещением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей, требующие больших физических усилий (ряд профессий в кузнечных цехах с ручной ковкой, литейных цехах с ручной набивкой и заливкой опок машиностроительных и металлургических предприятий и т. п.).

Гигиенические нормативы условий труда

Уровни факторов рабочей среды, которые при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 ч, но не более 40 ч в неделю, в течение всего рабочего стажа не вызывают заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований, в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений. Соблюдение гигиенических нормативов не исключает нарушение состояния здоровья у лиц с повышенной чувствительностью.

Условия труда

Совокупность факторов трудового процесса и рабочей среды, в которой осуществляется деятельность человека. Исходя из степени отклонения фактических уровней факторов рабочей среды и трудового процесса от гигиенических нормативов условия труда по степени вредности и опасности условно подразделяются на 4 класса: оптимальные, допустимые, вредные и опасные.

Оптимальные условия труда (1 класс) – условия, при которых сохраняется здоровье работника и создаются предпосылки для поддержания высокого уровня работоспособности. Оптимальные нормативы факторов рабочей среды установлены для микроклиматических параметров и факторов трудовой нагрузки.

Допустимые условия труда (2 класс) характеризуются такими уровнями факторов среды и трудового процесса, которые не превышают установленных гигиенических нормативов для РМ, а возможные изменения функционального состояния организма восстанавливаются во время регламентированного отдыха или к началу следующей смены и не оказывают неблагоприятного действия в ближайшем и отдаленном периоде на состояние здоровья работников и их потомство. Допустимые условия труда условно относят к безопасным.

Вредные условия труда (3 класс) характеризуются наличием вредных факторов, уровни которых превышают гигиенические нормативы и оказывают неблагоприятное действие на организм работника и/или его потомство. Вредные условия труда по степени превышения гигиенических нормативов и выраженности изменений в организме работников условно разделяют на 4 степени вредности:

1-я степень 3 класса (3.1) – условия труда характеризуются такими отклонениями уровней факторов рабочей среды от гигиенических нормативов, которые вызывают функциональные изменения, восстанавливающиеся, как правило, при более длительном (чем к началу следующей смены) прерывании контакта с вредными факторами и увеличивают риск повреждения здоровья;

2-я степень 3 класса (3.2) – уровни факторов рабочей среды, вызывающие стойкие функциональные изменения, приводящие в большинстве случаев к увеличению профессионально обусловленной заболеваемости (что может проявляться повышением уровня заболеваемости с временной утратой трудоспособности и, в первую очередь, теми болезнями, которые отражают состояние наиболее уязвимых для данных факторов органов и систем), появлению начальных признаков или легких форм профессиональных заболеваний (без потери профессиональной трудоспособности), возникающих после продолжительной экспозиции (часто после 15 и более лет);

3-я степень 3 класса (3.3) – условия труда, характеризующиеся такими уровнями факторов рабочей среды, воздействие которых приводит к развитию, как правило, профессиональных болезней легкой и средней степеней тяжести (с потерей профессиональной трудоспособности) в периоде трудовой деятельности, росту хронической (профессионально обусловленной) патологии;

4-я степень 3 класса (3.4) – условия труда, при которых могут возникать тяжелые формы профессиональных заболеваний (с потерей общей трудоспособности), отмечается значительный рост числа хронических заболеваний и высокие уровни заболеваемости с временной утратой трудоспособности.

Опасные (экстремальные) условия труда (4 класс) характеризуются уровнями факторов рабочей среды, воздействие которых в течение рабочей смены (или ее части) создает угрозу для жизни, высокий риск развития острых профессиональных поражений, в т. ч. и тяжелых форм.

Периоды (сезоны) года

Холодный период года – период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха, равной 10 °С и ниже.

Теплый период года – период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха выше 10 °С.

Среднесуточная температура наружного воздуха – средняя величина температуры наружного воздуха, измеренная в определенные часы суток через одинаковые интервалы времени. Она принимается по данным территориальной метеорологической службы.

2. Контролируемые показатели микроклимата

Контролируемыми показателями микроклимата являются:

- температура воздуха;
- температура поверхностей (стены, ограждающие конструкции, экраны и т. п.);
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового облучения;
- нормируемые комплексные показатели микроклимата (ТНС-индекс - индекс тепловой нагрузки среды).

3. Подготовка к измерениям

Время измерений

Измерения показателей микроклимата в целях контроля их соответствия гигиеническим требованиям должны проводиться в холодный период года – в дни с температурой наружного воздуха, отличающейся от средней температуры наиболее холодного месяца зимы не более чем на 5 °С, в теплый период года – в дни с температурой наружного воздуха, отличающейся от средней максимальной температуры наиболее жаркого месяца не более чем на 5 °С. Частота измерений в оба периода года определяется стабильностью производственного процесса, функционированием технологического и санитарно-технического оборудования.

При выборе времени измерения необходимо учитывать все факторы, влияющие на микроклимат РМ (фазы технологического процесса, функционирование систем вентиляции и отопления). Измерения показателей микроклимата следует проводить не менее 3 раз в смену (в начале, середине и в конце). При колебаниях показателей микроклимата, связанных с технологическими и другими причинами (в т. ч. и с производственной необходимостью перемещения работника в течение смены из одной КЗ в другую), необходимо проводить дополнительные измерения при

наибольших и наименьших величинах термических нагрузок на работающих с учетом продолжительности их воздействия.

Точки измерений

Измерения параметров микроклимата следует проводить на РМ. Если РМ являются несколько участков производственного помещения, то измерения осуществляются на каждом из них. В этом случае РМ включает несколько КЗ.

При наличии источников локального тепловыделения, охлаждения или влаговыделения (нагретых агрегатов, окон, дверных проемов, ворот, открытых ванн и так далее) измерения следует проводить на каждом РМ в точках, минимально и максимально удаленных от источников термического воздействия, т. е. одно РМ следует разбить на две КЗ.

В помещениях с большой плотностью РМ (в которых количество РМ превышает указанное в таблице 6.1 количество КЗ), при отсутствии источников локального тепловыделения, охлаждения или влаговыделения, участки измерения параметров микроклимата должны распределяться равномерно по площади помещения.

Таблица 6.1 - Минимальное количество контролируемых зон

Площадь помещения, м ²	Количество КЗ
До 100	4
От 100 до 400	8
Свыше 400	Количество КЗ определяется расстоянием между ними, которое не должно превышать 10 м.

Причем одна и та же КЗ включает в себя несколько РМ.

Измерения параметров микроклимата производятся на нескольких высотах над уровнем пола (рабочей площадки) в зависимости от позы работника:

- при работах, выполняемых сидя, температуру и скорость движения воздуха следует измерять на высоте 0,1 и 1,0 м, а относительную влажность воздуха – на высоте 1,0 м от пола или рабочей площадки;

- при работах, выполняемых стоя, температуру и скорость движения воздуха следует измерять на высоте 0,1 и 1,5 м, а относительную влажность воздуха – на высоте 1,5 м;

- при наличии источников лучистого тепла, тепловое облучение на РМ необходимо измерять на высоте 0,5; 1,0 и 1,5 м от пола или рабочей площадки, в случае необходимости – на уровне головы работника;

- для нагревающего микроклимата, (когда температура или поток теплового излучения выше допустимых значений), следует измерять температуру внутри шарового термометра и температуру смоченного термометра на тех же высотах, что и измерения температуры воздуха (0,1 и 1,0 м для рабочей позы «сидя» и 0,1 и 1,5 м для рабочей позы «стоя») и определять индекс тепловой нагрузки среды (ТНС-индекс).

План производственного помещения

Инструментальный контроль должен проводиться по заранее составленному плану, который включает в себя:

- 1) планировку обследуемого производства, цеха, участка, территории;
- 2) общие сведения о производственном объекте, размещении производственного, технологического и санитарно-технического оборудования;
- 3) план схемы размещения всех КЗ.

К плану должна прилагаться пояснительная записка, содержащая информацию относительно РМ и особенностей КЗ.

Характеристики рабочих мест:

- нумерация РМ;
- структура каждого РМ, т. е. перечень КЗ, из которых оно состоит (отмечаются случаи, когда одна КЗ входит в состав нескольких РМ, в отличие от случаев, когда одно РМ занимает одну КЗ);

- время выполнения работ в каждой КЗ, входящей в состав обследуемого РМ;
- при выполнении работ, связанных с существенным тепловым облучением, необходимо определить величину облучаемой поверхности тела работников с учетом доли (%) каждого участка тела: голова и шея – 9, грудь и живот – 16, спина – 18, руки – 18, ноги – 39.

Особенности контролируемых зон:

- нумерация КЗ;
- рабочая поза (стоя/сидя), которую принимают работники во время выполнения работ в КЗ;
- длительность работы отдельных работников в КЗ (если КЗ входит в состав различных РМ);
- наличие вблизи КЗ источников локального тепловыделения, охлаждения или влаговыведения (нагретых агрегатов, окон, дверных проемов, ворот, открытых ванн и т. д.).

Использование плана производственного помещения.

План производственного помещения используется для определения объема исследований в КЗ, в т. ч. для определения точек измерения и измеряемые параметры микроклимата в каждой точке, а также для анализа результатов инструментального контроля и вывода заключений по ним и при оформлении протокола инструментального контроля.

Автоматизация планирования инструментального контроля

При планировании инструментальных исследований целесообразно использовать специализированные компьютерные программы. Это программы с элементами ИИ, предназначенные для автоматизации планирования инструментального контроля. Исходной информацией программы является пояснительная записка к плану производственного помещения, итогом – перечень КЗ с указанием количества и положения точек измерения. Целесообразно использование программ, позволяющих заносить алгоритм проведения измерений в специализированные средства измерений, использующиеся для инструментального контроля.

4. Выполнение измерений

Требования к средствам измерений

Инструментальный контроль должен осуществляться приборами, прошедшими государственную аттестацию и имеющими свидетельство о поверке. Рекомендуемые средства измерения параметров микроклимата представлены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 - Приборы для измерения комплекса параметров микроклимата производственных помещений

Название прибора	Измеряемые величины	Диапазон измерения	Погрешность	Внесен в Госреестр	Программная поддержка
Testo 454	P, кПа RH, % Ta, °C V, м/с	1 ... 3000 0 ... 100 -40 ... +50 0,01 ... 20	0,1 кПа 0,1 % 0,2 °C 0,01 м/с	№ 17273—98	Нет
ТКА ПКМ (модель 60)	RH, % Ta, °C V, м/с	10 ... 98 0 ... +50 0,1 ... 20	±5 % ±0,5 °C ±5 %	№ 24248—04	Нет
Метеометр МЭС-200	P, кПа RH, % Ta, °C V, м/с THC, °C	80 ... 110 10 ... 98 -40 ... +50 0,1 ... 20 10 ... 50 °C	±0,3 Па ±3 % ±0,2 °C ±5 % ±0,2 °C	№ 25188—03	Нет
Метеоскоп	P, кПа RH, % Ta, °C V, м/с THC, °C IR, Вт/м ²	80 ... 110 3 ... 98 -10 ... +50 0,1 ... 20 10 ... 50 10 ... 1 000	±0,2кПа ±3 % ±0,2 °C ±5 % ±0,2 °C ±15 %	№ 32014—06	Да

Метрологические характеристики приборов для инструментального контроля параметров микроклимата должны соответствовать требованиям, приведенным в табл. 6.3.

Таблица 6.3 - Требования к измерительным приборам

Наименование показателя	Диапазон	Допускаемая погрешность
Температура воздуха по сухому термометру, °С	от -10 до 50	± 0,2
Температура поверхности, °С	от 0 до 50	± 0,5
Относительная влажность воздуха, %	от 3 до 90	± 5,0
Скорость движения воздуха, м/с	от 0 до 1,0	± 0,05
	более 1,0	± 0,1
Интенсивность теплового облучения, Вт/м ²	от 10 до 350	± 5,0
	более 350	± 50,0
Температура внутри шарового термометра (зачерненного шара), °С	от 10 до 70	± 0,5

Измерения по плану инструментального контроля

Измерения параметров микроклимата в КЗ проводятся согласно составленному плану производственного помещения и пояснительной записки к нему. Состав и точки измерений определяются особенностями КЗ (см. выше). Результаты измерений регистрируются в рабочем журнале (оперативной памяти прибора).

Оформление журнала учета результатов измерений

Журнал учета результатов измерений параметров микроклимата

Начат

Окончен

« ____ » _____ г.

« ____ » _____ г.

Формат А4

Журнал в обложке 96 листов

Срок хранения __ лет

(Не более 5 лет)

№	Дата	№ протокола	Место проведения измерений	код	Измеренное значение	Допустимое значение		Примечание
						Допустимое значение	Оптимальное значение	

Инструкция по заполнению журнала приведена в таблице 6.4.

Таблица 6.4 - Инструкция по заполнению журнала.

№	Графа	Содержание
1	№	Номер по порядку
2	Дата	Дата проведения измерений
3	Номер протокола	Номер протокола в соответствии с системой нумерации, принятой в учреждении
4	Место проведения измерений	Место проведения измерений: предприятие, рабочее место или контролируемая зона
5	Код	Номер таблицы/номер строки, где будет учтен замер в форме 18 (для организаций осуществляющих первичную регистрацию данных Государственной статистики)
6	Измеренное значение	Фактически измеренное значение
7	Допустимое /оптимальное значение	Допустимое / оптимальное значение в соответствии с нормативным документом
8	Примечание	Вносятся дополнительные сведения по усмотрению лиц, проводивших исследования

Приборы должны использоваться строго в соответствии со своей спецификацией, руководством по эксплуатации и требованиями нормативных документов. При проведении измерений долж-

ны учитываться допустимые пределы измеряемых показателей и пределы допустимых колебаний температурно-влажностных параметров для данного типа СИ.

5.2.2. Регистрация результатов измерений должна производиться только после завершения релаксационных процессов в измерительном приборе (в сопроводительных документах этот параметр определяется как «время установления рабочего режима»).

5.2.3. Измерение температуры воздуха необходимо проводить приборами, обеспечивающими, согласно руководству по эксплуатации, защиту датчика от воздействия теплового излучения.

Автоматизация проведения контроля

При проведении инструментальных исследований рекомендуется использовать специализированные приборы, оснащенные интерфейсом для обмена информацией с ПЭВМ. Такие приборы позволяют проводить измерения в соответствии с предварительно составленной компьютерной программой. Прибор информирует исполнителя измерений по количеству и положению точек контроля метеопараметров в каждой из намеченных КЗ.

Внутрилабораторный контроль качества измерений параметров микроклимата

В качестве внутрилабораторного контроля целесообразна организация сравнительных измерений параметров микроклимата в одной и той же точке разными специалистами; контроль качества и полноты ведения рабочих журналов и оформления протоколов. Периодичность мероприятий внутрилабораторного контроля – не реже 1 раза в 3 месяца, включая организацию сличительных межлабораторных испытаний.

5. Анализ результатов

Многофакторная оценка условий труда

Оценка микроклимата как производственной среды проводится на основе измерений следующих параметров: температура, влажность воздуха, скорость его движения, тепловое излучение, на всех местах пребывания работника в течение смены и сопоставления их с допустимыми нормативными требованиями. Если измерения параметров микроклимата не соответствуют нормативным требованиям, их следует считать вредными. В этом случае, в целях оценки условий труда по параметрам микроклимата следует определять класс условий труда (КУТ).

Условия труда определяются совокупным воздействием различных параметров микроклимата X_i . Каждый из них определяет КУТ(X_i). Результирующий КУТ (РезКУТ) определяется в зависимости от условий работы. Условиями работы являются:

- рабочая поза («Сидя» или «Стоя») для каждой из КЗ – определяет количество и высоты измерения параметров микроклимата;

- состав РМ – перечень входящих в него КЗ;

- время (продолжительность) работы на каждой КЗ;

Рабочее место – одна КЗ, стабильные параметры микроклимата.

В этом случае результирующий КУТ определяется как наихудший класс по всем воздействующим параметрам микроклимата. Здесь и ниже используется ранжирование КУТ по шкале 2, введенной Р 2.2.2006—05 (смотри таблицу 6.5).

Таблица 6.5 - Ранжирование классов условий труда по показателям микроклимата для определения среднесменной величины класса условий труда

Класс условий труда	Шкала 1	Шкала 2
Оптимальный	1	1
Допустимый	2	2
Вредный	3.1	3
Вредный	3.2	4
Вредный	3.3	5
Вредный	3.4	6
Опасный	4	7

В этих обозначениях

$$\text{РезКУТ} = \text{МАХ}_i \{ \text{КУТ}(\text{Х}_i) \}$$

перебор осуществляется по всем параметрам микроклимата Х_i .

РМ – одна КЗ, переменные параметры микроклимата.

О вариабельности параметров можно судить, например, по различиям в результатах их измерений в течение рабочей смены. В этом случае вводится среднесменная величина КУТ:

$$\langle \text{КУТ}(\text{Х}_i) \rangle = (\sum_k \text{КУТ}(\text{Х}_i) \cdot \Delta T_k) / T$$

Здесь суммируются значения $\text{КУТ}(\text{Х}_i)$, определяемые параметрами Х_i , по интервалам времени ΔT_k , на которых вариации этих параметров не превышают допустимых значений (см. ниже табл. 6); T – длительность рабочей смены ($T = \sum_k \Delta T_k$). Если результат использования этого соотношения дробный, он округляется до ближайшего большего целого.

Результирующий класс условий труда определяется тем же соотношением, что и для постоянных параметров микроклимата, с заменой классов условий труда по параметрам микроклимата Х_i их средними значениями:

$$\text{РезКУТ} = \text{МАХ}_i \{ \langle \text{КУТ}(\text{Х}_i) \rangle \}$$

РМ – несколько КЗ с различающимися параметрами микроклимата.

Ситуация аналогична описанной выше в пункте 6.1.2, однако здесь ΔT_k – длительность пребывания в каждой из КЗ и Х_i – значение i -того параметра в этой зоне.

Система правил и норм, определяющих условия труда

Классы условий труда устанавливаются на основании фактически измеренных параметров микроклимата:

- температура воздуха, t_a , среднее по двум высотам измерений, °С;
- перепады температуры воздуха Δt_a по высоте, по времени и от одной КЗ к другой, °С;
- температура поверхностей t_p (стены, ограждающие конструкции, экраны и т. п.), °С;
- относительная влажность воздуха, RH , %;
- скорость движения воздуха V , среднее по двум высотам измерений, м/с;
- интенсивность теплового облучения IR , среднее по трем высотам измерений; Вт/м²;
- индекс тепловой нагрузки среды TNC , среднее по двум высотам измерений, °С;

Факторами условий труда являются:

- период (сезон) года (холодный или теплый);
- категории работы (по уровню энергозатрат) в каждой из КЗ;
- наличие или отсутствие источников лучистого тепла вблизи КЗ;
- если вблизи КЗ существуют источники лучистого тепла, то при выполнении работ,

связанных с существенным тепловым облучением, необходимо указать величину облучаемой поверхности тела работников.

В зависимости от совокупности факторов условий труда определяются границы параметров микроклимата, определяющих КУТ на обследуемом РМ.

Последовательность анализа условий труда

Микроклиматические условия по степени влияния на теплообмен человека подразделяются на нейтральные, нагревающие и охлаждающие. Параметром, определяющим последовательность анализа микроклимата в КЗ, является температура воздуха.

Границы температур воздуха, определяющие оптимальные (КУТ 1) и допустимые (КУТ 2) условия труда зависят от периода (сезона) года и категории работ по уровню энергозатрат согласно таблицы 6.6.

Таблица 6.6 - Оптимальные и допустимые значения температуры воздуха на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат □ Вт	Температура воздуха, °С		
		Диапазон допустимых температур ниже оптимальных величин	Оптимальные величины	Диапазон допустимых температур выше оптимальных величин
Холодный	Ia (до 139)	20,0-21,9	22-24	24,1-25,0
	Iб (140-174)	19,0-20,9	21-23	23,1-24,0
	IIa (175-232)	17,0-18,9	19-21	21,1-23,0
	IIб (233-290)	15,0-16,9	17-19	19,1-22,0
	III(более290)	13,0-15,9	16-18	18,1-21,0
Теплый	Ia (до 139)	21,0-22,9	23-25	25,1-28,0
	Iб (140-174)	20,0-21,9	22-24	24,1-28,0
	IIa (175-232)	18,0-19,9	20-22	22,1-27,0
	IIб (233-290)	16,0-18,9	19-21	21,1-27,0
	III (более290)	15,0-17,9	18-20	20,1-26,0

При наличии теплового облучения ($IR > 35 \text{ Вт/м}^2$) граничные температуры воздуха меняются в сторону их уменьшения. Температура воздуха на РМ не должна превышать в зависимости от категории работ следующих величин:

- 25°С – при категории работ Ia;
- 24°С – при категории работ Iб;
- 22°С – при категории работ IIa;
- 21°С – при категории работ IIб;
- 20°С – при категории работ III.»

Указанные допустимые температуры устанавливаются независимо от сезона года.

При температурах ниже допустимых микроклиматические условия относятся к охлаждающим, при температурах выше допустимых и/или наличии теплового излучения выше 140 Вт/м^2 – к нагревающим. Эти условия следует рассматривать как вредные и опасные. В целях профилактики неблагоприятного воздействия микроклимата, должны быть использованы защитные мероприятия.

В охлаждающем микроклимате классы условий труда по температуре КУТ(t) определяются в зависимости от категории работ (уровня общих энергозатрат) по среднесменным величинам температуры воздуха, указанным в таблице 6.7. В таблице приведена нижняя граница температуры воздуха применительно к оптимальным величинам скорости его движения.

Таблица 6.7 - Классы условий труда по показателю температуры воздуха при работе в помещении с охлаждающим микроклиматом

Категория работ	Классы условий труда				
	Вредный				Опасный
	3.1	3.2	3.3	3.4	
Ia	18	16	14	12	4
Iб	17	15	13	11	
IIa	14	12	10	8	
IIб	13	11	9	7	
III	12	10	8	6	

Скорость движения воздуха в охлаждающем микроклимате определяет КУТ, сдвигая температурные границы: при увеличении скорости движения воздуха на РМ на $0,1 \text{ м/с}$ от оптимальной, температуры воздуха, приведенные в таблице 6.6, следует повысить на $0,2 \text{ °С}$.

Когда температура воздуха и/или интенсивность теплового облучения превышают верхнюю границу допустимых значений (нагревающий микроклимат), оценку микроклимата проводят по показателю ТНС-индекса и по показателям интенсивности теплового облучения (таблица 6.8).

Таблица 6.8 - Класс условий труда по показателю ТНС-индекса (°С) для рабочих помещений с нагревающим микроклиматом, независимо от периода года и для открытых территорий в теплый период года (верхняя граница)

Категория работ*	Класс условий труда					
	Допустимый*	Вредный				Опасный (экстрем.)
		3.1	3.2	3.3	3.4	
Ia	26,4	26,6	27,4	28,6	31,0	> 31,0
Iб	25,8	26,1	26,9	27,9	30,3	> 30,3
IIa	25,1	25,5	26,2	27,3	29,9	> 29,9
IIб	23,9	24,2	25,0	26,4	29,1	> 29,1
III	21,8	22,0	23,4	25,7	27,9	> 27,9

Перепады температур воздуха (Dta) могут иметь место по высоте измерений (hDta), по горизонтали – между различными КЗ (dDta) и по времени – в течение смены (tDta). Сводка требований к перепадам температур дана в таблице 6.9.

Таблица 6.9 - Максимально допустимые перепады температур воздуха, °С

Категория работ	Класс условий труда					
	Оптимальный			Допустимый		
	hDta	dDta	tDta	hDta	dDta	tDta
Ia	2	2	2	3	4	4
Iб	2	2	2	3	4	4
IIa	2	2	2	3	5	5
IIб	2	2	2	3	5	5
III	2	2	2	3	6	6

При превышении перепадов температур указанных в таблице 6.9 значений, класс условий труда следует считать вредным (без детализации степени вредности).

Допустимые величины интенсивности теплового облучения работающих от источников излучения, нагретых до белого и красного свечения (раскаленный или расплавленный металл, стекло, пламя и др.) не должны превышать 140 Вт/м². При этом облучению не должно подвергаться более 25 % поверхности тела и обязательным является использование средств индивидуальной защиты, в т. ч. средств защиты лица и глаз.

Таблица 6.10 - Допустимые величины интенсивности теплового облучения поверхности тела работающих от производственных источников

Облучаемая поверхность тела,	Интенсивность теплового облучения, Вт/м ²
50 и более	35
25—50	70
не более 25	100

Тепловое облучение тела человека, превышающее 140 Вт/м² характеризует условия труда как вредные и опасные независимо от площади облучаемой поверхности тела. В этих условиях, наряду с интенсивностью теплового облучения IR, требуется принимать во внимание связанный с ним параметр – дозу облучения

$$Q = IR \cdot S \cdot (\Lambda/100) \cdot \Delta T,$$

где $S (\approx 1,8 \text{ м}^2)$ – полная площадь поверхности тела человека;

Λ – доля (%) облучаемой поверхности тела;

ΔT – длительность облучения (определяется в часах). Допустимое значение $Q_{\text{доп}} = 500$

$\text{Вт} \cdot \text{ч}$

При превышении допустимых значений интенсивность облучения и его доза определяют КУТ(IR) и КУТ(Q) (согласно показателей, приведенных в таблице 6.11).

Таблица 6.11 - Класс условий труда по показателям интенсивности теплового облучения IR (Вт/м²) и его дозы Q (Вт · ч)

Показатель	Класс условий труда (КУТ)						
	Опт.	Доп.	вредный				опасный
	1	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
IR (Вт/м ²)		140	1 500	2 000	2 500	2 800	> 2 800
Q (Вт*ч)		500	1 500	2 600	3 800	4 800	> 4 800

Влажность воздуха. Независимо от сезона года или категории работ, класс условий труда по влажности воздуха КУТ(RH) определяется согласно показателей, приведенных в таблице 6.12.

Таблица 6.12 - Класс условий труда по показателю влажности воздуха

Класс условий труда	КУТ(RH)	Диапазон RH, %	
		Нижняя граница	Верхняя граница
Оптимальный	1	≥ 40	≤ 60
Допустимый	2	≥ 15	< 40
Допустимый	2	> 60	≤ 75
Вредный	3.1	≥ 10	< 15
Вредный	3.2		< 10

Для температур воздуха, соответствующим верхним значениям допустимых величин, вводится дополнительное ограничение на относительную влажность воздуха. При температуре воздуха на РМ 25 °С и выше максимально допустимые величины относительной влажности воздуха не должны выходить за пределы:

70 % – при температуре воздуха 25 °С;

65 % – при температуре воздуха 26 °С;

60 % – при температуре воздуха 27 °С;

55 % – при температуре воздуха 28 °С.

При превышении допустимых значений относительной влажности воздуха, класс условий труда при указанных выше температурах воздуха следует определять по ТНС-индексу (таблица 6.8).

Скорость движения воздуха. Классификация условий труда по скорости движения воздуха должна учитывать температуру воздуха – одна и та же скорость движения воздуха может быть либо оптимальной, либо допустимой для различных температур воздуха.

Оптимальные и допустимые скорости движения воздуха приведены в таблице 6.13.

Таблица 6.13 - Оптимальные и допустимые скорости движения воздуха на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Скорость движения воздуха, м/с		
		Допустимые, для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин не более	Оптимальные, для диапазона оптимальных температур воздуха не более	Допустимые, для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин не более
Холодный	Ia (до 139)	0,1	0,1	0,1
	Iб (140—174)	0,1	0,1	0,2

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Скорость движения воздуха, м/с		
		Допустимые, для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин не более	Оптимальные, для диапазона оптимальных температур воздуха не более	Допустимые, для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин не более
	IIa (175—232)	0,1	0,2	0,3
	IIб (233—290)	0,2	0,2	0,4
	III (более 290)	0,2	0,3	0□4
Теплый	Ia (до 139)	0,1	0,1	0,2
	Iб (140—174)	0,1	0,1	0,3
	IIa (175—232)	0,1	0,2	0,4
	IIб (233—290)	0,2	0,2	0,5
	III (более 290)	0,2	0,3	0,5

В диапазоне температур воздуха от 26 до 28 °С для теплого периода года нижние границы допустимой скорости движения воздуха составляют:

0,1 м/с – при категории работ Ia и Ib;

0,2 м/с – при категориях работ IIa, IIб и III.

В диапазоне допустимых температур, если скорость движения воздуха выше максимально допустимого значения, класс условий труда следует считать вредным (без детализации степени вредности).

В нагревающем микроклимате (при температуре воздуха выше верхнего предела допустимой температуры) скорость движения воздуха следует считать вредной (КУТ 3.1), если ее величина превышает 0,6 м/с.

В охлаждающем микроклимате (при температуре воздуха ниже нижнего предела допустимых температур) влияние движения воздуха учитывается в температурной поправке на ветер.

Автоматизация анализа результатов инструментального контроля

При анализе результатов инструментальных исследований следует использовать специализированные компьютерные программы. Это экспертные системы (ЭС), предназначенные для перевода результатов совокупности замеров параметров микроклимата в заключение об условиях труда на обследуемом РМ.

Исходной информацией ЭС являются результаты измерений параметров в КЗ и описание структуры РМ (перечень КЗ с указанием времени работы в каждой из них). Применяя правила отношений к символическому представлению знаний о нормируемых параметрах, ЭС выносит суждения о классе условий труда. Программа может полностью взять на себя функции, выполнение которых обычно требует привлечения опыта специалиста, или играть роль ассистента для специалиста, принимающего решение.

6. Оформление результатов инструментального контроля

Результаты инструментального контроля фиксируются в рабочем журнале, а выводы и заключения по ним оформляются протоколом инструментального контроля параметров микроклимата.

Рабочий журнал

В процессе измерений и по их завершении в рабочий журнал вносятся:

- сведения о предприятии, цель измерений, сведения о полученном задании на измерения, сведения о лицах, присутствующих при измерениях;
- дата и время проведения измерений;
- данные о средствах измерений (тип, заводской номер, данные о государственной поверке, погрешность СИ);
- температура наружного воздуха;
- температура наиболее холодного (теплого) месяца;

- параметры технологического процесса, оборудование и другие факторы, влияющие на микроклимат РМ (фазы технологического процесса, функционирование систем вентиляции и отопления, наличие источников ИК излучения и др.);
- номера, описание, включая при необходимости рисунки, РМ, где проводятся измерения, и участков измерения;
- расстояние от стен до РМ;
- время нахождения работника в КЗ;
- указать площадь помещения и количество точек измерения в соответствии;
- с категорией работ (указать профессию, род деятельности, перенос тяжести до 10 кг, свыше 10 кг);
- результатами всех измерений, выполненных не менее 3 раз в смену во всех точках, относящихся к РМ;
- расчетами среднесменных показателей микроклимата, ТНС-индекса;
- выбранное значение ПДУ с кратким обоснованием.

Требования к оформлению журнала учета результатов измерений приведены таблице 6.4.

Протокол контроля

При оформлении протокола контроля в нем необходимо отразить показатели:

- температура наружного воздуха;
- температура наиболее холодного (теплого) месяца;
- параметры технологического процесса, оборудование и другие факторы, влияющие на микроклимат РМ (фазы технологического процесса, функционирование систем вентиляции и отопления, наличие источников ИК излучения и другое);
- описание точек, выбранных с учетом технологического процесса;
- расстояние от стен до РМ (больше 2 м, меньше 2 м и другое);
- описание и продолжительность времени нахождения работника в течение смены;
- площадь помещения и количество точек измерения;
- категория работ (указать профессию, род деятельности (приложение А к МУК));
- среднесменные значения;
- средние результаты всех измерений, выполненных не менее 3 раз в смену во всех точках относящихся к РМ;
- результаты сравнительных оценок данных измерений с нормативами.

Требования к оформлению протокола инструментального контроля параметров микроклимата приведены в таблице 6.14, а форма протокола на рисунке 6.1.

