

Практическое занятие по дисциплине «БЖД»

Тема занятия:

«ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ПЭВМ»

Время: 2 часа.

4. Эргономика рабочего места пользователя ПЭВМ

A. Гигиена труда пользователей ПЭВМ

B. Требования к помещениям для работы с ПЭВМ

C. Общие требования к организации рабочих мест пользователей ПЭВМ

D. Требования к производственной среде при работе на ПЭВМ

E. Каким должен быть монитор

F. Средства ввода информации и требования к ним

5. Практическое занятие

6. Контрольные вопросы

7. Анализ пространственной компоновки рабочего места (на примере рабочего места пользователя ПЭВМ)?
8. Проектирование рабочей среды (на примере рабочего места пользователя ПЭВМ)?
9. Требования к помещению при организации рабочих мест пользователей ПЭВМ?
10. Требования к монитору видеодисплейного терминала ПЭВМ?
11. Средства ввода информации и требования к ним?
12. Назовите основные правила учета эргономических параметров рабочего места.
13. Как строится таблица антропометрических признаков? На основе каких измерений?

4. Эргономика рабочего места пользователя ПЭВМ

Широкий диапазон различий между пользователями компьютерных систем обуславливает поиски новых, не традиционных подходов к организации соответствующих рабочих мест(1) и условий труда(1).

Организация рабочих мест, оснащенных дисплеями, осуществляется в соответствии с требованиями, определяемыми характером и содержанием выполняемой человеком деятельности, его психофизиологическими возможностями и особенностями, а также антропометрическими и биомеханическими данными. Не рекомендуется жестко стандартизировать определенные виды оборудования, так как можно лишиться необходимой гибкости (изделия, помогающие одному пользователю, могут быть неудобны для другого).

А. Гигиена труда пользователей ПЭВМ

Среди гигиенических проблем современности проблемы гигиены труда пользователей ПЭВМ относятся к числу наиболее актуальных, поскольку непрерывно расширяется круг задач, решаемых с использованием ПЭВМ, и все большие контингенты людей вовлекаются в процесс использования вычислительной техники. Анализ комплексных гигиенических исследований по оценке условий труда и состояния здоровья работающих с персональными вычислительными машинами позволяет составить определенное представление о факторах риска их здоровью.

Совокупность изменений, наблюдаемых в состоянии здоровья профессиональных пользователей ПЭВМ, включает заболевания опорно-двигательного аппарата, органов зрения, центральной нервной и сердечно-сосудистой системы, желудочно-кишечного тракта, аллергические расстройства. Отмечаются осложнения беременности и родов, неблагоприятное влияние на плод. Получены данные о повышенном уровне онкологических заболеваний.

По мере накопления новых данных по рассматриваемой проблеме становятся все более очевидными причинно-следственные связи между условиями труда и состоянием здоровья пользователей ПЭВМ. Так заболевания опорно-двигательного аппарата (рук, шеи, плечевого пояса, спины) связаны с вынужденной рабочей позой, гиподинамией в сочетании с монотонностью труда.

Характерной особенностью труда за компьютером является необходимость выполнения точных зрительных работ на светящемся экране в условиях перепада яркостей в поле зрения, наличии мельканий, неустойчивости и нечеткости изображения. Объекты зрительной работы находятся на разном расстоянии от глаз пользователя и приходится часто переводить взгляд в направлениях экран – клавиатура – документация (согласно хронометражным данным от 15 до 50 раз в минуту). Частая переадаптация глаза к различным яркостям и расстояниям до объекта различения является одним из главных негативных факторов при работе с дисплеями. Неблагоприятным фактором световой среды является несоответствие уровней освещенности рабочих поверхностей стола, экрана, клавиатуры. Нередко на экранах наблюдается зеркальное отражение источников света и окружающих предметов. Все выше изложенное затрудняет работу и приводит к нарушениям основных функций зрительной системы. Работающие с видеодисплейными терминалами (ВДТ) предъявляют жалобы на боль и ощущение песка в глазах, покраснение век, трудности перевода взгляда с близких на далекие предметы. Отмечается быстрое утомление и зату-

маненность зрения, двоение предметов. Комплекс выявляемых нарушений был охарактеризован специалистами как "профессиональная офтальмопатия".

Труд оператора ПЭВМ относится к формам труда с высоким нервно-эмоциональным напряжением. Это обусловлено необходимостью постоянного слежения за динамикой изображения, различения текста рукописных и печатных материалов, выполнением машинописных и графических работ. В процессе работы требуется постоянно поддерживать активное внимание. Труд требует высокой ответственности, поскольку цена ошибки бывает достаточно велика, вплоть до крупных экономических потерь и аварий.

На пользователей ЭВМ воздействует электромагнитное излучение видимого спектра, крайне низких, сверхнизких и высоких частот. При эксплуатации видеодисплейных терминалов на электронно-лучевых трубках в рабочих зонах регистрируются статические электрические и импульсные электрические и магнитные поля низкой и сверхнизкой частоты, создаваемые системами кадровой и строчной развертки. Кроме ВДТ источниками электромагнитных полей (ЭМП) являются процессор, принтер, клавиатура, многочисленные соединительные кабели.

