

РАЗДЕЛ 5. ИЗМЕРЕНИЕ МИКРОКЛИМАТА, ОСВЕЩЁННОСТИ, ВИБРАЦИИ И ШУМА.

Лекция 1. Измерение температуры и влажности.

Микроклимат – это метеорологические условия помещений, которые определяются действующими на организм человека сочетаниями температуры, относительной влажности, скорости движения воздуха, а также температурой поверхностей, ограждающих конструкций (стены, пол, потолок), устройств (экраны и т.п.), технологического оборудования или ограждающих его устройств и интенсивностью теплового облучения (Вт/м^2), ультрафиолетовым облучением.

Допустимые нормы микроклимата – это такое сочетание параметров микроклимата, которое при длительном и систематическом воздействии на человека может вызвать быстро приходящие и быстро нормализующиеся изменения теплового состояния организма, сопровождающиеся напряжением механизмов терморегуляций, не выходящих за пределы физиологических приспособительных возможностей.

Оптимальные показатели предусматриваются для всей рабочей зоны, допустимые устанавливаются раздельно для постоянных и непостоянных рабочих мест в тех случаях, когда по технологическим, техническим или экономическим причинам невозможно обеспечить оптимальные нормы.

Оптимальные и допустимые параметры не вызывают повреждений или нарушений в состоянии здоровья.

Как правило, при кондиционировании производственных помещений должны соблюдаться оптимальные параметры микроклиматических условий. Допустимые параметры предусматриваются для помещений с большими тепловыделениями или большими площадями.

Параметры микроклимата оказывают совместное воздействие на человека: на его самочувствие, работоспособность и здоровье. Так, действие низких температур, приводящих к охлаждению организма, резко усиливается при повышенной влажности. В этих условиях большая скорость движения воздуха вызывает увеличение теплопотерь конвекцией и испарением и ведет к охлаждению организма. На этом основании используются интегральные показатели микроклимата: эффективная температура, учитывающая одновременное воздействие температуры и подвижности воздуха, и эффективно-эквивалентная температура (ЭЭТ), учитывающая воздействие температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха. Определение ЭЭТ проводится простыми и доступными приборами (психрометр и анемометр). Показания сухого и влажного термометров и замеренная скорость движения воздуха накладываются на номограмму, которая позволяет определить основные характеристики микроклимата, зоны комфорта, дискомфорта и недопустимую

Измерение температуры

В обычных условиях для измерения температуры воздуха используются термометры **ртутные или спиртовые** (измеряют изменение температуры по расширению (сжатию) рабочей жидкости), **термографы** (регистрирующие изменение температуры за определенное время) и **сухие термометры психрометров**.

В помещениях с высоким уровнем теплового излучения (кормоприготовительные цехи, котельные и т. п.) температуру следует определять с помощью **парного термометра**, состоящего из двух ртутных термометров, резервуар одного из которых зачернен, а другого - посеребрен.

Истинную температуру воздуха в рабочей зоне (без учета влияния теплоизлучения) рассчитывают по формуле

$$t = t_q - k(t_q - t_c),$$

где t_q — показания зачерненного термометра, град;

k — константа прибора, указанная в его паспорте;

t_c — показания посеребренного термометра, град.

Для непрерывной записи значений температуры воздуха на бумажную ленту применяют **термографы М-16АС (суточный) и М-16АН (недельный)**. Измерительно-регистрирующая часть их представляет собой биметаллическую пластину, соединенную рычагом со стрелкой, на конце которой закреплено перо. Барабан с бумажной лентой приводится в движение тяговым механизмом. Продолжительность одного оборота барабана часового механизма составляет 26 ч для термографа М-16АС и 176 ч для М-16АН.

Измерение влажности

В практике наиболее широко применяются следующие методы определения влажности воздуха: психрометрический, метод точки росы, гигроскопический и массовый, причем первый из них — самый распространенный.

Психрометрический метод

Метод основан на использовании прибора, называемого психрометром (стационарный психрометр Августа, аспирационный психрометр Ассмана), который состоит из двух расположенных рядом термометров. Один из термометров, обычный, называется сухим, измеряющим температуру t воздуха. Баллончик с расширяющейся жидкостью другого термометра обертывают легкой гигроскопической тканью, например батистом, в виде чехла, нижний конец которого опускают в сосуд с водой. Вода по чехлу, как по фитилю, поднимается к баллончику и постоянно смачивает его. Этот термометр называется влажным или мокрым и измеряет температуру воздуха по мокрому термометру $t_m \leq t$.

Устройство простейшего психрометра Августа показано на рис. 1.

Остановимся кратко на понятии температуры t_m воздуха по мокрому термометру. Баллончик этого термометра обернут смоченной тканью. На испарение воды с ткани расходуется теплота парообразования, что приводит к понижению температуры влажной ткани и постепенному снижению

показаний мокрого термометра. Вследствие образующейся разности температур теплота от окружающего воздуха начинает поступать к влажной ткани. Температура мокрого термометра будет снижаться до такого значения, при котором количество скрытой теплоты, расходуемой тканью на испарение, станет равным количеству явной теплоты, отдаваемой воздухом ткани. Установившееся значение t_m (температуры мокрой ткани и слоя насыщенного воздуха около нее) называют температурой мокрого термометра для воздуха данного состояния. Этот процесс тепловлагообмена между воздухом и водой, т. е. насыщения воздуха, считается адиабатическим, так как воздух и вода обмениваются внутренним теплом без отвода или подвода его извне (вне системы воздух-вода).

Таким образом, под **температурой мокрого термометра** следует понимать температуру, которую принимает воздух в результате его адиабатического насыщения (увлажнения). Разность показаний сухого и мокрого термометров ($t - t_m$) называется **психрометрической разностью** или **депрессией мокрого термометра**. Она тем больше, чем суше воздух, т. е. чем меньше его относительная влажность.

По температуре t воздуха и психрометрической разности ($t - t_m$) можно определить относительную влажность ϕ и остальные параметры воздуха. Для более простого определения ϕ составляют психрометрические таблицы, которые прилагаются к психрометрам и имеются в многочисленной специальной литературе.

Недостатком психрометра Августа является его сравнительно малая точность из-за существенного влияния радиационных притоков (от окружающей среды и предметов) к незащищенному прибору при недостаточной скорости воздуха около баллончика (движение создается только свободной конвекцией). Поэтому показания мокрого термометра t'_m будут несколько завышены в сравнении с истинной температурой t_m . По данным Каррье, при нулевой скорости воздуха ошибка в определении ($t - t_m$) достигает 14 %, а при скорости воздуха 0,8 м/с она уменьшается до 2 %.

Для повышения точности показаний мокрого термометра прибегают к искусственному увеличению скорости воздуха около баллончиков психрометра и защите его от внешних теплопритоков (тепловых излучений). При скоростях воздуха около баллончиков 1,5...2 м/с ошибка в определении ($t - t_m$) составляет менее 1 %. Объясняется это тем, что при повышенных скоростях воздуха конвективный приток теплоты, уравнивающий потери теплоты в слое насыщенного воздуха около шарика термометра от испарения влаги, увеличивается и относительное влияние внешних (радиационных) теплопритоков значительно уменьшается. Удобным и достаточно точным прибором для определения влажности воздуха служит аспирационный психрометр Ассмана. Оба термометра заключены в металлические трубки, через которые специальным вентилятором с пружинным (заводным) (у психрометров типа МВ-4М) или электрическим двигателем (у психрометров типа М-34), смонтированным в верхней части прибора, пропускается исследуемый воздух со

скоростью 2,5...3,0 м/с. Поверхность трубок для защиты термометров от теплового облучения полирована и никелирована. В остальном аспирационный психрометр устроен так же, как и психрометр Августа.

Существуют также электрические психрометры, построенные по принципу электрического мостика сопротивления (сопротивление мокрого термометра меньше, чем сухого).

Гигроскопический метод

Метод основан на способности некоторых материалов изменять свою форму и размеры (удлиняться – обезжиренный человеческий волос, капроновая нить и др.), или свойства (электропроводимость – соль LiCl и др.) при впитывании влаги из воздуха в количестве, пропорциональном его относительной влажности. Поэтому, используя эти материалы в механических или мостовых электрических схемах, можно создавать приборы невысокой точности, называемые гигрометрами.

Относительную влажность можно определить непосредственно по циферблату гигрометра типа М-68, принцип работы которого основан на способности человеческого волоса изменять свою длину в зависимости от влажности воздуха.

Для непрерывной записи значений влажности воздуха на бумажную ленту применяют гигрографы М-21АС (суточный) и М-21АН (недельный).

Метод точки росы

Точка росы – температура, при которой пар становится насыщенным. При данном способе применяется конденсационный гигрометр, представленный на рисунке 5.1.

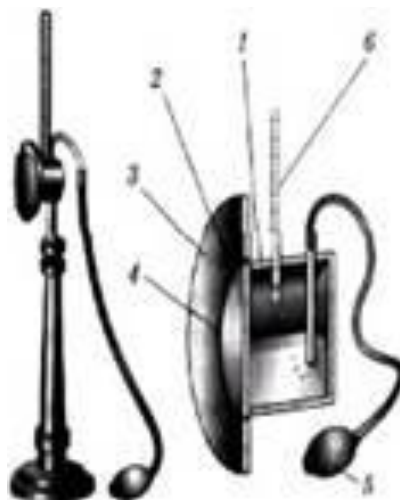


Рисунок 5.1. Конденсационный гигрометр.