Таблица 6.14 - Инструкция по заполнению протокола инструментального контроля гигиенических требований к микроклимату производственных помещений

Наименование строки	Краткое пояснение по заполнению
Цель измерения	С какой целью проводятся измерения: производственный контроль, аттестация рабочих мест, плановая проверка и т. д.
Наименование и адрес объекта, где проводились измерения	Где проводились измерения. Указывается наименование юридического лица, его юридический адрес или фамилия, инициалы индивидуального предпринимателя и адрес государственной регистрации деятельности
Уполномоченный представитель объекта, присутствующий при проведении измерений	Фамилия, инициалы, должность, подпись
Дата и время измерений	Дата и время измерений
Наименование средств измерений и сведения о государственной поверке:	Указывается средство измерения и данные в соответствии со свидетельством о поверке и паспортом на прибор
Нормативная документация, в соответствии с которой проводились измерения	Указываются нормативные правовые документы (НД) и нормативно-технические документы на метод измерения
Источники микроклиматических воздействий и их характеристики	Указывается, что является основным источником (нагретые агрегаты, окна, дверные проемы, ворота, открытые ванны и т. д.), задаются их основные характеристики
План производственного участка (помещения), описание расположения контролируемых зон	Схематичный эскиз помещения с нанесением точек измерения
<i>Таблица (результаты измерений)</i>	
Измеряемый параметр	Измеряемый параметр микроклимата
Единицы измерения	Единицы измерения определяемого параметра
Результаты исследований, измерений	Результаты исследований, измерений
Результаты измерений с учетом по-	Указываются результаты исследований, измерений с учетом погрешности измерения

Наименование строки	Краткое пояснение по заполнению
грешности	прибора или методики
Величина допустимого уровня	Величина допустимого уровня в соответствии с НД
Дополнительные сведения	Сведения об условиях проведения измерений, могущих оказать влияние на их результаты или допустимый уровень фактора, а также уточняющие сведения, приведенные в протоколе
Измерения проводил(и)	Фамилия, инициалы, должность, подпись специалиста(ов) непосредственно проводившего(их) измерения
Руководитель подразделения (лаборатории)	Фамилия, инициалы, должность, подпись

_____ (наименование и адрес организации)

Утверждаю _____
 Должность _____

 подпись фамилия, инициалы

*Аккредитованная испытательная лаборатория
 (испытательный лабораторный центр)*

Юридический адрес _____
 Телефон, факс _____
 Аттестат аккредитации № _____ от «___» _____ 20__ г.
 Зарегистрирован в Госреестре № _____ от «___» _____ 20__ г.
 Действителен «___» _____ 20__ г.

ПРОТОКОЛ

*инструментального контроля
 микроклимата производственных помещений*
 «___» _____ 20__ г. № _____

Дата и время измерений _____
 Наименование и адрес объекта, где проводились измерения _____
 Цель измерений _____
 Измерения проводились в присутствии _____

Уполномоченный представитель объекта _____ (Ф.И.О., должность)

Наименование средств измерений и сведения о государственной поверке:

Наименование средства измерения	Номер	Свидетельство о поверке		Поверен до
		номер	дата	

Нормативно-техническая документация, в соответствии с которой проводились измерения, и давалось заключение:

Источники климатических воздействий и их характеристики _____

План производственного участка (помещения), описание расположения контролируемых участков

Результаты измерений:

Измеряемый параметр	Единицы измерения	Результаты измерения	Результаты измерения с учетом погрешности	Допустимое / оптимальное значение

Дополнительные сведения _____

	Должность	Фамилия инициалы	Подпись
Измерения проводил (и)	Руководитель отделения (лаборатории)		

Протокол составляется в двух экземплярах: 1-й экземпляр выдается по месту требования, 2-й экземпляр остается в делопроизводстве отдела (отделения, лаборатории).

Рисунок 6.1 - Оформление протокола инструментального контроля гигиенических требований к микроклимату производственных помещений

Автоматизация оформления результатов инструментального контроля

Результатом работы Программы автоматического оформления результатов является протокол инструментальных измерений параметров микроклимата на обследуемом РМ. Программа должна предоставлять возможность просмотреть, отредактировать, записать в архив (на любой носитель), распечатать протокол измерений.

7. Нормативные акты по контролю и оценки микроклимата производственных помещений

При проведении измерений и оценки параметров микроклимата производственных помещений необходимо руководствоваться:

- СанПиН 1.2.5.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»;
- МУК 4.3.2756-10 «Методические указания по измерению и оценке микроклимата производственных помещений»;
- ГОСТ 12.1.005-88 «Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»;
- МР 2.2.0244-21 «Методические рекомендации по обеспечению санитарно-эпидемиологических требований к условиям труда».

Тема 7. Контроль АПФД

План:

1. Нормативные акты по контролю и оценки микроклимата производственных помещений
2. Метрологические характеристики методики выполнения измерений
3. Метод измерений
4. Требования к квалификации операторов
5. Условия измерений
6. Подготовка к выполнению измерений
7. Выполнение измерений
8. Вычисление результатов измерений
9. Контроль качества результатов измерений при реализации методики в лаборатории
10. Нормы затрат времени на анализ
11. Требования безопасности

1. Нормативные акты по контролю и оценки микроклимата производственных помещений

При проведении измерений и оценки параметров микроклимата производственных помещений необходимо руководствоваться:

- СанПиН 1.2.5.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»;
- МУК 4.1.2468-09 «Измерение массовых концентраций пыли в воздухе рабочей зоны предприятий горнорудной и нерудной промышленности»;
- ГОСТ 12.1.005-88 «Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»;
- МР 2.2.0244-21 «Методические рекомендации по обеспечению санитарно-эпидемиологических требований к условиям труда».

2. Метрологические характеристики методики выполнения измерений

При соблюдении всех регламентных условий и проведении анализа в точном соответствии с МУК 4.3.2756-10 погрешность (и ее составляющие) результатов измерений при доверительной вероятности $P = 0,95$ не превышает значений, приведенных в таблице 7.1. Методика количествен-

ного анализа воздуха рабочей зоны для определения в нем пыли (дисперсной фазы аэрозолей) гравиметрическим методом позволяет определить концентрацию пыли в диапазоне массовых концентраций от 1 до 250 мг/куб. м.

Погрешность измерений соответствует характеристикам, приведенным в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Метрологические характеристики

Диапазон измерений массовых концентраций пыли, мг/м ³	Доверительные границы относительной погрешности $\pm \delta$, % отн.	Предел повторяемости r_{δ} , % отн.	Предел воспроизводимости R_{δ} , % отн.
От 1,0 до 250 вкл.	24	18	23

3. Метод измерений

Измерение массовых концентраций пыли основано на гравиметрическом (весовом) определении массы пыли (дисперсной фазы аэрозолей), уловленной из измеренного объема исследуемого воздуха.

Контроль содержания пыли в воздухе рабочей зоны проводится путем сравнения измеренных максимальных и среднесменных концентраций с их предельно допустимыми значениями - максимально разовыми (ПДК_{мр рз}) и среднесменными (ПДК_{сс рз}).

Предельно допустимые концентрации (ПДК) пыли в воздухе рабочей зоны зависят от химического и минералогического состава пыли, наличия диоксида кремния и других фиброгенных компонентов, а также дисперсности.

Отбор проб пыли проводят на фильтры типа АФА-ВП.

Нижний предел измерения массовой концентрации пыли в воздухе зависит от точности применяемых аналитических весов ($\pm 0,1$ мг) и от объема аспирируемого воздуха.

Определение *невозможно* в средах, содержащих ацетон, бензол, ксилол, дихлорэтан, так как фильтры типа АФА-ВП под действием этих паров изменяют свою структуру с потерей фильтрующих свойств.

4. Требования к квалификации операторов

К выполнению измерений и обработке их результатов допускаются специалисты, имеющие высшее или среднее специальное образование, опыт работы в химической лаборатории, прошедшие обучение и владеющие техникой проведения анализа, освоившие метод анализа в процессе тренировки и уложившиеся в нормативы контроля при проведении процедуры контроля погрешности анализа и имеющие стаж и опыт работы в химической лаборатории не менее 1 года.

5. Условия измерений

Подготовка и обработка фильтров, выполнение измерений в лаборатории, процедура контроля погрешности измерений должны проводиться в условиях, приведенных в таблице 7.2.

Таблице 7.2 – Условия проведения измерений гравиметрическим методом

№ п/п	Влияющий фактор	Значение влияющего фактора
1	Температура окружающего воздуха, °С	20 \pm 5
2	Атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.)	84,0 - 106,7 (630 - 800)
3	Относительная влажность воздуха, %, не более	80
4	Напряжение питания, В	220 $^{+22}_{-33}$
5	Частота, Гц	50 \pm 1

6. Подготовка к выполнению измерений

Подготовка прибора для отбора проб воздуха

Проверить герметичность и взрывоопасность прибора, если это предусмотрено эксплуатационной документацией на прибор.

Опробовать работу прибора в соответствии с указаниями эксплуатационной документации.

Отбор проб воздуха

Отбор проб следует проводить с учетом требований ГОСТ 12.1.005-88 и Р 2.2.2006-05 (приложение 9) «Общие методические требования к организации и проведению контроля содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны», п. 2 контроль соответствия максимальным ПДК и п. 3 контроль за соблюдением среднесменной ПДК.

Количество проб воздуха на пыль фиброгенного действия (аэрозоли преимущественно фиброгенного действия, далее АПФД) для установления соответствия максимальным и среднесменным ПДК зависит от уровня запыленности воздуха, длительности отбора одной пробы, числа технологических операций и их продолжительности. При постоянном технологическом процессе рекомендуется пользоваться таблице 7.3.

Таблица 7.3 - Количество проб в зависимости от длительности отбора одной пробы

Длительность отбора одной пробы	Минимальное число проб
До 10 с	30
От 10 с до 1 мин.	20
От 1 до 5 мин.	12
От 5 до 30 мин.	4
От 30 мин. до 1 ч	3
От 1 до 2 ч	2
Более 2 ч	1

Контроль соответствия максимальным ПДК

Длительность отбора одной пробы воздуха на пыль для контроля соответствия максимальным ПДК зависит от концентрации пыли в воздухе, но не должна превышать 15 мин., а для пыли преимущественно фиброгенного действия - не более 30 мин.

Если метод анализа позволяет отобрать за время технологической операции, сопровождающейся наиболее интенсивным пылеобразованием, несколько (2 - 3 и более) проб в течение указанного выше времени, то вычисляют среднеарифметическую (при равной длительности отбора отдельных проб) или средневзвешенную во времени (при разной длительности отбора отдельных проб) величину из полученных результатов, которую сравнивают с ПДК_{мр рз} для конкретного вида пыли.

Если метод анализа предусматривает отбор отдельной пробы за время, больше указанного выше, результат рассматривают как исключение.

Контроль соответствия среднесменным ПДК

Измерение среднесменной концентрации проводится в течение всей смены, но не менее 75% ее продолжительности, при условии охвата всех (не только пылеобразующих) производственных операций в течение смены, в том числе перерывов в работе и при выполнении установленной нормы выработки. Разрешается как непрерывный отбор проб пыли, так и дискретный. Отбор разовых (отдельных) проб разрешается с любой, но обязательно фиксируемой, длительностью пробоотбора. При этом, вероятностная обработка данных пылевого контроля позволяет, используя возможности логнормальной подчиненности концентраций пыли, получать исчерпывающие характеристики пылевого фактора: $K_{\text{мин}}$, $K_{\text{мак}}$ (пределы колебания концентраций пыли); характеристику их разброса по стандартному геометрическому отклонению δ_g , медиану, характеризующую, воздействием каких концентраций подвергается человек в течение смены и среднесменную концентрацию $K_{\text{сс рз}}$.

Индивидуальными пылеотборниками производится непрерывный отбор в течение всей смены.

На рабочих местах концентрацию пыли необходимо измерять в зоне дыхания или в случае невозможности такого отбора с максимальным приближением к ней воздухозаборного устройства (на высоте 1,5 м от пола при работе стоя и 1,0 м - при работе сидя). Если рабочее место не фиксировано, измерение концентрации пыли проводят в точках рабочей зоны, в которых работающий находится более 50% смены.

При отборе пробы фильтродержатель с фильтром следует располагать так, чтобы плоскость всасывания образовывала угол 90 °С с направлением движения потока воздуха. Если направление воздушного потока выражено неясно, поверхность фильтра надо направлять в сторону источника пылеобразования.

При отборе проб в восстающих выработках фильтродержатель с фильтром допускается направлять вниз или в сторону от источника пылеобразования во избежание попадания в него воды или шлама.

Не следует измерять концентрацию пыли в карьере в период снегопада или дождя, а также сразу после них.

Для определения содержания пыли в воздухе, поступающем в карьер, измерения должны проводиться на борту, с наветренной стороны в 10 м от бровки карьера.

Во всех случаях измерения концентрации пыли в воздухе необходимо проводить вне зоны действия:

- отработанного сжатого воздуха от пневмомашин и механизмов;
- воздуха, выбрасываемого из электродвигателей с воздушным охлаждением;
- воздушного потока, входящего в воздухопровод или выходящего из него; диспергированной жидкости и кусочков горной массы.

Для приведения проб к стандартным условиям: измерить температуру, барометрическое давление, влажность и скорость движения воздуха, а на открытых площадках определить направление потока воздуха.

При отборе проб воздуха необходимо:

- извлечь из обоймы и кальки фильтр за выступ защитного бумажного кольца, вставить фильтр с защитным кольцом в фильтродержатель;
- установить на штативе или подвесить в соответствии с изложенными выше требованиями фильтродержатель с фильтром и соединить его резиновыми трубками с аспиратором;
- опробовать работу установки и проверить плотность герметизации соединений фильтродержателя с аспиратором;
- включить прибор для отбора проб воздуха, установить необходимый расход воздуха (в зависимости от концентрации пыли, площади фильтра, времени отбора пробы), зафиксировать время начала измерений, включить секундомер и производить отбор пробы;
- по окончании времени отбора пробы выключить прибор;
- записать в наряде или другом документе время начала и окончания отбора пробы, т.к. для дальнейшей обработки пробы важно знание длительности отбора каждой отдельной разовой пробы;
- извлечь фильтры типа АФА из фильтродержателя, каждый сложить вдвое или вчетверо (запыленной стороной внутрь) и уложить в пакет из кальки, который поместить в обойму;
- фильтры с отобранными пробами, наряд на отбор проб и прибор доставить в лабораторию.

Для сохранения уловленной пыли все эти операции прделывают повернув фильтродержатель в вертикальное положение фильтром вверх.

В местах отбора проб, где скорость воздушного потока превышает 1,5 м/с, фильтродержатель должен иметь опорную сетку для исключения прорыва фильтра.

7. Выполнение измерений

После отбора пробы воздуха проводится повторное взвешивание фильтров в лаборатории на тех же весах с выполнением операций, изложенным ранее.

При отборе проб в условиях повышенной влажности (более 75%) перед повторным взвешиванием фильтры следует помещать в эксикатор на 2 ч и затем в течение не менее 2 ч выдерживать в условиях комнатной температуры и влажности.

Если воздух рабочей зоны загрязнен аэрозолями масел (от работы пневматических машин и механизмов), то после отбора проб с фильтров типа АФА необходимо экстрагировать масло при помощи растворителя.

В качестве вещества для экстрагирования масел следует применять бензин "калоша" или изооктан. Они хорошо растворяют масла, не реагируют с материалом фильтра, при высушивании испаряются без остатка, не являются дефицитными.

Каждый фильтр, сложенный в 1/8 загрязненной стороной внутрь, накалывают на иголку специального диска и записывают номер. Диск с фильтром помещают в бокс, содержащий 50 куб. см бензина или изооктана, и выдерживают 25 мин.

Затем, повторив операцию еще два раза, промывают фильтр в новых порциях растворителя в течение такого же промежутка времени. Фильтр выдерживают на воздухе до полного испарения растворителя и помещают в эксикатор на 2 ч. Затем 2 ч выдерживают при комнатной температуре и влажности и взвешивают.

При первом и повторном взвешивании фильтров допускается изменение температуры воздуха в пределах ± 2 °С и относительной влажности воздуха $\pm 10\%$.

Фильтры с пылью перед взвешиванием должны находиться не менее 2 ч в помещении, в котором будет проводиться взвешивание.

8. Вычисление результатов измерений

Массовую концентрацию пыли в отдельной пробе (K_n , мг/м³) рассчитывают по формуле:

$$K_n = \frac{(m_n - m_0)1000}{V_{20}}, \quad (7.1)$$

где K_n - концентрация всей витающей в воздухе пыли в отдельной пробе, мг/м³;

m_0 - масса фильтра до отбора пробы, мг;

m_n - масса фильтра (накопителя) с пылью после экстрагирования масел, мг;

V_{20} - объем воздуха, отобранный для анализа и приведенный к стандартным условиям, куб. дм.

Приведение объема воздуха к стандартным условиям при температуре 293 К (20 °С) и атмосферном давлении 101,33 кПа (760 мм рт. ст.) производят по формуле

$$V_{20} = \frac{293V_t P}{101,33(273+t)},$$

где V_t - объем воздуха, отобранный для анализа, куб. дм;

P - барометрическое давление в месте отбора проб, кПа (101,33 кПа = 760 мм рт. ст.);

t - температура воздуха в месте отбора пробы, °С.

Результат анализа в документах, предусматривающих его использование, представляют в виде

$$K \mp 0,01\delta K \text{ при } P=0,95 \quad (7.2)$$

где K - среднее арифметическое значение результатов и определений, мг/куб. м;

δ - границы относительной погрешности, % (таблица 7.1).

Результат измерений округляют до одной значащей цифры после запятой в диапазоне измерений (1 - 50) мг/м³ и до целых единиц - в диапазоне более (50 - 250) мг/м³.

Результаты измерений концентрации пыли в воздухе рабочей зоны ($K_{\text{мр рз}}$ и $K_{\text{сс рз}}$) регистрируют в журналах учета отбора проб воздуха на пыль.

В случае, если массовые концентрации пыли в воздухе рабочей зоны ниже нижней (выше верхней) границы диапазона измерений, то производят следующую запись в журнале: «массовая концентрация пыли в воздухе рабочей зоны менее 1,0 мг/м³ (более 250 мг/м³)».

Результаты измерений оформляют записью в журнале.

Расчет концентрации пыли в воздухе рабочей зоны для контроля соответствия максимальным ПДК.

Если время отбора отдельных проб одинаково (не более 15 мин. или 30 мин. (для АПФД), то расчет среднеарифметической концентрации пыли $K_{0,1}$ ведут по формуле

$$K_{0,1} = \frac{K_1 + K_2 + \dots + K_n}{n}, \quad (7.33)$$

где $K_{0,1}$ - среднеарифметическая концентрация пыли в воздухе рабочей зоны, мг/м³;

$K_1, K_2 \dots K_n$ - концентрации пыли по результатам измерения отдельных проб, мг/м³;

n - количество отобранных проб за 15 или 30 мин.

При контроле за ПДК_{мр рз}, полученный результат ($K_{0,1}$) сравнивают со значением ПДК_{мррз} для данного вида пыли.

Среднеарифметические значения концентраций пыли являются характеристиками нормального закона, которому динамические концентрации пыли, как правило, не подчиняются, лучше использовать более общую формулу (7.4).

Если время отбора отдельных проб разное в течение 15 или 30 мин. отбора, то рассчитывают средневзвешенную по времени концентрацию пыли по формуле

$$K_{0,1} = \frac{K_1 t_1 + K_2 t_2 + \dots + K_n t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}, \quad (7.4)$$

где $K_{0,1}$ - средневзвешенная концентрация пыли в воздухе рабочей зоны, мг/м³;

$K_1, K_2 \dots K_n$ - концентрации пыли по данным отдельных проб, мг/м³;

$t_1, t_2 \dots t_n$ - время отбора отдельной пробы, мин.

Полученный результат сравнивают с ПДК_{мр рз}.

Расчетный метод среднесменной концентрации пыли в воздухе рабочей зоны.

Рассчитывают среднюю концентрацию пыли K_0 на каждой операции (этапы технологической стадии) по результатам отбора проб за время операции по формуле (7.4).

По результатам средних концентраций за операцию (K_0) с учетом продолжительности операции (T_0) рассчитывают среднесменную концентрацию ($K_{ср рз}$) как средневзвешенную по времени величину за смену по формуле

$$K_{0,1} = \frac{K_{01} T_{01} + K_{02} T_{02} + \dots + K_{0n} T_{0n}}{T_{01} + T_{02} + \dots + T_{0n}},$$

где $K_{01}, K_{02}, \dots K_{0n}$ - средневзвешенная концентрация за операцию, мг/м³;

$T_{01}, T_{02}, \dots T_{0n}$ - продолжительность операции, мин.;

SUM T - продолжительность всех операций, соответствующая продолжительности рабочей смены (480 мин.).

Для достоверной характеристики воздушной среды необходимо получить данные не менее чем по трем сменам.

9. Контроль качества результатов измерений при реализации методики в лаборатории

Контроль качества результатов измерений в лаборатории при реализации методики осуществляют по ГОСТ Р ИСО 5725-6 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений», используя контроль стабильности среднеквадратического (стандартного) отклонения промежуточной прецизионности. Проверку стабильности осуществляют с применением контрольных карт Шухарта.

Периодичность контроля стабильности результатов выполняемых измерений регламентируют в Руководстве по качеству лаборатории.

Рекомендуется устанавливать контролируемый период так, чтобы количество результатов контрольных измерений было от 20 до 30.

При неудовлетворительных результатах контроля, например, при превышении предела действия или регулярном превышении предела предупреждения, выясняют причины этих отклонений, в том числе проводят смену реактивов, проверяют работу оператора.

10. Нормы затрат времени на анализ

Для проведения серии анализов из 6 проб требуется 5,5 ч.

11. Требования безопасности

При выполнении измерений необходимо соблюдать требования техники безопасности при работе с химическими реактивами по ГОСТ 12.1.007-76 и ГОСТ 12.1.005-88.

При работе с горючими и вредными веществами необходимо соблюдать меры противопожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004-91 и иметь средства пожаротушения по ГОСТ 12.4.009-90.

Помещение лаборатории должно быть оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией. Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать ПДК, установленных СанПиН 1.2.3685-21.

Работающие должны быть обучены правилам безопасности труда согласно ГОСТ 12.0.004-2015.

Лица, производящие измерения концентрации пыли, должны знать требования, предъявляемые к отбору и качеству проб, устройство применяемых приборов, а также правила безопасного поведения на рабочем месте.

Находясь на территории предприятия, следует строго выполнять указания по технике безопасности в соответствии с предупредительными надписями, световыми сигналами и плакатами. При выполнении работ и перемещении по предприятию следует руководствоваться соответствующими Правилами безопасности.

Категорически запрещается лицам, производящим отбор проб, подключать аспираторы к электросети. Эти работы должны выполняться дежурным электриком.

Переносную электропроводку следует подвешивать, а не располагать на почве, полу и т.д.

Работы, при которых нарушаются требования Правил безопасности, должны быть немедленно прекращены.

Тема 8. Контроль показателей световой среды

План:

1. Общие положения
2. Нормативные акты по контролю и оценки световой среды производственных помещений
3. Порядок гигиенической оценки рабочих мест по условиям освещения
4. Планирование обследования объекта и проведения измерений параметров освещения
5. Обследование условий освещения
6. Обработка результатов обследования и оформление протокола
7. Гигиеническая оценка условий освещения

1. Общие положения

Рабочее освещение - освещение, обеспечивающее нормируемые осветительные условия (освещенность, качество освещения) в помещениях и в местах производства работ вне зданий.

Естественное освещение - освещение помещений светом неба, проникающим через световые проемы в наружных ограждающих конструкциях.

Совмещенное освещение - освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным.

Коэффициент естественной освещенности (КЕО) - отношение естественной освещенности, создаваемой в некоторой точке заданной плоскости внутри помещения светом неба, к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности, создаваемой светом полностью открытого небосвода; выражается в процентах.

Общее освещение - освещение, при котором светильники размещаются в верхней зоне по-

мещения равномерно (общее равномерное освещение) или применительно к расположению оборудования (общее локализованное освещение).

Местное освещение (МО) - освещение, дополнительное к общему, создаваемое светильниками, концентрирующими световой поток непосредственно на рабочих местах.

Комбинированное освещение - освещение, при котором к общему освещению добавляется местное.

Аварийное освещение (АО) - освещение для продолжения работы при аварийном отключении рабочего освещения.

Характерный разрез помещения - поперечный разрез посередине помещения, плоскость которого перпендикулярна к плоскости остекления световых проемов (при боковом освещении) или продольной оси к продольной оси пролетов помещения. В характерный разрез помещения должны попадать участки с наибольшим количеством рабочих мест, а также точки рабочей зоны, наиболее удаленные от световых проемов.

Рабочая поверхность - поверхность, на которой производится работа и нормируется или измеряется освещенность.

Условная рабочая поверхность - условно принятая горизонтальная поверхность, расположенная на высоте 0,8 м от пола.

Объект различения - рассматриваемый предмет, отдельная его часть или дефект, которые требуются различать в процессе работы.

Фон - поверхность, прилегающая непосредственно к объекту различения, на которой он рассматривается.

Контраст объекта различения с фоном (К) - определяется отношением абсолютной величины разности между яркостью объекта и фона к яркости фона.

Освещенность (Е) - отношение светового потока к площади освещаемой им поверхности; измеряется в люксах (лк).

Показатель ослепленности (Р) - критерий оценки слепящего действия осветительной установки; оценивается в относительных единицах.

Коэффициент пульсации освещенности (Кп) - критерий оценки относительной глубины колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока газоразрядных ламп при питании их переменным током промышленной частоты; оценивается в процентах.

Показатель дискомфорта - критерий оценки дискомфорта блескости.

Энергетическая освещенность в ультрафиолетовом диапазоне - поверхностная плотность потока ультрафиолетового излучения.

ОУ - осветительная установка.

ПРА - пускорегулирующий аппарат (аппаратура).

ИС - источники света.

ЛН - лампы накаливания.

ГЛН - галогенные лампы накаливания.

ГЛ - газоразрядные лампы.

ГЛВД - газоразрядные лампы высокого давления.

ДРЛ - ртутные лампы высокого давления.

МГЛ - металлогалогенные лампы.

ДРИ - металлогалогенные лампы высокого давления с излучающими добавками.

ЛЛ - люминесцентные лампы.

ЛД - люминесцентные лампы дневного света.

ЛДЦ - люминесцентные лампы дневного света с улучшенной цветопередачей.

ЛБ - люминесцентные лампы белого света.

ЛХБ - люминесцентные лампы холодного белого света.

ЛТБ - люминесцентные лампы теплого белого света.

ЛБЦТ - люминесцентные лампы белого света с улучшенной цветопередачей трехполосные.

ЛБР - люминесцентные лампы с внутренним отражающим слоем.

ЛЕЦ - люминесцентные лампы естественного света с улучшенной цветопередачей.

ЛЕ - люминесцентные лампы естественного света.
ЛХЕ - люминесцентные лампы холодно-естественного света.
КЛЛ - компактные люминесцентные лампы.
СД - светодиоды.
КТ - контрольные точки.

Нормируемые показатели освещения:

для естественного освещения - коэффициент естественной освещенности (КЕО);

для искусственного освещения - определяются нормативным документом и могут включать:

- освещенность;
- неравномерность освещенности;
- яркость;
- коэффициент пульсаций освещенности;
- энергетическую освещенность в ультрафиолетовом диапазоне;
- прямую блескость (показатель ослепленности, показатель дискомфорта);
- отраженную блескость.

2. Нормативные акты по контролю и оценки световой среды производственных помещений

Контроль и оценка световой среды производственных помещений производится в соответствии со следующими документами:

- МУК 4.3.2812-10 «Методы контроля. Физические факторы инструментальный контроль и оценка освещения рабочих мест»;
- МР 2.2.0244-21 «Методические рекомендации по обеспечению санитарно-эпидемиологических требований к условиям труда»;
- СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*».

3. Порядок гигиенической оценки рабочих мест по условиям освещения

Гигиеническая оценка рабочих мест по условиям освещения выполняется в несколько этапов:

- 1) планирование обследования объекта и измерения параметров освещения;
- 2) обследование условий освещения рабочих мест, включая проведение измерений;
- 3) обработка результатов обследования и оформление протокола;
- 4) оценка условий освещения на соответствие нормативным документам с определением при необходимости класса условий труда.

Оценка освещения рабочих мест осуществляется по всем нормируемым показателям. В качестве нормативных используются документы санитарного законодательства, а в случае их отсутствия - СП 52.13330.2016.

Обследование условий освещения рабочих мест, включая проведение измерений, выполняется специалистами, имеющими свидетельство о прохождении обучения по вопросам измерений освещения и ультрафиолетового излучения. Гигиеническая оценка условий освещения на рабочих местах осуществляется экспертами с подтвержденной квалификацией по гигиене труда или общей гигиене и должна включать определение соответствия действующим нормативам и определение класса условий труда.

4. Планирование обследования объекта и проведения измерений параметров освещения

Планирование обследования объекта включает:

- уяснение задачи работы;
- знакомство с документами об объекте; директивными документами на проведение работы; результатами ранее проведенных обследований, измерений и т.д.;
- определение возможных объемов работы, включая определение контролируемых парамет-

ров, точек измерения и времени выполнения работы;

- планирование потребности в средствах измерения и привлекаемых к работе специалистах;
- подготовка конспекта рабочих записей (рабочего журнала), содержащего план проведения обследования объекта.

5. Обследование условий освещения

Перед проведением измерений производится сбор данных об особенностях освещения рабочего места по следующим показателям:

- 1) наличие или отсутствие естественного освещения;
- 2) система искусственного освещения;
- 3) тип светильников;
- 4) параметры размещения светильников;
- 5) состояние светильников (загрязнение, укомплектованность отражателями, решетками, рассеивателями, уплотнителями и т.д.);
- 6) тип источников света, их цветовая температура и параметры цветопередачи;
- 7) сведения о «расфазировке» светильников и типе пускорегулирующего агрегата люминесцентных ламп;
- 8) наличие и состояние светильников местного освещения;
- 9) число негорящих ламп;
- 10) состояние остеклений светопроемов, стен, потолков и др. по показателям, которые могут оказать влияние на результаты оценки измерений, в т.ч. определяют необходимость поправок нормативного значения;
- 11) особенности условий труда, включая хронометраж работы, освещения, характер рабочей поверхности, характеристики объектов работы и особенности зрительной работы, возрастные характеристики работников, влияющие на требования к проведению измерений и оценку их результатов.

Контроль условий освещения проводится 1 раз в год, а также при наличии жалоб на освещение.

Необходимые сведения предоставляются владельцем объекта.

Собранные данные заносятся в конспект рабочих записей (рабочий журнал). Их объем определяется требованиями нормативного документа.

Определение коэффициента естественной освещенности (КЕО).

4.2.1. Оценка достаточности естественного освещения в помещениях может быть выполнена по значениям КЕО в проектной документации или для ориентировочной оценки можно принять, что естественное освещение считается достаточным ($КЕО \geq 0,5\%$), если:

- световые проемы имеют достаточные размеры и заполнение обычным оконным стеклом; в летнее время в светлое время суток работа может выполняться без использования искусственного освещения.

Естественное освещение считается недостаточным ($0,1\% \leq КЕО < 0,5\%$), если:

- световые проемы недостаточны по площади (менее 10% площади пола), расположены беспорядочно, загромождены элементами различных конструкций;

- световые проемы, достаточные по площади ((10 – 20)% площади пола), имеют заполнение светопропускающим материалом с малым коэффициентом пропускания (тонируемые стекла, стеклоблоки, особенно окрашенные - голубые, зеленые);

- помещение с боковым освещением имеет большую глубину, работающие постоянно находятся в зоне, удаленной от светопроемов, и работают всю рабочую смену при искусственном освещении;

- имеются жалобы на недостаточность естественного освещения.

Определение нормативного значения КЕО.

Для зданий, расположенных в административных районах, относящихся по ресурсам светового климата к 2 - 5 группам (таблица 8.1), нормативные значения КЕО следует определять по формуле:

$$e = e_n \cdot m,$$

где e - нормативное значение КЕО;

e_n - значение КЕО для 1 группы административных районов;

m - коэффициент светового климата, определяемый по таблице 8.2.