Воздействие ЭМП широкого спектра частот, импульсного характера, различной интенсивности в сочетании с высоким зрительным и нервно-эмоциональным напряжением вызывает существенные изменения со стороны центральной нервной и сердечно-сосудистой системы, проявляющиеся в субъективных и объективных расстройствах. Работающие чаще всего предъявляют жалобы на головные боли, иногда с тошнотой и головокружением. У них диагностируются невроты, нейроциркулярные дистонии, гипо- и гипертония.

У работающих с ПЭВМ могут наблюдаться аллергические заболевания и повышенный уровень заболеваемости органов дыхания. С одной стороны, это может быть обусловлено изменениями иммунитета (известно влияние ЭМП на иммунную систему). Следует также обратить внимание, что, ввиду наличия статических электрических полей, к экрану ВДТ притягиваются пылевые частицы, которые могут содержать аллергены и бактериальную флору. Это также способствует развитию вышеуказанной патологии.

Кроме перечисленных факторов на рабочем месте операторов могут иметь место шум, нарушенный ионный режим, неблагоприятные показатели микроклимата. В воздухе могут содержаться химические вещества (озон, фенол, стирол, формальдегиды и др.), что наблюдается при установке на малых площадках большого числа компьютеров и несоблюдении требований к организации рабочих мест.

Существенным с позиции влияния на организм является характер профессиональной деятельности и стаж работы. Несомненно, важную роль играют индивидуальные особенности организма, его функциональное состояние.

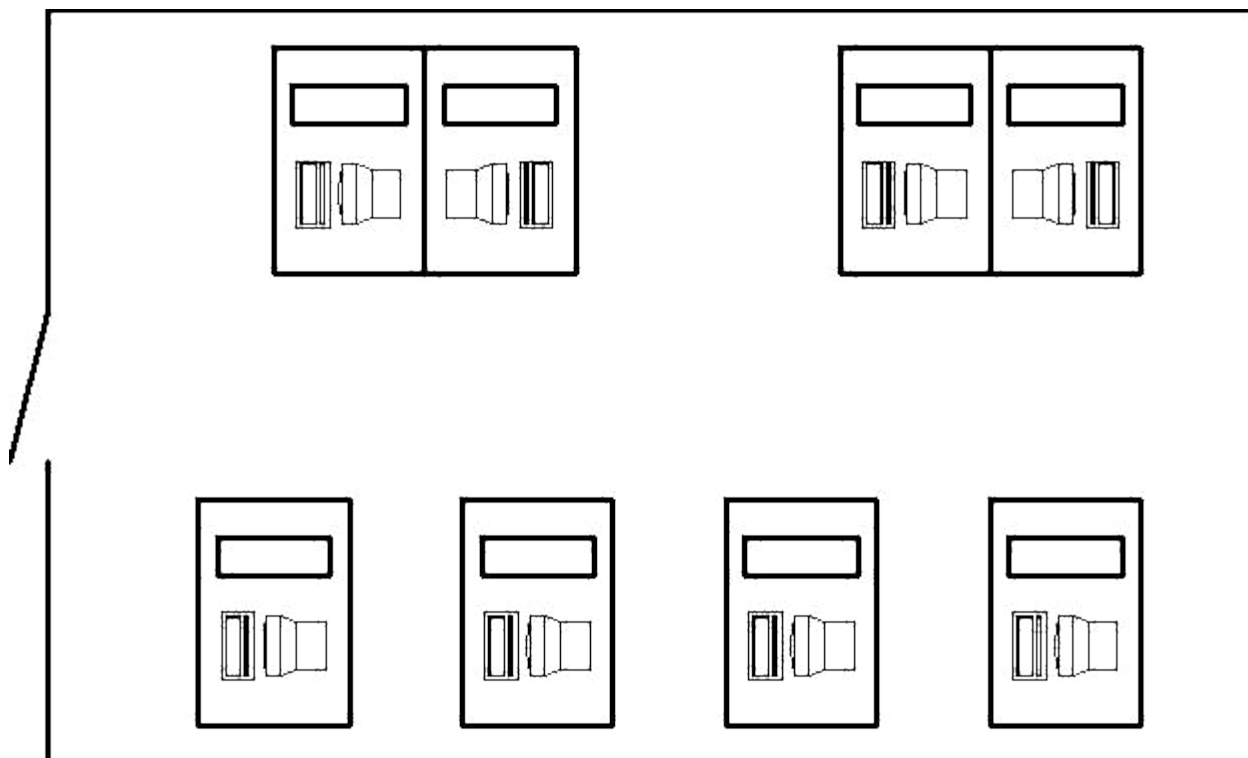
Сейчас уже очевидно, что компьютерные технологии являясь великим достижением человечества, имеют отрицательные последствия для здоровья людей. На сегодня стоит задача снизить ущерб от вреда здоровью. Для этого необходимо соблюдение установленных гигиенических требований к режимам труда и организации рабочих мест.