Внутри емкости прибора (увеличена на рисунке 5.1 в разрезе) наливается легкоиспаряющаяся жидкость, например, эфир, внутрь вставляется термометр (6), и с помощью груши (5) через емкость прокачивается воздух. В результате усиленной циркуляции воздуха начинается интенсивное испарение эфира, температура емкости из-за этого понижается и на зеркале (4) выступает роса

(капельки сконденсировавшегося пара). В момент появления на зеркале росы с помощью термометра замеряется температура, вот эта температура и является точкой росы.

Что же делать с полученным значением температуры (точки росы)? Существует специальная таблица, в которую занесены данные – какая плотность насыщенного водяного пара соответствует каждой конкретной точке росы. Следует отметить полезный факт, что при увеличении значения точки росы растет и значение соответствующей ей плотности насыщенного пара. Иными словами, чем теплее воздух, тем большее количество влаги он может содержать, и наоборот, чем воздух холоднее, тем максимальное содержание в нем пара меньше.

Метод точки росы менее точен, чем психрометрический. Однако он применим при температурах до $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ (с погрешностью измерения $t_{\text{рос}} \pm 0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Лекция 2. Измерение интенсивности теплового излучения и атмосферного давления.

Измерение интенсивности теплового излучения

Интенсивность теплового излучения определяют **актинометром**, на задней стенке которого расположены белые и зачерненные алюминиевые пластины, соединенные с термопарами. Принцип действия прибора основан на возбуждении электродвижущей силы термопарами вследствие того, что черные пластинки под воздействием лучистой энергии нагреваются до более высокой температуры, чем белые. Электродвижущая сила регистрируется гальванометром, шкала которого отградуирована в $\text{кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{мин})$.

Шаровой термометр (Сфера Вернона)

Для оценки сочетанного воздействия параметров микроклимата, приводящего к возможному перегреванию работников, рекомендуется интегральный показатель тепловой нагрузки среды (ТНС), измеряемый шаровым термометром.

Шаровой термометр представляет собой полую, тонкостенную, металлическую (из латуни или алюминия) сферу диаметром $0,1 - 0,15\text{ м}$ (рисунок 5.2). Наружная поверхность сферы зачернена так, что она поглощает $\approx 95\%$ теплового излучения, падающего на нее. Величина ε называется степенью черноты поверхности. В центре сферы находится чувствительный элемент термометра – ртутного во времена Вернона, электрического в наше время (стеклянный термометр, либо термоэлектрический преобразователь).

С его помощью также можно определить всенаправленный поток теплового облучения работников при гигиенической оценке микроклимата всех видов производственных и жилых помещений

Шаровые термометры (сферы Вернона) используются службами ЦГСЭН, охраны труда, санитарно-эпидемиологическими и другими испытательными лабораториями.



Рисунок 5.2 – Шаровой термометр

«Черная сфера» не является средством измерений и ее поверка не требуется. Параметры сферы должны проверяться при проведении испытаний и изготовлении.

Шаровые термометры позволяют определить показатели, представленные в таблице 5.1:

Таблица 5.1 – Показатели шарового термометра

Показатели	Диапазон	Погрешность
ТНС-индекс	от 0 до +85°C	±0,2 °C
Результирующая температура T_r	от 0 до +85°C	±0,2 °C
Средняя температура поверхностей T_n	от -40 до +85 °C	±0,5 °C
Интенсивность теплового излучения J	от 10 до 1000 Вт/м ²	10%

Индекс тепловой нагрузки среды - эмпирический показатель, характеризующий сочетанное действие на организм человека параметров микроклимата (температуры, влажности, скорости движения воздуха и теплового облучения).

Результирующая температура - параметр используется для характеристик микроклимата в помещениях жилых и общественных зданий и определяется как взвешенная сумма температуры воздуха t_v и радиационной температуры t_r (средняя температура стен, ограждений и отопительных приборов)

Измерение атмосферного давления

Для измерения давления необходимы барометры.

Постоянное атмосферное давление, формирующееся над поверхностью земли на высоте, близкой к уровню моря, не оказывает отрицательного влияния на состояние здоровья и работоспособность человека. Однако даже для здоровых людей быстрые изменения давления на несколько миллиметров ртутного столба в ту или другую сторону от значения, нормального для данной климатической зоны, через центральную нервную систему могут вызвать

расстройство жизнедеятельности внутренних органов и общее болезненное состояние. Поэтому необходимо контролировать атмосферное давление и его изменения.

Атмосферное давление измеряют барометрами, шкала которых может быть отградуирована в миллиметрах ртутного столба (МД-49А) или килопаскалях (БАММ-1).

Принцип действия этих приборов основан на свойстве мембраны анероидной коробки деформироваться при изменении давления. Линейное перемещение мембраны передаточным рычажным механизмом преобразуется в угловое перемещение стрелки барометра. Для регистрации изменения атмосферного давления в течение суток или недели применяют барографы М-22АС (суточный) и М-22АН (недельный), принцип работы которых аналогичен работе гигрографов.

Лекция 3. Измерение скорости движения воздуха.

АНЕМОМЕТР – это прибор для измерения скорости потоков и направления движения воздуха, газов и жидкостей. Это касается как ограниченных потоков, например движения воздуха в воздуховодах, так и неограниченных потоков, например атмосферного ветра. Анемометры прежде всего предназначены для метеорологии, ведь изменение таких параметров, как скорость и направление ветра, указывают нам на изменения погодных условий, предупреждают о приближении грозы, шторма, других опасных природных явлений, что очень важно для пилотов, моряков, инженеров, да и для всех нас. Как правило, это легкие портативные приборы, удобные в использовании даже в сложных полевых условиях.

Принцип работы анемометра заключается в выявлении изменения некоторого физического свойства потока, или в действии этого потока на механическое устройство, помещенное в поток. При этом анемометр может измерять полную величину скорости, величину скорости в плоскости, или компоненту скорости в определенном направлении. Кроме того, современные анемометры в зависимости от модели могут измерять направление ветра, объемный расход воздуха, влажность, температуру, давление. Таким образом, анемометры превращаются в портативные метеостанции.

Типы анемометров

В зависимости от способа измерения и типа приемного устройства анемометры разделяют на ряд типов:

- Вращательные (крыльчатные, чашечные)
- Тепловые
- Вихревые
- Динамометрические (с трубками Пито)
- Ультразвуковые (акустические)
- Оптические (лазерные доплеровские)

Наиболее распространенными являются вращательные анемометры, отличающиеся типом принимающего устройства (чашка или крыльчатка).

Для измерения скорости движения воздуха **чашечными** МС или **крыльчатыми** АСО-3 анемометрами.

Скорость движения воздуха от 0,5 до 10 м/с измеряют крыльчатым анемометром, а от 1 до 20 м/с — чашечным. Устройство и принцип их работы во многом сходны между собой. Посаженное на ось легкое колесо с лопастями (у крыльчатого анемометра) или чашечками соединено системой зубчатых колес с механизмом вращения стрелок. Центральная стрелка основного циферблата показывает единицы и десятки оборотов колеса, а стрелки малых дополнительных циферблатов — сотни и тысячи. С помощью расположенного сбоку рычага (арретира) можно разъединить ось и механизм вращения стрелок или соединить их. Перед проведением измерений записывают показания циферблатов и устанавливают прибор в место контроля так, чтобы ось вращения крыльчатого анемометра была параллельна направлению движения воздуха, а чашечного анемометра — перпендикулярна. После набора оборотов крыльчатки с помощью арретира одновременно включают регистрирующий механизм и секундомер. Через 1...2 мин регистрирующий механизм выключают и снова снимают с него показания. Разделив разность конечного и начального показаний счетчика на время экспозиции, выраженное в секундах, находят число делений, которые прошла стрелка прибора за единицу времени. Затем по тарифовочному графику, прилагаемому к каждому анемометру, определяют скорость движения воздуха в метрах в секунду.

При определении малых скоростей движения воздуха пользуются кататермометрами, термоанемометрами и электроанемометрами.

Термоанемометр ЭА-2М, предназначен для измерения скорости движения воздуха в пределах от 0,03 одновременным измерением его температуры в пределах от 0 1 - 5 м / с и его температуры от 10 до 60 С. В качестве датчика здесь применено полупроводниковое микротермосопротивление.

Электроанемометры применяют для замера скоростей движения воздуха от 0,1 до 5 м/с. Работа их основана на принципе охлаждения воздушным потоком нагретого электрическим током датчика.

Скорость движения воздуха менее 1 м/с измеряют **кататермометром**, который представляет собой спиртовой термометр с большим шаровым или цилиндрическим резервуаром и капилляром, расширяющимся в верхней части. Принцип действия кататермометра основан на зависимости скорости охлаждения спирта в резервуаре от скорости омывания его воздухом. Перед измерением кататермометр опускают в теплую (60...70 °С) воду и держат в ней до заполнения спиртом половины верхнего резервуара. Обтерев кататермометр, подвешивают его в зоне контроля скорости движения воздуха и, следя за снижением спиртового столбика, с помощью секундомера регистрируют время уменьшения температуры от 38 до 35°С. Затем находят отношение охлаждающей способности воздуха H к разности температур Q кататермометра (36,5 °С) и воздуха в помещении в момент измерения.