Таблица 8.1 - Группы административных районов по ресурсам светового климата

Номер группы	Административный район
1	Московская, Смоленская, Владимирская, Калужская, Тульская, Рязанская, Нижегородская, Свердловская, Пермская, Челябинская, Курганская, Новосибирская, Кемеровская области, Мордовия, Чувашия, Удмуртия, Башкортостан, Татарстан, Красноярский край (севернее 63° с.ш.), Республика Саха (Якутия) (севернее 63° с.ш.), Чукотский нац. округ, Хабаровский край (севернее 55° с.ш.)
2	Брянская, Курская, Орловская, Белгородская, Воронежская, Липецкая, Тамбовская, Пензенская, Самарская, Ульяновская, Оренбургская, Саратовская, Волгоградская области, Республика Коми, Кабардино-Балкарская Республика, Северо-Осетинская Республика, Чеченская Республика, Ингушская Республика, Ханты-Мансийский нац. округ, Алтайский край, Красноярский край (южнее 63° с.ш.), Республика Саха (Якутия) (южнее 63° с.ш.), Республика Тува, Бурятская Республика, Читинская область, Хабаровский край (южнее 55° с.ш.), Магаданская область
3	Калининградская, Псковская, Новгородская, Тверская, Ярославская, Ивановская, Ленинградская, Вологодская, Костромская, Кировская области, Карельская Республика, Ямало-Ненецкий нац. округ, Ненецкий нац. округ
4	Архангельская, Мурманская области
5	Калмыцкая Республика, Ростовская, Астраханская области, Ставропольский край, Дагестанская Республика, Амурская область, Приморский край

Таблица 8.2 - Коэффициенты светового климата (m) для зданий со световыми проемами в наружных стенах

Номер группы административных районов	"m" при световых проемах, ориентированных по сторонам горизонта		
	север, северо-запад, северо-восток	запад, восток	юг, юго-запад, юго-восток
1	1	1	1
2	0,9	0,9	0,85
3	1,1	1,1	1
4	1,2	1,1	1,1
5	0,8	0,8	0,8

Измерение коэффициента естественной освещенности.

Контрольные точки (КТ) для измерения КЕО должны выбираться в соответствии с требованиями, изложенными в нормативных документах.

Измерения КЕО могут производиться только при сплошной равномерной десятибалльной облачности (сплошная облачность, просветы отсутствуют).

Для определения КЕО производится одновременное измерение естественной освещенности внутри помещения $E_{вн}$ и наружной освещенности на горизонтальной площадке под полностью открытым небосводом $E_{вн}$ (например, на крыше здания или в другом возвышенном месте). КЕО

определяется из соотношения:

$$KEO = 100E_{\text{от}} / E_{\text{от}}, \%$$

Измерение в каждой точке для исключения случайных ошибок следует проводить несколько раз. Для сравнения с нормативным используется среднее значение КЕО.

Измерения освещенности.

Измерения освещенности от установок искусственного освещения (в т.ч. при работе в режиме совмещенного освещения) должны проводиться в темное время суток или при фоновой освещенности, не превышающей 10% от измеренного значения освещенности от источников искусственного освещения.

В начале и в конце измерений следует проводить контроль напряжения электросетей освещения.

Измерения освещенности производятся с использованием люксметров, имеющих погрешность не более 10%.

Для измерения напряжения электрической сети следует применять средства измерения с погрешностью не более 1,5% (класс 1,5).

При выполнении измерений освещенности необходимо соблюдать следующие условия:

- датчик СИ должен размещаться на рабочей поверхности в плоскости ее расположения (горизонтальной, вертикальной, наклонной) или на рабочей плоскости оборудования; с учетом требований нормативного документа;

- на датчик СИ не должны падать случайные тени от человека и оборудования; если рабочее место затеняется в процессе работы самим работающим или выступающими частями оборудования, то освещенность следует измерять в этих реальных условиях;

- не допускается установка измерителя на металлические поверхности - для приборов с магнито-электрической измерительной системой (Ю-16, Ю-117).

Освещенность рабочего места должна измеряться на рабочей поверхности, определяемой на основании оценки технологического процесса.

При наличии нескольких рабочих поверхностей освещенность измеряется на каждой из них.

При наличии протяженных рабочих поверхностей или необходимости определения неравномерности освещенности поверхности рабочего места должно быть на основе визуальных наблюдений выбрано несколько контрольных точек (КТ), позволяющих оценить контролируемые параметры. Выбор КТ осуществляется специалистом, ответственным за оценку условий труда.

При комбинированном освещении рабочих мест вначале измеряют суммарную освещенность от светильников общего и местного освещения, затем светильники местного освещения отключают и измеряют освещенность от светильников общего освещения.

Контроль прямой блескости (слепящего действия источников света).

Оценка прямой блескости (слепящего действия осветительных установок) производится визуально. При обнаружении фактов явного нарушения требований к устройству осветительных установок (наличие в поле зрения работающих источников света, не перекрытых отражателями, рассеивателями, экранирующими решетками), при жалобах работников на повышенную яркость должно быть зафиксировано наличие прямой блескости. Особое внимание следует уделять установкам со светодиодами.

Прямая блескость не ограничивается (за исключением случаев явного нарушения требований к устройству осветительных установок):

а) в помещениях, длина которых не превышает двойной высоты установки светильников над полом;

б) в помещениях с временным пребыванием людей и на площадках, предназначенных для прохода или обслуживания оборудования;

в) для установок наружного освещения допускается не ограничивать высоту подвеса светильников с защитным углом 15 градусов и более (или с рассеивателями из молочного стекла без

отражателей);

г) на площадках для прохода людей или обслуживания технологического (или инженерного) оборудования, а также у входов в здания.

При необходимости прямая блескость может быть оценена путем расчетов. Слепящее действие, возникающее от прямой блескости источников света, в соответствии с нормами оценивается для производственных помещений показателем ослепленности (Р), а для общественных зданий показателем дискомфорта (М), максимально допустимая величина которых регламентируется.

Для рабочих мест, расположенных вне зданий, проверка слепящего действия светильников наружного освещения может быть проведена путем определения их защитного угла и контроля высоты установки над уровнем земли.

Контроль отраженной блескости.

При выполнении работ с поверхностями, обладающими направленным или направленно-рассеянным (смешанным) отражением, то есть блестящих, должны соблюдаться специальные приемы освещения, которые заключаются, прежде всего, в ограничении яркости светящей поверхности и в правильном размещении светильников по отношению к рабочей поверхности и к глазу работающего.

Наиболее вероятно наличие отраженной блескости при работе с металлическими, стеклянными или пластмассовыми блестящими изделиями, на стеклах измерительных приборов, на видеодисплейных терминалах, при чтении текста на глянцевой бумаге и пр.

Наличие отраженной блескости, фиксируемое визуально, должно отмечаться в протоколе оценки условий освещения.

Измерение яркости.

При наличии рабочих поверхностей, освещаемых по способу "на просвет", а также в других случаях, определяемых нормативными документами, должна контролироваться яркость поверхностей путем ее измерений с помощью яркомера. Методика выполнения измерений должна быть изложена в эксплуатационной документации на средство измерения. Следует обращать внимание на необходимость использования яркомеров в соответствии с их назначением и техническими характеристиками. Некоторые приборы не предназначены для измерения отраженной яркости.

Уровень яркости рабочей поверхности контролируется также в зависимости от ее площади, как показатель отраженной блескости, регламентируемый СП 52.13330.2016.

Измерения яркости производятся в темное время суток при включенном рабочем освещении.

При выполнении измерений необходимо соблюдать следующие условия:

- объектив яркомера должен быть экранирован от попадания в него постороннего света;
- на поверхность, яркость которой измеряется, не должна падать тень от яркомера и человека, проводящего измерения; если рабочее место затеняется в процессе работы самим рабочим или выступающими частями оборудования, то яркость следует измерять в этих реальных условиях.

При измерениях яркости рабочих поверхностей оптическую ось измерительной головки яркомера совмещают с направлением линии зрения наблюдателя, а расстояние от измерительной головки до поверхности наблюдения выбирают таким, чтобы головка не затеняла зону измерения и в объектив попала только поверхность, яркость которой измеряется;

- яркость измеряется в точке, где она по визуальной оценке максимальна. Датчик СИ следует располагать в точке, соответствующей требованиям технической документации на СИ, как правило, (5 – 15) см;

- в начале и в конце измерений следует проводить контроль напряжения электрической сети, питающей источники освещения, так же, как и при измерении освещенности. Отклонение его от номинального значения не должно превышать 5%.

На рабочих местах с ВДТ и ПЭВМ проводится контроль неравномерности распределения яркости в поле зрения пользователя компьютером.

Перед проведением измерений определяются поверхности, подлежащие контролю (стол, бумажный носитель, расположенный горизонтально на столе или наклонно на пюпитре, оборудование, экран монитора, поверхности периферии - стена, мебель, окно и т.п.).

Неравномерность распределения яркости в поле зрения пользователя определяется из соотношения измеренных на различных поверхностях яркостей по формуле:

$$C = \frac{L_{\max}}{L_{\min}}, \quad (8.1)$$

где C - неравномерность распределения яркости;

L_{\max} - максимальное из измеренных значений яркости, кд/м²;

L_{\min} - минимальное из измеренных значений яркости, кд/м².

Контроль коэффициента пульсации освещенности.

Величина пульсации освещенности в результате изменения во времени светового потока газоразрядных ламп оценивается по коэффициенту пульсации освещенности (K_p). Нормативными документами регламентируется его максимально допустимое значение.

Контроль K_p выполняется путем его измерения специализированным СИ одновременно с измерениями освещенности. Методика выполнения измерений должна быть изложена в эксплуатационной документации на СИ.

Контроль K_p не требуется проводить в помещениях с периодическим пребыванием людей, при отсутствии в них условий для возникновения стробоскопического эффекта.

При контроле величины K_p особое внимание должно быть уделено тем рабочим местам, где в поле зрения работника имеются быстро движущиеся или вращающиеся предметы, то есть возможен стробоскопический эффект, или где выполняются зрительные работы разрядов I, II, A1, A2, B1, в частности в помещениях с компьютерами, K_p измеряется на рабочей поверхности в одной из точек, где регистрируется освещенность.

На рабочих местах, где выполняются зрительные работы разрядов I, II, A1, A2, B1 и обеспечивается значение КЕО, соответствующее нормативным требованиям для соответствующего разряда зрительных работ, при измеренном значении $K_p = 10 - 15\%$, при гигиенической оценке условий освещения в расчет фактического значения коэффициента пульсации вводится поправочный коэффициент $K = 0,65$ ($K_{n_{\text{факт}}} = 0,65K_{n_{\text{изм}}}$).

Измерение энергетической освещенности в ультрафиолетовом диапазоне.

Измерение энергетической освещенности ультрафиолетового излучения от источников освещения (разрядных ламп и светодиодов) производится на рабочей поверхности в точках с наибольшей освещенностью в диапазонах излучения А, В и С. Для измерения энергетической освещенности в области ультрафиолетового излучения следует применять радиометры с погрешностью измерений не более 10%. Методика выполнения измерений должна быть изложена в эксплуатационной документации на средство измерения. Для измерения следует использовать СИ, на показания которых не влияет видимое освещение.

Измерения параметров освещения проводятся однократно или многократно в зависимости от уровня колебаний измеряемого параметра.

6. Обработка результатов обследования и оформление протокола

Результаты измерения освещенности из рабочих записей (рабочего журнала) подлежат обработке по формуле:

$$E_{\phi} = K_1 \cdot K_2 \cdot E_{\text{изм}}, \quad (8.2)$$

где E_{ϕ} - фактическое значение освещенности, лк;

$E_{\text{изм}}$ - показания прибора, лк;

K_1 - коэффициент, зависящий от типа применяемых источников света и типа люксметра

(для люксметров типа Ю-116, Ю-117 значения коэффициента K_1 приведены в таблице 8.3; для люксметров других типов $K_1 = 1$);

Примечание: люксметры типа Ю-116, Ю-117 не рекомендуется использовать для измерения освещенности от газоразрядных источников света.

K_2 - коэффициент, учитывающий отклонение напряжения сети от номинального (вводится при отклонении более 5%) и определяемый по формуле:

$$K_2 = U_n / [U_n - K_n (U_n - U_c)], \text{ где (3)}$$

U_n - номинальное напряжение сети, В;

U_c - среднее значение напряжения, В, равное среднему арифметическому из значений напряжения сети в начале и в конце измерений;

K_n - коэффициент, определяемый по таблице 8.4.

Таблица 8.3 - Значения коэффициента поправки на цветность источников света для люксметров типа Ю-116 и Ю-117

Источники света	Значения K_1 1
Люминесцентные лампы типа :	
ЛБ	1,17
ЛД, ЛДЦ	0,99
ЛХБ	1,15
ЛЕ	1,01
ЛХЕ	0,98
Лампы типа ДРЛ	1,09
Металлогалогенные лампы типов :	
ДРИ 400	1,22
ДРИ 1000	1,06
ДРИ 3500	1,03
ДНаТ	1,23
Лампы накаливания	1,0

Таблица 8.4 - Значения коэффициента влияния напряжения на освещенность

Источники света	Значения K_n
Лампы накаливания	4
Люминесцентные лампы при использовании балластных сопротивлений :	
индуктивного	3
емкостного	1
Газоразрядные лампы высокого давления типа ДРЛ	3

В протоколе измерений приводятся результаты как измеренных значений освещенности, так и результаты измерений после вышеописанной обработки.

При наличии на одном рабочем месте рабочих поверхностей с уровнями освещенности выше и ниже нормативных результаты измерений по этим поверхностям приводятся в протоколе измерений отдельно.

Результаты измерений параметров освещения, кроме КЕО, обрабатываются с целью оценки

диапазона неопределенности измерений.

Результаты измерений в протоколе представляются с оценкой диапазона неопределенности измерений с вероятностью 0,95.

Требования к протоколу измерений.

Протокол измерения параметров освещения должен включать:

- сведения об объекте, цель измерений, сведения о полученном задании на измерения, сведения о лицах, присутствующих при измерениях;
- дату и время проведения измерений;
- данные о средствах измерений (тип, заводской номер, данные о государственной поверке);
- сведения о работнике (должность, профессия, вид деятельности);
- сведения о рабочем месте (наименование, номера, количество рабочих зон, где бывает работник, время пребывания в каждой из них, включая при необходимости рисунки рабочих зон, где проводятся измерения);
- номера, описание, включая при необходимости рисунки рабочих мест, где проводятся измерения;
- разряд и подразряд зрительной работы для условий естественного освещения: расположение светопроемов, их состояние; ситуация в зоне светопроемов снаружи (состояние озеленения, расположение, этажность противостоящих зданий, при необходимости план участка), погодные условия при проведении измерений;
- средние значения освещенности внутри и снаружи здания и средние значения КЕО с указанием, что это средние величины;
- характеристику искусственного освещения (общее, комбинированное, тип и мощность ламп, типы светильников и высота их подвеса, число негорящих ламп);
- характеристику искусственного освещения (общее, местное, комбинированное, тип ламп, вид ПРА, типы светильников и высота их подвеса, наличие естественного освещения и проектное значение КЕО);
- значения нормативов измеряемых показателей освещения с поправкой (если необходимо) и указанием о причине введения поправки;
- результат измерения, зону неопределенности, вероятность для расчета зоны неопределенности;
- результаты контроля напряжения в электрической сети;
- вывод о превышении (непревышении) измеренными значениями допустимых - не заменяет экспертного заключения.

Протокол измерения оформляется в соответствии с требованиями системы аккредитации лабораторий.

7. Гигиеническая оценка условий освещения

Гигиеническая оценка условий освещения проводится на соответствие требованиям документов санитарного законодательства, а в случае их отсутствия - требованиям СП 52.13330.2016, обусловленным характером зрительной работы.

Оценка соответствия результатов измерения нормативам производится на основании ГОСТ Р ИСО/МЭК 10576-1-2006 «Руководство по оценке соответствия действующим требованиям».

Результаты оценки освещения отражаются в протоколе и экспертном заключении по условиям труда работника.

При определении нормативных параметров освещения по характеру зрительной работы определяется разряд зрительной работы. С этой целью изучаются технологический процесс и технологическое оборудование по литературным источникам, что позволяет составить общее представление о способах обработки сырья, требуемой точности при изготовлении отдельных деталей, узлов или выпускаемого изделия в целом, а также о применяемом оборудовании.

Более точное и подробное изучение условий зрительной работы осуществляется непосредственно на предприятии. Изучение рабочих операций начинается с ознакомления с технологическими картами (заводскими нормальями), опроса рабочих и технологов и наблюдений за ходом ра-

боты. При этом фиксируются следующие параметры изучаемого рабочего места (операции):

- наименование рабочей поверхности (стол, верстак, часть оборудования или изделия, на которой производится работа) и плоскость ее расположения (горизонтальная, наклонная, вертикальная);

- характеристика фона (поверхности, прилегающей непосредственно к объекту различения, на которой он рассматривается), заключающаяся в определении его коэффициента отражения "p" и выражаемая словами «темный» (при $p < 0,2$), «средний» (при $0,2 \leq p \leq 0,4$) и «светлый» (при $p > 0,4$);

- характеристика объекта различения (рассматриваемого предмета, отдельной его части или дефекта, которые требуется различить в процессе работы), включающая его наименование, линейный размер (минимальный или эквивалентный), расстояние до глаз работающего;

- контраст объекта различения с фоном по формуле:

$$K = \left| \frac{L_o - L_\phi}{L_\phi} \right|,$$

где L_o - яркость объекта различения, кд/м²;

L_ϕ - яркость фона, кд/м².

Контраст считается большим при $K > 0,5$ (объект и фон резко различаются по яркости), средним при $0,2 \leq K \leq 0,5$ (объект и фон заметно отличаются по яркости) и малым при $K < 0,2$ (объект и фон мало отличаются по яркости);

- продолжительность напряженной зрительной работы (по хронометражным картам или фотографиям рабочего дня);

- наличие дополнительных рабочих поверхностей (пульта управления, зоны размещения инструментов, шкалы приборов и измерительных инструментов и т.д.);

- дополнительные сведения, такие как работа со светящимися объектами, наличие направленной составляющей отражения объекта или фона, наличие или отсутствие в помещении естественного света, необходимость цветоразличения, повышенная опасность травматизма, наличие повышенных требований к чистоте продукции, наблюдение быстро движущихся или вращающихся деталей, использование труда подростков, людей в возрасте старше 40 лет и т.п.

По характеристикам зрительной работы определяются поверхности, на которых нормируются показатели освещения; определяются разряд и подразряд зрительной работы и выбираются базовые уровни нормируемых показателей, а также поправки к ним.

Оценка параметров естественного освещения.

При оценке значений КЕО, определенных по проектной документации или путем измерений, следует ориентироваться на нормативные значения с учетом возможных поправок, вводимых для административных районов с различным световым климатом, а также для рабочих мест подростков. При санитарно-эпидемиологической экспертизе (гигиенической оценке) условий труда следует обращать внимание на корректность выбора КТ при проведении измерений.

При оценке величины КЕО по результатам измерений следует отметить обстоятельства, которые могли обусловить его снижение: грязные стекла, затенение светопроемов другими объектами (деревья, постройки и т.д.).

Оценка показателей искусственного освещения.

Для оценки уровня освещенности при наличии нескольких КТ в зоне обслуживания (по помещению, на протяженных рабочих поверхностях, на идентичных рабочих поверхностях) используется минимальное фактическое значение из последовательности значений освещенности в КТ.

При определении нормативных уровней освещенности необходимо иметь в виду, что в основной таблице норм освещенности в СП 52.13330.2016 и в большинстве других нормативных документов уровни освещенности пронормированы для осветительных установок с газоразрядными источниками света, расположенных в зданиях с достаточным естественным освещением. В зависимости от особенностей условий труда к нормативному значению может вводиться поправка на 1 - 2 ступени. Порядок введения поправки устанавливается нормативным документом.

Нормативные значения для яркости, показателя ослепленности, показателя дискомфорта и коэффициента пульсации освещенности следует принимать по действующим документам санитарного законодательства.

Если в этих документах нормативные значения показателя ослепленности и коэффициента пульсации освещенности не указаны, то их величины принимаются по СП 52.13330.2016 в соответствии с разрядом и подразрядом выполняемых зрительных работ.

Показатели ослепленности и дискомфорта определяются по результатам проектирования. При этом следует обращать внимание на соответствие реального состояния осветительных установок (количество, расположение, защитный угол светильников и т.д.) материалам проекта.

Уровень энергетической освещенности ультрафиолетового излучения на рабочих местах оценивается в соответствии с требованиями нормативных документов.

При гигиенической оценке условий освещения помимо результатов измерений нормируемых показателей освещения оценивается соблюдение других требований нормативных документов к системам освещения (наличие естественного освещения, требований к конструкции осветительных установок, характера зрительной работы и т.д.).

Оценка условий труда по фактору «световая среда».

Поскольку качество световой среды, воздействующей на работника, определяется параметрами естественного и искусственного освещения, выбор критериев оценки естественного и искусственного освещения должен быть произведен также во взаимозависимости от измеренных величин КЕО и показателей искусственного освещения.

Оценка условий труда по фактору «световая среда» должна производиться в соответствии с действующими нормативными и методическими документами санитарного законодательства.

Тема 9. Контроль инфразвука, шума и ультразвука

План:

1. Допустимые уровни шума.
2. Микрофоны и их характеристики.
3. Состав и назначение шумомеров, интегрирующих шумомеров, дозиметров шума, анализаторов спектра.
4. Методика измерения шума на рабочих местах.
5. Методика измерения транспортного шума.
6. Методика измерения шума на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях и помещениях.
7. Обработка результатов измерений и представление мониторинговой информации.

1. Допустимые уровни шума

Шум – беспорядочное сочетание различных по силе и частоте звуков; способен оказывать неблагоприятное воздействие на организм. Источником шума является любой процесс, вызывающий местное изменение давления или механические колебания в твердых, жидких или газообразных средах. Шум один из наиболее распространенных неблагоприятных физических факторов окружающей среды.

Источниками шума могут быть двигатели, насосы, компрессоры, турбины, пневматические и электрические инструменты, молоты, дробилки, станки, центрифуги, бункеры и прочие установки. Кроме того, за последние годы в связи со значительным развитием городского транспорта возросла интенсивность шума и в быту, поэтому как неблагоприятный фактор он приобрел большое социальное значение.

Шум имеет определенную частоту, или спектр, выражаемый в герцах, и интенсивность – уровень звукового давления, измеряемый в децибелах. Для человека область слышимых звуков определяется в интервале от 20 Гц до 20 000 Гц. Наиболее чувствителен слуховой анализатор к восприятию звуков частотой (1000-3000) Гц (речевая зона). Колебания ниже 20 Гц называют инфразвуком, а выше 20000 Гц – ультразвуком. По способу распространения различают воздушный ультразвук и контактный ультразвук.

Измерение, анализ и регистрация спектра шума (инфразвука, воздушного ультразвука) производят специальными приборами - шумомерами. Поскольку ухо менее чувствительно к низким и более чувствительно к высоким частотам, для получения показаний, соответствующих восприятию человека, в шумомерах используют систему скорректированных частотных характеристик - шкалы А, В, С, D и линейную шкалу, которые отличаются по восприятию. В практике применяется в основном шкала А.

Нормативные значения шума для различных сред обитания человека и периодичность контроля приведены в следующих документах:

- СанПиН 1.2.5.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»;
- СП 51.13330.2016. Свод правил. «Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003»;
- МР 2.2.0244-21 «Методические рекомендации по обеспечению санитарно-эпидемиологических требований к условиям труда».

2. Микрофоны и их характеристики

Микрофон – это электроакустический прибор, предназначенный для преобразования энергии акустической волны (звукового давления) в электрический сигнал.

Устройство микрофона

Микрофон состоит из:

- 1) акустико-механической системы;
- 2) механоэлектрической системы.

Свойства акустико-механической системы сильно зависят от того, воздействует ли звуковое давление на одну сторону диафрагмы (микрофон давления) или на обе стороны, а во втором случае от того, симметрично ли это воздействие (микрофон градиента давления) или на одну из сторон диафрагмы действуют колебания, непосредственно возбуждающие её, а на вторую - прошедшие через какое-либо механическое или акустическое сопротивление или систему задержки времени (асимметричный микрофон градиента давления).

Большое влияние на характеристики микрофона оказывает его механоэлектрическая часть.

Принцип работы микрофона

Принцип работы микрофона заключается в том, что давление звуковых колебаний воздуха действует на тонкую мембрану микрофона. В свою очередь, колебания мембраны возбуждают электрические колебания. В зависимости от типа микрофона для этого используются явление электромагнитной индукции, изменение ёмкости конденсаторов, пьезоэлектрический эффект и пр.

Классификация микрофонов по принципу действия (типы микрофонов)

По принципу действия различают следующие типы микрофонов:

- 1) динамические микрофоны:
 - 1.1) катушечный микрофон;
 - 1.2) ленточный микрофон;
- 2) электростатические микрофоны:
 - 2.1) конденсаторный микрофон;
 - 2.2) электретный микрофон;
- 3) угольные микрофоны;
- 4) пьезоэлектрические микрофоны;
- 5) оптоакустические микрофоны.

В шумомерах нашли применение микрофоны типов 2 и 4. По функциональному назначению их называют измерительными микрофонами.

Характеристики микрофонов

Основными характеристиками микрофонов являются:

- 1) чувствительность;
- 2) акустическая характеристика микрофона;
- 3) характеристика направленности;

- 4) амплитудно-частотная характеристика;
- 5) динамический диапазон микрофона.

Чувствительность микрофона

Чувствительность микрофона определяется отношением напряжения на выходе микрофона U (мВ) к звуковому давлению P (Па), как правило, в свободном звуковом поле, то есть при отсутствии влияния отражающих поверхностей. При распространении синусоидальной звуковой волны в направлении рабочей оси микрофона это направление называется осевой чувствительностью:

$$E_0 = U/P \text{ (мВ/Па).}$$

Рабочей осью микрофона является направление его преимущественного использования и обычно совпадает с осью симметрии микрофона. Если конструкция микрофона не имеет оси симметрии, то направление рабочей оси указывается в технических условиях. Чувствительность современных микрофонов составляет от (1–2) (динамические микрофоны) до (1–50) (электростатические микрофоны) мВ/Па. Чем больше это значение, тем выше чувствительность микрофона.

Акустическая характеристика микрофона

Влияние звукового поля микрофона оценивается акустической характеристикой, которая определяется отношением силы, действующей на диафрагму микрофона, и звуковым давлением в свободном звуковом поле:

$$A = F/P,$$

а потому, что чувствительность микрофона $E = U/P$ можно представить как $U/P = U/F \times F/P$ и выразить через A . Тогда получим:

$$E = A \times U/F.$$

Отношение напряжения на выходе микрофона к силе, действующей на диафрагму U/F , характеризует микрофон как электромеханический преобразователь. Акустическая характеристика определяет характеристику направленности микрофона. По виду акустической характеристики, а, следовательно, и характеристики направленности, отличают три типа микрофонов как приёмников звука: микрофон давления; микрофон градиента давления; комбинированные микрофоны.

Характеристика направленности микрофона

Характеристикой направленности называют зависимость чувствительности микрофона от направления падения звуковой волны по отношению к оси микрофона. Она определяется отношением чувствительности E_α при падении звуковой волны под углом α относительно акустической оси микрофона к его осевой чувствительности E_0 :

$$R(\alpha) = E_\alpha/E_0.$$

Направленность микрофона означает его возможное расположение относительно источников звука. Если чувствительность не зависит от угла падения звуковой волны, то есть $E_\alpha = 1$, то микрофон называют ненаправленным, и источники звука могут располагаться вокруг него. А если чувствительность зависит от угла, то источники звука должны располагаться в пространственном угле, в пределах которого чувствительность микрофона мало отличается от осевой чувствительности.

В ненаправленных микрофонах давления - сила, действующая на диафрагму, определяется звуковым давлением у поверхности диафрагмы. Звуковое поле может действовать только на одну сторону диафрагмы. Вторая сторона конструктивно защищена. Если размеры микрофона малы по сравнению с длиной звуковой волны, то микрофон не изменяет звукового поля. Если размеры соизмеримы с длиной волны, тогда за счёт дифракции звуковых волн микрофон приобретает направленность. На частотах от 5000 Гц и ниже такие микрофоны являются ненаправленными.

Преимуществом ненаправленных микрофонов является простота конструкции, расчёта капсюля и стабильности характеристик с течением времени. Ненаправленные капсюли часто используют в составе измерительных микрофонов, в быту могут быть использованы для записи разговора людей, сидящих за круглым столом.

В микрофонах градиента давления - сила, действующая на движущуюся систему микрофона, определяется разностью звуковых давлений на двух сторонах диафрагмы. То есть звуковое поле действует на две стороны диафрагмы. Характеристика направленности имеет вид восьмёрки.

Графическое изображение характеристики направленности (в полярных координатах) называют диаграммой направленности микрофона. Различают следующие виды диаграммы направленности:

1) круговая диаграмма направленности (рисунок 9.1) – характерна для ненаправленных микрофонов;

2) кордиоидная диаграмма направленности (рисунок 9.2) – характерна для однонаправленных микрофонов;

3) диаграмма направленности в виде восьмёрки (рисунок 9.3) - характерна для двунаправленных микрофонов.

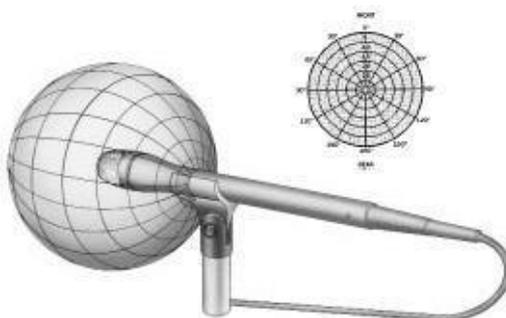


Рисунок 9.1 - Круговая диаграмма направленности

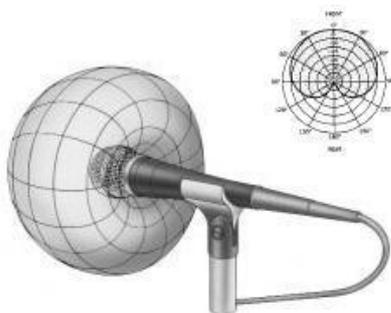


Рисунок 9.2 - Кордиоидная диаграмма направленности

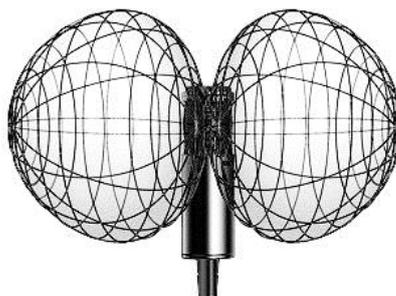


Рисунок 9.3 - Диаграмма направленности в виде восьмерки

Амплитудно-частотная характеристика микрофона

Частотная характеристика чувствительности (ЧХЧ) (см. рисунок 9.4) - это зависимость осевой чувствительности микрофона от частоты звуковых колебаний в свободном поле. Неравномерность ЧХЧ, как правило, измеряют в децибелах как двадцать логарифмов (по основанию 10) отношения чувствительности микрофона на определённой частоте к чувствительности на опорной частоте (в основном 1 кГц).