В. Требования к помещениям для работы с ПЭВМ

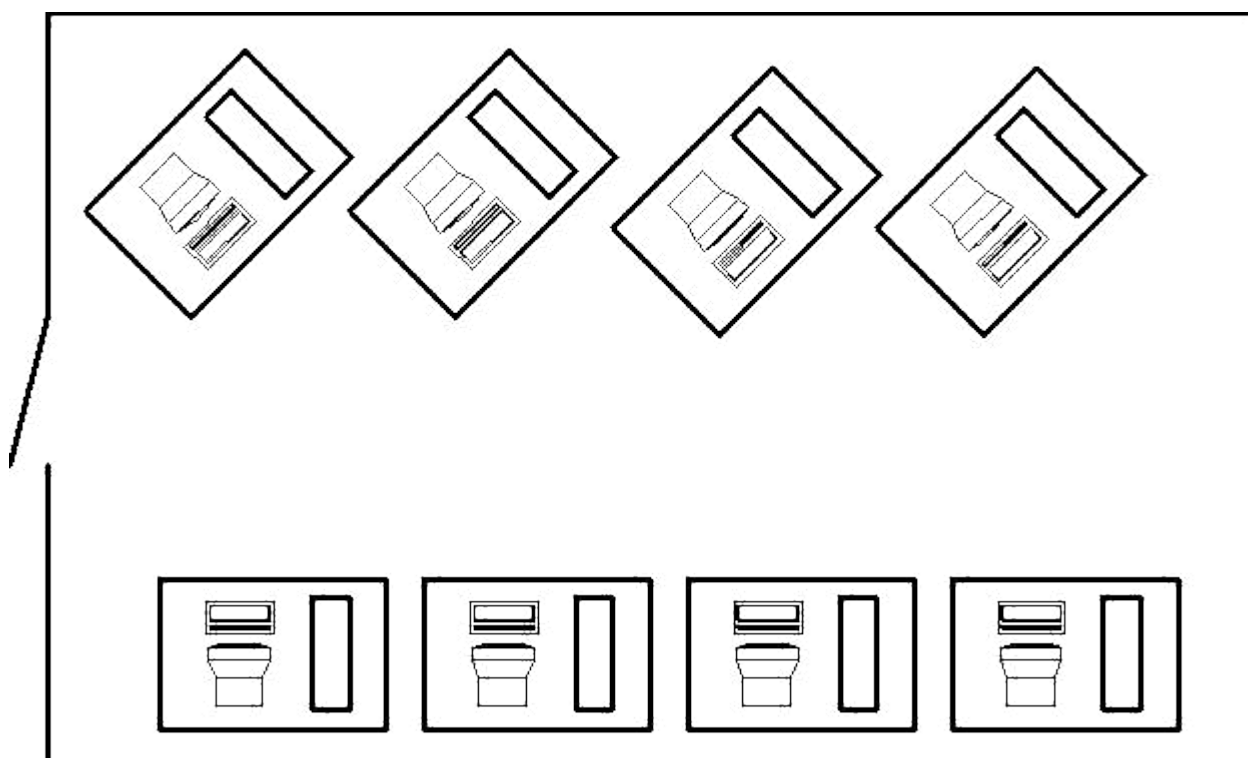
Следующий уровень анализа компоновки рабочего места пользователя ПЭВМ связан со схемой расположения и взаимодействия служащих в пределах рабочего пространства. Здесь необходи-

мо оценивать расположение столов, пультов, перегородок, освещение и т.п. Рассматривается пространственно-предметная среда отдела, отделения, учреждения или офиса. Эргономические требования учитываются и при проектировании здания, выборе места его расположения и т.д.

Возможный вариант расположения рабочих мест с ПЭВМ в помещении представлен на рис. 6.8 б.



а - нерекомендуемые варианты расположения рабочих мест с персональными компьютерами;



б - рекомендуемые варианты расположения рабочих мест с персональными компьютерами;

Рис. 6.8. Варианты расположения рабочих мест

Недопустимый вариант размещения компьютерных рабочих мест в помещении представлен на рис. 6.8 а.

Одной из достаточно распространенных и удобных планировок учреждений с компьютеризированными рабочими местами является так называемый ландшафтный офис. Основное достоинство концепции ландшафтного офиса – гибкость планировки рабочих пространств. Планировка осуществляется с учетом организационной структуры учреждения. Принимается во внимание и то обстоятельство, что структура или ее компоненты часто изменяются. В результате рабочее пространство может легко варьироваться в соответствии с организационными изменениями. Основными проблемами в этом случае являются шум и возможный недостаток конфиденциальности.

Концепция ландшафтного офиса может быть реализована с помощью специальной мебели типа передвигаемых перегородок. При желании можно использовать даже искривленные перегородки для сохранения непрерывности проходов.