Охлаждающую способность воздуха, мкал/(с·см²), определяют по формуле

$$H = F/T,$$

где F — фактор прибора, представляющий собой потери теплоты в милликалориях с 1 см^2 поверхности кататермометра за время его охлаждения от 38 до $35 \text{ }^\circ\text{C}$ (значение F указано на обратной стороне прибора);

T — время, в течение которого столбик спирта опустится с 38 до $35 \text{ }^\circ\text{C}$, с.

Зная значение H/Q , по справочным данным находят скорость движения воздуха.

Анемометр сигнальный цифровой М-95М-Ц используется для измерения скорости ветра, автоматического определения опасных по совместному воздействию скорости и продолжительности порывов ветра и включения при этом соответствующих сигнальных и противоаварийных устройств.

Анемометр устанавливается на башенных, порталных кранах и других объектах, требующих оборудования устройствами аварийной ветровой защиты и измерения скорости ветра.

Принцип работы анемометра основан на измерении скорости ветра и времени воздействия порывов ветра и сравнении их с заранее установленными для данного объекта допустимыми значениями (порогами срабатывания сигнализации по скорости ветра и времени воздействия). При достижении измеряемых параметров допустимых значений для данного объекта включается исполнительное устройство переключения цепей сигнализации и управления противоаварийных устройств. Диапазон измерения скорости ветра $2,5 \dots 30 \text{ м/с}$.

Лекция 4. Метеометр. Требования к методам измерения и контроля показателей микроклимата.

Метеометр МЭС.

Современные приборы позволяют измерить одновременно все параметры микроклимата. Одним из таких приборов является прибор контроля параметров воздушной среды «Метеометр МЭС- 200». МЭС-200 предназначен для измерения атмосферного давления, относительной влажности воздуха, температуры воздуха и скорости воздушного потока внутри помещений или в вентиляционных трубопроводах. МЭС-200 эксплуатируется при температуре от минус 20 до $60 \text{ }^\circ\text{C}$, относительной влажности окружающего воздуха до 95% при температуре $35 \text{ }^\circ\text{C}$. Диапазоны измеряемых величин соответствуют следующим значениям: — давление — от 80 до 110 кПа ; — относительная влажность — от 10 до 98% ; — температура — от минус 40 до $85 \text{ }^\circ\text{C}$; — скорость воздушного потока — от $0,1$ до 20 м/с .

Метеометр — контрольно-измерительный прибор, созданный для контроля параметров воздушной среды в закрытых помещениях и на открытом воздухе.

Назначение универсальных измерителей параметров воздушной среды

Прибор используют для измерения и контроля таких показателей как:

- Относительная влажность воздуха;

- Температура воздуха;
- Атмосферное давление;
- Скорость воздушного потока;
- Концентрация вредных газов;

Помимо этого, отдельные модификации приборов могут вычислять индекс тепловой нагрузки среды (ТНС-индекс) в помещениях или вентиляции.

Сфера применения метеометров

Их активно применяют там, где необходим профессиональный контроль метеопараметров:

- На различных производствах, например, пищевом или фармацевтическом;
- При строительстве жилых или производственных зданий, а также в период эксплуатации;
- При проведении оценки условий труда (СОУТ), санитарного контроля и пр.;
- В офисах и публичных крытых местах.

Устройство универсальных измерителей параметров воздушной среды

Контрольно-измерительный прибор представляет из себя блок электроники и измерительный щуп с датчиками скорости потока воздуха, температуры и относительной влажности, установленными на корпусе прибора:

Датчиком скорости является платиновый терморезистор, который подогревается до температуры 200 – 250°C. Измерение происходит за счет падения напряжения, вызванного охлаждением датчика потоком воздуха.

- Датчиком давления выполнен на основе тензометрического моста со встроенным усилителем.

- Датчиком температуры является платиновый термометр сопротивления.

- Датчик влажности работает за счет изменения диэлектрической проницаемости гигроскопичного полимерного слоя и соответствующем изменении емкости чувствительного элемента в зависимости от влажности.

Измерительный щуп соединен с блоком электроники, который отвечает за преобразование аналогового сигнала в цифровой, обработку результатов измерения и отображение их на экране прибора.

Требования к методам измерения и контроля показателей микроклимата

Показатели микроклимата в целях контроля их соответствия гигиеническим требованиям измеряются в холодный период года — в дни с температурой наружного воздуха, отличающейся от средней температуры наиболее холодного месяца зимы не более чем на 5 °С, и 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 обоих периодах года определяется стабильностью

производственного процесса, функционированием технологического и санитарно-технического оборудования.

При выборе участков и времени измерения необходимо учитывать все факторы, влияющие на микроклимат рабочих мест (фазы технологического процесса, функционирование систем вентиляции и отопления и др.). 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, необходимо проводить дополнительные измерения при наибольших и наименьших значениях тепловых нагрузок на работающих.

Измерения следует проводить на рабочих местах. Если рабочим местом являются несколько участков производственного помещения, то измерения осуществляются на каждом из них.

При проведении измерений параметров микроклимата необходимо соблюдать следующие требования:

а) при равномерном распределении по площади цеха источников тепловыделений точки измерения располагаются равномерно по всему цеху в соответствии с таблицей 5.2.

Точки измерения следует располагать в центре условных квадратов, разделяющих основную площадь помещения.

Таблица 5.2 – Количество точек измерения при разной площади

Площадь цеха, м	Минимальное количество точек измерения
Менее 100	4
100-400	8
более 400	9 (расстояние между точками не более 12 м)

б) при неравномерном распределении источников тепловыделения площадь рабочей зоны должна разбиваться на участки с различной теплонапряженностью ("холодные" и "горячие" участки). Параметры микроклимата определяются отдельно в рабочей зоне каждого участка, площадь которого не должна превышать 150 м².

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 излучения тепловое облучение на рабочем месте необходимо измерять от каждого источника, располагая приемник прибора перпендикулярно падающему потоку. Измерения проводят на высоте 0,5; 1,0 и 1,5 м от пола или рабочей площадки.

Температуру поверхностей измеряют в случаях, когда рабочие места удалены от них на расстояние не более 2 м. Температура каждой поверхности измеряется аналогично измерению температуры воздуха.

При постоянном технологическом процессе и установившемся тепловлажностном режиме в помещении, минимальная продолжительность одного дневного наблюдения должна составлять, при одной сменной работе:

- в холодное время года - всю первую половину рабочего дня;
- в теплое время года - всю вторую половину рабочего дня.

Во время инструментальных измерений:

- термометры, психрометры устанавливать на специальном штативе или другом приспособлении; при наличии источников тепла не следует размещать их так, чтобы имела место передача тепла на прибор через соприкосновение или радиацию;

- приборы с механизмом, работающим в вертикальном положении (аспирационные психрометры, анемометры), нельзя класть до полной остановки вращающихся деталей;

- при подвешивании приборов следить, чтобы они со всех сторон омывались воздухом (не прислонять их к стенке или штативу).

Температуру и относительную влажность воздуха при наличии источников теплового излучения и воздушных потоков на рабочем месте следует измерять аспирационными психрометрами. При отсутствии в местах измерения лучистого излучения и воздушных потоков температуру и относительную влажность воздуха можно измерять психрометрами, не защищенными от воздействия теплового излучения и скорости движения воздуха. Можно использовать также приборы, позволяющие отдельно измерять температуру и влажность воздуха.

Скорость движения воздуха измеряют анемометрами вращательного действия (крыльчатые, чашечные и др.). Малые величины скорости движения воздуха (менее 0,5 м/с), особенно при наличии разнонаправленных потоков, можно измерять термо-электроанемо- метрами, а также цилиндрическими и шаровыми кататермометрами при защищенности их от теплового излучения.

Температуру поверхностей следует измерять контактными приборами (типа электротермометров) или дистанционными (пирометры и др.).

Интенсивность теплового облучения измеряют приборами, обеспечивающими угол видимости датчика, близкий к полусфере (не менее 160°), и чувствительными в инфракрасной и видимой области спектра (актинометры, радиометры и т.д.).

Диапазон измерения и допустимая погрешность измерительных приборов должны соответствовать требованиям, приведенным в таблице 5.3.

Таблица 5.3 - Требования к измерительным приборам

Показатель	Диапазон измерения	Предельное отклонение
------------	--------------------	-----------------------

Температура воздуха по сухому термометру, °С	-30-50	±0,2
Температура воздуха по влажному термометру, °С	0-50	±0,2
Температура поверхности, °С	0-50	±0,5
Относительная влажность воздуха, %	0-90	±5,0
Скорость движения воздуха, м/с	0-0,5 Более 0,5	±0,05 ±0,1
Интенсивность теплового облучения, Вт/м ²	10-350 Более 350	±5,0 ±50,0

По результатам исследования необходимо составить протокол, в котором должны быть отражены общие сведения о производственном объекте, размещении технологического и санитарно-технического оборудования, источниках тепловыделения, охлаждения и влаговыведения, приведены схема размещения участков измерения параметров микроклимата и другие данные. В заключении протокола должна быть дана оценка результатов выполненных измерений на соответствие нормативным требованиям:

- СанПиН 2.2.4.548-96 "Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений"
- ГОСТ 12.1.005-88 "ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны"
- ГОСТ 30494-96 "Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях".

Лекция 5. Измерение параметров освещенности.

Свет – один из важнейших факторов внешней среды, оказывающий разностороннее биологическое действие на организм и играющий важную роль в сохранении здоровья и высокой работоспособности. Обычно к видимой части солнечного спектра относят излучение с длиной волны 400-760 нм.