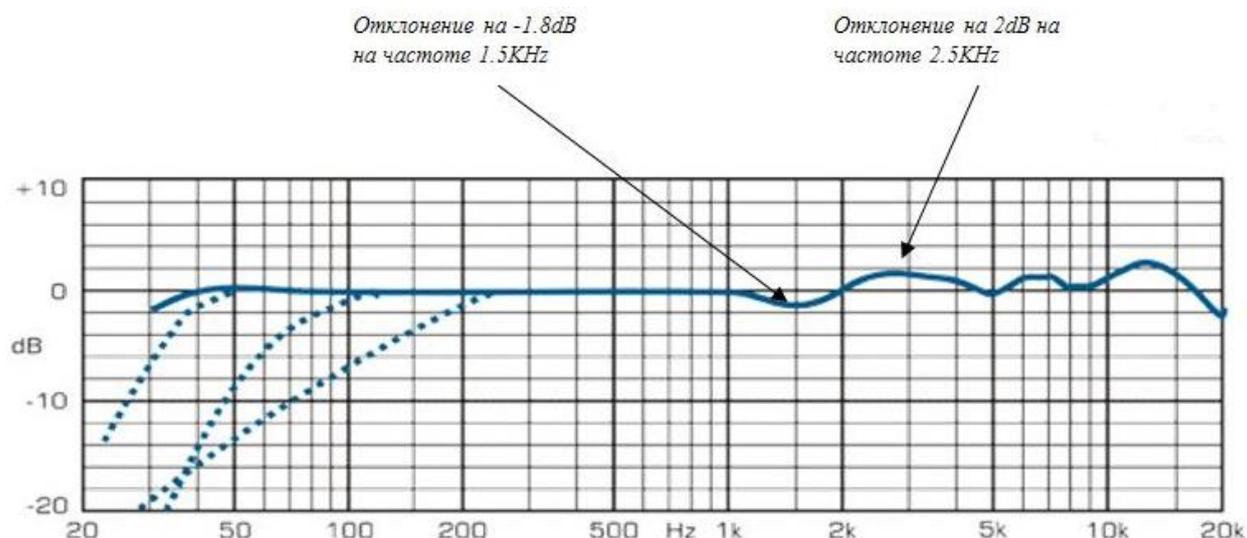


Рисунок 9.4 - Амплитудно-частотная характеристика микрофона

Динамический диапазон микрофона

В соответствии с международными стандартами собственный уровень шума микрофона определяется как уровень звукового давления, который создает напряжение на выходе микрофона, равное напряжению, возникающему в нём только за счёт собственных шумов при отсутствии звукового сигнала. Он может быть рассчитан по формуле

$$L_{Pш} = 20 \lg(U_{ш}/SP_0),$$

где $U_{ш}$ - квадратный корень из разности квадратов значений напряжения на выходе испытательного стенда по ГОСТ 16123-88 (IEC 60268-4), измеренное при подключенном микрофоне и при замене его на резистор – эквивалент модуля сопротивления испытуемого микрофона;

S - чувствительность микрофона на частоте 1000 Гц, $P_0 = 2 \times 10^{-5}$ Па.

Динамический диапазон микрофона - это разность между максимальным значением уровнем звукового давления L_{Pmax} , которое можно измерить микрофоном и наименьшим значением, которое соответствует собственному уровню шума микрофона

$$D = L_{Pmax} - L_{Pш}.$$

В таблице 9.1 приведены характеристики, характерные для конденсаторных микрофонов.

Таблица 9.1 – Характеристики конденсаторных микрофонов

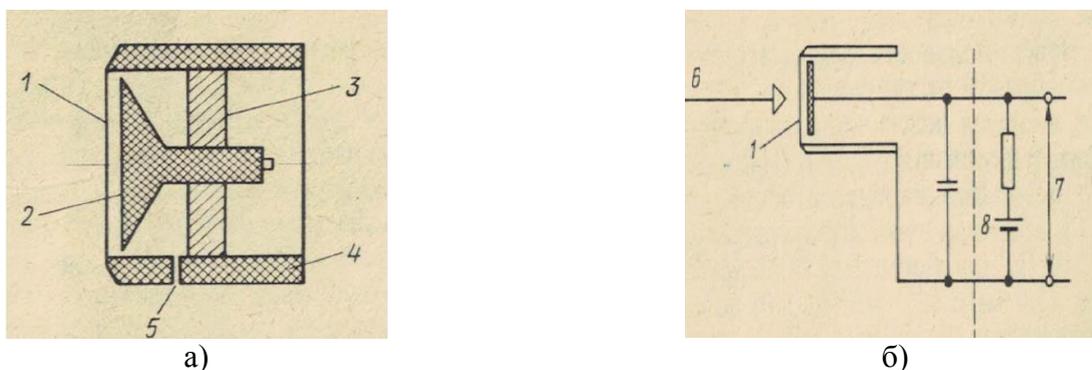
№ п/п	Тип конденсаторного микрофона (МК)	Диаметр диафрагмы МК, мм	Чувствительность МК, мВ/Па	Динамический диапазон МК $D = L_{Pmax} - L_{Pш}$, дБ
-------	------------------------------------	--------------------------	----------------------------	--

№ п/п	Тип конденсаторного микрофона (МК)	Диаметр диафрагмы МК, мм	Чувствительность МК, мВ/Па	Динамический диапазон МК $D=L_{Pmax} - L_{Pmin}$, дБ
1	Дюймовый МК	25,400	50,0	140-20
2	Полудюймовый МК	12,700	12,5	160-25
3	Четвертьдюймовый МК	6,350	4,0	170-42
4	Одно восьмидюймовый МК	3,175	1,0	178-50

Легко показать, что чувствительность микрофона связана с площадью его диафрагмы.

Конденсаторные микрофоны

Конструкция конденсаторного микрофона и схема подачи поляризующего напряжения приведены на рисунке 9.5. Он состоит из тонкой металлической диафрагмы 1 и неподвижного электрода 2. Диафрагма и неподвижный электрод электрически изолированы друг от друга и связаны с источником стабилизированного поляризующего напряжения, образуя конденсатор с параллельными пластинами. Когда на микрофон действует волна звукового давления, диафрагма 1 движется относительно неподвижного электрода 2. Это движение вызывает переменное изменение электрической емкости между диафрагмой 1 и неподвижным электродом 2, а следовательно, производит соответствующий электрический сигнал на выходе.



1 – диафрагма; 2 – неподвижный электрод; 3 – изолятор; 4 – корпус; отверстие для выравнивания давления; 6 – звуковое давление; 7 – выход; 8 – источник поляризующего напряжения

Рисунок 9.5 -Конструкция конденсаторного микрофона (а) и схема подачи поляризующего напряжения (б)

Чувствительность конденсаторного микрофона зависит главным образом от:

- 1) напряжения поляризации (200 В постоянного тока);
- 2) атмосферного давления;
- 3) площади поверхности диафрагмы;
- 4) натяжения диафрагмы.

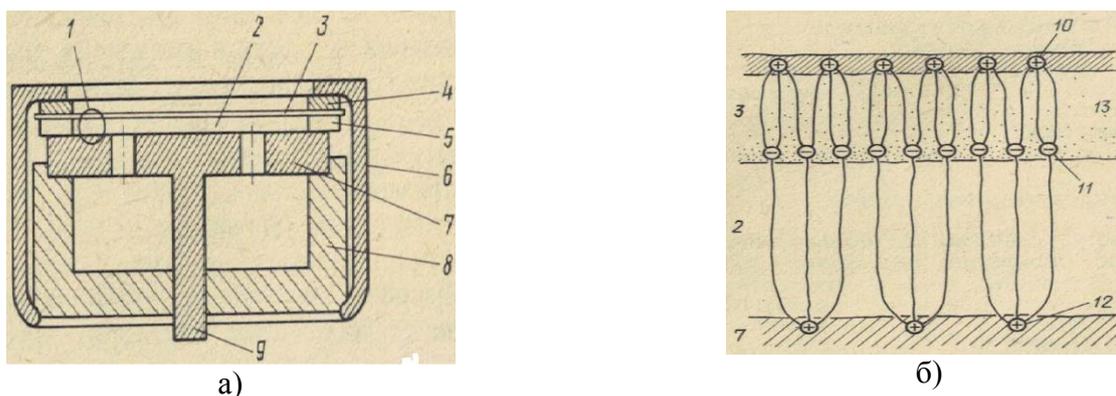
Электретные микрофоны

Электрет представляет собой электрически поляризованный элемент, который может сохранять свой заряд и поляризацию очень долго. Конструкция электретного микрофона приведена на рисунке 9.6. Диафрагма микрофона представляет собой металлизированную пластмассовую пленку, которая прошла специальную обработку и заряжена таким образом, что имеется электрический потенциал между внутренней поверхностью пластмассовой пленки и металлизированной внешней поверхностью. На рисунке 9.6б показаны зафиксированный заряд на внутренней поверхности пленки и наведенный заряд на внешней металлизированной поверхности и на задней пластине. Фиксированный заряд и заряд на задней пластине формируют электрическое поле между пленкой и неподвижным электродом, подобное тому электрическому полю, которое образуется

при подаче внешнего поляризующего напряжения на конденсаторный микрофон. Поэтому электретные микрофоны называют еще предварительно поляризованными конденсаторными микрофонами.

Акустические характеристики электретных микрофонов приблизительно такие же, что и у конденсаторных микрофонов. Однако по сравнению с конденсаторными электретный микрофон имеет следующие преимущества:

- 1) не нуждается во внешнем источнике поляризующего напряжения постоянного тока, и, следовательно, измерительный прибор может стать легче и меньше;
- 2) более прочен.



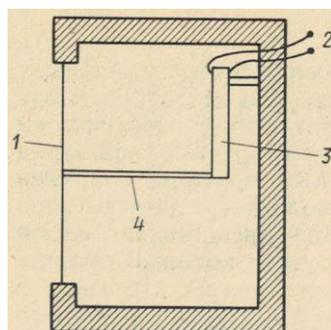
2 – воздушный зазор; 3 – металлизированная и заряженная пластмассовая диафрагма; 4 – металлическое крепежное кольцо для пленки диафрагмы; 5 – пластмассовая прокладка; 6 – алюминиевая крышка и корпус; 7 – неподвижный электрод; 8 – пластмассовый корпус; 9 – выходной контакт; 10 – наведенный заряд в металлическом слое; 11 – зафиксированный заряд; 12 – наведенный заряд в металлической задней пластине; 13 – пластмассовая пленка

Рисунок 9.6 - Конструкция электретного микрофона (а) и распределение заряда (б) на электродах (область 1 на рисунке 45а)

Пьезоэлектрические микрофоны

На рисунке 9.7 показано устройство пьезоэлектрического микрофона. Когда звуковое давление отклоняет диафрагму 1, ее движение вызывает деформацию в пьезоэлектрической пластине 3, которая в свою очередь вырабатывает электрический сигнал на выходных контактах 2. Наиболее часто в качестве пьезоэлектрического материала в микрофонах используют:

- 1) цирконат-титанат свинца;
- 2) титанат бария;
- 3) сегнетову соль.



1 – диафрагма; 2 – выходные контакты; 3 – пьезоэлектрическая пластина; 4 - игла

Рисунок 9.7 – Устройство пьезоэлектрического микрофона

Поскольку пьезоэлектрические материалы чувствительны к изменению температуры и влажности, они имеют довольно ограниченные диапазоны температур и влажности. Диапазон частот обычно лежит в пределах от 32 Гц до 8 кГц.

Оптоакустические микрофоны

Оптоакустический микрофон - микрофон, в котором для регистрации акустических колебаний той или иной среды используется свет.

Чаще всего используются отражения света лазера от того или иного рабочего тела, из-за чего подобные микрофоны иногда называют лазерными микрофонами. Существуют варианты в небольшом корпусе с жёстко закреплённой мембраной, колебаний которой регистрируются посредством фиксации отражённого под углом лазерного излучения. Вообще данный тип микрофонов достаточно специфичен и имеет свои узконаправленные сферы применения. Похожий принцип может использоваться в некоторых научных приборах, например, в сейсмографах или высокоточных датчиках расстояний. Следует понимать, что зачастую подобные приборы являются штучными образцами, требующими особых алгоритмов обработки сигнала, а также подстройки компонентов. Одна из возможных схем работы подобного микрофона приведена на рисунке 9.8.

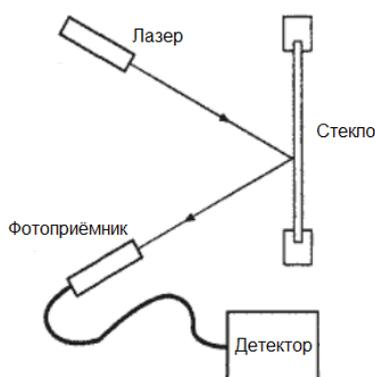


Рисунок 9.8 - Возможная схема работы оптоакустического микрофона

3. Состав и назначение шумомеров, интегрирующих шумомеров, дозиметров шума, анализаторов спектра

Для того чтобы понять работу современных шумомеров в данном вопросе рассмотрены все типы шумомеров, которые производились ранее. Так как современный шумомер по своей сути является комбинацией ранее существовавших разных типов шумомеров, выполненный с использованием современной элементной базы и технических достижений. Шумомер в целом представляет собой сочетание микрофона, устройства обработки сигналов и устройства отображения.

Современные шумомеры, предназначенные для измерения звука, подразделяются:

- обычные шумомеры, которые измеряют уровень звука с экспоненциальной временной коррекцией;
- интегрирующие-усредняющие шумомеры, которые измеряют линейно усредненный по времени уровень звука;
- интегрирующие шумомеры, которые измеряют уровень звукового воздействия.

Отдельный прибор может выполнять любой или все из указанных видов измерений.

По точности шумомеры разделены на классы. Класс точности обозначается 0, 1, 2, 3:

0 - шумомеры, применяемые в качестве образцовых средств измерения;

1 - шумомеры для точных лабораторных и натурных измерений;

2 - шумомеры для натуральных измерений нормальной точности;

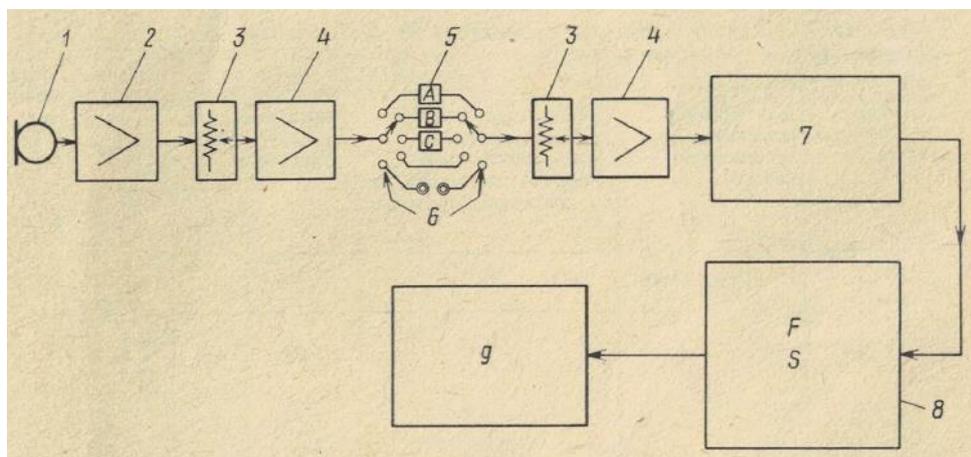
3 - шумомеры для ориентировочных измерений.

Для решения задач в сфере безопасности человека и его среды обитания рекомендуется применять шумомеры 1-го и 2-го классов. Шумомеры 1-го и 2-го классов должны соответствовать требованиям Межгосударственного стандарта ГОСТ 17187-2010 «Шумомеры. Часть 1. Технические требования».

Показания шумомеров выражаются в децибелах относительно опорного звукового давления 20 мкПа ($2 \cdot 10^{-5}$ Па).

Аналоговый шумомер

На рисунке 9.9 приведена структурная схема аналогового шумомера. Шумомер предназначен для измерения характеристик постоянного и непостоянного шума. Однако для измерения эквивалентного звука необходимо было проводить измерение большого количества уровней звука (как для постоянного шума) в течение определенного интервала времени, а затем по определенному алгоритму рассчитывать эквивалентный уровень звука за этот интервал времени.



1 – микрофон; 2 – предусилитель; 3 – переключатель пределов; 4 – усилитель;
5 – цепи фильтров частотных характеристик; 6 – внешние фильтры; 7 – квадратичный детектор (цепь возведения в квадрат); 8 – цепь экспоненциального усреднения (F – постоянная времени 125 мс («Быстро»); S - постоянная времени 1000 мс («Медленно»));

9 – индикатор, градуированный в децибелах (дБ; дБА)

Рисунок 9.9 - Структурная схема аналогового шумомера

Основные составные части аналогового шумомера приведена на рисунке 9.9. Упрощенная схема цепей фильтров частотных характеристик А, В, С приведена на рисунке 9.10.

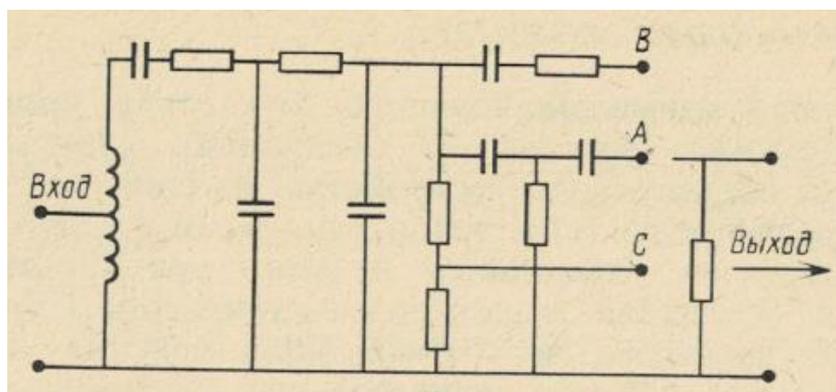
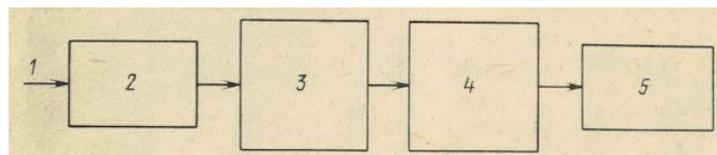


Рисунок 9.10 - Упрощенная схема цепей фильтров частотных характеристик А, В, С

Импульсные шумомеры

На рисунке 9.11 приведена структурная схема импульсного шумомера. Данный тип шумомеров имеет детектор-индикатор с характеристикой I (т.е. «Импульс») для измерения импульсного шума, например шума, производимого штампом. Импульсный шумомер имеет малую постоянную времени нарастания и очень большую постоянную времени спада. Постоянная времени нарастания схемы усреднения импульсного шумомера в режиме работы «Импульс» составляет 35 мс по сравнению с 125 мс в режиме «Быстро» и 1000 мс в режиме «Медленно». Все выпускаемые импульсные шумомеры имеют также детекторы-индикаторы с характеристиками «F» и «S», максимальные отклики шумомеров в этих трех режимах на импульсы различной длительности показаны на рисунке 9.12.



1 – вход; 2 - квадратичный детектор (цепь возведения в квадрат); 3 - цепь экспоненциального усреднения (F – постоянная времени 125 мс («Быстро»); S - постоянная времени 1000 мс («Медленно»); I - постоянная времени 35 мс («Импульс»)); 4 – пиковый детектор; 5 – индикатор, градуированный в децибелах (дБ; дБА)

Рисунок 9.11 - Структурная схема импульсного шумомера

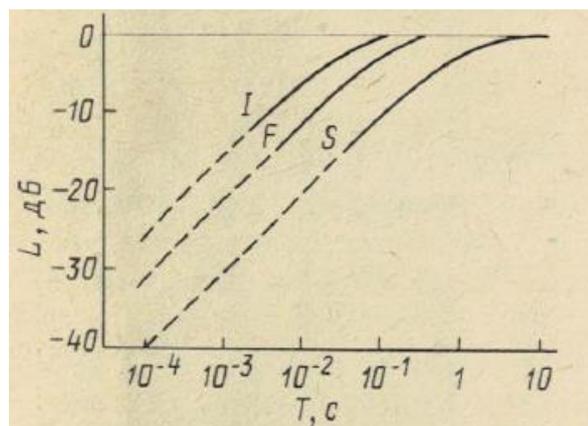


Рисунок 9.12 – Отклики в режимах «Импульс» (I), «Быстро» (F) и медленно (S) на импульсы длительностью T

Приближенные выражения для значений этих характеристик для трех режимов работы имеют вид

$$L_I - L_F = 5,5 \text{ дБ};$$

$$L_F - L_S = 9 \text{ дБ};$$

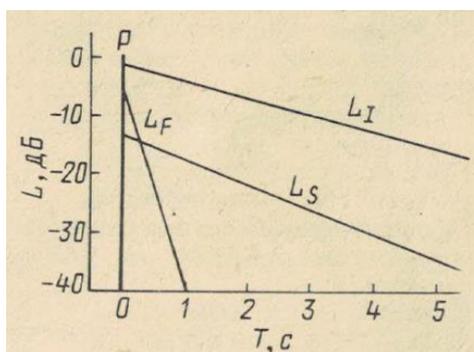
$$L_I - L_S = 14,5 \text{ дБ}.$$

В таблице 9.2 приведены показания импульсных шумомеров для различных источников шума в режимах работы «Быстро» и «Импульс».

Таблица 9.2 - Показания импульсных шумомеров для различных источников шума в режимах работы «Быстро» и «Импульс»

Источник звука	Режимы работы импульсного шумомера		$L_I - L_F$, дБ
	«Быстро» L_F , дБ	«Импульс» L_I , дБ	
Синусоидальный чистый тон с частотой 1000 Гц	94	94	0
Автомобильная дорога на расстоянии 15 м	80	80	0
Пишущая машинка типа IBM (вблизи головы оператора)	80	84	4
Пневматический молоток на расстоянии 3 м	112	114	2
Промышленный вентилятор мощностью 3,67 кВт на расстоянии 1 м	82	83	1
Компрессорное помещение	92	92	0
Токарные станки в цехе	79	80	1
Небольшой автоматический штамповочный пресс	100	103	3

На рисунке 9.13 показан спад во времени показаний индикатора для трех режимов работы при подаче одиночного импульса длительностью 50 мс на вход шумомера. Благодаря большой постоянной времени спада его пикового детектора в режиме работы «Импульс», составляющей 1500 мс, спад показаний в этом режиме наиболее медленный.

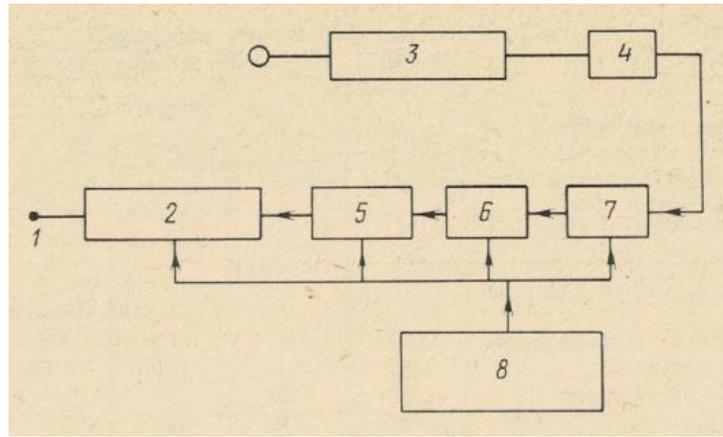


L_I – уровень в режиме «Импульс»; L_F – уровень в режиме «Быстро»;
 L_S – уровень в режиме «Медленно»

Рисунок 9.13 – Спад показаний в режимах «Импульс», «Быстро» и «Медленно» при воздействии импульса с амплитудой P длительностью 50 мс

Интегрирующие шумомеры

Интегрирующие шумомеры предназначены для измерения эквивалентных уровней звука и эквивалентных уровней звуковой мощности по октавам (характеристики непостоянного шума). Шумомеры, которые могут вычислять эквивалентные уровни звука L_{Aeq} за определенный промежуток времени называют интегрирующими шумомерами. Структурная схема интегрирующего шумомера приведена на рисунке 9.14.



1 – выход; 2 – выходной блок памяти; 3 – аналоговый шумомер; 4 – аналого-цифровой преобразователь; 5 – процессор; 6 – блок памяти; 7 – счетное устройство; 8 – управляющая программа

Рисунок 9.14 - Структурная схема интегрирующего шумомера

Цифровой сигнал с аналого-цифрового преобразователя (АЦП) 4 подается на счетное устройство 7, управляемое переключателем времени измерения (может быть реализовано в управляющей программе 8). Время измерения может быть выбрано в диапазоне от нескольких минут до нескольких часов и более. В течение выбранного времени счетное устройство 7 открывается, например, 1024 раза, и каждый раз текущее значение уровня заносится в память 6. В конце выбранного интервала времени 1024 отсчета поступают в процессор 5. В котором происходит вычисление L_{AeqT} за заданный интервал времени T в соответствии с формулой

$$L_{AT} = L_{AeqT} = 20 \lg \left\{ \left[\left(1/T \right) \int_{t-T}^t p_A^2(\xi) d\xi \right]^{1/2} / p_0 \right\}$$

где ξ - переменная интегрирования по интервалу времени усреднения, который заканчивается в момент времени наблюдения t ;

T - интервал времени усреднения;

$p_A(\xi)$ - мгновенное скорректированное по А звуковое давление;

p_0 - опорное звуковое давление.

Полученное значение L_{AeqT} поступают в запоминающее устройство на выходе 2 и может быть показано на цифровом табло или поступить на внешнее печатающее или запоминающее устройство. Управляющая программа синхронизирует всю работу шумомера.

Частотные анализаторы

Частотный анализатор определяет частотный спектр шума. Он состоит из тех же основных частей, что и шумомер, за исключением того, что анализатор имеет в своем составе набор фильтров в дополнение к цепям с корректирующими характеристиками. Шумомер может стать частотным анализатором путем добавления к нему набора фильтров, который может состоять из:

- 1) октавных фильтров;
- 2) третьоктавных фильтров;
- 3) узкополосных фильтров с постоянной относительной шириной полосы пропускания;
- 4) узкополосных фильтров с постоянной шириной полосы пропускания.

На рисунке 9.15 приведен шумомер, анализатор спектра 1-го класса точности «АССИСТЕНТ SIU», который предназначен для измерения уровней звука, звукового давления и частотного анализа в диапазонах звука, инфразвука и ультразвука.

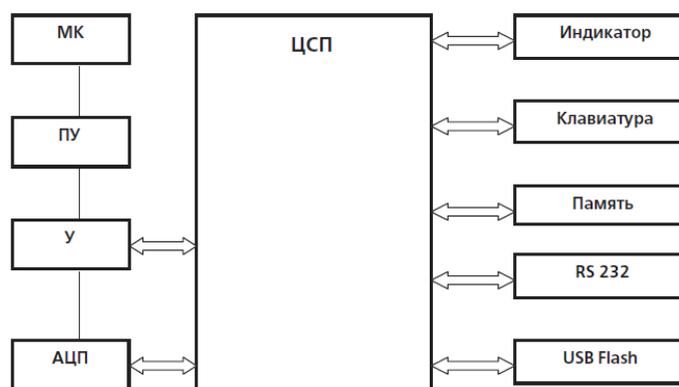


Рисунок 9.15 - Шумомер, анализатор спектра 1-го класса точности АССИСТЕНТ SIU

Анализатор шума «АССИСТЕНТ SIU» предназначен для измерения средних (эквивалентных), экспоненциально усредненных и пиковых уровней звука, инфразвука и ультразвука; уровней звукового давления (УЗД) в октавных и третьоктавных полосах частот в диапазонах звука, инфразвука и ультразвука.

Прибор может применяться для измерений параметров звука, инфразвука, ультразвука, на рабочих местах, в жилых и общественных зданиях, на территориях. Использоваться для измерений характеристик машин и механизмов, в научных исследованиях.

Измерение параметров шума основано на преобразовании звуковых колебаний в электрические с их последующей обработкой в соответствии функциональной схемой прибора (рисунок 9.16). Преобразование звуковых колебаний в электрические производится микрофоном (МК). С выхода предварительного усилителя (ПУ) сигнал поступает на вход усилителя (У). Установка коэффициента усиления У осуществляется переключателем диапазонов с шагом 20 дБ. Дальнейшая обработка сигнала осуществляется цифровым способом в ЦСП. Частота оцифровки сигнала 96 кГц, в диапазоне ультразвука 192 кГц. Разрядность 24 бит. Цифровое представление сигнала поступает в ЦСП и обрабатывается по алгоритму, соответствующему выбранному режиму измерения.



АЦП – аналого-цифровой преобразователь; ЦСП - цифровой сигнальный процессор;
RS 232 – тип разъема; USB Flash – разъем для подключения внешней памяти

Рисунок 9.16 - Функциональная схема шумомера «АССИСТЕНТ SIU»

В «АССИСТЕНТ СИУ» в соответствии с ГОСТ 17187-2010 «Шумомеры. Часть 1. Технические требования» реализована структурная схема, приведенная на рисунке 9.17, последовательной обработки сигнала при формировании уровня звука с временной коррекцией $L_{A\tau}(t)$ в произвольный момент времени t :

$$L_{A\tau}(t) = 20 \lg \left\{ \left[\left(\frac{1}{\tau} \right) \int_{-\infty}^t p_A^2(\xi) e^{-(t-\xi)/\tau} d\xi \right]^{1/2} / p_0 \right\}$$

где τ - экспоненциальная постоянная времени для временных характеристик F или S, с;

ξ - переменная интегрирования от некоторого времени в прошлом, которое обозначено $-\infty$ как нижний предел интегрирования, до времени наблюдения t ;

$p_A(\xi)$ - мгновенное скорректированное по A звуковое давление;

p_0 - опорное звуковое давление.

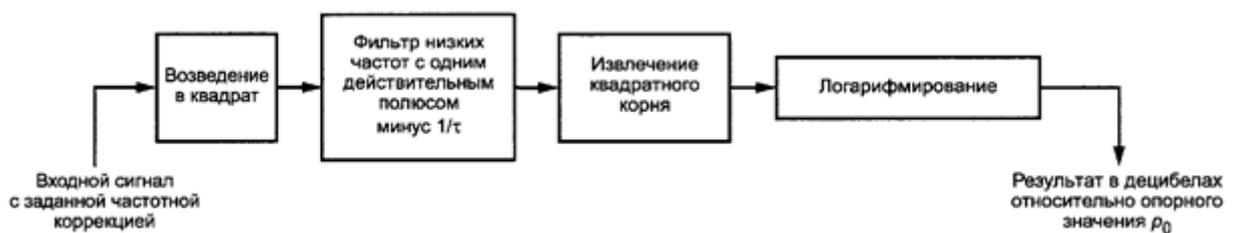


Рисунок 9.17 – Последовательность обработки сигнала при формировании уровня звука с временной коррекцией

4. Методика измерения шума на рабочих местах

Измерение шума на рабочих местах проводится в соответствии с ГОСТ ISO 9612-2016 «Акустика. Измерения шума для оценки его воздействия на человека. Метод измерений на рабочих местах». Законспектировать материал ГОСТ ISO 9612-2016 в соответствии с планом:

1. Термины и определения;
2. Средства измерений;
3. Этапы организации работ по измерению шума на рабочем месте;
4. Анализ рабочей обстановки;
5. Выбор стратегии измерения;
6. Стратегия измерения на основе рабочей операции;
7. Стратегия измерения на основе трудовой функции;
8. Стратегия измерения на основе рабочего дня;
9. Измерения шума;
10. Источники неопределенности измерения;
11. Протокол измерений.

5. Методика измерения транспортного шума

Измерение шума на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях и помещениях проводится в соответствии с ГОСТ 20444-2014 «Межгосударственный стандарт. Шум.

Транспортные потоки. Методы определения шумовой характеристики». Законспектировать материал ГОСТ 20444-2014 в соответствии с планом:

1. Термины и определения;
2. Средства измерений;
3. Условия измерений;
4. Проведение измерений;
5. Протокол измерений.

6. Методика измерения шума на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях и помещениях

Измерение шума на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях и помещениях проводится в соответствии с МУК 4.3.2194-07 «Контроль уровня шума на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях и помещениях. Методические указания» и ГОСТ 23337-2014 «Межгосударственный стандарт. Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий». Законспектировать материал МУК 4.3.2194-07 и ГОСТ 23337-2014 в соответствии с планом:

1. Термины и определения;
2. Средства измерения;
3. Условия измерений;
4. Проведение измерений;
5. Протокол измерений.

7. Обработка результатов измерений и представление мониторинговой информации

Обработка результатов измерений и представление мониторинговой информации смотри в:

1. ГОСТ ISO 9612-2016 «Акустика. Измерения шума для оценки его воздействия на человека. Метод измерений на рабочих местах»;
2. ГОСТ 20444-2014 «Межгосударственный стандарт. Шум. Транспортные потоки. Методы определения шумовой характеристики»;
3. ГОСТ 23337-2014 «Межгосударственный стандарт. Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий».

Тема 10. Контроль вибрации

План:

1. Допустимые уровни вибрации.
2. Вибродатчики и их характеристики.
3. Состав и назначение виброметров.
4. Методика измерения локальной вибрации на рабочих местах.
5. Методика измерения общей вибрации на рабочих местах.
6. Обработка результатов измерений и представление мониторинговой информации.

1. Допустимые уровни вибрации

Нормативные значения шума для различных сред обитания человека приведены в СанПиН 1.2.5.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

2. Вибродатчики и их характеристики

Вибродатчик предназначен для преобразования механического колебания в электрический сигнал. В зависимости от того, какую механическую величину датчик преобразует в электрический сигнал, измерительные преобразователи можно разделить на три типа:

- 1) первый из них называется акселерометром, и предназначен для преобразования виброускорения в электрический сигнал;
- 2) второй - веломер используется для преобразования виброскорости в электрический сигнал;
- 3) третий – проксиметр используется для преобразования виброперемещения в электрический сигнал.