При проектировании или выборе модульных систем перегородок предпочтение должно отдаваться системам, которые обладают такими характеристиками, как:

- прочность;
- отсутствие затруднений для передвижения;
- наличие акустического контроля;
- износостойкость;
- легкость сборки и разборки;
- легкость чистки.

Во многих учреждениях не хватает рабочей площади. В случае применения концепции ландшафтного офиса каждому служащему также необходимо некое минимальное рабочее пространство. Даже отказ от перегородок и переход к концепции ландшафтного офиса, имеющие своей целью улучшение условий труда и психологического состояния служащих, могут дать отрицательные результаты, если основные проблемы, связанные с теснотой, так и не будут разрешены.

В учреждении, где часто проводятся различные конфиденциальные беседы и обсуждения, используют концепцию конфиденциального офиса, т.е. пространство разделяют на отдельные комнаты или рабочие пространства. При такой планировке обеспечивается относительно тихая обстановка для работы, так как служащие отделены от источников шума и отвлекающих факторов. Возможные недостатки состоят в том, что разделяющие пространство этажа стены затрудняют контроль за работой сотрудников, служащие могут чувствовать себя изолированными друг от друга. Кроме того, трудно передвигать стены при необходимости приспосабливаться к изменениям в структуре организации.

Очень важную роль играют правильно разработанные средства визуальной коммуникации (таблички, указатели и т.п.) в учреждении. Неправильные обозначения могут вести к путанице и появлению различных проблем. Сообщения на табличках должны быть отчетливыми, легкими для чтения и понимания, располагаться во всех местах, где это необходимо, и иметь привлекательный внешний вид.

При проектировании рабочих помещений следует руководствоваться следующими дополнительными рекомендациями:

1. Помещения для эксплуатации ПЭВМ должны иметь естественное и искусственное освещение. Эксплуатация ПЭВМ в помещениях без естественного освещения допускается только при соответствующем обосновании и наличии положительного санитарно-эпидемиологического заключения, выданного в установленном порядке.
2. Окна в помещениях, где эксплуатируется вычислительная техника, преимущественно должны быть ориентированы на север и северо-восток.
3. Оконные проемы должны быть оборудованы регулирующими устройствами типа: жалюзи, занавесей, внешних козырьков и др.
4. Не допускается размещение мест пользователей ПЭВМ во всех образовательных и культурно-развлекательных учреждениях для детей и подростков в цокольных и подвальных помещениях.
5. Площадь на одно рабочее место пользователей ПЭВМ с ВДТ на базе электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) должна составлять не менее 6 квадратных метров (при продолжительности работы менее 4 часов в день – 4,5 квадратных метра), в помещениях культурно-развлекательных учреждений и с ВДТ на базе жидкокристаллических мониторов — 4,5 квадратных метра.
6. Для внутренней отделки интерьера помещений, где расположены ПЭВМ, должны использоваться диффузно-отражающие материалы с коэффициентом отражения для потолка — 0,7—0,8; для стен — 0,5—0,6; для пола — 0,3—0,5.
7. Помещения, где размещаются рабочие места с ПЭВМ, должны быть оборудованы защитным заземлением (занулением).

Не следует размещать рабочие места с ПЭВМ вблизи силовых кабелей и вводов, высоковольтных трансформаторов, технологического оборудования, создающего помехи в работе ПЭВМ.

С. Общие требования к организации рабочего места пользователя ПЭВМ

При размещении рабочих мест(1) с ПЭВМ расстояние между рабочими столами с видеомониторами (в направлении тыла поверхности одного видеомонитора и экрана другого видеомонитора), должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов — не менее 1,2 м.

Рабочие места с ПЭВМ в помещениях с источниками вредных производственных факторов должны размещаться в изолированных кабинах с организованным воздухообменом.

Рабочие места с ПЭВМ при выполнении творческой работы, требующей значительного умственного напряжения или высокой концентрации внимания, рекомендуется изолировать друг от друга перегородками высотой 1,5 – 2,0 м.

Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600—700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитноцифровых знаков и символов.

Размещение дисплеев и вспомогательных устройств на рабочем месте должно обеспечивать человеку возможность принимать оптимальную рабочую позу(8). При этом следует исходить из положения, что наиболее негативное воздействие на организм оказывает не столько сама поза, сколько время, в течение которого человек в ней находится.

Рабочие места с дисплеями должны проектироваться таким образом, чтобы параметры основного оборудования были регулируемыми. Рабочие места без регулируемой высоты клавиатуры, высоты и удаленности экрана не подходят для длительной и непрерывной работы. Оптимально, когда возможно регулировать высоту и наклон рабочей поверхности, высоту, наклон, поворот и удаленность дисплея:

- высота клавиатуры (средний ряд над полом) 70-85 см;
- центр экрана монитора над полом 90-115 см;
- наклон экрана назад по отношению к горизонтальной плоскости 88-105 градусов;
- расстояние между экраном и краем стола 50-75 см. Для уменьшения риска появления отражений на поверхности экрана дисплея она должна находиться под прямым углом к окну. Окна не должны располагаться ни позади операторов, ни перед ними. Глубина пространства для ног должна составлять: от края стола не менее 60 см на уровне коленей и 80 см на уровне ступней.

Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы. При этом допускается использование рабочих столов различных конструкций, отвечающих современным требованиям эргономики. Поверхность рабочего стола должна иметь коэффициент отражения 0,5 – 0,7.

Необходимо, чтобы имелась возможность регулировки высоты рабочего кресла, положения спинки, подлокотников, углов их наклона. Традиционные конторские стулья с относительно небольшой опорой для спины не годятся для работы за дисплеем.

Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления. Тип рабочего стула (кресла) следует выбирать с учетом роста пользователя, характера и продолжительности работы с ПЭВМ.

Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья, при этом регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надежную фиксацию.

Поверхность сиденья, спинки и других элементов стула (кресла) должна быть полумягкой, с нескользящим, слабо электризующимся и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим легкую очистку от загрязнений.

Однако, не следует увлекаться большим числом регулируемых параметров. Органы управления для установки параметров рабочего места должны быть простыми и удобными в использовании.

D. Требования к производственной среде при работе на ПЭВМ

Требования к микроклимату, содержанию аэроионов и вредных химических веществ в воздухе на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ

В производственных помещениях, в которых работа с использованием ПЭВМ является вспомогательной, температура, относительная влажность и скорость движения воздуха на рабочих местах должны соответствовать действующим санитарным нормам микроклимата производственных помещений(13).

В производственных помещениях, в которых работа с использованием ПЭВМ является основной (диспетчерские, операторские, расчетные, кабины и посты управления, залы вычислительной техники и др.) и связана с нервно-эмоциональным напряжением, должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата для **категории работ 1а и 1б** в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами микроклимата производственных помещений. На других рабочих местах следует поддерживать параметры микроклимата на допустимом уровне, соответствующем требованиям указанных выше нормативов.

В помещениях всех типов образовательных и культурно-развлекательных учреждений для детей и подростков, где расположены ПЭВМ, должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата табл. 6.1.

Таблица 6.1

Оптимальные параметры микроклимата во всех типах учебных и дошкольных помещений с использованием ПЭВМ

Температура, С°	Относительная влажность, %	Абсолютная влажность, г/м ³	Скорость движения воздуха, м/с
19	62	10	<0,1
20	58	10	<0,1
21	55	10	<0,1

В помещениях, оборудованных ПЭВМ, должна проводиться ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание после каждого часа работы на ПЭВМ.

Уровни положительных и отрицательных аэроионов в воздухе помещений, где расположены ПЭВМ, должны соответствовать действующим санитарно-эпидемиологическим нормативам табл. 6.2.

Таблица 6.2

Уровни положительных и отрицательных аэроионов в помещениях с использованием ПЭВМ

	Число ионов в 1 см ³ воздуха	
	положительных	отрицательных
Минимально необходимые	400	600
Оптимальные (нижняя граница)	1500	3000
Оптимальные (верхняя граница)	3000	5000
Максимально допустимые	50000	50000

Содержание вредных химических веществ в помещениях для работ с использованием ПЭВМ не должно превышать предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест в соответствии с действующими гигиеническими нормативами табл. 6.3.

Таблица 6.3

Допустимые концентрации загрязняющих веществ в помещениях для использования ПЭВМ

СО, мг/м ³	H ₂ S, мг/м ³	NO, мг/м ³	NO ₂ , мг/м ³	O ₂ , об. %
20	10	3	2	20

Содержание вредных химических веществ в воздухе помещений, предназначенных для использования ПЭВМ во всех типах образовательных учреждений, не должно превышать предельно допустимых среднесуточных концентраций для атмосферного воздуха в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами.

Требования к уровням шума и вибрации на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ

В производственных помещениях при выполнении основных или вспомогательных работ с использованием ПЭВМ уровни шума на рабочих местах(14) не должны превышать предельно допустимых значений, установленных для данных видов работ, в соответствии с действующими санитарно – эпидемиологическими нормативами табл. 6.4 и табл. 6.5.

Шумящее оборудование (печатающие устройства, серверы и т.п.), уровни шума которого превышают нормативные, должно размещаться вне помещений с ПЭВМ.

В помещениях всех образовательных и культурно-развлекательных учреждений для детей и подростков, где расположены ПЭВМ, уровни шума не должны превышать допустимых значений, установленных для жилых и общественных зданий.