Основными понятиями для характеристики света являются:

- световой поток,
- освещенность,
- сила света и яркость.

Световой поток – лучистая энергия, вызывающая световое ощущение. Единицей измерения его является люмен (лм) – световой поток от эталонного точечного источника в 1 международную свечу, помещенного в вершине телесного угла в 1 стерадиан. Световой поток в один люмен излучает

нагретый платиновый излучатель площадью $0,5305 \text{ мм}^2$ в момент затвердевания платины. Эталон люмена хранится во Всесоюзном научно-исследовательском институте метрологии им. Д. И. Менделеева в Санкт-Петербурге.

Под **освещенностью** понимают плотность светового потока на освещаемой поверхности. Единица освещенности – люкс (лк) равна освещенности поверхности в 1 м^2 , на которую падает и равномерно распределяется световой поток в 1 люмен (лм).

Пространственную плотность данного светового потока в определенном направлении называют **силой света**, единицей которой служит кандела (кд).

Кроме того для характеристики светового потока введено такое понятие, как **яркость** (кд/м^2) – величина светового потока, исходящего от освещаемой или светящейся поверхности в сторону глаза..

Рациональное освещение жилища, общественных и производственных помещений способствует нормальному функционированию органа зрения, повышает жизненный тонус, увеличивает работоспособность, способствует лучшему санитарному состоянию помещений.

Чем лучше освещенность, тем выше зрительная работоспособность и меньше зрительное утомление. Улучшение световых условий отражается на количественной и качественной стороне труда – выработке продукции в единицу времени, количестве ошибок, брака. Рациональное освещение играет важную роль в профилактике производственного травматизма. При плохом освещении работа становится более опасной, поскольку установлено, что ответная реакция организма на возможную опасность находится в прямой зависимости от того, насколько быстро и легко человек может ее заметить. По данным американских авторов, около 20% несчастных случаев в промышленности и на транспорте обусловлено плохим освещением.

Недостаточная освещенность отрицательно сказывается на разнообразных физиологических и биохимических процессах в организме, приводит к снижению обмена. Многие зрительные функции: острота зрения (способность глаза различать мелкие детали), быстрота различения (наименьшее время, необходимое для возникновения зрительного впечатления о предмете), устойчивость ясного видения (время ясного видения предмета), контрастная чувствительность (способность глаза к восприятию разницы двух смежных яркостей) и др. находятся в прямой зависимости от освещенности.

Численное значение освещенности равно световому потоку, который падает перпендикулярно плоскости на одну единицу площади поверхности. В том случае, если свет падает на плоскость под углом, то значение освещенности уменьшается прямо пропорционально косинусу угла наклона лучей.

Согласно Международной системе единиц (СИ) измеряется уровень освещенности в люксах. Один люкс равен одному люмену (единица измерения светового потока) на 1м^2 .

В Англии и Америке традиционно принята немного другая единица измерения освещенности. Она носит название фут-кандела и обозначает, что сила света равная одной канделе исходит от источника, расположенного на расстоянии одного фута от освещаемой поверхности.

Существует еще несколько единиц измерения, но все они являются либо производными от люкса, либо устаревшими и не соответствующими общепринятой международной системе. Поэтому их использование нежелательно.

Освещение помещений может осуществляться за счет как естественного, так и искусственного света.

Естественное освещение помещений обеспечивается солнечными лучами и рассеянным светом небосвода. При этом уровень освещенности в помещении во многом зависит от ориентации световых проемов по сторонам света. Ориентация окон на южную сторону обеспечивает более высокие уровни освещенности и длительную инсоляцию по сравнению с северным направлением.

На уровень освещенности влияют затемнение окон близлежащими зданиями, зелеными насаждениями, строительно-архитектурные факторы (конструкции светопроемов), темная окраска соседних зданий, стен внутри помещения и др. Большие потери света могут быть обусловлены загрязненностью стекол, формой и размерами переплетов рам. Поэтому с гигиенической точки зрения оконные переплеты целесообразно устраивать прямоугольной формы, чтобы верхний край их был на уровне 15-20 см от потолка. Это способствует большему проникновению света в помещение. Светлая окраска стен, потолка, мебели также увеличивает освещенность на 20-25% за счет отраженного света.

Для гигиенической оценки уровня естественной освещенности в помещении обычно используют такие показатели, как коэффициент естественной освещенности (КЕО), угол отверстия, угол падения, световой коэффициент (СК).

Коэффициент естественного освещения – отношение освещенности данной точки горизонтальной поверхности внутри помещения (Е) к одновременной горизонтальной освещенности под открытым небом при освещении ее рассеянным светом небосвода (E_0), выраженное в процентах:

$$\text{КЕО} = E/E_0 \times 100\%.$$

Коэффициент естественного освещения (КЕО) в жилых помещениях 0,5 - 0,75 %. Минимальный КЕО в классах, библиотеках, читальных залах, врачебном кабинете, в классах рисования, ручного труда и в лабораториях должен быть не менее 1,25%. В перевязочных, родильных, манипуляционных, зубо врачебных кабинетах – не менее 1,5%, в операционных и чертежных – не менее 2%.

Гигиенические нормы устанавливают требуемую величину КЕО для производственных помещений в зависимости от точности работ и вида освещения.

Большое значение в жизни человека имеет **искусственное освещение**. Его роль особенно возрастает в связи с производственной деятельностью в вечернее время, а также с культурным отдыхом.

Системы искусственного освещения по устройству могут быть разделены на общую, комбинированную и местную. Система общего освещения обеспечивается светильниками различного типа, равномерно распределенными по помещению, чтобы создать достаточную освещенность в производственной зоне и в проходах.

Для обеспечения более высоких уровней освещенности на рабочих местах, где выполняется требующая большого зрительного напряжения работа, устанавливаются светильники местного освещения. Комбинированное освещение представляет собой сочетание общего и местного освещения. Оборудование только местного освещения не допускается. Система комбинированного освещения более экономична и широко используется в помещениях самого различного назначения.

По спектральному составу искусственное освещение должно максимально приближаться к солнечному свету.

Уровень освещенности рабочих мест должен соответствовать гигиеническим нормам. При этом необходимо учитывать точность работы (размер объекта), характер фона, величину контраста (между фоном и объектом), продолжительность работы.

Приборы для измерения параметров освещения

Для того чтобы определить уровень освещенности помещения, применяют специальные приборы:

- люксметр;
- экспонетр и экспозиметр;
- флэшметр;
- фотометр.

Главным прибором для измерения реальной освещенности помещения при наличии искусственного и естественного источников света является **люксметр**.

Для измерения освещенности применяются приборы люкметры (Ю-16,17, ТКА-Люкс, Аргус-01), люкметры-яркометры (Аргус-02), люкметры-пульсметры (Аргус-07).

Он может быть использован для того, чтобы: провести измерения освещенности с целью аттестации рабочих мест; проконтролировать соответствие уровня освещенности санитарным нормам в помещениях различного назначения; определить соответствие показателей освещенности расчетным величинам во время проведения работ по установке осветительных

приборов; выявить уровень снижения интенсивности работы приборов освещения, и принять решение о необходимости их замены.

Принцип работы люксметра заключается в том, что на встроенный фотоэлемент попадает поток света, и внутри полупроводника высвобождается поток электронов. В результате возникает электрический ток, величина которого прямо пропорциональна силе света, падающего на фотоэлемент. Именно этот показатель и отражается на шкале прибора. Модели люксметра подразделяются на две основные группы в зависимости от способа крепления датчика: с жесткозакрепленным датчиком (в виде моноблока); с выносным датчиком, который подключается с помощью гибкого кабеля. Для проведения простейших измерений достаточно использовать обычный люксметр-моноблок без каких-либо дополнительных функций. С целью проведения профессиональных исследований применяются модели прибора со встроенной внутренней памятью и функцией определения среднего значения показаний. Кроме того, возможно наличие в люксметре дополнительных светофильтров, которые дают возможность более эффективно определять величину силы света, излучаемой осветительными приборами с разными оттенками цвета. Модели с выносным датчиком обеспечивают получение наиболее точных показаний, так как они менее подвержены внешним воздействиям. В современных люксметрах результат измерений показывается на жидкокристаллическом дисплее.

Экспонометры и экспозиметры используются в фототехнике. Они выполняют функцию определения яркости и освещенности экспозиции. Это необходимо для получения качественных фотографий. Экспонометры подразделяются на встроенные и внешние модели.

Экспозиция - количественная величина результата воздействия освещения на светочувствительный материал

Флэшметр измеряет уровень освещенности во время проведения фотосъемки с применением импульсных осветительных приборов. В современных фотоаппаратах он встроен заранее и автоматически регулирует мощность фотовспышки. Профессиональные фотомастерские оснащены выносными флэшметрами с индикационной системой, которые могут измерять не только падающий, но и отраженный свет.

Фотометр (мультиметр) является более совершенным вариантом флэшметра и сочетает в себе его функции с возможностями экспонометра.

Измерение освещенности и КЕО

1 Измерения параметров освещенности должны проводиться приборами, занесенными в государственный реестр.

2 Приборы должны регулярно проходить государственную поверку (государственные приемочные испытания) или государственную метрологическую аттестацию в соответствующих метрологических органах.

3 Эксплуатация и хранение приборов должны осуществляться в соответствии с заводской инструкцией.

4 При работе с люксметром необходимо соблюдать следующие требования:

- приемная пластина фотоэлемента должна размещаться на рабочей поверхности в плоскости ее расположения;
- на фотоэлемент 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 (или вблизи сильных магнитных полей).