Современные виброизмерительные приборы позволяют измерять все три кинематические характеристики колебательных процессов, при этом нет необходимости пользоваться различными датчиками, т.к. в приборе осуществляется преобразование одной характеристики в другую (например, если вибродатчик акселерометр, то путем интегрирования).

Общая схема датчика вибрации содержит два основных блока (рисунок 10.1):

- вибропреобразователь;
- электронный блок обработки электрического сигнала с вибропреобразователя.

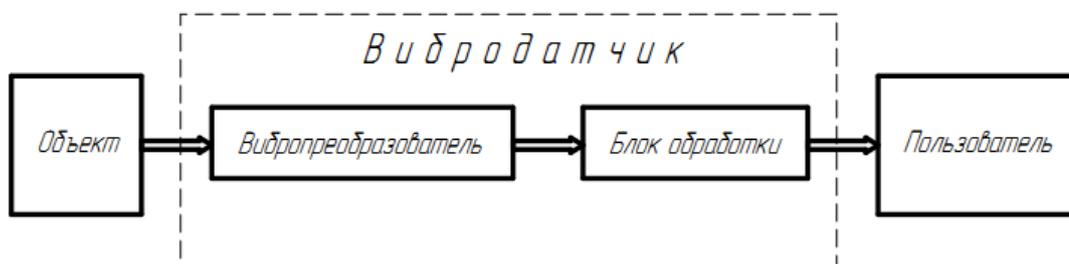


Рисунок 10.1 – Общая схема датчика вибрации

Функциональное назначение первого блока – преобразование механических вибраций в электрический сигнал. Второй блок – блок обработки – служит для анализа полученного сигнала. Как правило, на входе таких блоков стоит аналогово-цифровой преобразователь, и основная часть операций над сигналом производится уже в цифровом виде, что расширяет функциональные возможности процесса пост-обработки, улучшает помехоустойчивость и позволяет осуществлять вывод информации по внешнему интерфейсу.

При измерении параметров вибрации используются два принципа измерения:

- кинематический;
- динамический.

Кинематический принцип основан на измерении координаты точки контролируемого объекта относительно выбранной системы координат, которую условно считают неподвижной, то есть измеряются параметры вибрации, относительно какого либо реального объекта (относительной вибрации).

Динамический принцип основан на измерении параметров вибрации относительно искусственной неподвижной системы отсчета – инерционного тела, соединенного с вибрирующим объектом через упругий подвес. Приборы, использующие этот принцип, относятся к устройствам инерционного действия и осуществляют измерение параметров абсолютной вибрации.

В виброметрии наиболее удобно преобразовывать информацию о вибрации контролируемого объекта в электрический сигнал с последующей его обработкой и регистрацией. Для этой цели используются датчики или преобразователи, в основе работы которых лежат различные физические явления. По принципу действия такие датчики можно разделить на два класса:

- параметрические (вихретоковые вибродатчики; индукционные вибродатчики);
- генераторные (пьезоэлектрические вибродатчики).

В параметрических датчиках под воздействием измеряемой механической величины изменяется какой-либо электрический параметр преобразующего элемента, модулирующий электрическое напряжение или ток, создающиеся внешним источником.

Генераторные датчики осуществляют непосредственное преобразование механической энергии в электрическую.

В соответствии с ГОСТ ИСО 8042-2002 «Вибрация и удар. Датчики инерционного типа для измерений вибрации и удара. Устанавливаемые характеристики» различают следующие типы электромеханического преобразователя (чувствительного элемента), используемого в вибродатчике:

- тензорезистивный;
- резистивный;
- емкостный;
- индуктивный;
- электродинамический;
- электромагнитный;
- пьезоэлектрический;
- инерционно-плазменный;
- фотоэлектрический;
- электрокинетический;
- пьезорезистивный;
- оптический;
- магнитострикционный.

Характеристики вибродатчиков:

- диапазон измерений;
- коэффициент преобразования и амплитудно-частотная характеристика;
- диапазон частот;
- сдвиг фаз и фазочастотная характеристика;
- демпфирование;
- относительная поперечная чувствительность;
- максимально допустимые значения вибрации;
- линейность и гистерезис
- электрический импеданс

Факторы, влияющие на работу вибродатчиков:

- температура и влажность;
- колебания температуры;
- акустические поля;
- электромагнитные поля;
- цепи заземления;
- чувствительность к деформации основания;
- радиация.

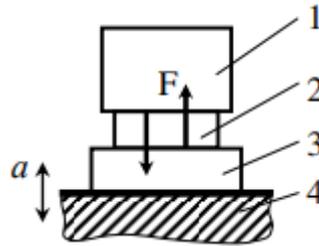
В настоящее время в виброметрах, предназначенных для решения задач в сфере безопасности человека и окружающей среды, применяют пьезоэлектрические вибродатчики.

Из современных разработок, определенный интерес представляют оптические вибродатчики. Однако они не нашли пока широкого распространения.

Далее рассмотрены пьезоэлектрические и оптические датчики.

Пьезоэлектрические вибродатчики

Пьезоэлектрические вибродатчики являются акселерометрами. Упрощенно, конструкцию акселерометра (рисунок 10.2) можно представить, как устройство, состоящее из жестко связанных (например, склеенных) инерционного элемента 1, пьезоэлемента 2 и основания 3, присоединенное в точке измерения виброускорения к объекту 4, колеблющимся с виброускорением a вдоль оси симметрии датчика.



1 - инерционный элемент; 2 - пьезоэлемент;
3 –основание присоединенное в точке измерения виброускорения к объекту 4

Рисунок 10.2 – Конструкция пьезоэлектрического акселерометра

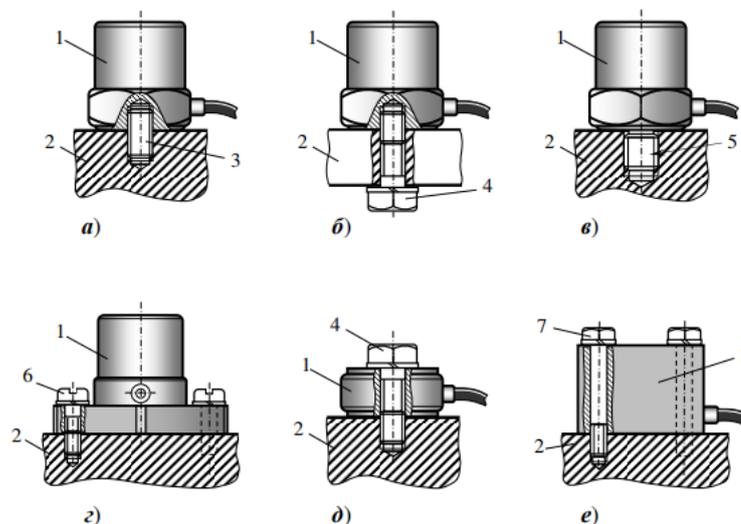
По числу измеряемых компонентов ускорения существуют однокомпонентные и многокомпонентные (двух- и трехкомпонентные) акселерометры, одновременно измеряющие ускорение в ортогональных направлениях.

В датчиках наиболее широкое применение находят пьезоэлементы из пьезокерамических материалов (ПКМ), обладающих, по сравнению с монокристаллическими, более высокой пьезоактивностью, технологичностью и меньшей стоимостью. ПКМ (Россия): ЦТС 19; ЦТС 21; ЦТС 26; ЦТБС-3 и пр.

Однако электрофизические характеристики некоторых монокристаллов, например, кварца, несравненно стабильнее, чем ПКМ, что и диктует необходимость применения кварцевых пьезоэлементов в образцовых датчиках.

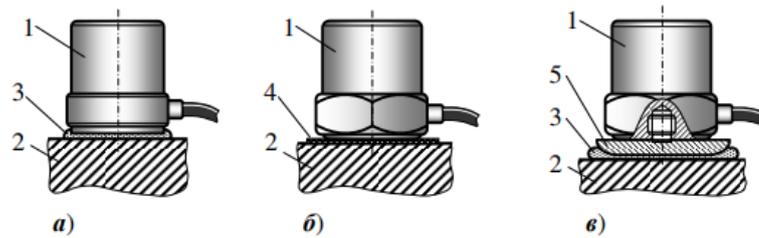
Для измерения параметров вибрации с минимальной погрешностью, установка акселерометра не должна влиять на динамические характеристики контролируемого объекта, а движение объекта и акселерометра, в месте его крепления, должно быть полностью идентичным. Также не должно иметь место ограничение динамического и частотного диапазонов акселерометра.

Наиболее распространены способы крепления акселерометров с использованием резьбового соединения (рисунок 10.3), приклеивания (рисунок 10.4) и магнита (рисунок 10.5). Иногда используется механическое поджатие и редко вакуумное крепление.



1 – акселерометр; 2 – контролируемый объект; 3 – резьбовая шпилька;
4, 6, 7 – винт; 5 – резьбовой выступ

Рисунок 10.3 - Варианты резьбового крепления акселерометров



1 – акселерометр; 2 – контролируемый объект; 3 – клей; 4 – двусторонняя липкая лента; 5 – приклеиваемый переходной резьбовой элемент

Рисунок 10.4 - Варианты клеевого крепления акселерометров



1 – акселерометр; 2 – контролируемый объект; 3 – магнитный держатель; 4 – постоянный магнит; 5 - магнитопровод

а) схема крепления с помощью магнита; б) магнитный прижим

Рисунок 10.5 – Крепление акселерометра с применением магнита

Допускается использовать устройство для быстрой установки акселерометра на промежуточной платформе с острыми выступами для фиксации на поверхности опоры (см. рисунок 10.6), внутри которого акселерометр может быть жестко установлен, например, с помощью резьбовой шпильки. Такая платформа используется при измерении общей вибрации. При измерении параметров общей вибрации на сиденье автомобиля применяют жесткие (рисунок 10.7б) и полужесткие диски (рисунок 10.7а).



1 – резьбовое соединение для крепления акселерометра или кубика под акселерометр

а) чертеж промежуточной платформы; б) фотография промежуточной платформы; в) кубик под акселерометр

Рисунок 10.6 – Промежуточная платформа



а)

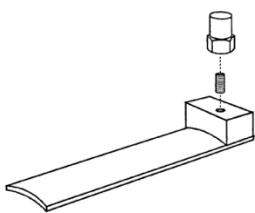


б)

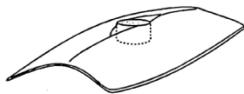
- а) полужесткий диск (подушка) с трехкомпонентным вибропреобразователем;
 б) жесткий диск с резьбовым соединением для крепления акселерометра или кубика под акселерометр

Рисунок 10.7 – Полужесткий диск (подушка) с трехкомпонентным вибропреобразователем

При измерении параметров локальной вибрации и невозможности закрепления вибродатчика на вибрирующей поверхности, применяют самые различные адаптеры, например, приведенные на рисунке 10.8.



а)



б)



в)



г)

- а) - адаптер простой формы; б) – адаптер специальной формы;
 в) - адаптер типа «Планка»; г) адаптер типа «Рожок»

Рисунок 10.8 – Ручные адаптеры

Оптический вибродатчик

В основу работы оптического виброметра подобно ультразвуковым датчикам перемещения положен эффект Доплера. Прибор обычно содержит лазерный источник излучения, приёмную оптическую схему, а также электронную схему обработки (рисунок 10.9). При отражении излучения от неподвижного объекта длина волны принятого луча не отличается от истинной длины волны лазера. Если объект перемещается вдоль оси излучения, происходит сдвиг длины волны отражённого излучения на некоторую величину (эффект Доплера), значение и знак которой несут информацию о скорости и направлении движения объекта, а используемая в составе приёмного оптического модуля интерферометрическая схема позволяет определить эту величину. Таким образом, колебания отражающей поверхности модулируют частотный сдвиг, и электронная обработка этого сигнала модуляции позволяет получить параметры вибрационных колебаний.

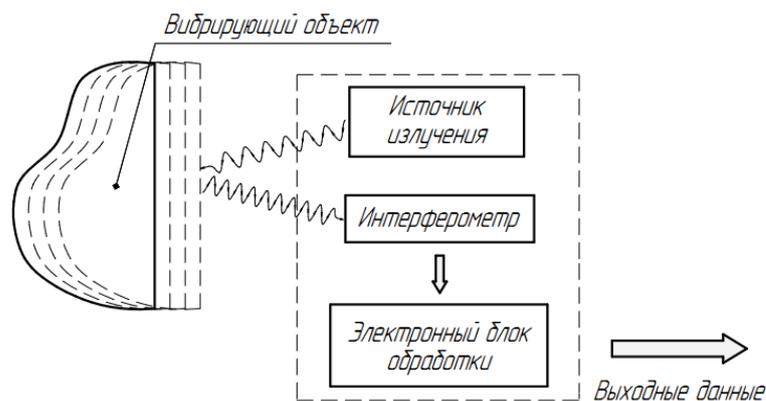


Рисунок 10.9 – Схема оптического виброметра

Несмотря на то, что в состав оптического вибродатчика входит источник лазерного излучения, такие приборы достаточно безопасны, поскольку за счёт высокой чувствительности приёмной оптической системы для проведения измерений достаточной оказывается весьма незначительная оптическая мощность.

Одним из основных достоинств оптического вибродатчика является то, что диагностика с их помощью может проводиться бесконтактно, при их использовании в стационарном измерительном комплексе требуется лишь однократная фокусировка на измеряемой поверхности. Кроме того, устройства этого типа обладают высокой точностью и быстродействием, поскольку лишены подвижных элементов. К недостаткам можно отнести довольно высокую цену.

3. Состав и назначение виброметров

Виброметр – прибор, предназначенный для контроля и регистрации параметров виброскорости, виброускорения, амплитуды и частоты синусоидальных колебаний различных объектов.

По составу виброметр по своей сути является шумомером и отличается, только тем, что на его вход электрический сигнал поступает с вибродатчика и есть некоторые отличия по обработке электрического сигнала.

Выпускаемые виброметры должны соответствовать Межгосударственному стандарту ГОСТ ИСО 8041-2006 «Вибрация. Воздействие вибрации на человека. Средства измерений».

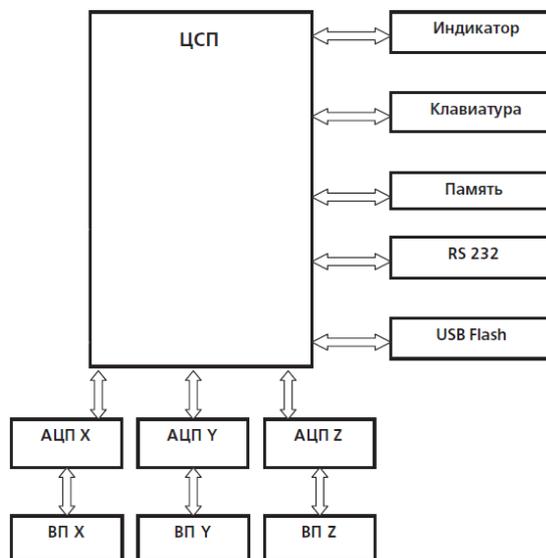
На рисунке 10.10 приведен виброметр, анализатор спектра 1-го класса точности «АССИСТЕНТ V3RT», который предназначен для измерения уровней виброускорения, и частотного анализа в диапазонах общей и локальной вибрации. Измерение параметров вибрации одновременно по 3-м каналам.



Рисунок 10.10 - Виброметр, анализатор спектра 1-го класса точности «АССИСТЕНТ V3RT»

Измерение параметров вибрации основано на преобразовании механических колебаний в электрический сигнал с помощью ВП его последующей обработкой в соответствии функциональ-

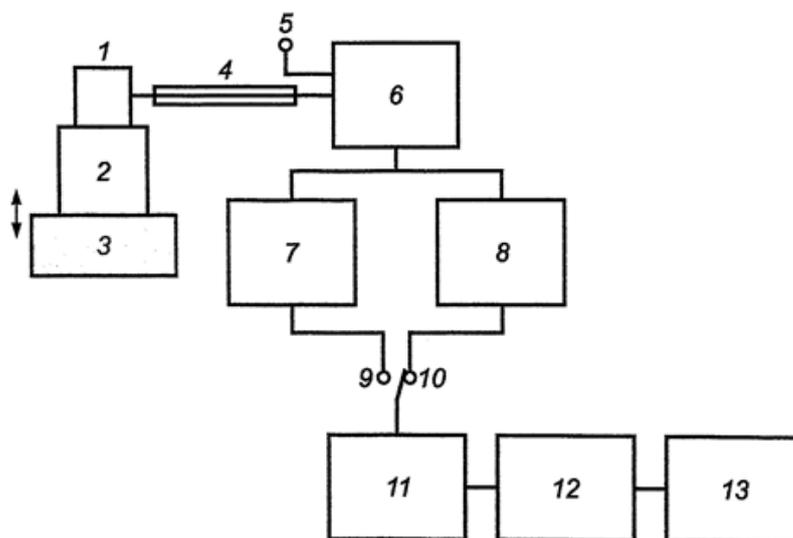
ной схемой прибора, рисунок 10.11. Дальнейшая обработка сигнала осуществляется цифровым способом. Частота оцифровки сигнала до 48 кГц. Разрядность - 24 бит. Цифровое представление сигнала поступает в ЦСП и обрабатывается по алгоритму, соответствующему выбранному режиму измерения.



АЦП – аналого-цифровой преобразователь; ВП – вибропреобразователь (вибродатчик); ЦСП - цифровой сигнальный процессор; RS 232 – тип разъема; USB Flash– разъем для подключения внешней памяти; X,Y,Z – оси ортогональной системы координат

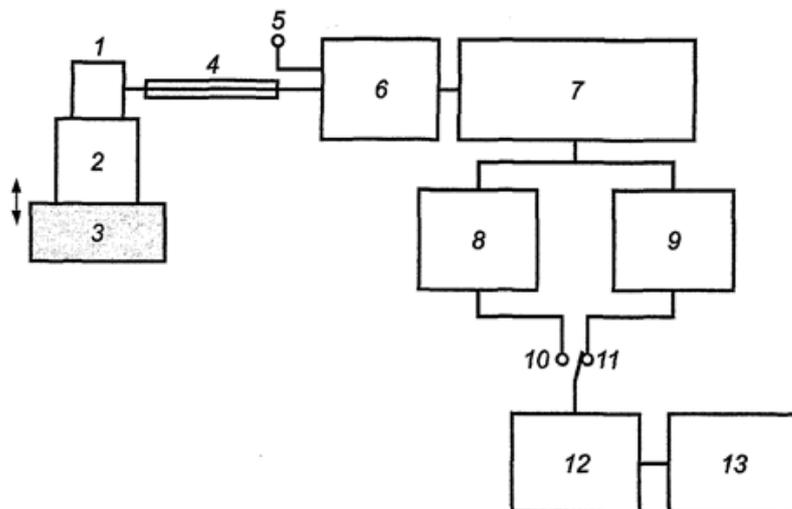
Рисунок 10.11 - Функциональная схема виброметра «АССИСТЕНТ V3RT»

В состав ЦСП виброметра входят функциональные схемы (см. рисунки 10.12 и 10.13), которые реализуют преобразование сигналов с вибродатчика во временной и частотной областях.



1 – датчик вибрации; 2- система крепления; 3 –вибрирующая поверхность; 4 – кабель; 5 – электрический вход;
 6 – согласование сигнала (электронное устройство, например, повторитель); 7 – полосовая фильтрация;
 8 – частотная коррекция (включая полосовую фильтрацию); 9 – отфильтрованный сигнал;
 10 – скорректированный сигнал; 11 - временное взвешивание сигнала; 12 – дополнительное преобразование;
 13 – показывающее устройство

Рисунок 10.12 – Функциональная схема для преобразования сигнала с вибродатчика во временной области



- 1 – датчик вибрации; 2- система крепления; 3 – вибрирующая поверхность; 4 – кабель; 5 – электрический вход;
 6 – согласование сигнала (электронное устройство, например, повторитель);
 7 – частотный анализ, взвешивание и усреднение по времени;
 8 – полосовая фильтрация (вычисление по спектру); 9 – частотная коррекция (вычисление по спектру);
 10 – данные после полосовой фильтрации; 11 – данные после частотной коррекции;
 12 – суммирование по полосам частот; 13 – показывающее устройство

Рисунок 10.13 – Функциональная схема для преобразования сигнала с вибродатчика в частотной области

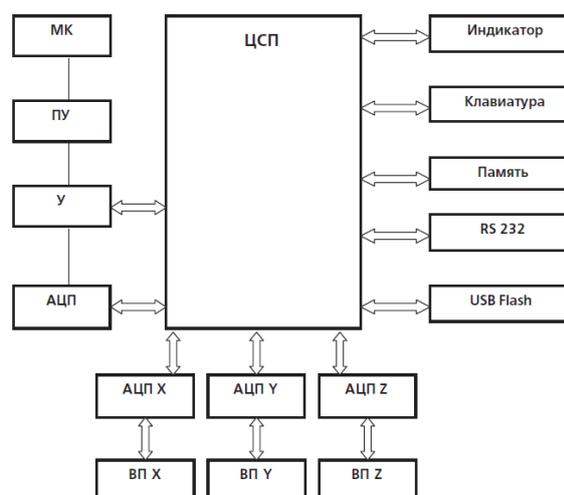
На практике шумомер и виброметр выполняется в одном корпусе. На рисунке 10.14 приведен шумомер, виброметр, анализатор спектра 1-го класса точности «АССИСТЕНТ TOTAL».

Шумомер, виброметр, анализатор спектра 1-го класса точности «АССИСТЕНТ TOTAL» предназначен для измерения уровней звука, звукового давления и частотного анализа в диапазонах звука, инфразвука и ультразвука, уровней виброускорения, и частотного анализа в диапазонах общей и локальной вибрации по 3-м каналам одновременно.



Рисунок 10.14 - Шумомер, виброметр, анализатор спектра 1-го класса точности «АССИСТЕНТ TOTAL»

Функциональная схема «АССИСТЕНТ TOTAL» приведена на рисунке 10.15.



МК – микрофон; ПУ – предварительный усилитель; У – усилитель; АЦП – аналого-цифровой преобразователь; ВП – вибропреобразователь (вибродатчик); ЦСП – цифровой сигнальный процессор; RS – тип разъема; USBFlash – разъем для подключения внешней памяти; X, Y, Z – оси ортогональной системы координат

Рисунок 10.15 - Функциональная схема шумомера, виброметра, анализатора спектра 1-го класса точности «АССИСТЕНТ TOTAL»

4. Методика измерения локальной вибрации на рабочих местах

Измерение локальной вибрации на рабочих местах проводится в соответствии с Межгосударственными стандартами ГОСТ 31192.1-2004 (ИСО 5349-1:2001) «Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 1. Общие требования» и ГОСТ 31192.2-2005 (ИСО 5349-2:2001) «Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 2. Требования к проведению измерений на рабочих местах». Законспектировать материал ГОСТ 31192.1-2004 (ИСО 5349-1:2001) и ГОСТ 31192.2-2005 (ИСО 5349-2:2001) в соответствии с планом:

1. Термины и определения;
2. Подготовка к проведению измерений;
3. Организация проведения измерений;
4. Длительность проведения измерений;
5. Проведение измерений вибрации;
6. Протокол измерений.

5. Методика измерения общей вибрации на рабочих местах

Измерение общей вибрации на рабочих местах проводится в соответствии с Межгосударственными стандартами ГОСТ 31319-2006 (ЕН 14253:2003) «Вибрация. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Требования к проведению измерений на рабочих местах» и Межгосударственный стандарт ГОСТ 31191.1-2004 (ИСО 2631-1:1997) «Вибрация и удар. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 1. Общие требования». Законспектировать материал ГОСТ 31319-2006 (ЕН 14253:2003) и ГОСТ 31191.1-2004 (ИСО 2631-1:1997) в соответствии с планом:

1. Термины и определения;
2. Измеряемые и рассчитываемые параметры
3. Подготовка к проведению измерений;
4. Измерение вибрации;

5. Протокол измерений.

6. Обработка результатов измерений и представление мониторинговой информации

Обработка результатов измерений и представление мониторинговой информации смотри в:

1. Межгосударственный стандарт ГОСТ 31192.2-2005 (ИСО 5349-2:2001) «Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 2. Требования к проведению измерений на рабочих местах»;

2. Межгосударственный стандарт ГОСТ 31319-2006 (ЕН 14253:2003) «Вибрация. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Требования к проведению измерений на рабочих местах».

Тема 11. Контроль ионизирующих излучений

План:

1. Требования к ограничению техногенного облучения.

1.1. Требования к ограничению техногенного облучения в контролируемых условиях.

1.2. Требования к защите от природного облучения в производственных условиях.

1.3. Требования к ограничению облучения населения.

1.4. Ограничение техногенного облучения в нормальных условиях.

1.5. Ограничение природного облучения.

1.6. Ограничение медицинского облучения.

1.7. Требования по ограничению облучения населения в условиях радиационной аварии.

2. Требования к контролю за выполнением Норм радиационной безопасности.

3. Методы измерения ионизирующих излучений.

4. Организация и порядок проведения радиационного контроля на соответствие санитарно-эпидемиологическим и гигиеническим требованиям по показателям радиационной безопасности жилых домов, общественных и производственных зданий и сооружений.

1. Требования к ограничению техногенного облучения

Для обеспечения радиационной безопасности при нормальной эксплуатации источников излучения необходимо руководствоваться следующими основными принципами:

- непревышение допустимых пределов индивидуальных доз облучения граждан от всех источников излучения (принцип нормирования);

- запрещение всех видов деятельности по использованию источников излучения, при которых полученная для человека и общества польза не превышает риск возможного вреда, причиненного дополнительным облучением (принцип обоснования);

- поддержание на возможно низком и достижимом уровне с учетом экономических и социальных факторов индивидуальных доз облучения и числа облучаемых лиц при использовании любого источника излучения (принцип оптимизации).

Требования к ограничению техногенного облучения приведены в НРБ-99/2009 «Нормы радиационной безопасности» (СанПиН 2.6.1.2523-09).

2. Требования к контролю за выполнением Норм радиационной безопасности

Радиационный контроль является важнейшей частью обеспечения радиационной безопасности, и конкретный перечень видов и объем контроля включается в проект радиационного объекта. Он имеет целью определение степени соблюдения принципов радиационной безопасности и требований нормативов, включая непревышение установленных основных пределов доз и допустимых уровней при нормальной работе, получение необходимой информации для оптимизации защиты и принятия решений о вмешательстве в случае радиационных аварий, загрязнения местности и зданий радионуклидами, а также на территориях и в зданиях с повышенным уровнем природного облучения.

Радиационный контроль осуществляется за всеми источниками излучения, кроме источников, создающих при любых условиях обращения с ними:

- индивидуальную годовую эффективную дозу не более 10 мкЗв;

- коллективную эффективную годовую дозу не более 1 чел.-Зв, либо когда при коллективной дозе более 1 чел.-Зв оценка по принципу оптимизации показывает нецелесообразность снижения коллективной дозы;

- индивидуальную годовую эквивалентную дозу в коже не более 50 мЗв и в хрусталике глаза не более 15 мЗв.

Радиационному контролю подлежат:

- радиационные характеристики источников излучения, выбросов в атмосферу, жидких и твердых радиоактивных отходов;

- радиационные факторы, создаваемые технологическим процессом на рабочих местах и в окружающей среде;

- радиационные факторы на загрязненных территориях и в зданиях с повышенным уровнем природного облучения;

- уровни облучения персонала и населения от всех источников излучения, на которые распространяется действие НРБ-99/2009.

Основными контролируруемыми параметрами являются:

- годовая эффективная и эквивалентная дозы;

- поступление радионуклидов в организм и их содержание в организме для оценки годового поступления;

- объемная или удельная активность радионуклидов в воздухе, воде, пищевых продуктах, строительных материалах и др.;

- радиоактивное загрязнение кожных покровов, одежды, обуви, рабочих поверхностей;

- доза и мощность дозы внешнего облучения;

- плотность потока частиц и фотонов.

Переход от измеряемых величин к нормируемым определяется методическими указаниями по проведению соответствующих видов радиационного контроля.

С целью оперативного контроля для всех контролируемых параметров (приведены выше) устанавливаются контрольные уровни. Значение этих уровней устанавливается таким образом, чтобы было гарантировано непревышение основных пределов доз и реализация принципа снижения уровней облучения до возможно низкого уровня.

При этом учитывается облучение от всех подлежащих контролю источников излучения, достигнутый уровень защищенности, возможность его дальнейшего снижения с учетом требований принципа оптимизации. Обнаруженное превышение контрольных уровней является основанием для выяснения причин этого превышения и разработки мероприятий по его устранению.

Контроль и учет индивидуальных доз облучения, полученных гражданами при использовании источников ионизирующего излучения, проведении медицинских рентгенорадиологических процедур, а также обусловленных естественным радиационным и техногенно измененным радиационным фоном, осуществляются в рамках единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз облучения (ЕСКИД) (см. Приказ Минздрава РФ от 31.07.2000 № 298 «Об утверждении Положения о единой государственной системе контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан»).

При планировании и проведении мероприятий по обеспечению радиационной безопасности, принятии решений в области обеспечения радиационной безопасности, анализе эффективности указанных мероприятий органами государственной власти, органами местного самоуправления, а также организациями, осуществляющими деятельность с использованием источников ионизирующего излучения, проводится оценка радиационной безопасности по следующим основным показателям:

- характеристика радиоактивного загрязнения окружающей среды;

- анализ обеспечения мероприятий по радиационной безопасности и выполнения норм, правил и гигиенических нормативов в области радиационной безопасности;

- вероятность радиационных аварий и их масштаб;

- степень готовности к эффективной ликвидации радиационных аварий и их последствий;

- анализ доз облучения, получаемых отдельными группами населения от всех источников

ионизирующего излучения;

- число лиц, подвергшихся облучению выше установленных пределов доз облучения.

Органы осуществляющие надзор и контроль в области обеспечения радиационной безопасности (см. дисциплину «Надзор и контроль в сфере безопасности»):

1) государственный надзор в области обеспечения радиационной безопасности осуществляет Ростехнадзор и Роспотребнадзор;

2) производственный контроль за обеспечением радиационной безопасности выполняют организации, осуществляющие деятельность с использованием источников ионизирующего излучения;

3) общественный контроль за обеспечением радиационной безопасности осуществляют общественные объединения.

3. Методы измерения ионизирующих излучений

В результате взаимодействия радиоактивного излучения со внешней средой происходит ионизация и возбуждение ее нейтральных атомов и молекул. Эти процессы изменяют физико-химические свойства облучаемой среды. Взяв за основу эти явления, для регистрации и измерения ионизирующих излучений используют:

- ионизационный метод;
- химический метод;
- сцинтилляционный метод;
- люминесцентный метод;
- фотографический метод.

Ионизационный метод

Сущность его заключается в том, что под воздействием ионизирующих излучений в среде (газовом объеме) происходит ионизация молекул, в результате чего электропроводность этой среды увеличивается. Если в нее поместить два электрода, к которым приложено постоянное напряжение, то между электродами возникает направленное движение ионов, т.е. проходит так называемый ионизационный ток, который легко может быть измерен. Такие устройства называют детекторами излучений. В качестве детекторов в дозиметрических приборах используются ионизационные камеры и газоразрядные счетчики различных типов. Ионизационный метод положен в основу работы таких дозиметрических приборов, как ДП-5А (Б,В), ДП-22В и ИД-1.

Химический метод

Его сущность состоит в том, что молекулы некоторых веществ в результате воздействия ионизирующих излучений распадаются, образуя новые химические соединения. Количество вновь образованных химических веществ можно определить различными способами. Наиболее удобным для этого является способ, основанный на изменении плотности окраски реактива, с которым вновь образованное химическое соединение вступает в реакцию.

Химические методы дозиметрии не обязательно связаны с водными растворами. Для этих целей применяются также органические растворы, изменяющие цвет пленки или стекла. Химические методы используются, как правило, для измерения дозы излучения.

На этом методе основан принцип работы химического дозиметра гамма- и нейтронного излучения ДП-70 МП.