Таблица 6.4

Допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот и эквивалентного уровня звука, создаваемого ПЭВМ

Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами									Уровни звука в дБА
31,5 Гц	63 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц	8000 Гц	50
86 дБ	71 дБ	61 дБ	54 дБ	49 дБ	45 дБ	42 дБ	40 дБ	38 дБ	

Таблица 6.5

Допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот и эквивалентного уровня звука, создаваемого ПЭВМ с принтером

Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами									Уровни звука в дБА
31,5 Гц	63 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц	8000 Гц	75
103 дБ	91 дБ	83 дБ	77 дБ	73 дБ	70 дБ	68 дБ	66 дБ	64 дБ	

При выполнении работ с использованием ПЭВМ в производственных помещениях уровень вибрации не должен превышать допустимых значений вибрации для рабочих мест (категория 3, тип "В") в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами.

В помещениях всех типов образовательных и культурно-развлекательных учреждений, в которых эксплуатируются ПЭВМ, уровень вибрации не должен превышать допустимых значений для жилых и общественных зданий в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами.

Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ

Рабочие столы следует размещать таким образом, чтобы видео дисплейные терминалы были ориентированы боковой стороной к световым проемам, чтобы естественный свет(15) падал преимущественно слева.

Искусственное освещение(15) в помещениях для эксплуатации ПЭВМ должно осуществляться системой общего равномерного освещения. В производственных и административно-общественных помещениях, в случаях преимущественной работы с документами, следует применять системы комбинированного освещения (к общему освещению дополнительно устанавливаются светильники местного освещения, предназначенные для освещения зоны расположения документов).

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300—500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк.

Следует ограничивать прямую блескость от источников освещения, при этом яркость(16) светящихся поверхностей (окна, светильники и др.), находящихся в поле зрения, должна быть не более 200 кд/м².

Следует ограничивать отраженную блескость на рабочих поверхностях (экран, стол, клавиатура и др.) за счет правильного выбора типов светильников и расположения рабочих мест по отношению к источникам естественного и искусственного освещения, при этом яркость бликов на экране ПЭВМ не должна превышать 40 кд/м² и яркость потолка не должна превышать 200 кд/м².

Показатель ослепленности(16) для источников общего искусственного освещения в производственных помещениях должен быть не более 20. Показатель дискомфорта(16) в административно-общественных помещениях — не более 40, в дошкольных и учебных помещениях — не более 15.

Яркость светильников общего освещения(15) в зоне углов излучения от 50 до 90 градусов с вертикалью в продольной и поперечной плоскостях должна составлять не более 200 кд/м², защитный угол светильников должен быть не менее 40 градусов.

Светильники местного освещения(15) должны иметь непросвечивающий отражатель с защитным углом не менее 40 градусов.

Следует ограничивать неравномерность распределения яркости в поле зрения пользователя ПЭВМ, при этом соотношение яркости между рабочими поверхностями не должно превышать 3:1 — 5:1, а между рабочими поверхностями и поверхностями стен и оборудования 10:1.

В качестве источников света при искусственном освещении следует применять преимущественно люминесцентные лампы типа ЛБ и компактные люминесцентные лампы (КЛЛ). При устройстве отраженного освещения в производственных и административно-общественных помещениях допускается применение металлогалогенных ламп. В светильниках местного освещения допускается применение ламп накаливания, в том числе галогенных.

Для освещения помещений с ПЭВМ следует применять светильники с зеркальными параболическими решетками, укомплектованными электронными пускорегулирующими аппаратами (ЭПРА). Допускается использование многоламповых светильников с ЭПРА, состоящих из равного числа опережающих и отстающих ветвей.

Применение светильников без рассеивателей и экранирующих решеток не допускается.

При отсутствии светильников с ЭПРА лампы многоламповых светильников или рядом расположенные светильники общего освещения следует включать на разные фазы трехфазной сети.

Общее освещение при использовании люминесцентных светильников следует выполнять в виде сплошных или прерывистых линий светильников, расположенных сбоку от рабочих мест, параллельно линии зрения пользователя при рядом расположении видео дисплейных терминалов. При периметральном расположении компьютеров линии светильников должны располагаться локализовано над рабочим столом ближе к его переднему краю, обращенному к оператору.

Коэффициент запаса (K_z) для осветительных установок общего освещения должен приниматься равным 1,4.

Коэффициент пульсации(16) не должен превышать 5%.

Для обеспечения нормируемых значений освещенности в помещениях для использования ПЭВМ следует проводить чистку стекол оконных рам и светильников не реже двух раз в год и проводить своевременную замену перегоревших ламп.

Е. Каким должен быть монитор видеодисплейного терминала?

Мы частенько слышим, что “изделие удовлетворяет эргономическим требованиям, оно эргономично, эргономика в порядке” и т.д. Делается это, как правило, с умным выражением лица. Наиболее распространены такие высказывания в отношении мониторов, хотя с полной ответственностью берусь утверждать, что произносящий это вряд ли до конца понимает, что такое эргономика конкретного продукта. Иногда здесь просто происходит подмена понятий: если потребителю нравится дизайн, изделию приписывают и высокие эргономические качества, что не совсем так. Иногда за эргономические параметры принимаются некоторые технические параметры, а иногда и наоборот (этим грешат разработчики изделий) — многие технические параметры никак не хотят признаваться в качестве эргономических. Попробуем продемонстрировать на примере компьютерных мониторов, что такое эргономические параметры и как они влияют на качество труда человека-оператора.