Измерения освещенности производятся с использованием люксметров, предел допускаемой основной относительной погрешности измерений которых не должен превышать 8-10%.

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.

Измерение КЕО

Измерения КЕО могут производиться только при сплошной равномерной десятибалльной облачности (сплошная облачность, просветы отсутствуют).

Измерения производятся двумя наблюдателями с помощью двух люксметров. Каждое измерение освещенности внутри помещения должно сопровождаться одновременным измерением внешней освещенности. КЕО определяется по формуле.

Измерение в каждой точке для исключения случайных ошибок следует проводить не менее двух раз, полученные результаты необходимо усреднять.

После сопоставления фактического и нормируемого значения КЕО решается вопрос о необходимости повышения нормативного значения освещенности от искусственного освещения и определяется класс условий труда по фактору «естественное освещение».

Измерение освещенности

Освещенность на рабочих местах определяется с помощью люксметра и расчетным методом.

Измерения освещенности должны проводиться в соответствии с ГОСТ 24940-96 «Здания и сооружения. Методы измерения освещенности».

1. Перед измерениями выбирают и наносят контрольные точки для измерения освещенности на план помещения, сооружения или освещаемого участка (или исполнительный чертеж осветительной установки) с указанием размещения светильников.

2. В начале и в конце измерений следует измерить напряжение на щитках распределительных сетей освещения.

3. Измерение освещенности при рабочем и аварийном освещении следует производить в темное время суток, когда отношение естественной освещенности к искусственной составляет не более 0,1, измерение освещенности при эвакуационном освещении - когда значение естественной освещенности не превышает 0,1 лк.

4. Освещенность рабочего места должна измеряться на рабочей поверхности, указанной в нормах искусственного освещения, в плоскости ее расположения (горизонтальной, вертикальной, наклонной).

5. При наличии нескольких рабочих поверхностей освещенность измеряется на каждой из них.

6. При наличии протяженных рабочих поверхностей на каждой из них должно быть выбрано несколько контрольных точек, позволяющих оценить различные условия освещения.

7. При необходимости оценки неравномерности освещенности в разных зонах помещения, а также при наличии требований в нормах искусственного освещения измеряется освещенность по помещению (в нескольких точках на условной рабочей поверхности 0,8 м от пола).

8. 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.

9. Данные по освещению безопасности заносятся в материалы по оценке травмобезопасности.

Размещение контрольных точек при измерении минимальной и средней освещенности помещений

Размещение контрольных точек при измерении минимальной освещенности помещений

Контрольные точки для измерения минимальной освещенности от рабочего освещения размещают в центре помещения, под светильниками, между светильниками и их рядами, у стен на расстоянии 0,15 - 0,25*l*, но не менее 1 м, где *l* - расстояние между рядами светильников.

Контрольные точки для измерения освещенности от аварийного освещения следует размещать на рабочих местах в соответствии с нормами аварийного освещения.

Контрольные точки для измерения минимальной освещенности от эвакуационного освещения следует размещать на полу по пути эвакуации людей из помещения.

Размещение контрольных точек при измерении средней освещенности помещений

Для определения контрольных точек план помещения разбивают на равные, по возможности квадратные, части. Контрольные точки размещают в

центре каждого квадрата. Минимальное число контрольных точек для измерения определяют исходя из размеров помещения и высоты подвеса светильников над рабочей поверхностью. Для этого рассчитывают индекс помещения i по формуле:

$$i = \frac{a \times b}{h_0(a + b)}$$

где a – ширина помещения, м;

b – длина помещения, м;

h_0 – высота подвеса светильника, м.

Минимальное количество контрольных точек N для измерения средней освещенности квадратного помещения определяют по таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Количество контрольных точек для измерения средней освещенности

Индекс помещения	Число точек измерения
Менее 1	4
От 1 до 2 вкл.	9
Св.2 до 3 вкл.	16
Св. 3	25

В неквадратных помещениях выделяют квадрат наибольшей площадью S_k , для которого определяют количество точек измерения N_1 в соответствии с формулой. Минимальное количество точек измерения средней освещенности N рассчитывают по формуле:

$$N = N_1 \frac{S_n}{S_k}$$

где S_n – площадь помещения, м²;

S_k – площадь квадрата, м².

При размещении контрольных точек на плане помещения их сетка не должна совпадать с сеткой размещения светильников. В случае совпадения сеток число контрольных точек на плане помещения целесообразно увеличить. При расположении в помещении крупногабаритного оборудования контрольные точки не должны располагаться на оборудовании. Если контрольные точки попадают на оборудование, сетку контрольных точек следует сделать более частой и исключить точки, попадающие на оборудование.

Размещение контрольных точек при измерении минимальной освещенности помещений в местах производства работ вне зданий

Контрольные точки размещают на рабочих местах, по пути движения работающих. На освещаемой площади, ограниченной опорами, контрольные точки выбирают в центрах между опорами. При охранном освещении контрольные точки располагают по периметру освещаемой территории.

Число контрольных точек на освещаемом участке или по периметру освещаемой территории должно быть не менее 5.

При определении нормативных требований к освещению проверяемых рабочих мест следует учесть, что:

1) при наличии на рабочем месте нескольких рабочих поверхностей нормативное значение освещенности должно быть указано для каждой из них;

2) при расположении рабочего места в различных помещениях, а также вне зданий нормативное значение освещенности должно быть определено для каждого помещения и участка пребывания вне зданий в зависимости от характера выполняемых зрительных работ;

3) при работе в одном помещении работающих различных профессий норма освещенности выбирается для каждой профессии отдельно, то есть в одном помещении у представителей различных профессий могут быть разные нормативные требования к показателям освещения, а следовательно, и разная оценка условий труда;

4) для ремонтного персонала, в случае, если нормативные требования к освещению для персонала, ведущего эксплуатацию оборудования, ниже нормативных требований при проведении ремонтных работ, освещенность должна измеряться с учетом дополнительного стационарного или переносного освещения;

5) если в осветительной установке при системе общего освещения одновременно используются газоразрядные лампы и лампы накаливания, то нормативное значение освещенности выбирается как для газоразрядных ламп;

6) если различные типы источников света используются при системе комбинированного освещения в светильниках общего и местного освещения, то нормативные уровни для каждой из составляющих освещения выбираются раздельно с учетом используемых источников света; особенности выбора норм освещения для некоторых видов работ показаны в приложении Б.

Лекция 6. Измерение параметров вибрации и шума.

Вибрация относится к наиболее распространенным вредным производственным факторам в промышленности, сельском хозяйстве, на транспорте; она может оказывать отрицательное влияние на здоровье и работоспособность человека, а в определенных условиях приводить к развитию вибрационной болезни.

Вибрация - это сложные механические колебательные движения инструмента, пола, сидения и др., передаваемые телу человека или отдельным его частям при непосредственном контакте.

Вибрация характеризуется **спектром частот** (в Гц) и такими ее кинематическими параметрами, как **виброскорость** (в м/с) или

виброускорение (в м/с^2). (ускорение – величина, характеризующая быстроту изменения скорости) Кроме абсолютных значений этих параметров, используют также их логарифмические уровни (в дБ).

Виброскорость – это скорость перемещения контролируемой точки оборудования во время её прецессии вдоль оси измерения. В практике измеряется обычно не максимальное значение виброскорости, а ее среднеквадратичное значение, СКЗ (RMS), являющееся более информативным. Использование значения СКЗ обусловлено тем, что раньше измерения вибрации велись стрелочными приборами, а они все по принципу действия являются интегрирующими, и показывают именно среднеквадратичное значение переменного сигнала.

Виброускорение – это значение вибрации, прямо связанное с силой, вызвавшей вибрацию. Виброускорение характеризует то силовое динамическое взаимодействие элементов внутри агрегата, которое вызвало данную вибрацию. Обычно отображается амплитудой (Пик, Peak) - максимальное по модулю значение ускорения в сигнале.

Для количественного описания вибрации вращающегося оборудования и в диагностических целях так же используют **виброперемещение**.

Виброперемещение (вибросмещение, смещение) показывает максимальные границы перемещения контролируемой точки в процессе вибрации. Обычно отображается размахом (двойной амплитудой, Пик-Пик, Peak to peak). Виброперемещение – это расстояние между крайними точками перемещения элемента вращающегося оборудования вдоль оси измерения. Виброперемещение измеряется в линейных единицах: в микрометрах [мкм], в миллиметрах [мм]: $1 \text{ мм} = 1000 \text{ мкм}$

Вибрации, встречающиеся в производственных условиях, различают по способу передачи и направлению воздействия на человека, а также физическим свойствам (частотному составу, распределению энергии во времени).

Вибрацию измеряют в трех взаимно перпендикулярных направлениях: вертикальном (ось z - перпендикулярная к опорной поверхности), продольном (ось x - совпадает с осью движения машины), поперечном (ось y - перпендикулярная к плоскости, образованной вертикальной и продольной осями) (рисунок 5.3 и 5.4).