Сцинтилляционный метод

Этот метод основывается на том, что некоторые вещества (сернистый цинк, йодистый натрий, вольфрамат кальция) светятся при воздействии на них ионизирующих излучений. Возникновение свечения является следствием возбуждения атомов под воздействием излучений: при возвращении в основное состояние атомы испускают фотоны видимого света различной яркости (сцинтилляции). Фотоны видимого света улавливаются специальным прибором – так называемым фотоэлектронным умножителем, способным регистрировать каждую вспышку. В основу работы индивидуального измерителя дозы ИД-11 положен сцинтилляционный метод обнаружения ионизирующих излучений.

Люминесцентный метод

Данный метод основан на накоплении части энергии поглощенного ионизирующего излучения и отдачи его в виде светового свечения после дополнительного воздействия ультрафиолетовым свечением, или видимым светом или нагревом.

Под действием излучения в люминофоре (щелочно-галогидных соединений типов LiF, NaI, фосфатных стекол, активированных серебром) создаются центры фотолюминесценции, содержащие атомы и ионы серебра. Последующее освещение люминофоров ультрафиолетовым излучением вызывает видимую люминесценцию, интенсивность которой пропорциональна дозе.

Фотографический метод

Фотоэмульсия представляет собой совокупность мелких кристаллов брома серебра, взвешенного в слое желатина. В результате поглощения излучения в кристаллах образуются центры проявления, состоящие из групп атомов металлического серебра. Совокупность этих центров создает скрытое изображение. В дальнейшем под действием проявителя они способствуют восстановлению металлического серебра из зерен AgBr. После фиксации и промывки фотопленки на ней отмечается почернение. Степень почернения дозиметрической пленки зависит от экспозиционной дозы.

Приборы, предназначенные для обнаружения и измерения радиоактивных излучений, называются дозиметрическими.

По назначению все приборы разделяются на индикаторы, рентгенметры, радиометры и дозиметры.

Индикаторы предназначены для обнаружения радиоактивного излучения и ориентировочной оценки мощности дозы гамма-излучений. Эти приборы имеют простейшие электрические схемы со световой и звуковой сигнализацией.

Рентгенметры служат для измерений мощности дозы гамма- и рентгеновского излучения (уровня радиации).

Радиометрами обнаруживают и определяют степень радиоактивного загрязнения поверхностей оборудования, одежды, продуктов и др.

Дозиметры (комплекты измерителей доз) предназначены для определения суммарной дозы облучения, получаемой людьми за время нахождения их в районе действия, главным образом гамма-излучений.

4. Организация и порядок проведения радиационного контроля на соответствие санитарно-эпидемиологическим и гигиеническим требованиям по показателям радиационной безопасности жилых домов, общественных и производственных зданий и сооружений

Организация и порядок проведения радиационного контроля определены МУ 2.6.1.2838-11 «Радиационный контроль и санитарно-эпидемиологическая оценка жилых, общественных и производственных зданий и сооружений после окончания их строительства, капитального ремонта, реконструкции по показателям радиационной безопасности». Законспектировать материал МУ 2.6.1.2838-11 в соответствии с планом:

1. Термины и определения.
2. Требования к методикам и средствам радиационного контроля.
3. Определение мощности дозы гамма-излучения.
4. Определение среднегодового значения ЭРОА изотопов радона в воздухе помещений.
5. Протокол измерений.

Тема 12. Контроль электромагнитных полей и излучений

План:

1. Допустимые параметры электромагнитных полей и излучений.
2. Датчики для измерения параметров электромагнитных излучений и полей.
3. Состав измерителя параметров электромагнитных полей и излучений.
4. Методики измерения параметров электромагнитных полей и излучений.

1. Допустимые параметры электромагнитных полей и излучений

Электромагнитное поле - это особая форма материи, посредством которой осуществляется взаимодействие между заряженными частицами. Представляет собой взаимосвязанные переменные электрическое поле и магнитное поле. Взаимная связь электрического и магнитного полей заключается в том, что всякое изменение одного из них приводит к появлению другого: переменное электрическое поле, порождаемое ускоренно движущимися зарядами (источником), возбуждает в смежных областях пространства переменное магнитное поле, которое, в свою очередь, возбуждает в прилегающих к нему областях пространства переменное электрическое поле, и т. д. Таким образом, электромагнитное поле распространяется от точки к точке пространства в виде электромагнитных волн, бегущих от источника. Благодаря конечности скорости распространения электромагнитное поле может существовать автономно от породившего его источника и не исчезает с устранением источника (например, радиоволны не исчезают с прекращением тока в излучившей их антенне).

Электромагнитное поле в вакууме описывается напряженностью электрического поля E и напряженностью магнитного поля H (или магнитной индукцией B).

Электрическое поле представляет собой частную форму проявления электромагнитного поля. В своем проявлении это силовое поле, основным свойством которого является способность воздействовать на внесенный в него электрический заряд с силой, не зависящей от скорости заряда. Источниками электрического поля могут быть электрические заряды (движущиеся и неподвижные) и изменяющиеся во времени магнитные поля.

Магнитное поле представляет собой частную форму электромагнитного поля. В своем проявлении это силовое поле, основным свойством которого является способность воздействовать на движущиеся электрические заряды (в т.ч. на проводники с током), а также на магнитные тела независимо от состояния их движения. Источниками магнитного поля могут быть движущиеся электрические заряды (проводники с током), намагниченные тела и изменяющиеся во времени электрические поля. Основная количественная характеристика магнитного поля – магнитная индукция B , которая определяет силу, действующую в данной точке поля в вакууме на движущийся электрический заряд и на тела, имеющие магнитный момент.

Существование электромагнитных волн предсказано английским физиком М. Фарадеем в 1832 г. Другой английский ученый, Дж. Максвелл, в 1865 г. теоретически показал, что электромагнитные колебания не остаются локализованными в пространстве, а распространяются во все стороны от источника. Теория Максвелла позволила единым образом подойти к описанию радиоволн, оптического излучения, рентгеновского излучения, гамма-излучения. Оказалось, что все эти виды излучения – электромагнитные волны с различной длиной волны λ , т. е. родственны по своей природе. Каждое из них имеет своё определённое место в единой шкале электромагнитных волн (рисунок 12.1).

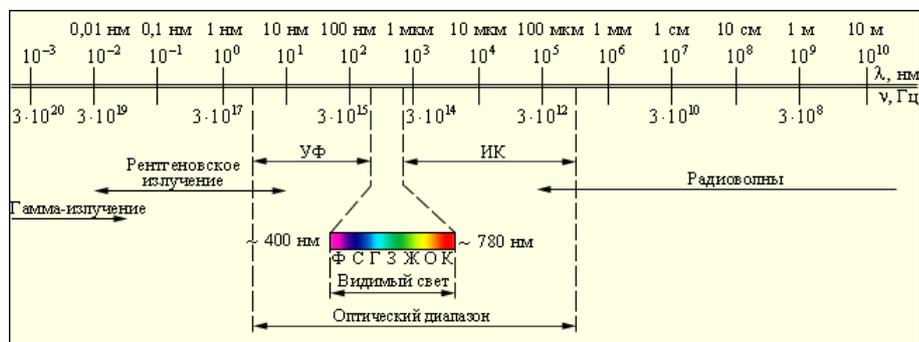


Рисунок 12.1 - Шкала электромагнитных волн

Фундаментальное соотношение между длиной λ и частотой электромагнитного поля f описывается формулой

$$\lambda = \frac{c}{f},$$

где c - скорость света в среде распространения, км/с ($c = 300000$).

Зоны излучения электромагнитного поля в зависимости от расстояния от источника излучения (λ – длина волны источника излучения) приведены на рисунке 12.2.



Рисунок 12.2 – Зоны излучения электромагнитного поля в зависимости от расстояния от источника излучения (λ – длина волны источника излучения)

Источники электромагнитных полей и излучений самые разнообразные: воздушные и кабельные линии связи; сотовая связь; промышленные электроустановки (электропечи и пр.) и пр.

Нормирование электромагнитных полей и излучений устанавливается в зависимости от длины волны излучения, времени воздействия и среды обитания человека.

СанПиН 1.2.5.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» устанавливает для лиц, профессионально связанных с воздействием ЭМП, требования к безопасным условиям воздействия электростатического поля (ЭСП), постоянного магнитного поля (ПМП), электрических и магнитных полей промышленной частоты 50 Гц (ЭП, МП ПЧ), электрических и магнитных полей (ЭП, МП) в диапазоне частот 10 кГц - 30 кГц, электромагнитных полей (ЭМП) в диапазоне более 30 кГц - 300 ГГц, а так же в помещениях жилых, общественных зданий и на селитебных территориях.

2. Датчики для измерения параметров электромагнитных излучений и полей

В связи с тем, что спектр электромагнитных полей и излучений очень широкий, то для измерения параметров электромагнитных полей в диапазоне от 0 Гц до 300 ГГц на данный момент разработано большое количество датчиков, базирующихся на различных принципах действия. При этом можно выделить три группы датчиков в зависимости от частоты и измеряемого параметра электромагнитного поля или излучения:

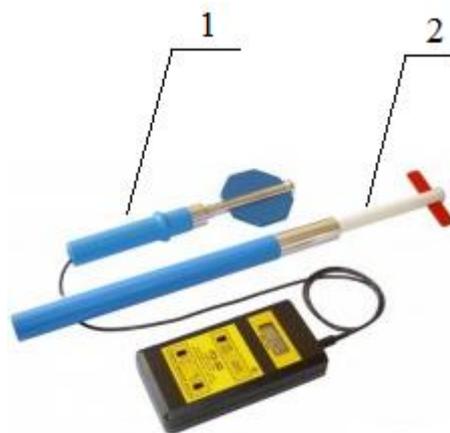
1) датчики для измерения напряженности электрического поля (электростатическое поле, переменные электрические поля в диапазоне более 0 Гц и до 300 МГц;

2) датчики для измерения напряженности магнитного поля (постоянное магнитное поле, переменные магнитные поля в диапазоне более 0 Гц и до 300 МГц;

3) электромагнитные поля в диапазоне частот более 300 МГц и до 300 ГГц (СВЧ-излучение).

Например, дипольная антенна представляет собой симметричный диполь, состоящий из двух параллельных металлических пластин электрически не связанных, в которых переменное электрическое поле создает электродвижущую силу (ЭДС), которая является мерой напряженности электрического поля. Диполь крепится к ручке, выполненной из диэлектрического материала. Данная антенна используется для измерения напряженности электрического поля промышленной частоты (50 Гц) (рисунок 12.3).

Рамочная антенна представляет собой латунную рамку, на которую намотан изолированный медный провод. Переменное магнитное поле наводит в ветках медного провода электрический ток, который является мерой напряженности магнитного поля. Рамка крепится к ручке, выполненной из диэлектрического материала. Данная антенна используется для измерения напряженности магнитного поля промышленной частоты (50 Гц) (рисунок 12.3).



1 – рамочная антенна; 2 – дипольная антенна

Рисунок 12.3 –Измеритель напряженности поля промышленной частоты ПЗ-50В

Для измерения плотности потока энергии применяют терморезистор, который включают в электрический мост. При отсутствии, например, СВЧ-излучения данный мост сбалансирован и напряжение на его выходе равно нулю. Наличие СВЧ-излучения в окружающем пространстве приведет к изменению сопротивления терморезистора, что вызовет нарушение баланса и на выходе моста появится напряжение, значение которого будет мерой плотности потока энергии. Для концентрирования электромагнитного излучения применяют рупоры (см. рисунок 12.4). Такие датчики получили название – рупорная антенна.

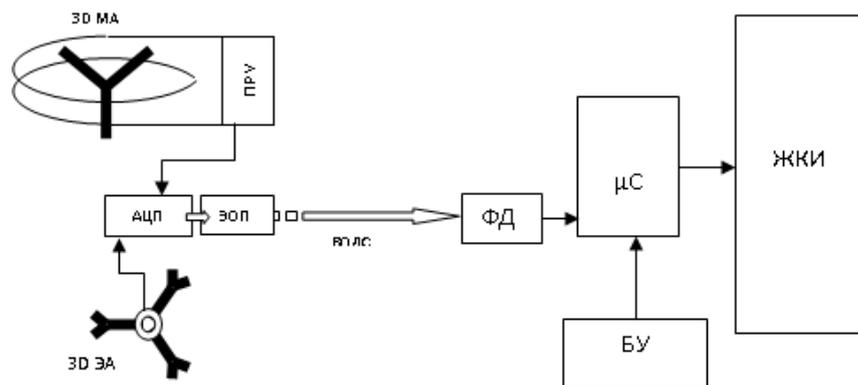


Рисунок 12.4 – Широкополосная измерительная рупорная антенна на частоты (0,8–18) ГГц

3. Состав измерителя параметров электромагнитных полей и излучений

Рассмотри состав прибора на примере измерителя параметров магнитного и электрического полей промышленной частоты «ВЕ-50». Измеритель предназначен для измерения эффективных значений индукции магнитного поля (эллиптически поляризованного) и напряженности электрического поля промышленной частоты (50 Гц). Применяется для контроля норм по электромагнитной безопасности промышленных электроустановок и для проведения комплексного санитарно-гигиенического обследования жилых и производственных помещений и рабочих мест.

Функциональная блок-схема «ВЕ-50» приведена на рисунке 12.5.



3DMA - 3-х координатная приемная магнитная антенна; 3D ЭА - 3-х координатная приемная электрическая антенна; ПРУ – предварительный усилитель; АЦП – аналого-цифровой преобразователь; ЭОП – электронно-оптический преобразователь; ВОЛС – волоконно-оптическая линия; ФД – фотодиодный приемник; μ С – микроконтроллер; БУ – блок управления прибором; ЖКИ – жидкокристаллический индикатор, отображающий результаты анализа зарегистрированного сигнала

Рисунок 12.5– Функциональная блок-схема «BE-50»

Составными частями Измерителя «BE-50» являются:

1) 3-х координатная приемная магнитная антенна (3DMA) подключенная к программно-регулируемому полосовому (на частоте (50 ± 2) Гц) усилителю (ПРУ), сигнал с которого подается на аналого-цифровой преобразователь (АЦП) и далее (в оцифрованном виде) – на микроконтроллер μ С, где он проходит числовой анализ и числовую фильтрацию;

2) 3-х координатная приемная электрическая антенна (3D ЭА), сигнал с которой подается на электрооптический преобразователь (ЭОП) и далее по волоконно-оптической линии связи (ВОЛС) – на фотодиод (ФД), подключенный непосредственно к одному из входных портов микроконтроллера μ С. Такое включение электрической антенны выбрано для того, чтобы избежать искажающего влияния подводящего сигнального кабеля на измеряемое электрическое поле. Электрическая развязка приемной антенны от индикаторного блока Измерителя повышает достоверность измерений и их безопасность вблизи высоковольтных устройств;

3) АЦП – аналого-цифровой преобразователь;

4) ФД – фотодиодный приемник;

5) μ С – микроконтроллер;

6) ЖКИ – жидкокристаллический индикатор, отображающий результаты анализа зарегистрированного сигнала;

7) БУ – блок управления прибором.

Три взаимно ортогональных дипольных датчика электромагнитного поля преобразуют осцилляции электромагнитного поля в электрический сигнал, подаваемый на предварительные усилители. Предварительные усилители трех каналов регистрации представляют собой узкополосные (настроенные на центральную частоту 50 Гц с шириной полосы ± 2 Гц) усилители с цепями коррекции частотной характеристики.

Частотная характеристика усилителей формируется активными RC-фильтрами с регулируемыми коэффициентами усиления (последнее используется при калибровке приборов).

Окончательное формирование частотных характеристик каждого из сквозных каналов регистрации осуществляется цепями частотно-зависимой обратной связи операционных усилителей, использующихся для детектирования сигналов.

В качестве аналогово-цифрового преобразователя используется 8-ми входной мультиплексированный АЦП микроконтроллера семейства MCS-51 фирмы INTEL. Он включает в себя 4096-элементную последовательно-параллельную резистивную матрицу, компаратор, конденсатор выборки и хранения, регистр последовательного приближения, триггер управления, регистр результатов сравнения и 8 регистров результатов аналогово-цифрового преобразования.

В качестве центрального процессора измерителя используется высокоинтегрированный 16-битовый микроконтроллер, основанный на архитектуре MCS-51. В измерителе этот процессор используется для установления режима измерений поля.

Пользовательский интерфейс обеспечивается в режиме "Меню" блоком управления микроконтроллером.

На рисунке 12.6 приведен внешний вид Измерителя «BE-50».



Рисунок 12.6 - Внешний вид Измерителя «BE-50»

4. Методики измерения параметров электромагнитных полей и излучений

Измерение параметров электромагнитных полей, и их гигиеническая оценка проводится в соответствии с:

- МУК 4.3.1676-03 «Гигиеническая оценка электромагнитных полей, создаваемых радиостанциями сухопутной подвижной связи, включая абонентские терминалы спутниковой связи»;
- МР 4.3.0177-20 «Методика измерения электромагнитных полей промышленной частоты 50 Гц на селитебной территории»;
- МУК 4.3.679-97 «Методы контроля. Физические факторы. Определение уровней магнитного поля в местах размещения передающих средств радиовещания и радиосвязи кило-, гекто- и декаметрового диапазонов»;
- МУК 4.3.2491-09 «Методы контроля. Физические факторы. Гигиеническая оценка электрических и магнитных полей промышленной частоты (50 Гц) в производственных условиях»;
- МУК 4.3.2501-09 «Методы контроля. Физические факторы. Измерение электромагнитных полей персональных подвижных систем сотовой связи»;
- МУК 4.3.3214-14 «Методы контроля. Физические факторы. Измерение и оценка электрических, магнитных и электромагнитных полей на судах и морских сооружениях»;
- МУК 4.3.043-96 «Определение плотности потока мощности электромагнитного поля в местах размещения радиосредств, работающих в диапазоне частот 700 МГц - 30 ГГц»;
- МУК 4.3.1167-02 «Определение плотности потока энергии электромагнитного поля в местах размещения радиосредств, работающих в диапазоне частот 300 МГц - 300 ГГц»;
- МУК 4.3.044-96 «Определение уровней электромагнитного поля, границ санитарно-защитной зоны и зон ограничения застройки в местах размещения передающих средств радиовещания и радиосвязи кило-, гекто- и декаметрового диапазонов»;
- МУК 4.3.1677-03 «Определение уровней электромагнитного поля, создаваемого излучающими техническими средствами телевидения, ЧМ радиовещания и базовых станций сухопутной подвижной радиосвязи»;

- МУК 4.3.677-97 «Определение уровней электромагнитных полей на рабочих местах персонала радиопредприятий, технические средства которых работают в НЧ, СЧ и ВЧ диапазонах.

Тема 13. Контроль психофизиологических факторов

План:

1. Показателями тяжести трудового процесса
2. Показателями напряженности трудового процесса
3. Методика оценки тяжести трудового процесса
4. Методика оценки напряженности трудового процесса

1. Показателями тяжести трудового процесса

Тяжесть трудового процесса оценивают по ряду показателей, выраженных в эргометрических величинах, характеризующих трудовой процесс, независимо от индивидуальных особенностей человека, участвующего в этом процессе. Основными показателями тяжести трудового процесса являются:

- физическая динамическая нагрузка;
- масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную;
- стереотипные рабочие движения;
- статическая нагрузка;
- рабочая поза;
- наклоны корпуса;
- перемещение в пространстве.

Каждый из перечисленных показателей может быть количественно измерен и оценен.

При выполнении работ, связанных с неравномерными физическими нагрузками в разные смены, оценку показателей тяжести трудового процесса (за исключением массы поднимаемого и перемещаемого груза и наклонов корпуса), следует проводить по средним показателям за (2 – 3) смены. Массу поднимаемого и перемещаемого вручную груза и наклоны корпуса следует оценивать по максимальным значениям.

2. Показателями напряженности трудового процесса

Оценка напряженности труда профессиональной группы работников основана на анализе трудовой деятельности и ее структуры, которые изучаются путем хронометражных наблюдений в динамике всего рабочего дня, в течение не менее одной недели. Анализ основан на учете всего комплекса производственных факторов (стимулов, раздражителей), создающих предпосылки для возникновения неблагоприятных нервно-эмоциональных состояний (перенапряжения). Все факторы (показатели) трудового процесса имеют качественную или количественную выраженность и сгруппированы по видам нагрузок:

- интеллектуальные;
- сенсорные;
- эмоциональные;
- монотонные;
- режимные нагрузки.

3. Методика оценки тяжести трудового процесса

Физическая динамическая нагрузка

(выражается в единицах внешней механической работы за смену - кг · м)

Для подсчета физической динамической нагрузки (внешней механической работы) определяется масса груза (деталей, изделий, инструментов и т.д.), перемещаемого вручную в каждой операции, и путь его перемещения в метрах. Подсчитывается общее количество операций по переносу груза за смену и суммируется величина внешней механической работы ($кг \cdot м$) за смену в целом. По величине внешней механической работы за смену, в зависимости от вида нагрузки (региональная или общая) и расстояния перемещения груза, определяют, к какому классу условий

труда относится данная работа.

Пример 1. Рабочий (мужчина) поворачивается, берет с конвейера деталь (масса 2,5 кг), перемещает ее на свой рабочий стол (расстояние 0,8 м), выполняет необходимые операции, перемещает деталь обратно на конвейер и берет следующую. Всего за смену рабочий обрабатывает 1200 деталей. Для расчета внешней механической работы вес деталей умножаем на расстояние перемещения и еще на 2, так как каждую деталь рабочий перемещает дважды (на стол и обратно), а затем на количество деталей за смену. Итого: $2,5 \text{ кг} \times 0,8 \text{ м} \times 2 \times 1200 = 4800 \text{ кг} \cdot \text{м}$. Работа региональная, расстояние перемещения груза до 1 м, следовательно, по показателю 1.1 работа относится ко 2 классу.

При работах, обусловленных как региональными, так и общими физическими нагрузками в течение смены, и совместимых с перемещением груза на различные расстояния, определяют суммарную механическую работу за смену, которую сопоставляют со шкалой соответственно среднему расстоянию перемещения (табл. 17 руководства Р 2.2.2006-05).

Пример 2. Рабочий (мужчина) переносит ящик с деталями (в ящике 8 деталей по 2,5 кг каждая, вес самого ящика 1 кг) со стеллажа на стол (6 м), затем берет детали по одной (масса 2,5 кг), перемещает ее на станок (расстояние 0,8 м), выполняет необходимые операции, перемещает деталь обратно на стол и берет следующую. Когда все детали в ящике обработаны, работник относит ящик на стеллаж и приносит следующий ящик. Всего за смену он обрабатывает 600 деталей.

Для расчета внешней механической работы, при перемещении деталей на расстояние 0,8 м, вес деталей умножаем на расстояние перемещения и еще на 2, так как каждую деталь рабочий перемещает дважды (на стол и обратно), а затем на количество деталей за смену ($0,8 \times 2 \times 600 = 960 \text{ м}$). Итого: $2,5 \text{ кг} \times 960 \text{ м} = 2\,400 \text{ кг} \cdot \text{м}$. Для расчета внешней механической работы при перемещении ящиков с деталями (21 кг) на расстояние 6 м вес ящика умножаем на 2 (так как каждый ящик переносили 2 раза), на количество ящиков (75) и на расстояние 6 м. Итого: $2 \times 6 \text{ м} \times 75 = 900 \text{ м}$. Далее 21 кг умножаем на 900 м и получаем 18 900 кгм. Итого за смену суммарная внешняя механическая работа составила 21 300 кгм. Общее расстояние перемещения составляет 1 860 м ($900 \text{ м} + 960 \text{ м}$). Для определения среднего расстояния перемещения $1\,800 \text{ м} : 1\,350 \text{ раз}$ и получаем 1,37 м. Следовательно, полученную внешнюю механическую работу следует сопоставлять с показателем перемещения от 1 до 5 м. В данном примере внешняя механическая работа относится ко 2 классу.

Масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную (кг)

Для определения массы груза (поднимаемого или переносимого работником на протяжении смены, постоянно или при чередовании с другой работой) его взвешивают на товарных весах. Регистрируется только максимальная величина. Массу груза можно также определить по документам.

Пример 1. Рассмотрим предыдущий пример 2 пункта 1. Масса поднимаемого груза - 21 кг, груз поднимали 150 раз за смену, т.е. это часто поднимаемый груз (более 16 раз за смену) (75 ящиков, каждый поднимался 2 раза), следовательно, по этому показателю работу следует отнести к классу 3.2.

Для определения суммарной массы груза, перемещаемого в течение каждого часа смены, вес всех грузов за смену суммируется. Независимо от фактической длительности смены, суммарную массу груза за смену делят на 8, исходя из 8-часовой рабочей смены.

В случаях, когда перемещения груза вручную происходят как с рабочей поверхности, так и с пола, показатели следует суммировать. Если с рабочей поверхности перемещался больший груз, чем с пола, то полученную величину следует сопоставлять именно с этим показателем, а если наибольшее перемещение производилось с пола - то с показателем суммарной массы груза в час при перемещении с пола. Если с рабочей поверхности и с пола перемещается равный груз, то суммарную массу груза сопоставляют с показателем перемещения с пола (примеры 2 и 3).

Пример 2. Рассмотрим пример 1 пункта 1. Масса груза 2,5 кг, следовательно, в соответствии с табл. 17 руководства Р 2.2.2006-05 (п. 2.2) тяжесть труда по данному показателю относится к 1 классу. За смену рабочий поднимает 1200 деталей, по 2 раза каждую. В час он перемещает 150 деталей ($1\,200 \text{ деталей} : 8 \text{ часов}$). Каждую деталь рабочий берет в руки 2 раза, следовательно, суммарная масса груза, перемещаемая в течение каждого часа смены, составляет 750 кг ($150 \times 2,5$

кг х 2). Груз перемещается с рабочей поверхности, поэтому эту работу по п. 2.3 можно отнести ко 2 классу.

Пример 3. Рассмотрим пример 2 пункта 1. При перемещении деталей со стола на станок и обратно масса груза 2,5 кг умножается на 600 и на 2, получаем 3 000 кг за смену. При переносе ящиков с деталями вес каждого ящика умножается на число ящиков (75) и на 2, получаем 3 150 кг за смену. Общий вес за смену = 6 150 кг, следовательно, в час - 769 кг. Ящики рабочий брал со стеллажа. Половина ящиков стояла на нижней полке (высота над полом 10 см), половина - на высоте рабочего стола. Следовательно, больший груз перемещался с рабочей поверхности и именно с этим показателем надо сопоставлять полученную величину. По показателю суммарной массы груза в час работу можно отнести ко 2 классу.

Стереотипные рабочие движения (количество за смену, суммарно на две руки)

Понятие "рабочее движение" в данном случае подразумевает движение элементарное, т.е. однократное перемещение рук (или руки) из одного положения в другое. Стереотипные рабочие движения в зависимости от амплитуды движений и участвующей в выполнении движения мышечной массы делятся на локальные и региональные. Работы, для которых характерны локальные движения, как правило, выполняются в быстром темпе (60 - 250 движений в минуту), и за смену количество движений может достигать нескольких десятков тысяч. Поскольку при этих работах темп, т.е. количество движений в единицу времени, практически не меняется, то, подсчитав, с применением какого-либо автоматического счетчика, число движений за 10 - 15 мин., рассчитываем число движений в 1 мин., а затем умножаем на число минут, в течение которых выполняется эта работа. Время выполнения работы определяем путем хронометражных наблюдений или по фотографии рабочего дня. Число движений можно определить также по числу знаков, напечатанных (вводимых) за смену (подсчитываем число знаков на одной странице и умножаем на число страниц, напечатанных за день).

Пример 1. Оператор ввода данных в персональный компьютер печатает за смену 20 листов. Количество знаков на 1 листе - 2 720. Общее число вводимых знаков за смену - 54 400, т.е. 54 400 мелких локальных движений. Следовательно, по данному показателю (п. 3.1 руководства Р 2.2.2006) его работу относят к классу 3.1.

Региональные рабочие движения выполняются, как правило, в более медленном темпе и легко подсчитать их количество за 10 - 15 мин. или за 1 - 2 повторяемые операции, несколько раз за смену. После этого, зная общее количество операций или время выполнения работы, подсчитываем общее количество региональных движений за смену.

Пример 2. Маляр выполняет около 80 движений большой амплитуды в минуту. Всего основная работа занимает 65% рабочего времени, т.е. 312 минут за смену. Количество движений за смену = 24 960 (312 х 80), что в соответствии с п. 3.2 руководства Р 2.2.2006 позволяет отнести его работу к классу 3.1.

Статическая нагрузка (величина статической нагрузки за смену при удержании груза, приложении усилий, кгс · с)

Статическая нагрузка, связанная с удержанием груза или приложением усилия, рассчитывается путем перемножения двух параметров: величины удерживаемого усилия (веса груза) и времени его удерживания.

В процессе работы статические усилия встречаются в различных видах: удержание обрабатываемого изделия (инструмента), прижим обрабатываемого инструмента (изделия) к обрабатываемому изделию (инструменту), усилия для перемещения органов управления (рукоятки, маховики, штурвалы) или тележек. В первом случае величина статического усилия определяется весом удерживаемого изделия (инструмента). Вес изделия определяется путем взвешивания на весах. Во втором случае величина усилия прижима может быть определена с помощью тензометрических, пьезокристаллических или других датчиков, которые необходимо закрепить на инструменте или изделии. В третьем случае усилие на органах управления можно определить с помощью динамометра или по документам. Время удерживания статического усилия определяется на основании хронометражных измерений (или по фотографии рабочего дня). Оценка класса условий труда по этому показателю должна осуществляться с учетом преимущественной нагрузки: на одну, две ру-

ки или с участием мышц корпуса и ног. Если при выполнении работы встречается 2 или 3 указанных выше нагрузки (нагрузки на одну, две руки и с участием мышц корпуса и ног), то их следует суммировать и суммарную величину статической нагрузки соотносить с показателем преимущественной нагрузки (п. п. 4.1 - 4.3 руководства Р 2.2.2006).

Пример 1. Маляр (женщина) промышленных изделий при окраске удерживает в руке краскопульт весом 1,8 кгс, в течение 80% времени смены, т.е. 23 040 с. Величина статической нагрузки будет составлять 41 427 кгс · с (1,8 кгс x 23 040 с). Работа по данному показателю относится к классу 3.1.

Рабочая поза

Характер рабочей позы (свободная, неудобная, фиксированная, вынужденная) определяется визуально. К свободным позам относят удобные позы сидя, которые дают возможность изменения рабочего положения тела или его частей (откинуться на спинку стула, изменить положение ног, рук). Фиксированная рабочая поза - невозможность изменения взаимного положения различных частей тела относительно друг друга. Подобные позы встречаются при выполнении работ, связанных с необходимостью в процессе деятельности различать мелкие объекты. Наиболее жестко фиксированы рабочие позы у представителей тех профессий, которым приходится выполнять свои основные производственные операции с использованием оптических увеличительных приборов - луп и микроскопов. К неудобным рабочим позам относятся позы с большим наклоном или поворотом туловища, с поднятыми выше уровня плеч руками, с неудобным размещением нижних конечностей. К вынужденным позам относятся рабочие позы лежа, на коленях, на корточках и т.д. Абсолютное время (в минутах, часах) пребывания в той или иной позе определяется на основании хронометражных данных за смену, после чего рассчитывается время пребывания в относительных величинах, т.е. в процентах к 8-часовой смене (независимо от фактической длительности смены). Если по характеру работы рабочие позы разные, то оценку следует проводить по наиболее типичной позе для данной работы.

Пример 1. Врач-лаборант около 40% рабочего времени смены проводит в фиксированной позе - работает с микроскопом. По этому показателю работу можно отнести к классу 3.1.

Работа в положении стоя - необходимость длительного пребывания работающего человека в ортостатическом положении (либо в малоподвижной позе, либо с передвижениями между объектами труда). Следовательно, время пребывания в положении стоя будет складываться из времени работы в положении стоя и из времени перемещения в пространстве.

Пример 2. Дежурный электромонтер (длительность смены - 12 часов) при вызове на объект выполняет работу в положении стоя. На эту работу и на перемещение к месту работы у него уходит 4 часа за смену. Следовательно, исходя из 8-часовой смены, 50% рабочего времени он проводит в положении стоя - класс 2.