Визуальные эргономические параметры ПК являются параметрами безопасности, и их неправильный выбор приводит к ухудшению здоровья пользователей. Такой посыл становится особенно актуальным, когда вспоминаешь, что глаза-то свои. Опасности, которые вас подстерегают, могут быть связаны с обострением хронических заболеваний глаз, проявлением наслед-

ственных предрасположенностей. Поэтому так важен режим работы с ПК, профилактические мероприятия, ну и, конечно, самое главное — эргономические параметры видеомониторов.

Одним из основных параметров является частота вертикальной или кадровой развертки (частота обновления), которая (что признается подавляющим числом международных и национальных стандартов) должна быть не менее 85 Гц, желательно в режиме максимального разрешения. Особенно это важно при работе с графическими пакетами. В практической эргономике для определения усталостных характеристик человека-оператора применяется такой психофизиологический показатель, как критическая частота слияния мельканий (КЧСМ). Так вот КЧСМ зависит от яркости изображения, спектра излучения, местоположения изображения на сетчатке глаза, размеров наблюдаемого объекта, от возраста оператора и ряда других факторов, в том числе от времени работы человека с информационной моделью, вызывающей усталость. Но в любом случае она не может превысить 30-35 Гц в центральной области зрения. Этими цифрами, как вы уже догадались, определяется нижняя граница допустимой частоты вертикальной развертки монитора. Особенно высокой чувствительностью к изменению яркости изображения обладают окраинные области сетчатки. Поэкспериментируйте: глядя напрямую на экран монитора, вы не увидите мельканий, зато отлично их заметите, когда экран наблюдается боковым зрением, даже на вашем замечательном мониторе при частоте развертки 75 Гц.

По размерам экрана монитора приходится следовать моде, что по эргономическим меркам не всегда обосновано, — если еще несколько лет назад стандартными считались мониторы с диагональю экрана 14 дюймов, то теперь уже 15, 17 дюймов не выглядят слишком большой роскошью. В соответствии с веяниями прогресса при изменении размера экрана корректируется величина минимального светоизлучающего элемента экрана — экранного “зерна”. Размеры “зерна” — это еще один из стандартных параметров мониторов, хотя более правильным будет говорить о шаге теневой маски или апертурной решетки (в зависимости от технологии) экрана монитора на электронно-лучевой трубке (ЭЛТ). Для мониторов с размером экрана 15 дюймов нормальной величиной “зерна” (в данном случае берется шаг по диагонали) считается 0,28 мм, а для мониторов в 17-19 дюймов его величина снижается до размеров 0,25 мм. Впрочем, если не учитывать стоимость, то чем меньше “зерно”, тем лучше. Хотя и здесь есть пределы, установленные возможностями зрительного аппарата человека — воспринимаемые глазом размеры “зерна” в диапазоне минимально допустимого расстояния от экрана 300-500 мм находятся в пределах 0,08-0,13 мм. То есть можно сделать вывод, что стремиться к меньшим размерам просто нецелесообразно. Величина “зерна” должна быть постоянна в различных точках экрана. Форма его бывает различна: от круглой и овальной до квадратной и прямоугольной.

Взаимосвязанный с размером “зерна” показатель — разрешающая способность, оптимальные значения которой должны соответственно достигать следующих значений: для 15-дюймового — 800 × 600 точек или пикселей, для 17-дюймового — 1024 × 768 точек, для 19-дюймового — 1280 × 1024 точки, для 21-дюймового — 1600 × 1200 и т.д. Естественно, что размер “зерна” должен позволять поддерживать выбранное разрешение.

Для жидкокристаллических (ЖК) мониторов параметры пока хуже, чем для мониторов на ЭЛТ, но зато отсутствуют такие пороки, как искажение изображения. А если взять ЖК — мониторы с активной матрицей (TFT), то здесь достоинств больше. ЖК — мониторы более компактны, то есть меньше занимают места на рабочем месте оператора. Более легкие. Отсутствуют высокие напряжения и сопутствующие этому неионизирующие электромагнитные и ионизирующие рентгеновские излучения, нет вредного статического электричества, нет положительной ионизации воздуха, что является самым настоящим бичом при работе с мониторами на ЭЛТ, в воздух не выделяется озон — вещество первого класса опасности. То есть налицо большие достоинства по обеспечению безопасного труда. Однако у ЖК — мониторов недостаточная цветопередача, достигающая обычно 8 бит на составляющую цвета. Поэтому при необходимости со-

здания цветонасыщенных изображений следует иметь в виду, что у мониторов на ЭЛТ этот показатель значительно лучше.

Есть еще один недостаток — “мертвые” точки на экранах ЖК – мониторов (особенно у активных), вызываемые технологическими проблемами их производства и интенсивностью эксплуатации (выгорают излучающие элементы).