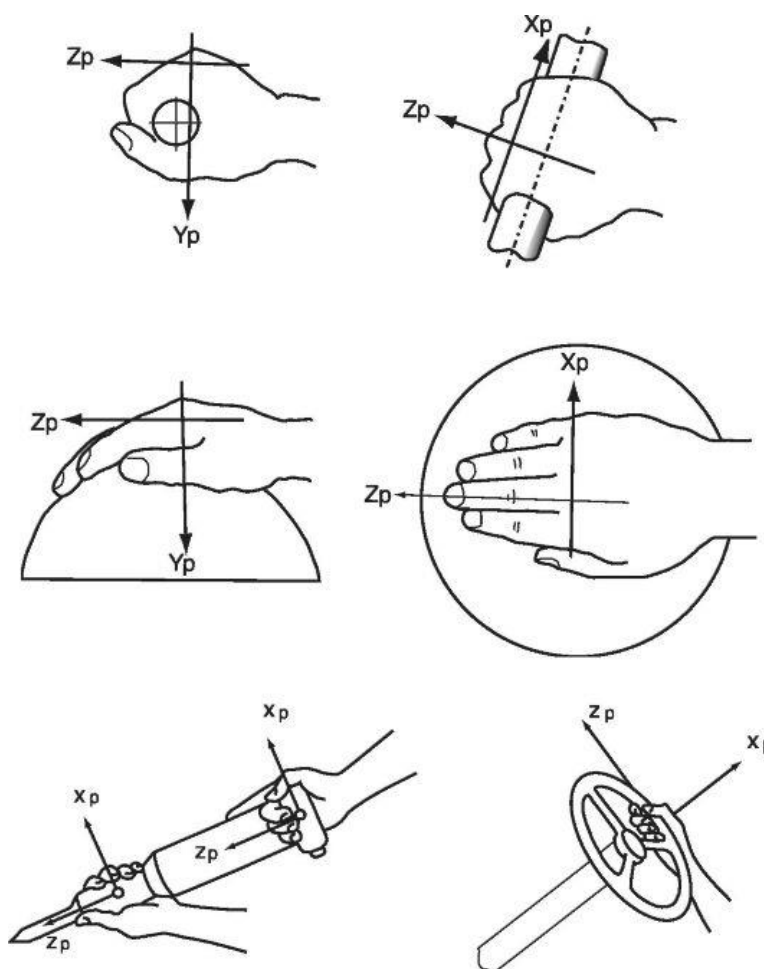


Рисунок 5.3 - Варианты направления условных координатных осей при локальной вибрации

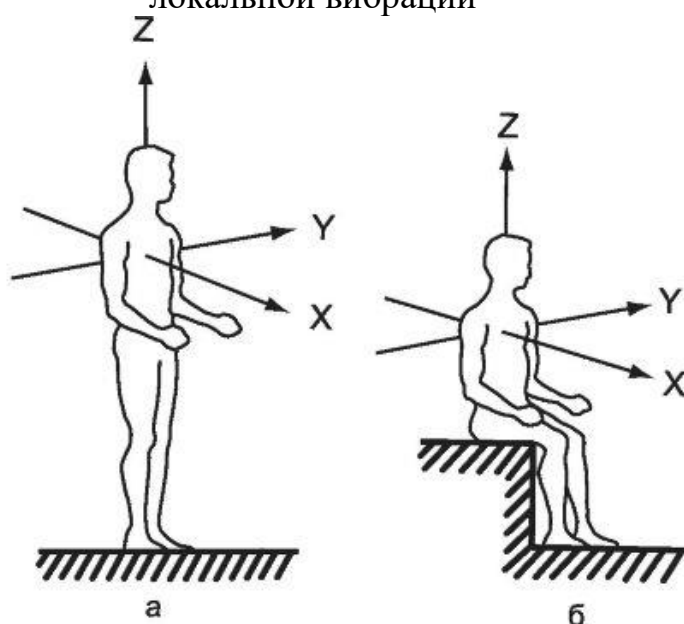


Рисунок 5.4 – Направление условных координатных осей при общей вибрации: а - в положении стоя; б - в положении сидя

Методы оценки вибрации.

В соответствии с санитарными нормами «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий» (СН 2.2.4/2.1.8.566-

96) гигиеническая оценка вибраций должна проводиться следующими методами: частотным анализом нормируемого параметра (виброскорости или виброускорения), интегральной оценкой по частоте нормируемого параметра, интегральной оценкой с учетом времени вибрационного воздействия (таблица 5.5).

Таблица 5.5 – Методы оценки вибрации

Методы оценки	Измеряемые и оцениваемые параметры вибрации
Частотный (спектральный) анализ	Средние квадратические ¹ значения виброскорости, м/с, или виброускорения, м/с ² (или их логарифмические уровни, дБ), в третьоктавных или октавных полосах частот
Интегральная оценка по частоте	Корректированное ² значение (или логарифмический уровень, дБ) виброскорости, м/с, или виброускорения, м/с ²
Интегральная оценка с учетом времени воздействия (дозная оценка)	Эквивалентное по энергии ³ корректированное значение (или уровни, дБ) виброскорости, м/с, или виброускорения, м/с ²

Основным методом, характеризующим вибрационное воздействие на работающих, является **частотный анализ**. Измерения проводятся для локальной вибрации в октавах (среднегеометрические частоты 8, 16, 31,5, 63, 125, 250, 500 и 1000 Гц) и для общей вибрации в третьоктавных полосах и октавах (среднегеометрические частоты 1, 2, 4, 8, 16, 31,5 и 63 Гц). Этот метод позволяет получить наиболее полную гигиеническую характеристику вибрации, т.е. не только интенсивность вибрации, но и характер спектра вибрации (низко-, средне- и высокочастотный), определяющий специфику влияния вибрации на организм человека. Метод частотного (спектрального) анализа, кроме того, позволяет при проведении соответствующих расчетов перейти к интегральной и далее к дозной оценке вибрации с учетом времени воздействия.

Метод интегральной оценки по частоте нормируемых параметров предполагает измерение одночислового показателя - корректированного уровня вибрации, определяемого как результат энергетического суммирования уровней вибрации в октавных полосах частот с учетом октавных поправок. Этот метод измерения менее трудоемкий, чем метод частотного анализа вибрации, однако и менее информативный.

Метод дозной оценки используется для непостоянных вибраций с учетом времени воздействия вибрации в течение смены. Этот метод связан с методом интегральной оценки по частоте и позволяет получить одночисловую характеристику следующими способами:

1) расчетом эквивалентного корректированного уровня по измеренному (или рассчитанному) корректированному значению и данным хронометража;

2) инструментальным измерением эквивалентного скорректированного значения.

Эквивалентный скорректированный уровень изменяющейся во времени вибрации соответствует скорректированному уровню постоянной во времени и равной по энергии вибрации, действующей 8 ч.

Если работающие подвергаются действию вибрации (локальной или общей) в течение смены (8 ч), и вибрация является постоянной по временной характеристике (виброскорость меняется не более чем на 6 дБ за время наблюдения), то для гигиенической оценки используются методы интегральной оценки по частоте и спектральный (более точный). Если же работающие подвергаются действию непостоянной во времени вибрации, а именно в течение 8 ч обслуживают оборудование, генерирующее вибрацию, параметры которой изменяются >6 дБ, или же оборудование, генерирующее постоянную вибрацию, но только часть смены, то для характеристики вибрационного воздействия используется метод дозной оценки или интегральной оценки с учетом времени, так как ПДУ установлены в расчете на 8-часовое воздействие вибрации.

Например, если вибрационными характеристиками ручного инструмента являются скорректированные уровни вибрации (виброскорость и виброускорение в дБ) и уровни тех же нормируемых параметров в октавных полосах частот, то характеристикой вибрационного воздействия на оператора будет эквивалентный скорректированный уровень вибрации (виброскорость, виброускорение в дБ), так как время работы с этим инструментом может быть различным в зависимости от технологии. Поскольку наиболее часто рабочие подвергаются действию непостоянных вибраций, то при оценке условий труда почти всегда необходимо измерять (или рассчитывать) эквивалентные скорректированные уровни вибрации.

Методика измерения вибрации.

Выпускаемая в настоящее время виброизмерительная аппаратура позволяет измерить как уровни виброускорения (виброскорости) в пределах нормируемых частот третьоктавных и/или октавных полос, так и скорректированные и эквивалентные скорректированные уровни виброускорения (виброскорости).

Точки измерения, т.е. места установки вибродатчиков, должны располагаться на вибрирующей поверхности в местах, предназначенных для контакта с телом оператора:

1) на сиденье, рабочей площадке, полу рабочей зоны оператора и обслуживающего персонала;

2) в местах контакта рук работающего с рукоятками, рычагами управления и т.п.

Вибродатчик должен крепиться способом, указанным в заводской инструкции. При измерении общей вибрации на площадках с твердым покрытием (асфальт, бетон, металлические плиты и т.п.) или сиденьях без упругих облицовок вибродатчик должен крепиться непосредственно к этим

поверхностям на резьбе, магните, мастиках и т.п. Кроме того, вибродатчик может крепиться на резьбе (или с помощью магнита) к жесткому стальному диску (диаметром 200 мм и толщиной 4 мм), который размещается между полом и ногами стоящего человека или сиденьем и корпусом сидящего человека. При измерении локальной вибрации предпочтительно укреплять датчик в точках контроля на резьбе, хотя допускается крепление и с помощью металлического элемента в виде зажима, хомута и т.п.

В каждой точке контроля вибродатчик устанавливают на ровной, гладкой площадке последовательно по трем взаимно перпендикулярным направлениям (оси Z, X, Y). Допускаются измерения в направлении максимальной вибрации (превышение по сравнению с измерениями по другим осям >12 дБ), если установлены одинаковые допустимые уровни по всем осям.