Наклоны корпуса (количество за смену)

Число наклонов за смену определяется путем их прямого подсчета в единицу времени (несколько раз за смену), затем рассчитывается число наклонов за все время выполнения работы, либо определением их количества за одну операцию и умножением на число операций за смену. Глубина наклонов корпуса (в градусах) измеряется с помощью любого простого приспособления для измерения углов (например, транспортира). При определении угла наклона можно не пользоваться приспособлениями для измерения углов, т.к. известно, что у человека со средними антропометрическими данными наклоны корпуса более 30° встречаются, если он берет какие-либо предметы, поднимает груз или выполняет действия руками на высоте не более 50 см от пола.

Пример. Для того чтобы взять детали из контейнера, стоящего на полу, работница совершает за смену до 200 глубоких наклонов (более 30°). По этому показателю труд относят к классу 3.1.

Перемещение в пространстве (переходы, обусловленные технологическим процессом, в течение смены по горизонтали или вертикали - по лестницам, пандусам и др., км)

Самый простой способ определения этой величины - с помощью шагомера, который можно поместить в карман работающего или закрепить на его поясе, определить количество шагов за смену (во время регламентированных перерывов и обеденного перерыва шагомер снимать). Коли-

чество шагов за смену умножить на длину шага (мужской шаг в производственной обстановке в среднем равняется 0,6 м, а женский - 0,5 м), и полученную величину выразить в км. Перемещением по вертикали можно считать перемещения по лестницам или наклонным поверхностям, угол наклона которых более 30° от горизонтали. Для профессий, связанных с перемещением как по горизонтали, так и по вертикали, эти расстояния можно суммировать и сопоставлять с тем показателем, величина которого была больше.

Пример. По показателям шагомера работница при обслуживании станков делает около 12 000 шагов за смену. Расстояние, которое она проходит за смену, составляет 6 000 м или 6 км (12 000 x 0,5 м). По этому показателю тяжесть труда относится ко второму классу.

Общая оценка тяжести трудового процесса

Общая оценка по степени физической тяжести проводится на основе всех приведенных выше показателей. При этом вначале устанавливается класс по каждому измеренному показателю и вносится в протокол, а окончательная оценка тяжести труда устанавливается по показателю, отнесенному к наибольшему классу. При наличии двух и более показателей класса 3.1 и 3.2 общая оценка устанавливается на одну степень выше.

Пример оценки тяжести труда

Описание работы. Укладчица хлеба вручную в позе стоя (75% времени смены) укладывает готовый хлеб с укладочного стола в лотки. Одновременно берет 2 батона (в каждой руке по батону), весом 0,4 кг каждый (одноразовый подъем груза составляет 0,8 кг) и переносит на расстояние 0,8 м. Всего за смену укладчица укладывает 550 лотков, в каждом из которых по 20 батончиков. Следовательно, за смену она укладывает 11 000 батончиков. При переносе со стола в лоток работница удерживает батончики в течение трех секунд. Лотки, в которые укладывают хлеб, стоят в контейнерах и при укладке в нижние ряды работница вынуждена совершать глубокие (более 30°) наклоны, число которых достигает 200 за смену.

Проведем расчеты:

- физическая динамическая нагрузка: $0,8 \text{ кг} \times 0,8 \text{ м} \times 5\,500$ (т.к. за один раз работница поднимает 2 батона) = 3 520 кгм - класс 3.1;
- масса одноразового подъема груза: 0,8 кг - класс 1;
- суммарная масса груза в течение каждого часа смены - $0,8 \text{ кг} \times 5\,500 = 4\,400 \text{ кг}$ и разделить на 8 ч работы в смену = 550 кг - класс 3.1;
- стереотипные движения (региональная нагрузка на мышцы рук и плечевого пояса): количество движений при укладке хлеба за смену достигает 21 000 - класс 3.1;
- статическая нагрузка одной рукой: $0,4 \text{ кг} \times 3 \text{ с} = 1,2 \text{ кгс}$, т.к. батон удерживается в течение 3 с. Статическая нагрузка за смену одной рукой $1,2 \text{ кгс} \times 5\,500 = 6\,600 \text{ кгс}$, двумя руками - 13 200 кгс (класс 1);
- рабочая поза: поза стоя до 80% времени смены - класс 3.1;
- наклоны корпуса за смену - класс 3.1;
- перемещение в пространстве: работница в основном стоит на месте, перемещения незначительные, до 1,5 км за смену.

Вносим показатели в протокол.

Протокол

оценки условий труда по показателям тяжести трудового процесса
(рекомендуемый)

Иванова В.Д.

пол ж

Ф.И.О. -----

укладчица хлеба

Профессия: -----

Хлебзавод

Предприятие: -----

Укладчица хлеба вручную

Краткое описание выполняемой работы: -----

укладывает готовый хлеб с укладочного стола в лотки.

N	Показатели	Факт. значения	Класс
1	2	3	4
1	Физическая динамическая нагрузка (кг х м): региональная - перемещение груза до 1 м общая нагрузка: перемещение груза	3 520	3.1
1.1	от 1 до 5 м	-	
1.2	более 5 м	-	
2	Масса поднимаемого и перемещаемого вручную груза (кг):		
2.1	при чередовании с другой работой	-	1
2.2	постоянно в течение смены	0,8	1
2.3	суммарная масса за каждый час смены:		
	с рабочей поверхности	550	3.1
	с пола		
3	Стереотипные рабочие движения (кол-во):		
3.1	локальная нагрузка	-	1
3.2	региональная нагрузка	21 000	3.1
4	Статическая нагрузка (кгс · с)		
4.1	одной рукой	-	1
4.2	двумя руками	13 200	1
4.3	с участием корпуса и ног	-	
5	Рабочая поза	стоя 75%	3.1
6	Наклоны корпуса (количество за смену)	200	3.1
7	Перемещение в пространстве (км):		
7.1	по горизонтали	1,5	1
7.2	по вертикали	-	1
Окончательная оценка тяжести труда			3.2

Итак, из 9 показателей, характеризующих тяжесть труда, 5 относятся к классу 3.1. Учитывая пояснения раздела 8 Р 2.2.2006 (при наличии 2-х и более показателей класса 3.1 общая оценка

повышается на одну степень), окончательная оценка тяжести трудового процесса укладчицы хлеба - класс 3.2.

4. Методика оценки напряженности трудового процесса

Нагрузки интеллектуального характера

«Содержание работы» указывает на степень сложности выполнения задания: от решения простых задач до творческой (эвристической) деятельности с решением сложных заданий при отсутствии алгоритма.

Различия между классами 2 и 3.1 практически сводятся к двум пунктам: «решение простых» (класс 2) или «сложных задач с выбором по известным алгоритмам» (класс 3.1) и «решение задач по инструкции» (класс 2) или «работа по серии инструкций» (класс 3.1).

В случае применения оценочного критерия «простота - сложность решаемых задач» можно воспользоваться таблицей 12.1, где приведены некоторые характерные признаки простых и сложных задач.

Таблица 12.1 - Некоторые признаки сложности решаемых задач

Простые задачи	Сложные задачи
1. Не требуют рассуждений	1. Требуют рассуждений
2. Имеют ясно сформулированную цель	2. Цель сформулирована только в общем (например, руководство работой бригады)
3. Отсутствует необходимость построения внутренних представлений о внешних событиях	3. Необходимо построение внутренних представлений о внешних событиях
4. План решения всей задачи содержится в инструкции (инструкциях)	4. Решение всей задачи необходимо планировать
5. Задача может включать несколько подзадач, не связанных между собой или связанных только последовательностью действий. Информация, полученная при решении подзадачи, не анализируется и не используется при решении другой подзадачи	5. Задача всегда включает решение связанных логически подзадач, а информация, полученная при решении каждой подзадачи, анализируется и учитывается при решении следующей подзадачи
6. Последовательность действий известна, либо она не имеет значения	6. Последовательность действий выбирается исполнителем и имеет значение для решения задачи

Например, в задачу лаборанта химического анализа входят подзадачи (операции): отбор проб (как правило), приготовление реактивов, обработка проб (с помощью химрастворов, сжигания) и количественная оценка содержания анализируемых веществ в пробе. Каждая подзадача имеет четкие инструкции, ясно сформулированные цели и predetermined конечный результат с известной последовательностью действий, т.е. по указанным выше признакам он решает простые задачи (класс 2). Работа инженера-химика, например, носит совершенно иной характер. Вначале он должен определить качественный состав пробы, используя иногда сложные методы качественного анализа (планирование задачи, выбор последовательности действий и анализ результатов подзадачи), затем разработать модель выполнения работ для лаборантов, используя информацию, полученную при решении предыдущей подзадачи. Затем, на основе всей полученной информации, инженер проводит окончательную оценку результатов, т.е. задача может быть решена только с помощью алгоритма как логической совокупности правил (класс 3.1).

Применяя оценочный критерий «работа по инструкции - работа по серии инструкций», следует обратить внимание на то, что иногда число инструкций, характеризующих содержание работы, не является достаточно надежной характеристикой интеллектуальных нагрузок.

Например, лаборант химического анализа может работать по нескольким инструкциям, тогда как заведующий химлабораторией работает по одной должностной инструкции. Поэтому здесь

следует обращать внимание на те случаи, когда общая инструкция, являясь формально единственной, содержит множество отдельных инструкций, и в этом случае оценивать деятельность как работу по серии инструкций.

Различия между классами 3.1 и 3.2 по показателю «содержание работы» (интеллектуальные нагрузки) заключаются лишь в одной характеристике - используются ли решения задач по известным алгоритмам (класс 3.1) либо эвристические приемы (класс 3.2). Они отличаются друг от друга наличием или отсутствием гарантии получения правильного результата. Алгоритм - это логическая совокупность правил, которая, если ей следовать, всегда приводит к верному решению задачи. Эвристические приемы - это некоторые эмпирические правила (процедуры или описания), пользование которыми не гарантирует успешного выполнения задачи. Следовательно, классом 3.2 должна оцениваться такая работа, при которой способы решения задачи заранее не известны.

Дополнительным признаком класса 3.2 является «единоличное руководство в сложных ситуациях». Здесь необходимо рассматривать лишь те ситуации, которые могут возникнуть внезапно (как правило, это предаварийные или аварийные ситуации) и имеют чрезвычайный характер (например, возможность остановки технологического процесса, поломки сложного и дорогостоящего оборудования, возникновение опасности для жизни), а также если руководство действиями других лиц в таких ситуациях обусловлено должностной инструкцией, действующей на аттестуемом рабочем месте.

Таким образом, классом 3.1 необходимо оценивать такие работы, где принятие решений происходит на основе необходимой и достаточной информации по известному алгоритму (как правило, это задачи диагностики или выбора), а классом 3.2 оценивать работу, когда решения необходимо принимать в условиях неполной или недостаточной информации (как правило, это решения в условиях неопределенности), а алгоритм решения отсутствует. Имеет значение и постоянство решения таких задач.

Например, диспетчер энергосистемы решает обычно задачи, оцениваемые классом 3.1, а при возникновении аварийных ситуаций - и задачи класса 3.2, если задача является типичной и встречавшейся ранее, и класса 3.1, если такая ситуация встречается впервые. Поскольку задачи класса 3.2 встречаются намного реже, работу диспетчера следует оценить по критерию «содержание работы» классом 3.1.

Примеры. Наиболее простые задачи решают лаборанты (1 класс условий труда), а деятельность, требующая решения простых задач, но уже с выбором (по инструкции), характерна для медицинских сестер, телефонистов, телеграфистов и т.п. (2 класс). Сложные задачи, решаемые по известному алгоритму (работа по серии инструкций), имеют место в работе руководителей, мастеров промышленных предприятий, водителей транспортных средств, авиадиспетчеров и др. (класс 3.1). Наиболее сложная по содержанию работа, требующая в той или иной степени эвристической (творческой) деятельности, установлена у научных работников, конструкторов, врачей разного профиля и др. (класс 3.2).

«Восприятие сигналов (информации) и их оценка»

Критериальным с точки зрения различий между классами напряженности трудового процесса является установочная цель (или эталонная норма), которая принимается для сопоставления поступающей при работе информации с номинальными значениями, необходимыми для успешного хода рабочего процесса.

К классу 2 относится работа, при которой восприятие сигналов предполагает последующую коррекцию действий или операций. При этом под действием следует понимать элемент деятельности, в процессе которого достигается конкретная, не разлагаемая на более простые, осознанная цель, а под операцией - законченное действие (или сумма действий), в результате которого достигается элементарная технологическая цель.

Например, у токаря обработка простой детали выполняется посредством ряда операций (закрепление детали, обработка наружной и внутренней поверхностей, обрезание уступов и т.д.), каждая из которых включает ряд элементарных действий, иногда называемых приемами. Коррекция действий и операций здесь заключается в сравнении с определенными несложными и не связанными между собой "эталонами", операции являются отдельными и законченными элементар-

ными составными частями технологического процесса, а воспринимаемая информация и соответствующая коррекция носит характер "правильно - неправильно" по типу процесса идентификации, для которой характерно оперирование целостными эталонами. К типичным примерам можно отнести работу контролера, станочника, электрогазосварщика и большинства представителей массовых рабочих профессий, основой которых является предметная деятельность.

«Эталоном» при работах, характеризующихся по данному показателю напряженностью класса 3.1, является совокупность информации, характеризующей наличное состояние объекта труда при работах, основой которых является интеллектуальная деятельность. Коррекция (сравнение с эталоном) производится здесь по типу процесса опознавания, включая процессы декодирования, информационного поиска и информационной подготовки решения на основе мышления с обязательным использованием интеллекта, т.е. умственных способностей исполнителя. К таким работам относится большинство профессий операторского и диспетчерского типа, труд научных работников. Восприятие сигналов с последующим сопоставлением фактических значений параметров (информации) с их номинальными требуемыми уровнями отмечается в работе медсестер, мастеров, телефонистов и телеграфистов и др. (класс 3.1).

Классом 3.2 оценивается работа, связанная с восприятием сигналов с последующей комплексной оценкой всей производственной деятельности. В этом случае, когда трудовая деятельность требует восприятия сигналов с последующей комплексной оценкой всех производственных параметров (информации), соответственно такой труд по напряженности относится к классу 3.2 (руководители промышленных предприятий, водители транспортных средств, авиадиспетчеры, конструкторы, врачи, научные работники и т.д.).

«Распределение функций по степени сложности задания»

Любая трудовая деятельность характеризуется распределением функций между работниками. Соответственно, чем больше возложено функциональных обязанностей на работника, тем выше напряженность его труда.

По данному показателю класс 2 (допустимый) и класс 3 (напряженный труд) различаются по двум характеристикам - наличию или отсутствию функции контроля и работы по распределению заданий другим лицам. Классом 3.1 характеризуется работа, обязательным элементом которой является контроль выполнения задания. Здесь имеется в виду контроль выполнения задания другими лицами, поскольку контроль выполнения своих заданий должен оцениваться классом 2 (обработка, выполнение задания и его проверка, которая, по сути, и является контролем).

Примером работ, включающих контроль выполнения заданий, может являться работа инженера по охране труда, инженера производственно-технического отдела и др.

Классом 3.2 оценивается по данному показателю такая работа, которая включает не только контроль, но и предварительную работу по распределению заданий другим лицам.

Так, трудовая деятельность, содержащая простые функции, направленные на обработку и выполнение конкретного задания, не приводит к значительной напряженности труда. Примером такой деятельности является работа лаборанта (класс 1). Напряженность возрастает, когда осуществляется обработка, выполнение с последующей проверкой выполнения задания (класс 2), что характерно для таких профессий, как медицинские сестры, телефонисты и т.п.

Обработка, проверка и, кроме того, контроль за выполнением задания указывает на большую степень сложности выполняемых функций работником, и, соответственно, в большей степени проявляется напряженность труда (мастера промышленных предприятий, телеграфисты, конструкторы, водители транспортных средств - класс 3.1).

Наиболее сложная функция - это предварительная подготовительная работа с последующим распределением заданий другим лицам (класс 3.2), которая характерна для таких профессий, как руководители промышленных предприятий, авиадиспетчеры, научные работники, врачи и т.п.

«Характер выполняемой работы» - в том случае, когда работа выполняется по индивидуальному плану, то уровень напряженности труда невысок (1 класс - лаборанты). Если работа протекает по строго установленному графику с возможной его коррекцией по мере необходимости, то напряженность повышается (2 класс - медсестры, телефонисты, телеграфисты и др.). Еще большая напряженность труда характерна, когда работа выполняется в условиях дефицита времени (класс

3.1 - мастера промышленных предприятий, научные работники, конструкторы). Наибольшая напряженность (класс 3.2) характеризуется работой в условиях дефицита времени и информации. При этом отмечается высокая ответственность за конечный результат работы (врачи, руководители промышленных предприятий, водители транспортных средств, авиадиспетчеры).

Таким образом, критериями для отнесения работ по данному показателю к классу 3.1 (напряженный труд 1 степени) является работа в условиях дефицита времени. В практике работы под дефицитом времени понимают, как правило, большую загруженность работой, на основании чего практически любую работу оценивают по данному показателю классом 3.1. Здесь необходимо руководствоваться требованием настоящего руководства, согласно которому оценку условий труда должны выполнять при проведении технологических процессов в соответствии с технологическим регламентом. Поэтому классом 3.1 по показателю "характер выполняемой работы" должна оцениваться лишь такая работа, при которой дефицит времени является ее постоянной и неотъемлемой характеристикой, и при этом успешное выполнение задания возможно только при правильных действиях в условиях такого дефицита.

Напряженный труд 2 степени (класс 3.2) характеризует такую работу, которая происходит в условиях дефицита времени и информации с повышенной ответственностью за конечный результат. В отношении дефицита времени следует руководствоваться изложенными выше соображениями, а что касается повышенной ответственности за конечный результат, то такая ответственность должна быть не только субъективно осознаваемой, поскольку на любом рабочем месте исполнитель такую ответственность осознает и несет, но и возлагаемой на исполнителя должностной инструкцией. Степень ответственности должна быть высокой - это ответственность за нормальный ход технологического процесса (например, диспетчер, машинист котлов, турбин и блоков на энергопредприятии), за сохранность уникального, сложного и дорогостоящего оборудования и за жизнь других людей (мастера, бригадиры).

В качестве примера степени ответственности приведем работу врачей. Работа далеко не всех врачей характеризуется одинаковым уровнем напряженности по характеру работы: например, работа врачей скорой помощи, хирургов (оперирующих), травматологов, анестезиологов, реаниматоров, без сомнения, может быть оценена по рассматриваемому показателю классом 3.2 (дефицит времени, информации и повышенная ответственность за конечный результат), тогда как работа, например, врачей поликлиники - терапевтов, окулистов и других, - таким критериям не соответствует, так же как работа, например, врачей-гигиенистов.

Сенсорные нагрузки

«Длительность сосредоточенного наблюдения (в % от времени смены)» - чем больше процент времени отводится в течение смены на сосредоточенное наблюдение, тем выше напряженность. Общее время рабочей смены принимается за 100%.

Пример. Наибольшая длительность сосредоточенного наблюдения за ходом технологического процесса отмечается у операторских профессий: телефонисты, телеграфисты, авиадиспетчеры, водители транспортных средств (более 75% смены - класс 3.2). Несколько ниже значение этого параметра (51 - 75%) установлено у врачей (класс 3.1). От 26 до 50% значения этого показателя колебалось у медицинских сестер, мастеров промышленных предприятий (2 класс). Самый низкий уровень этого показателя наблюдается у руководителей предприятия, научных работников, конструкторов (1 класс - до 25% от общего времени смены).

В основе этого процесса, характеризующего напряженность труда, лежит сосредоточение, или концентрация внимания на каком-либо реальном (водитель) или идеальном (переводчик) объекте, поэтому данный показатель следует трактовать шире, как «длительность сосредоточения внимания», которое проявляется в углубленности в деятельность. Определяющей характеристикой здесь является именно сосредоточение внимания в отличие от пассивного характера наблюдения за ходом технологического процесса, когда исполнитель периодически, время от времени контролирует состояние какого-либо объекта.

Различия здесь определяются следующим. Длительное сосредоточенное наблюдение необходимо в тех профессиях, где состояние наблюдаемого объекта все время изменяется и деятельность исполнителя заключается в периодическом решении ряда задач, непрерывно следующих

друг за другом, на основе получаемой и постоянно меняющейся информации (врачи-хирурги в процессе операции, корректоры, переводчики, авиадиспетчеры, водители, операторы радиолокационных станций и т.д.).

Наиболее часто по данному критерию встречаются две ошибки. Первая заключается в том, что данным показателем оцениваются такие работы, когда наблюдение не является сосредоточенным, а осуществляется в дискретном режиме, как, например, у диспетчеров на щитах управления технологическими процессами, когда они время от времени отмечают показания приборов при нормальном ходе процесса. Вторая ошибка состоит в том, что высокие показатели по длительности сосредоточенного наблюдения присваиваются априорно, только из-за того, что в профессиональной деятельности данная характеристика ярко выражена, как, например, у водителей.

Так, у водителей транспортных средств длительность сосредоточенного наблюдения в процессе управления транспортным средством в среднем более 75% времени смены; на этом основании работа всех водителей оценивается по данному показателю классом 3.2. Однако это справедливо далеко не для всех водителей.

Например, этот показатель существенно ниже у водителей вахтовых и пожарных автомобилей, а также автомобилей, на которых смонтировано специальное оборудование (бурильные, паровые установки, краны и др.). Поэтому данный показатель необходимо оценивать в каждом конкретном случае по его фактическому значению, получаемому либо с помощью хронометража, либо иным способом.

Например, у сварщиков длительность сосредоточенного наблюдения достаточно точно можно определить, измерив время сгорания одного электрода и подсчитав число использованных за рабочую смену электродов. У водителей автомобилей его легко определить по показателю сменного пробега (в км), деленному на среднюю скорость движения автомобиля (км в час) на данном участке, сведения о которой можно получить в соответствующем отделении Российской транспортной инспекции. На практике достаточно часто такие расчеты показывают, что суммарное время вождения автомобиля и, соответственно, длительность сосредоточенного наблюдения не превышают 2 - 4 часов за рабочую смену. Хорошие результаты дает также использование технологической документации, например карт технологического процесса, паспортов рабочих мест и др.

«Плотность сигналов (световых, звуковых) и сообщений в среднем за 1 час работы» - количество воспринимаемых и передаваемых сигналов (сообщений, распоряжений) позволяет оценивать занятость, специфику деятельности работника. Чем больше число поступающих и передаваемых сигналов или сообщений, тем выше информационная нагрузка, приводящая к возрастанию напряженности. По форме (или способу) предъявления информации сигналы могут подаваться со специальных устройств (световые, звуковые сигнальные устройства, шкалы приборов, таблицы, графики и диаграммы, символы, текст, формулы и т.д.) и при речевом сообщении (по телефону и радиофону, при непосредственном прямом контакте работников).

Пример. Наибольшее число связей и сигналов с наземными службами и с экипажами самолетов отмечается у авиадиспетчеров - более 300 (класс 3.2). Производственная деятельность водителя во время управления транспортными средствами несколько ниже - в среднем около 200 сигналов в течение часа (класс 3.1). К этому же классу относится труд телеграфистов. В диапазоне от 75 до 175 сигналов поступает в течение часа у телефонистов (число обслуженных абонентов в час от 25 до 150). У медицинских сестер и врачей реанимационных отделений (срочный вызов к больному, сигнализация с мониторов о состоянии больного) - 2 класс. Наименьшее число сигналов и сообщений характерно для таких профессий, как лаборанты, руководители, мастера, научные работники, конструкторы - 1 класс.

Существенных ошибок можно избежать, если не присваивать высоких значений данного показателя во всех случаях и только вследствие того, что восприятие сигналов и сообщений является характерной особенностью работы. Например, водитель городского транспорта воспринимает в час около 200 сигналов. Однако этот показатель может быть существенно ниже у водителей, например, междугородных автобусов, водителей «дальнобойщиков», водителей вахтовых автомобилей или в случаях, когда плотность транспортного потока невелика, что характерно для сель-

ской местности. Точно так же телеграфисты и телефонисты узла связи крупного города будут существенно отличаться по данному показателю от коллег, работающих в небольшом узле связи.

«Число производственных объектов одновременного наблюдения» - указывает, что с увеличением числа объектов одновременного наблюдения возрастает напряженность труда. Эта характеристика труда предъявляет требования к объему внимания (от 4 до 8 не связанных объектов) и его распределению как способности одновременно сосредотачивать внимание на нескольких объектах или действиях.

Необходимым условием для того, чтобы работа оценивалась данным показателем, является время, затрачиваемое от получения информации от объектов одновременного наблюдения до действий: если это время существенно мало и действия необходимо выполнять сразу же после приема информации одновременно от всех необходимых объектов (иначе нарушится нормальный ход технологического процесса или возникнет существенная ошибка), то работу необходимо характеризовать числом производственных объектов одновременного наблюдения (пилоты, водители, машинисты других транспортных средств, операторы, управляющие роботами и манипуляторами, и др.). Если же информация может быть получена путем последовательного переключения внимания с объекта на объект и имеется достаточно времени до принятия решения и/или выполнения действий, а человек обычно переходит от распределения к переключению внимания, то такую работу не следует оценивать по показателю "число объектов одновременного наблюдения" (дежурный электрослесарь по КИПиА, контролер-обходчик, комплектовщик).

Пример. Для операторского вида деятельности объектами одновременного наблюдения служат различные индикаторы, дисплеи, органы управления, клавиатура и т.п. Наибольшее число объектов одновременного наблюдения установлено у авиадиспетчеров - 13, что соответствует классу 3.1, несколько ниже это число у телеграфистов - 8 - 9 телетайпов, у водителей автотранспортных средств (2 класс). До 5 объектов одновременного наблюдения отмечается у телефонистов, мастеров, руководителей, медсестер, врачей, конструкторов и других (1 класс).

«Размер объекта различения при длительности сосредоточенного внимания (% от времени смены)»

Чем меньше размер рассматриваемого предмета (изделия, детали, цифровой или буквенной информации и т.п.) и чем продолжительнее время наблюдения, тем выше нагрузка на зрительный анализатор. Соответственно возрастает класс напряженности труда.

В качестве основы размеров объекта различения взяты категории зрительных работ из СП 52.13330.2016. При этом необходимо рассматривать лишь такой объект, который несет смысловую информацию, необходимую для выполнения данной работы. Так, у контролеров это минимальный размер дефекта, который необходимо выявить, у операторов ПЭВМ - размер буквы или цифры, у оператора - размер шкалы прибора и т.д. (Часто учитывается только эта характеристика и не учитывается другая, в той же степени необходимая, - длительность сосредоточения внимания на данном объекте, которая является равноценной и обязательной.)

В ряде случаев, когда размеры объекта малы, прибегают к помощи оптических приборов, увеличивающих эти размеры. Если к оптическим приборам прибегают время от времени, для уточнения информации, объектом различения является непосредственный носитель информации. Например, врачи-рентгенологи при просмотре флюорографических снимков должны дифференцировать затемнения диаметром до 1 мм (класс 3.1) и время от времени для уточнения информации пользуются лупой, что увеличивает размер объекта и переводит его в класс 2, однако основная работа по просмотру снимков проводится без оптических приборов, поэтому такая работа должна оцениваться по данному критерию классом 3.1.

В случае, если размер объекта настолько мал, что он неразличим без применения оптических приборов, и они применяются постоянно (например, при подсчете форменных элементов крови, размеры которых находятся в пределах (0,006 - 0,015) мм, врач-лаборант всегда использует микроскоп), должен регистрироваться размер увеличенного объекта.

«Работа с оптическими приборами (микроскоп, лупа и т.п.) при длительности сосредоточенного наблюдения (% от времени смены)»

На основе хронометражных наблюдений определяется время (часы, минуты) работы за опти-

ческим прибором. Продолжительность рабочего дня принимается за 100%, а время фиксированного взгляда с использованием микроскопа, лупы переводится в проценты - чем больше процент времени, тем больше нагрузка, приводящая к развитию напряжения зрительного анализатора.

К оптическим приборам относятся те устройства, которые применяются для увеличения размеров рассматриваемого объекта - лупы, микроскопы, дефектоскопы либо используемые для повышения разрешающей способности прибора или улучшения видимости (бинокли), что также связано с увеличением размеров объекта. К оптическим приборам не относятся различные устройства для отображения информации (дисплеи), в которых оптика не используется - различные индикаторы и шкалы, покрытые стеклянной или прозрачной пластмассовой крышкой.

«Наблюдение за экраном видеотерминала (ч в смену)»

Согласно этому показателю фиксируется время (ч, мин.) непосредственной работы пользователя ВДТ с экраном дисплея в течение всего рабочего дня при вводе данных, редактировании текста или программ, чтении информации буквенной, цифровой, графической с экрана. Чем больше время фиксации взора на экран пользователя ВДТ, тем больше нагрузка на зрительный анализатор и тем выше напряженность труда.

Критерий "наблюдение за экранами видеотерминалов" следует применять для характеристики напряженности трудового процесса на всех рабочих местах, которые оборудованы средствами отображения информации как на электронно-лучевых, так и на дискретных (матричных) экранах (дисплеи, видеомодули, видеомониторы, видеотерминалы).

«Нагрузка на слуховой анализатор»

Степень напряжения слухового анализатора определяется по зависимости разборчивости слов в процентах от соотношения между уровнем интенсивности речи и "белого" шума. Когда помех нет, разборчивость слов равна 100% - 1 класс. Ко 2-му классу относятся случаи, когда уровень речи превышает шум на 10 - 15 дБА и соответствует разборчивости слов, равной 90 - 70% или на расстоянии до 3,5 м и т.п.

Наиболее часто встречаемой ошибкой при оценке напряженности трудового процесса является та, когда данным показателем характеризуется любая работа, проводящаяся в условиях повышенного уровня шума. Показателем "нагрузка на слуховой анализатор" необходимо характеризовать такие работы, при которых исполнитель в условиях повышенного уровня шума должен воспринимать на слух речевую информацию или другие звуковые сигналы, которыми он руководствуется в процессе работы. Примером работ, связанных с нагрузкой на слуховой анализатор, является труд телефониста производственной связи, звукооператора ТВ, радио, музыкальных студий.

«Нагрузка на голосовой аппарат (суммарное количество часов, наговариваемых в неделю)»

Степень напряжения голосового аппарата зависит от продолжительности речевых нагрузок. Перенапряжение голоса наблюдается при длительной, без отдыха голосовой деятельности.

Пример. Наибольшие нагрузки (класс 3.1 или 3.2) отмечаются у лиц голосоречевых профессий (педагоги, воспитатели детских учреждений, вокалисты, чтецы, актеры, дикторы, экскурсоводы и т.д.). В меньшей степени такой вид нагрузки характерен для других профессиональных групп (авиадиспетчеры, телефонисты, руководители и т.д. - 2 класс). Наименьшие значения критерия могут отмечаться в работе других профессий, таких, как лаборанты, конструкторы, водители автотранспорта (1 класс).

Эмоциональные нагрузки

«Степень ответственности за результат собственной деятельности. Значимость ошибки» - указывает, в какой мере работник может влиять на результат собственного труда при различных уровнях сложности осуществляемой деятельности. С возрастанием сложности повышается степень ответственности, поскольку ошибочные действия приводят к дополнительным усилиям со стороны работника или целого коллектива, что соответственно приводит к увеличению эмоционального напряжения.

Для таких профессий, как руководители и мастера промышленных предприятий, авиадиспетчеры, врачи, водители транспортных средств и т.п., характерна самая высокая степень ответственности за окончательный результат работы, а допущенные ошибки могут привести к останов-

ке технологического процесса, возникновению опасных ситуаций для жизни людей (класс 3.2).

Если работник несет ответственность за основной вид задания, а ошибки приводят к дополнительным усилиям со стороны целого коллектива, то эмоциональная нагрузка в данном случае уже несколько ниже (класс 3.1): медсестры, научные работники, конструкторы. В том случае, когда степень ответственности связана с качеством вспомогательного задания, а ошибки приводят к дополнительным усилиям со стороны вышестоящего руководства (в частности, бригадира, начальника смены и т.п.), то такой труд по данному показателю характеризуется еще меньшим проявлением эмоционального напряжения (2 класс): телефонисты, телеграфисты. Наименьшая значимость критерия отмечается в работе лаборанта, где работник несет ответственность только за выполнение отдельных элементов продукции, а в случае допущенной ошибки дополнительные усилия только со стороны самого работника (1 класс).