После установки вибродатчика в выбранной точке контроля включают виброметр и проводят необходимые замеры, последовательно выполняя манипуляции согласно инструкции.

Общее количество отсчетов должно быть не менее 3 для локальной вибрации; 6 - для общей технологической вибрации; 30 – для общей транспортной и транспортно-технологической (во время движения) вибрации с последующей обработкой.

После проведения необходимого количества замеров в точке измерения в качестве определяющего значения уровня вибрации берут средние величины.

При подготовке к измерениям необходимо знать и учитывать:

- а) чувствительность датчика по данным его калибровки совместно со всем измерительным трактом;
- б) рабочий диапазон частот и амплитуд датчиков;
- в) массу датчика (при измерении общей вибрации она должна быть не более 5% массы исследуемого объекта).

Масса элементов виброизмерительного преобразователя, прикрепляемого к ручной машине, не должна превышать 10% массы, колебания которой измеряют, но и не должна быть более 150 г.

В паспорте измерительного устройства должно быть указано, какой параметр им измеряют.

При замерах в каждой точке измерений должно быть произведено не менее трёх замеров колебательной скорости.

Если результаты трёх замеров различаются более чем в 1,5 раза, или более чем на 3 дБ, для получения окончательных результатов должны быть проведены три дополнительных замера.

Результаты измерений вибрационных параметров, подвергающиеся статистической обработке, должны иметь надёжность, характеризуемую вероятностью 0,95.

Приборы для измерения вибрации

Надёжность динамического оборудования во многом определяется его текущим вибрационным состоянием. Контроль уровня вибрации

оборудования позволяет достоверно судить о его техническом состоянии, диагностировать зарождение дефектов и принимать своевременные меры по предотвращению аварийных ситуаций.

Контроль уровня вибрации проводится с помощью приборов для измерения вибрации – виброметров. Современные виброметры – это высокотехнологичные приборы с цифровой обработкой сигнала, измеряющие один или сразу несколько параметров вибрации: виброперемещение (мкм), виброскорость (мм/с), виброускорение (м/с²). Он простой в использовании и не требует специальной подготовки.

Выделяют две группы виброметров:

- для измерения вибрации вращающегося оборудования;
- для измерения вибрации, воздействующей на человека для целей охраны труда.

В связи с тем, что механические колебания могут регистрироваться и получать количественную оценку с помощью различных физических методов, все приборы для измерения вибрации по принципу действия подразделяются на:

- Пьезоэлектрические;
- Оптические (лазерные);
- Индукционные;
- Вихретоковые;
- Емкостные и др.

Независимо от принципа действия, все приборы для измерения вибрации состоят из двух функциональных составляющих:

1. Вибропреобразователя
2. Электронного блока обработки с дисплеем

Принцип действия виброметра заключается в преобразовании механических колебаний исследуемого объекта в пропорциональные им электрические сигналы. Эти сигналы усиливаются электронным усилителем и измеряются индикатором.

В настоящее время разработано достаточно много вибродатчиков, основанных на различных эффектах. Все они имеют свои преимущества и недостатки. Кроме того, существуют определенные трудности в теоретическом описании и моделировании работы вибродатчиков.

Существует две группы методов измерения параметров вибраций **контактные**, подразумевающие механическую связь датчика с исследуемым объектом, и **бесконтактные**, т.е. несвязанные с объектом механической связью.

1. Рассмотрим вначале контактные методы. Наиболее простыми являются методы регистрации вибраций с помощью пьезоэлектрических датчиков. Они позволяют проводить измерения с высокой точностью в диапазоне низких частот и относительно больших амплитуд вибрации, но вследствие своей высокой инерционности, приводящей к искажению формы сигнала делает невозможным измерение вибраций высокой частоты и малой амплитуды.

Кроме того, если масса исследуемого объекта, а следовательно и его инерционность не велика, то такой датчик может существенно влиять на характер вибрации, что вносит дополнительную ошибку в измерения.

Эти недостатки позволяет устранить метод открытого резонатора. Суть метода заключается в измерении параметров СВЧ резонатора, изменяющихся вследствие вибрации исследуемого объекта. Резонатор имеет два зеркала, причем одно из них фиксировано, а другое механически связано с исследуемым объектом. Регистрация перемещений при малых амплитудах вибрации производится амплитудным методом по изменению выходной мощности в случае проходной схемы включения резонатора или отраженной мощности, в случае применения оконечного включения. Этот метод измерения требует постоянства мощности, подводимой к резонатору и высокой стабильности частоты возбуждения.

В случае больших амплитуд вибрации регистрируется смещение резонансной частоты, что можно сделать с очень высокой точностью. Для повышения добротности и уменьшения дифракционных потерь используют сферические зеркала. Разрешающая способность данного метода 3 мкм. Метод обладает малой инерционностью по сравнению с описанным выше, но его применение рекомендуется, если масса зеркала принципиально меньше массы исследуемого объекта.

Однако механическая связь датчика с исследуемым объектом далеко не всегда допустима, поэтому последние годы основное внимание уделяется разработке бесконтактных методов измерения параметров вибрации. Кроме того, их общим достоинством является отсутствие воздействия на исследуемый объект и пренебрежительно малая инерционность.

2. Все бесконтактные методы измерения вибрации основаны на зондировании объекта звуковыми и электромагнитными волнами.

Одной из последних разработок является **метод ультразвуковой фазометрии**. Он заключается в измерении текущего значения разности фаз опорного сигнала ультразвуковой частоты и сигнала, отраженного от исследуемого объекта. В качестве чувствительных элементов используется пьезоэлектрическая керамика.

На частоте ультразвука 240 кГц. чувствительность измерения виброперемещения 10 мкм. в диапазоне от 10 до $5 \cdot 10$ мкм., расстояние до объекта до 1.5 м. На частоте 32 кГц. чувствительность 30 мкм., расстояние до объекта до 2 м. С ростом частоты зондирующего сигнала чувствительность растет.

В качестве достоинств метода можно отметить дешевизну и компактность аппаратуры, малое время измерения, отсутствие ограничения снизу на частотный диапазон, высокую точность измерения низкочастотных вибраций. Недостатками являются сильное затухание ультразвука в воздухе, зависимость от состояния атмосферы, уменьшение точности измерения с ростом частоты вибрации.

Большое распространение получили методы, основанные на зондировании объекта видимым светом. Все **оптические методы**

подразделяются на две группы. К первой относятся методы, основанные на регистрации эффекта Доплера. Простейшим из них является **гомодинный метод**, который позволяет измерять амплитуды и фазы гармонических вибраций, но с его помощью невозможно исследовать негармонические и большие по амплитуде вибрации. Эти недостатки можно устранить используя **гетеродинные методы**. Но они требуют калибровки и, кроме того, измерительная аппаратура сильно усложняется.

Существенным недостатком перечисленных выше методов являются высокие требования к качеству поверхности исследуемого объекта. Но они теряют свое значение при использовании голографических методов, которые и образуют вторую группу. **Голографические методы** обладают высокой разрешающей способностью (до 0.05), но они требуют сложного и дорогостоящего оборудования. Кроме того, время измерений очень велико.

Общими недостатками оптических методов измерения вибрации являются сложность, громоздкость и высокая стоимость оборудования, большое энергопотребление, высокие требования к качеству поверхности исследуемого объекта, высокие требования к состоянию атмосферы (определенная влажность, отсутствие запыленности и т.п.). Кроме того, лазерное излучение оказывает вредное влияние на зрение обслуживающего персонала и требует дополнительных мер предосторожности и защиты.

Часть этих недостатков можно устранить применяя методы, основанные на использовании **СВЧ излучения**. Они подразделяются на интерференционные и резонаторные. В основе интерференционных методов лежит зондирование исследуемого объекта волнами ВЧ и СВЧ диапазонов, прием и анализ отраженных (рассеянных) объектом волн. Между излучателем и исследуемым объектом в результате интерференции образуется стоячая волна. Вибрация объекта приводит к амплитудной и фазовой модуляции отраженной волны и к образованию сигнала биений. У выделенного сигнала переменного тока амплитуда пропорциональна виброперемещению, а частота соответствует частоте вибрации объекта.

Резонаторные методы основаны на размещении вибрирующего объекта в поле СВЧ резонатора (вне или, хотя бы частично внутри его), вследствие чего изменяются характеристики резонатора. Бесконтактное измерение параметров вибрации резонаторным методом возможно и при включении приемно-передающей антенны в частотно задающую цепь СВЧ генератора, т.е. при работе в автогенераторном режиме. Такие системы называются автодинными генераторами или просто автодинами.

Приборы и методика измерения уровня шума

Классификация шумов по характеру спектра и временным характеристикам в соответствии с ГОСТ 12.1.003-2014 «Шум. Общие требования безопасности»

Измерения шума должны производиться для контроля соответствия фактических уровней шума на рабочих местах допустимым по действующим нормам.

Устанавливаются следующие измеряемые и рассчитываемые величины в зависимости от временных характеристик шума:

- уровень звука, дБА, и октавные уровни звукового давления, дБ, - постоянного шума;
- эквивалентный уровень звука и максимальный уровень звука, дБА, - для колеблющегося во времени шума;
- эквивалентный уровень звука, дБА, и максимальный уровень звука, дБА_I, - для импульсного шума;
- эквивалентный и максимальный уровни, дБА, - для прерывистого шума.

Допускается определять дозу шума.

Эквивалентные уровни звука должны быть приведены (нормализованы) к 8-часовой рабочей смене (рабочему дню) или 40-часовой рабочей неделе согласно п.4.1 или п.4.4.

Результаты измерений должны характеризовать шумовое воздействие за время рабочей смены (рабочего дня).

Уровни звука измеряют шумомерами 1 или 2-го класса точности по #М12291 1200022046ГОСТ 17187-81#S.

Октавные уровни звукового давления измеряют шумомерами по #М12291 1200022046ГОСТ 17187-81#S с подключенными к ним октавными электрическими фильтрами по #М12291 1200022045ГОСТ 17168-82#S или комбинированными измерительными системами соответствующего класса точности.

Рекомендуется применение самописцев уровня вместо снятия отсчетов показаний измерительных приборов.

Измерение эквивалентных уровней звука следует проводить интегрирующими шумомерами (см. [1]).

Аппаратуру калибруют до и после проведения измерения шума в соответствии с инструкциями по эксплуатации приборов.

Приборы для измерения шума

Шумомер представляет собой электронное устройство, предназначенное для определения уровня громкости. Шум является совокупностью звуков разной частоты, интенсивности, измеряют его в децибелах. Измерители шума нашли широкое применение для решения бытовых задач. Высокоточное измерительное оборудование стоит сравнительно недорого, несложное в эксплуатации. Для активации и использования по назначению прибор достаточно включить. Не требуется выполнения сложных манипуляций по настройке, но с инструкцией все же стоит ознакомиться.

При детальном рассмотрении устройства аппарата обнаруживаются элементы простой конструкции. Состоит из обычного ненаправленного

микрофона, расположенного в центральной части, усилителя звука, фильтров, детектора, интегратора и индикатора.

В центральной части корпуса конструкции находится обычный ненаправленный микрофон. Мембрана микрофона под воздействием волн звука совершает колебания. Издаваемые ею сигналы проходят сквозь фильтры и попадают на индикаторное устройство, по принципу действия схожее с вольтметром. Уровень напряжения тока данного устройства и шума, который создается в процессе, соответствуют друг другу. А значит, громкость издаваемых звуков можно определить по показателю электрического сигнала. Показатели громкости, измеряемой в децибелах, видны на механической шкале либо на электронном циферблате прибора.

С помощью фильтров отсекаются при измерениях не воспринимаемые человеческим органом слуха показания волн звука, что позволяет получить объективные данные для оценивания. При этом ориентируются исключительно на показатели, на самом деле оказывающие влияние на окружение. Другими словами, таким путем отфильтровываются звуки, не воспринимаемые нашими ушами.

Исходя из того, какие функциональные возможности имеют измерители уровня шума, они бывают:

- Простыми – аппаратами, выполняющими однократные операции, при которых отображаются значения во время их активации. Определяют звуковую громкость в децибелах.
- Комплексными – представляющими собой более сложное оборудование. С их помощью проводят серии измерений, что позволяет анализировать путем составления графиков звуковых колебаний, оценивать полученные за определенный период результаты. Применяются на производственных объектах.

Измерители уровня шума бывают разной точности и в зависимости от этого подразделяются на следующие классы:

- 0 – представителей данной группы считают эталонами, поскольку они отображают максимально точные результаты. Подобное устройство дорогое и не часто применяется.
- 1 – в сравнении с предыдущим оборудованием проще, но все же считается очень точным. Зачастую им пользуются в условиях лабораторий, но также применяют и в других ситуациях, когда возникает необходимость высокоточного измерения уровня звука.
- 2 – этой группой приборов наиболее часто пользуются в производственных условиях, в сфере строительства.
- 3 – группа устройств, имеющих простейшую конструкцию. Такие модели недорогие, они способны решать бытовые задачи по измерению шума. Поскольку отображают ориентировочные значения показателей, то для профессионального использования не подходят.

Методика проведения измерений шума

При непрерывном мониторинге величины, характеризующие шумовое воздействие, определяют непосредственно по истечении рабочей смены.

При проведении измерений в некоторых опорных временных интервалах их выбирают так, чтобы они охватывали все характерные и повторяющиеся изо дня в день шумовые ситуации [важно выявить все значительные изменения шума на рабочем месте, например на 5 дБ (дБА) и более]. В этом случае результаты измерения, полученные в различных сменах, не будут противоречивы.

Продолжительность измерений в пределах каждого опорного временного интервала

- для постоянного шума не менее 15 с;
- для непостоянного, в том числе прерывистого, шума она должна быть равна продолжительности по меньшей мере одного повторяющегося рабочего цикла или кратна нескольким рабочим циклам. Продолжительность измерений может также быть равной длительности некоторого характерного вида работы или ее части. Продолжительность измерений считают достаточной, если при дальнейшем ее увеличении эквивалентный уровень звука не изменяется более чем на 0,5 дБА;
- для непостоянного шума, причины колебания которого не могут быть явно связаны с характером выполняемой работы, – 30 мин (три цикла измерений по 10 мин) или менее, если результаты измерений при меньшей продолжительности не расходятся более чем на 0,5 дБ (дБА);
- для импульсного шума – не менее времени прохождения 10 импульсов (рекомендуется 15 – 30 с)

Измерения шума для контроля соответствия фактических уровней шума на рабочих местах допустимым уровням по действующим нормам должны проводиться при работе не менее 2/3 обычно используемых в данном помещении единиц установленного оборудования в наиболее часто реализуемом (характерном) режиме его работы или иным способом, когда обеспечено типовое шумовое воздействие со стороны источников шума, не находящихся на рабочем месте (в рабочей зоне). Если известно, что далеко расположенное от рабочего места оборудование создает на нем фоновый шум на 15 – 20 дБ ниже, чем шум при работе оборудования, установленного на данном рабочем месте, то его включать не следует.

Измерения не следует проводить при разговорах работающих, а также при подаче различных звуковых сигналов (предупреждающих, информационных, телефонных звонков и т.д.) и при работе громкоговорящей связи.

Измерения могут проводиться при наличии или отсутствии (последнее предпочтительнее) оператора (работающего) на рабочем месте или в рабочей зоне. Измерения проводят в фиксированных точках или с помощью микрофона, закрепляемого на операторе и перемещающегося вместе с ним, что обеспечивает более высокую точность определения уровня шума и является предпочтительным.

Измерения в фиксированной точке проводят, если положение головы оператора известно точно. При отсутствии оператора микрофон устанавливают в заданную точку измерения, находящуюся на уровне его головы. Если положение головы оператора точно не известно и измерения проводят в отсутствии оператора, то микрофон устанавливают для сидячего рабочего места на высоте $(0,91 \pm 0,05)$ м над центром поверхности сидения при его среднем регулировочном положении по росту оператора, а для стоячего рабочего места – на высоте $(1,550 \pm 0,075)$ м над опорой на вертикали, проходящей через центр головы прямоходящего человека.

Если присутствие оператора необходимо, то микрофон устанавливают на расстоянии приблизительно 0,1 м от уха, воспринимающего больший (эквивалентный) уровень звука, и ориентируют в направлении взгляда оператора, если это возможно, или в соответствии с инструкцией изготовителя. Если микрофон закрепляют на операторе, то его устанавливают на шлеме или плече с помощью рамки, а также на ошейнике на расстоянии 0,1 – 0,3 м от уха, но так, чтобы не препятствовать работе оператора и не создавать ему опасности.

Микрофон должен быть удален не менее чем на 0,5 м от оператора, проводящего измерения.

Вблизи источника шума даже незначительные изменения положения микрофона могут существенно влиять на результаты измерения. Если в точке измерения хорошо различимы тона, то могут иметь место стоячие волны. Микрофон рекомендуется несколько раз переместить в зоне 0,1 – 0,5 м и в качестве результата измерений принять среднее значение.

Когда микрофон располагают вплотную к оператору, то может наблюдаться заметная разница при измерениях в присутствии оператора и без него (обычно результаты измерения в присутствии оператора выше). Особенно это проявляется при измерениях высокочастотного тонального шума или шума малых источников на близком расстоянии от них. Для предотвращения грубых ошибок рекомендуется сравнить результаты измерений в присутствии оператора и без него и в случае их значительного различия рассчитать среднее значение.

Для оценки шума на постоянных рабочих местах измерения следует проводить в точках, соответствующих установленным постоянным местам.

Для оценки шума при непостоянных рабочих местах оператора измерения проводят на каждом его рабочем месте и определяют эквивалентный уровень звука шума, воздействующего на оператора за рабочую смену.

Для оценки шума в рабочих зонах, где имеется несколько работающих, для сокращения объема измерений выделяют зоны с приблизительно равным шумом. К таковым могут быть отнесены зоны, где на рабочих местах выполняется однотипная или одинаковая работа (например, токарный участок), или зоны, где шум в основном определяется далеко расположенными источниками шума (на расстоянии более 5-20 м). Если эквивалентный уровень звука в пределах рабочей зоны не отличается более чем на 5 дБА, то проводят измерения на выборочных типовых рабочих местах, результат измерения

усредняют и относят его ко всем рабочим местам данной рабочей зоны. Дополнительно в случае сомнения измеряют шум на конкретном рабочем месте. При отличиях эквивалентного уровня звука в рабочей зоне более чем на 5 дБА измерение шума проводят на каждом рабочем месте.

Примечание. При планировании измерений можно руководствоваться известным наблюдением, что на расстоянии от источника шума 5-20 м уровень звукового давления в обычных производственных помещениях (цехах) с низким звукопоглощением.