Таким образом, по данному показателю оценивается ответственность работника за качество элементов заданий вспомогательных работ, основной работы или конечной продукции. Например, для токаря конечной продукцией являются изготовленные им детали, для мастера токарного участка - все детали, изготовленные на этом участке, а для начальника механического цеха - работа всего цеха. Поэтому при использовании данного критерия возможен следующий подход.

Класс 1 - ответственность за качество действий или операций, являющихся элементом трудового процесса по отношению к его конечной цели, а ошибка исправляется самим работающим на основе самоконтроля или внешнего, формального контроля по типу "правильно - неправильно" (все виды подсобных работ, санитарки, уборщицы, грузчики и т.д.).

Класс 2 - ответственность за качество деятельности, являющейся технологическим циклом или крупным элементом техпроцесса по отношению к его конечной цели, а ошибка исправляется вышестоящим руководителем по типу указаний "как необходимо сделать правильно" (рабочие строительных специальностей, ремонтный персонал).

Класс 3.1 - ответственность за весь технологический процесс или деятельность, а ошибка исправляется всем коллективом, группой, бригадой (диспетчерский персонал, мастера, бригадиры, начальники цехов основного производства), за исключением случаев, когда ошибка может привести к перечисленным ниже последствиям.

Класс 3.2 - ответственность за качество продукции, производимой всем структурным подразделением, или повышенная ответственность за результат собственной ошибки, если она может привести к остановке технологического процесса, поломке дорогостоящего или уникального оборудования либо к возникновению опасности для жизни других людей (водители, перевозящие пассажиров автотранспортных средств, пилоты пассажирских самолетов, машинисты локомотивов, капитаны судов, руководители предприятий и организаций).

«Степень риска для собственной жизни»

Мерой риска является вероятность наступления нежелательного события, которую с достаточной точностью можно выявить из статистических данных производственного травматизма на данном предприятии и аналогичных предприятиях отрасли.

Поэтому на данном рабочем месте анализируют наличие травмоопасных факторов, которые могут представлять опасность для жизни работающих, и определяют возможную зону их влияния. Рекомендуется использовать материалы аттестации рабочих мест по условиям труда, которые предписывают составление такого перечня. Например, во временной методике проведения в электроэнергетике (сосуды и трубопроводы с давлением выше 5 атмосфер, маслonaполненные вводы высоковольтного оборудования на напряжение выше 1 000 В, сосуды, трубопроводы и арматура с температурой носителя выше 60 °С и др.).

Показателем "степень риска для собственной жизни" характеризуют лишь те рабочие места, где существует прямая опасность, т.е. рабочая среда таит угрозу непосредственно поражающей реакции (взрыв, удар, самовозгорание), в отличие от косвенной опасности, когда рабочая среда становится опасной при неправильном и непредусмотрительном поведении работающего.

Наиболее часто встречающимися видами происшествий, приводящих к несчастным случаям со смертельным исходом, являются: дорожно-транспортные происшествия, падение с высоты, падение, обрушение и обвалы предметов и материалов, воздействие движущихся и вращающихся

частей, разлетающихся предметов и деталей. Наиболее частыми источниками травматизма являются автомобили, энергетическое оборудование, тракторы, металлорежущие станки.

Примеры профессий, работа в которых характеризуется повышенной степенью риска для собственной жизни:

- строительные специальности, в основном связанные с работой на высоте (плотники, монтажники лесов, монтажники металлоконструкций, машинисты кранов, каменщики и ряд других); основным травмирующим фактором в этих профессиях является падение с высоты;

- водители всех видов транспортных средств: основной травмирующий фактор - нарушение правил дорожного движения, неисправность транспортного средства;

- профессии, связанные с обслуживанием энергетического оборудования и систем (электромонтеры, электрослесари и др.): травмирующий фактор - поражение электрическим током;

- основные профессии горнодобывающей промышленности (проходчики, взрывники, скреперисты, рабочие очистного забоя и др.): травмирующий фактор - взрывы, разрушения, обвалы, выбросы газа и т.п.;

- профессии металлургии и химического производства (литейщики, плавильщики, конверторщики и др.): травмирующий фактор - взрывы и выбросы расплавов, воспламенения в результате нарушения технологического процесса.

Риск для собственной жизни связан не только с травмоопасностью, но может определяться и спецификой трудовой деятельности в определенных социально-экономических условиях в стране. Так, высокий риск для собственной жизни характерен для работников прокуратуры (прокуроры, помощники прокуроров, следователи) и других сотрудников правоохранительных органов.

«Ответственность за безопасность других лиц»

При оценке напряженности необходимо учитывать лишь прямую, а не опосредованную ответственность (последняя распределяется на всех руководителей), то есть такую, которая вменяется должностной инструкцией.

Как правило, это руководители первичных трудовых коллективов - мастера, бригадиры, отвечающие за правильную организацию работы в потенциально опасных условиях и следящие за выполнением инструкций по охране труда и технике безопасности; работники, чья ответственность исходит из самого характера работы, - врачи некоторых специальностей (хирурги, реаниматологи, травматологи, воспитатели детских дошкольных учреждений, авиадиспетчеры) и лица, управляющие потенциально опасными машинами и механизмами, например водители транспортных средств, пилоты пассажирских самолетов, машинисты локомотивов.

«Количество конфликтных производственных ситуаций за смену»

Наличие конфликтных ситуаций в производственной деятельности ряда профессий (сотрудники всех звеньев прокуратуры, системы МВД, преподаватели и др.) существенно увеличивает эмоциональную нагрузку и подлежит количественной оценке. Количество конфликтных ситуаций учитывается на основании хронометражных наблюдений.

Конфликтные ситуации у педагогов встречаются в виде непосредственного взаимоотношения между педагогом и учащимися, а также участия в разрешении конфликтов, возникающих между учениками. Кроме того, могут возникать конфликты внутри педагогического коллектива с коллегами, руководством и в ряде случаев с родителями учащихся.

У прокуроров и работников правоохранительных органов конфликты встречаются с клиентами в виде словесных угроз, угроз по телефону, письменно и при личном общении, а также оскорбления, угрозы физического насилия, физические атаки.

Пример. Наибольшее число конфликтных ситуаций в среднем за рабочую смену отмечено у работников правоохранительных органов: более 8 (класс 3.2), меньшее количество у преподавателей - от 4 до 8 (класс 3.1), у помощников следователей прокуратуры от 1 до 3 (класс 2), у работников канцелярии прокуратуры - отсутствуют (класс 1).

Монотонность нагрузок

«Число элементов (приемов), необходимых для реализации простого задания или многократно повторяющихся операций» и «Продолжительность (с) выполнения простых производ-

ственных заданий или повторяющихся операций» - чем меньше число выполняемых приемов и чем короче время, тем, соответственно, выше монотонность нагрузок.

Данные показатели наиболее выражены при конвейерном труде (класс 3.1 - 3.2). Эти показатели характеризуют так называемую "моторную" монотонию.

Необходимым условием для отнесения операций и действий к монотонным является не только их частая повторяемость и малое количество приемов, что может наблюдаться и при других работах, но и их однообразие и, самое главное, их низкая информационная содержательность, когда действия и операции производятся автоматически и практически не требуют пристального внимания, переработки информации и принятия решений, т.е. практически не задействуют "интеллектуальные" функции.

К таким работам относятся практически все профессии поточно-конвейерного производства - монтажники, слесари-сборщики, регулировщики радиоаппаратуры и другие работы того же характера - штамповка, упаковка, наклейка ярлыков, нанесение маркировочных знаков. В отличие от этих существуют работы, которые по внешним признакам относятся к монотонным, но, по сути, таковыми не являются, например работа оператора-программиста ПЭВМ, когда короткие, однообразные и часто повторяющиеся действия имеют значительный информационный компонент и вызывают состояние не монотонии, а нервно-эмоционального напряжения.

«Время активных действий (в % к продолжительности смены)»

Наблюдение за ходом технологического процесса не относится к «активным действиям». Чем меньше время выполнения активных действий и больше время наблюдения за ходом производственного процесса, тем, соответственно, выше монотонность нагрузок.

Наиболее высокая монотонность по этому показателю характерна для операторов пультов управления химических производств (класс 3.1 - 3.2).

«Монотонность производственной обстановки (время пассивного наблюдения за ходом техпроцесса, в % от времени смены)» - чем больше время пассивного наблюдения за ходом технологического процесса, тем более монотонной является работа.

Данный показатель, так же как и предыдущий, наиболее выражен у операторских видов труда, работающих в режиме ожидания (операторы пультов управления химических производств, электростанций и др.), - класс 3.2.

Режим работы

«Фактическая продолжительность рабочего дня» - выделен в самостоятельную рубрику, так как независимо от числа смен и ритма работы фактическая продолжительность рабочего дня колеблется от 6 - 8 ч (телефонисты, телеграфисты и т.п.) до 12 ч и более (руководители промышленных предприятий). У целого ряда профессий продолжительность смены составляет 12 ч и более (врачи, медсестры и т.п.). Чем продолжительнее работа по времени, тем больше суммарная за смену нагрузка и, соответственно, выше напряженность труда.

«Сменность работы» определяется на основании внутрипроизводственных документов, регламентирующих распорядок труда на данном предприятии, организации. Самый высокий класс 3.2 характеризуется нерегулярной сменностью с работой в ночное время (медсестры, врачи и др.).

«Наличие регламентированных перерывов и их продолжительность (без учета обеденного перерыва)». К регламентированным перерывам следует относить только те перерывы, которые введены в регламент рабочего времени на основании официальных внутрипроизводственных документов, таких как коллективный договор, приказ директора предприятия или организации, либо на основании государственных документов - санитарных норм и правил, отраслевых правил по охране труда и других.

Недостаточная продолжительность или отсутствие регламентированных перерывов усугубляет напряженность труда, поскольку отсутствует элемент кратковременной защиты временем от воздействия факторов трудового процесса и производственной среды.

Существующие режимы работ авиадиспетчеров, врачей, медицинских сестер и т.д. характеризуются отсутствием регламентированных перерывов (класс 3.2), в отличие от мастеров и руководителей промышленных предприятий, у которых перерывы не регламентированы и непродолжительны (класс 3.1). В то же время перерывы имеют место, но они недостаточной продолжи-

тельности у конструкторов, научных работников, телеграфистов, телефонистов и др. (2 класс).

Общая оценка напряженности трудового процесса

Независимо от профессиональной принадлежности (профессии) учитываются все 23 показателя, перечисленные в таблице 18 Р 2.2.2006. Не допускается выборочный учет каких-либо отдельно взятых показателей для общей оценки напряженности труда.

По каждому из 23 показателей в отдельности определяется свой класс условий труда. В том случае, если по характеру или особенностям профессиональной деятельности какой-либо показатель не представлен (например, отсутствует работа с экраном видеотерминала или оптическими приборами), то по данному показателю ставится 1 класс (оптимальный) - напряженность труда легкой степени.

При окончательной оценке напряженности труда:

- «Оптимальный» (1 класс) устанавливается в случаях, когда 17 и более показателей имеют оценку 1 класса, а остальные относятся ко 2 классу. При этом отсутствуют показатели, относящиеся к 3 (вредному) классу.

- «Допустимый» (2 класс) устанавливается в следующих случаях:

- когда 6 и более показателей отнесены ко 2 классу, а остальные - к 1 классу;

- когда от 1 до 5 показателей отнесены к 3.1 и/или 3.2 степеням вредности, а остальные показатели имеют оценку 1-го и/или 2-го классов.

- «Вредный» (3) класс устанавливается в случаях, когда 6 или более показателей отнесены к третьему классу (обязательное условие).

При соблюдении этого условия труд напряженный 1-й степени (3.1):

- когда 6 показателей имеют оценку только класса 3.1, а оставшиеся показатели относятся к 1 и/или 2 классам;

- когда от 3 до 5 показателей относятся к классу 3.1, а от 1 до 3 показателей отнесены к классу 3.2.

Труд напряженный 2-й степени (3.2):

- когда 6 показателей отнесены к классу 3.2;

- когда более 6 показателей отнесены к классу 3.1;

- когда от 1 до 5 показателей отнесены к классу 3.1, а от 4 до 5 показателей - к классу 3.2;

- когда 6 показателей отнесены к классу 3.1 и имеются от 1 до 5 показателей класса 3.2.

В тех случаях, когда более 6 показателей имеют оценку 3.2, напряженность трудового процесса оценивается на одну степень выше - класс 3.3.

Пример протокола по показателям тяжести трудового процесса приведен ниже.

	Протокол	
	оценки условий труда по показателям тяжести трудового процесса	
	(рекомендуемый)	
	Сидоров В.Г.	пол м
Ф.И.О.	-----	-----
	мастер	
Профессия:	-----	-----
	Машиностроительный завод	
Предприятие:	-----	-----
	Осуществляет контроль	
Краткое описание выполняемой работы:	-----	-----
	за работой бригады, контролирует качество работы, обеспечивает	
	наличие материалов и контролирует эффективность использования	
	оборудования, осуществляет работу на станках и с измерительными	
	приборами, проводит работу с технической документацией, составляет	
	отчеты и т.п.	

Показатели		Класс условий труда				
		2	3	4	5	6
1		1	2	3.1	3.2	3.3
1. Интеллектуальные нагрузки						
1.1	Содержание работы			+		
1.2	Восприятие сигналов и их оценка			+		
1.3	Распределение функции по степени сложности задания			+		
1.4	Характер выполняемой работы			+		
2. Сенсорные нагрузки						
2.1	Длительность сосредоточенного наблюдения		+			
2.2	Плотность сигналов за 1 час работы	+				
2.3	Число объектов одновременного наблюдения	+				
2.4	Размер объекта различения при длительности сосредоточенного внимания		+			
2.5	Работа с оптическими приборами при длительности сосредоточенного наблюдения	+				
2.6	Наблюдение за экраном видеотерминала	+				
2.7	Нагрузка на слуховой анализатор			+		
2.8	Нагрузка на голосовой аппарат	+				
3. Эмоциональные нагрузки						
3.1	Степень ответственности за результат собственной деятельности. Значимость ошибки				+	
3.2	Степень риска для собственной жизни	+				
3.3	Ответственность за безопасность других лиц	+				
3.4	Количество конфликтных производственных ситуаций за смену			+		
4. Монотонность нагрузок						
4.1	Число элементов, необходимых для реализации простого задания или многократно повторяющихся операций		+			
4.2	Продолжительность выполнения простых заданий или повторяющихся операций	+				
4.3	Время активных действий	+				
4.4	Монотонность производственной обстановки	+				
5. Режим работы						

Показатели		Класс условий труда				
5.1	Фактическая продолжительность рабочего дня		+			
5.2	Сменность работы			+		
5.3	Наличие регламентированных перерывов и их продолжительность			+		
Количество показателей в каждом классе		10	4	8	1	
Общая оценка напряженности труда					+	

Примечание: более 6 показателей относятся к классу 3.1, поэтому общая оценка напряженности труда мастера соответствует классу 3.2 (см. п. 6.3.3 Р 2.2.2006-05).

Тема 13. Обработка результатов измерений

Необходимо актуализировать изученный материал в дисциплине «Метрология, сертификация и стандартизация». Особое внимание обратить на расчет стандартной и расширенной неопределенности, метрологические характеристики средств измерений.

2. Методические рекомендации по проведению лабораторных занятий по дисциплине

Перечень лабораторных работ и документов, обязательных для изучения приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень лабораторных работ и документов, обязательных для изучения

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование лабораторной работы	Документы, в которых изложены порядок и требования к проведению измерения параметров окружающей среды	Документы на средства измерения, применяемые в лабораторной работе (средства измерения)
1	Контроль химических факторов среды обитания	Измерение концентрации вредного вещества в воздухе рабочей зоны линейно-колористическим методом	1. ГОСТ 12.1.014-84 «Система стандартов безопасности труда. Воздух рабочей зоны. Метод измерения концентраций вредных веществ индикаторными трубками». 2. ГОСТ 12.1.005-88 «Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». 3. МУ 2.2.5.2810-10 «Организация лабораторного контроля содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны предприятий основных отраслей экономики» 4. СанПиН 1.2.5.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».	1. Весы аналитические «НТ». Руководство по эксплуатации. 2. МЕТЕОМЕТРЫ «МЭС - 202». Руководство по эксплуатации ЯВ-ША.416311.003 РЭ.
		Измерение концентрации АПФД гравиметрическим методом	1. МУК 4.1.2468-09 «Измерение массовых концентраций пыли в воздухе рабочей зоны предприятий горнорудной и нерудной промышленности». 2. ГОСТ 12.1.005-88 «Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». 3. СанПиН 1.2.5.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». 4. МР 2.2.0244-21 «Методические рекомендации по обеспечению санитарно-эпидемиологических требований к условиям труда».	1. Весы аналитические «НТ». Руководство по эксплуатации. 2. МЕТЕОМЕТР «МЭС - 202». Руководство по эксплуатации ЯВ-ША.416311.003 РЭ. 3. Насос-пробоотборник НПЗМ. Руководство по эксплуатации КРМФ.418311.002.
		Автоматические газоанализаторы: ГИАМ-315	ГАЗОАНАЛИЗАТОР «ГИАМ-315». Руководство по эксплуатации ИБЯЛ.413311.025 РЭ	ГАЗОАНАЛИЗАТОР «ГИАМ-315». Руководство по эксплуатации ИБЯЛ.413311.025 РЭ
		Автоматические пылемеры: измерители «ИКВЧ (п)»	ИЗМЕРИТЕЛИ «ИКВЧ(п)». Руководство по эксплуатации ИБЯЛ.416143.001-01 РЭ	ИЗМЕРИТЕЛИ «ИКВЧ(п)». Руководство по эксплуатации ИБЯЛ.416143.001-01 РЭ
2	Контроль физических фак-	Измерение параметров	1. СанПиН 1.2.5.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к	1. МЕТЕОМЕТР «МЭС - 202». Руководство по эксплуатации ЯВ-

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование лабораторной работы	Документы, в которых изложены порядок и требования к проведению измерения параметров окружающей среды	Документы на средства измерения, применяемые в лабораторной работе (средства измерения)
	торов среды обитания	микроклимата воздуха рабочей зоны	обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»; 2. МУК 4.3.2756-10 «Методические указания по измерению и оценке микроклимата производственных помещений»; 3. ГОСТ 12.1.005-88 «Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»; 4. МР 2.2.0244-21 «Методические рекомендации по обеспечению санитарно-эпидемиологических требований к условиям труда».	ША.416311.003 РЭ.
		Измерение естественного освещения в помещении	1. МУК 4.3.2812-10 «Методы контроля. Физические факторы инструментальный контроль и оценка освещения рабочих мест»; 2. МР 2.2.0244-21 «Методические рекомендации по обеспечению санитарно-эпидемиологических требований к условиям труда»; 3. СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*».	1. Пульсметр-люксметр «ТКА-ПКМ»/08. Руководство по эксплуатации ЮСУК.08.0001 РЭ.
3	Контроль физических факторов среды обитания	Измерение производственного шума	ГОСТ ISO 9612-2016 «Акустика. Измерения шума для оценки его воздействия на человека. Метод измерений на рабочих местах»	АНАЛИЗАТОР ШУМА И ВИБРАЦИИ «АССИСТЕНТ». Руководство по эксплуатации БВЕК.438150-005РЭ
		Измерение локальной вибрации	ГОСТ 31192.1-2004 (ИСО 5349-1:2001) «Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 1. Общие требования» и ГОСТ 31192.2-2005 (ИСО 5349-2:2001) «Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 2. Требования к проведению измерений на рабочих местах»	АНАЛИЗАТОР ШУМА И ВИБРАЦИИ «АССИСТЕНТ». Руководство по эксплуатации БВЕК.438150-005РЭ
		Измерение общей вибрации	ГОСТ 31319-2006 (ЕН 14253:2003) «Вибрация. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Требования к проведению измерений на рабочих местах» и Межгосударственный стандарт ГОСТ 31191.1-2004 (ИСО 2631-1:1997) «Вибрация и удар. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 1. Общие требования»	АНАЛИЗАТОР ШУМА И ВИБРАЦИИ «АССИСТЕНТ». Руководство по эксплуатации БВЕК.438150-005РЭ
		Измерение параметров ЭМП на рабочем месте	СанПиН 2.2.4.3359-2016 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах»	1. Измеритель параметров электрического и магнитного полей «ВЕ - МЕТР-АТ-002». Руководство по эксплуатации МГФК 411173.004РЭ. 2. Измеритель напряженности элект-

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование лабораторной работы	Документы, в которых изложены порядок и требования к проведению измерения параметров окружающей среды	Документы на средства измерения, применяемые в лабораторной работе (средства измерения)
		оператора ПЭВМ		тростатического поля «СТ-01». Руководство по эксплуатации МГФК 410000.001 РЭ. 3. ИЗМЕРИТЕЛЬ ПЛОТНОСТИ ПОТОКА ЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ «ПЗ-33М» Руководство по эксплуатации БВЕК.321216.004 РЭ. 4. Индикатор состояния электророзеток «ИСЭР-01». Руководство по эксплуатации.
		Измерение мощности гамма-излучения	МУ 2.6.1.2838-11. 2.6.1 «Ионизирующее излучение, радиационная безопасность. Радиационный контроль и санитарно-эпидемиологическая оценка жилых, общественных и производственных зданий и сооружений после окончания их строительства, капитального ремонта, реконструкции по показателям радиационной безопасности. Методические указания»	1. ДОЗИМЕТР-РАДИОМЕТР «ДРБП-03». Паспорт (Техническое описание, инструкция по эксплуатации, формуляр) ГКПС 14.00.00.000 ПС
4	Контроль психофизиологических опасных и вредных производственных факторов	Измерение показателей тяжести и напряженности трудового процесса	Р 2.2.2006-05 «Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда»	1. Секундомер СДСпр-1-2 000 2. Шагомер "Заря ШМ-6" 3. Угломер 4УМ 4. Динамометр ДС-200 5. Лазерный дальномер

Для допуска к лабораторной работе студент должен выполнить тестовый контроль и получить оценку не ниже удовлетворительно.

Подготовку к лабораторной работе рекомендуется выполнять по следующему плану:

1. Характеристика измеряемого параметра фактора окружающей среды;
2. Средства измерения, используемые при выполнении лабораторной работы (условия эксплуатации, метрологические характеристики, принцип действия);
3. Порядок и требования к выполнению измерений параметра фактора окружающей среды;
4. Теория по обработке результатов измерений;
5. Нормирование параметра фактора окружающей среды.

Лабораторная работа выполняется малыми группами по (2-4) студента.

Отчет пишется один на подгруппу.

К защите лабораторной работы студент допускается при выполнении лабораторной работы и подготовки отчета к ней. Каждый студент индивидуально защищает отчет по лабораторной работе (например, тестирование) и проходит собеседование.

В содержании отчета обязательно должны быть отражены следующие пункты:

1. Цель лабораторной работы;
2. Описание средств измерений, используемых в лабораторной работе (условия эксплуатации, метрологические характеристики, принцип действия);
3. Методика проведения измерений;
4. Результаты измерений;
5. Обработка результатов измерений;
6. Гигиенические нормативы для измеряемого фактора окружающей среды;
7. Выводы;

8. К отчету прилагается протокол результатов измерений.

Для контроля усвоения теоретического материала каждому студенту необходимо выполнить два творческих задания по одному в каждом семестре.

Задание № 1 (Весенний семестр (6-ой))

1. Подобрать из литературы или интернета газоанализатор (обязательно должен быть в реестре средств измерений (СИ) РФ (<http://www.rostest.ru>) – информацию можно представить в виде таблицы 1) для измерения концентрации вредного вещества в воздухе рабочей зоны или атмосферном воздухе (название вещества см. свой вариант в таблице 2).

2. Привести фото газоанализатора.

3. Метрологические характеристики газоанализатора.

4. Эксплуатационные характеристики газоанализатора.

5. Пояснить принцип действия газоанализатора.

Примечание: Механическое копирование информации из интернета запрещено. Информацию переработать и отредактировать.

Таблица 1 – Информация о средстве измерения

Номер в Госреестре	Наименование СИ	Обозначение типа СИ	Изготовитель	Срок свидетельства или заводской номер

Таблица 2 - Исходные данные для задания

Номер варианта	Ф.И.О. студента	Наименование газа	Среда контроля
1		Углерод оксид	Воздух рабочей зоны
2		Оксид азота	Воздух рабочей зоны
3		Диоксид азота	Воздух рабочей зоны
4		Углеводороды нефти C1-C10 в пересчете на углерод	Воздух рабочей зоны
5		Сероводород	Воздух рабочей зоны
6		Аммиак	Воздух рабочей зоны
7		Углерод оксид	Атмосферный воздух
8		Оксид азота	Атмосферный воздух
9		Диоксид азота	Атмосферный воздух
10		Углеводороды нефти C1-C10 в пересчете на углерод	Атмосферный воздух
11		Сероводород	Атмосферный воздух
12		Аммиак	Атмосферный воздух
13		Скипидар	Воздух рабочей зоны
14		Стирол	Воздух рабочей зоны
15		Керосин	Воздух рабочей зоны
16		Дизельное топливо	Воздух рабочей зоны
17		Формальдегид	Воздух рабочей зоны
18		Дизельное топливо	Воздух рабочей зоны
19		Эпихлоргидрин	Воздух рабочей зоны

Задание № 2 (Осенний семестр (7-ой))

1. Подобрать из литературы или интернета средство измерения (обязательно должен быть в реестре средств измерений РФ (<http://www.rostest.ru>) – информацию можно представить в виде таблицы 3) для измерения параметра фактора (название фактора см. свой вариант в таблице 4).

2. Привести фото средства измерения.

3. Метрологические характеристики средства измерения.

4. Эксплуатационные характеристики средства измерения.

5. Пояснить принцип действия средства измерения.

Примечание: Механическое копирование информации из интернета запрещено. Информацию переработать и отредактировать.

Таблица 3 – Информация о средстве измерения

Номер в Госреестре	Наименование СИ	Обозначение типа СИ	Изготовитель	Срок свидетельства или заводской номер

Таблица 4 - Исходные данные для задания

Номер варианта	Ф.И.О. студента	Наименование фактора
1		Инфразвук
2		Воздушный ультразвук
3		Шум
4		Электромагнитное поле промышленной частоты
5		Электромагнитное поле в диапазоне частот 30 МГц – 300 ГГц
6		Электростатическое поле
7		Магнитостатическое поле
8		Электромагнитное поле в диапазоне частот 10 кГц – 30 кГц
9		Электромагнитные поля на рабочем месте пользователя ПЭВМ
10		Нейтронное излучение
11		γ - излучение
12		Изотопы радона и торона
13		Инфракрасное излучение
14		ТНС-индекс
15		Освещенность
16		Параметры микроклимата
17		Коэффициент естественной освещенности
18		Лазерное излучение
19		Ультрафиолетовое излучение

3. Методические рекомендации для выполнения самостоятельной работы

1. Методические рекомендации при работе над конспектом лекций во время проведения лекции

В ходе лекционных занятий вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

2. Методические рекомендации при подготовке к лабораторным работам

Важной составной частью учебного процесса в вузе являются лабораторные занятия. Целью проведения лабораторных работ является закрепление полученного на лекциях и практических занятиях теоретико-методического материала.

Задачей преподавателя при проведении лабораторных работ является грамотное и доступное разъяснение принципов и правил проведения работ, побуждение студентов к самостоятельной работе, определения места изучаемой дисциплины в дальнейшей профессиональной работе будущего специалиста.

Цель лабораторной работы – научить студентов самостоятельно производить необходимые действия для достижения желаемого результата.

Прежде чем приступить к выполнению лабораторной работы, студенту необходимо ознакомиться с теоретическим материалом, соответствующим данной теме.

Выполнение лабораторной работы целесообразно разделить на несколько этапов:

- формулировка и обоснование цели работы;
- определение теоретического аппарата, применительно к данной теме;
- выполнение заданий;
- анализ результата;
- выводы.

Индивидуальные задания для лабораторных работ представлены конкретно-практическими и творческими задачами.

Начиная подготовку к лабораторному занятию, студент должен уяснить место конкретной лабораторной работы в изучаемом курсе, поработать с дополнительной литературой, сделать записи по рекомендованным источникам.

В ходе подготовки к лабораторным занятиям необходимо изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования рабочей программы.

Методические рекомендации для выполнения лабораторных работ, в которых кратко изложен основной теоретический материал по теме лабораторной работы, порядок выполнения лабораторной работы и требования к отчету, выдаются на первом занятии в электронном виде.

Методика проведения лабораторных работ предусматривает их выполнение в микро группах с написанием отчета и его защитой.

Не ранее чем за две недели до окончания семестра сдать и защитить отчеты по лабораторным работам.

Оформление отчета по лабораторным работам выполняется в соответствии с требованиями стандарта АмГУ СТО СМК 4.2.3.05-2011 «Оформление выпускных квалификационных и курсовых работ (проектов)». Нормоконтроль проходить не требуется. Измерительные приборы, используемые в лабораторной работе, привести в отчете в соответствии с таблицей 1. Титульный лист к отчету лабораторной работы приведен на рисунке 1.

Таблица 1 - Измерительные приборы, применяемые в лабораторной работе

Контролируемый параметр	Единица измерения	Наименование средства измерения	Тип (модель) средства измерения	Заводской номер	Погрешность средства измерения*

* - информация из паспорта (руководства по эксплуатации) на средство измерения.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
 высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет _____
 Кафедра _____
 Направление подготовки магистров _____ - _____

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № _____

на тему: _____

по дисциплине: Инструментальный контроль факторов среды обитания

Выполнил
 студент группы _____ И.О.Ф.
 (подпись, дата)

Проверил
 ученое звание, ученая степень _____ И.О.Ф.
 (подпись, дата)

Благовещенск 20 _____

Рисунок 1 – Титульный лист отчета по лабораторной работе

Оформление индивидуальных заданий выполняется в соответствии с требованиями стандарта АмГУ СТО СМК 4.2.3.05-2011 «Оформление выпускных квалификационных и курсовых работ (проектов)». Нормоконтроль проходить не требуется. Титульный лист приведен на рисунке 2.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет _____
Кафедра _____
Направление подготовки магистров _____ - _____

Расчетно-графическая работа

Вариант № _____

по дисциплине: Инструментальный контроль факторов среды обитания

Выполнил
студент группы _____ И.О.Ф.
(подпись, дата)

Проверил
ученое звание, ученая степень _____ И.О.Ф.
(подпись, дата)

Благовещенск 20 _____

Рисунок 2 – Титульный лист отчета по индивидуальному заданию

3. Групповая консультация

Разъяснение является основным содержанием данной формы занятий, наиболее сложных вопросов изучаемого программного материала. Цель – максимальное приближение обучения к практическим интересам с учетом имеющейся информации и является результативным материалом закрепления знаний.

Групповая консультация проводится в следующих случаях:

- когда необходимо подробно рассмотреть практические вопросы, которые были недостаточно освещены или совсем не освещены в процессе лекции;
- с целью оказания помощи в самостоятельной работе (подготовка к семинарским занятиям, подготовка к лабораторным занятиям, сдача экзаменов).

4. Методические рекомендации студентам по изучению рекомендованной литературы

Эти методические рекомендации раскрывают рекомендуемый режим и характер различных видов учебной работы (в том числе самостоятельной работы над рекомендованной литературой) с учетом специфики выбранной студентом очной формы.

Изучение дисциплины следует начинать с проработки настоящей рабочей программы, особое внимание, уделяя целям и задачам, структуре и содержанию курса.

Студентам рекомендуется получить в научной библиотеке университета учебную литературу по дисциплине или доступ к электронным библиотечным ресурсам, которые необходимы для эффективной работы на всех видах аудиторных занятий, а также для самостоятельной работы по изучению дисциплины.

Теоретический материал курса становится более понятным, когда дополнительно к прослушиванию лекции и изучению конспекта, изучаются и книги. Легче освоить курс, придерживаясь одного учебника и конспекта. Рекомендуется, кроме «заучивания» материала, добиться состояния понимания изучаемой темы дисциплины. С этой целью рекомендуется после изучения очередного параграфа выполнить несколько простых упражнений на данную тему. Кроме того, очень полезно мысленно задать себе следующие вопросы (и попробовать ответить на них): о чем этот параграф, какие новые понятия введены, каков их смысл, что даст это на практике?

Успешное освоение курса предполагает активное, творческое участие студента путем планомерной, повседневной работы.