Цифровое управление, вытекающее из самой сути действия ЖК – монитора, естественно позволяет улучшить качество изображения по его стабильности, избежать геометрических искажений, присущих мониторам на ЭЛТ, и, соответственно, уменьшается количество регулировок.

ЖК – мониторы могут быть с панелями, работающими с собственной подсветкой и в отраженном свете. В последнем случае эргономические параметры мониторов, в частности, светотехнические, несколько хуже, поскольку зависят от условий окружающей среды.

Для обеспечения надежного считывания информации при соответствующей степени комфортности ее восприятия должны быть определены оптимальные диапазоны визуальных эргономических параметров. Сравнительные визуальные эргономические параметры мониторов различных видов приведены в табл. 6.6.

Наименование параметра	Значение параметра
1. Контрастность деталей изображения и фона. Контрастность для деталей изображения с размером один пиксель, разделенных интервалом один пиксель	Не менее 3:1
2. Неравномерность яркости элементов контура знака	Не менее 1,5:1
3. Неравномерность яркости элементов знаков дискретных (матричных) экранов	Не более 1,5:1
4. Неравномерность яркости рабочего поля экрана	В пределах $\pm 20\%$
5. Контрастность соседних уровней кодирования яркостью	В пределах $\pm 20\%$
6. Относительная ширина линии контура знака	Не менее 1,5:1
7. Остаточное не сведение цветов, мм,:	От 1/6 до 1/12 высоты прописной буквы
в центральном круге с диаметром, равным длине вертикальной стороны рабочего поля	Не более 0,3
в пределах остальной части рабочего поля	Не более 0,5
8. Временная нестабильность изображения (мелькание)	Не должна быть зафиксирована
9. Отношение яркостей в зоне наблюдения (экран, лицевая панель, корпус дисплея, документы)	Не более 10:1
10. Пространственная нестабильность изображения (дрожание). Амплитуда смещения изображения при частоте дрожания 0,5—30 Гц, мм	Не более $2 \times 10^{-4} \times l$ (где l — проектное расстояние наблюдения, мм)
11. Формат матрицы знака:	Не менее 7x9
для прописных букв и цифр	Не менее 5x7
для дробей в одном знакоместе и	Не менее 4x5

подстрочных и надстрочных знаков	
12. Отношение ширины знака к его высоте для прописных букв	От 0,7 до 0,9 (допускается от 0,5 до 1,0)
13. Расстояние между знаками для буквенных шрифтов без выступов	Не менее ширины линии контура или один пиксель
14. Расстояние между словами	Не менее ширины матрицы знака
15. Расстояние между строками текста	Не менее 1 пикселя
16. Угол наклона линии наблюдения	Не более 30° ниже горизонтали
17. Искажения изображения по рабочему полю: максимальное горизонтальное смещение соседних знаков в столбце максимальное вертикальное смещение соседних знаков в строке изменение размеров однотипных знаков по рабочему полю максимальное различие длины строк текста на рабочем поле максимальное различие длины столбцов на рабочем поле	Не более 5% от ширины знака Не более 5% от высоты знака В пределах $\pm 5\%$ от высоты знака Не более 2% от длины строки 2 % от длины столбца
18. Отклонение формы рабочего поля от прямоугольника: по горизонтали: $\Delta H = 2 \frac{H_1 - H_2}{H_1 + H_2}$, по вертикали: $\Delta B = 2 \frac{B_1 - B_2}{B_1 + B_2}$, по диагонали: $\Delta D = 2 \frac{D_1 - D_2}{D_1 + D_2}$ (где H_1 и H_2 – значения длины соответственно крайнего левого и крайнего правого столбцов на рабочем поле, мм; B_1 и B_2 – значения длины соответственно верхней и нижней строк на рабочем поле, мм; D_1 и D_2 – значения диагоналей рабочего поля, мм).	Не более 0,02 Не более 0,02 Не более $0,04 \frac{H_1 + H_2}{B_1 + B_2}$

Сравнительные эргономические параметры различных типов мониторов говорят о некотором постоянно тающем превосходстве мониторов на ЭЛТ над ЖК – мониторами:

- частота кадровой развертки у ЖК – мониторов практически достигла приемлемых для восприятия значений — 75-80 Гц (правда, у наиболее продвинутых моделей мониторов на ЭЛТ — 160 Гц);
- яркость изображения у мониторов на ЭЛТ изначально выше (270-400 кд/м²), но это не столько достоинство, сколько следствие конструктивных особенностей, тем более что и у ЖК - мониторов ее можно повышать и повышать — но нужно ли, ведь для нормального восприятия, в принципе, достаточно 250 кд/м²;
- размеры зерна, можно сказать, сравнялись, и у ЖК – мониторов здесь явно больше перспектив по его уменьшению, чем у конкурента;
- яркостной контраст у ЖК – мониторов может принимать значения 0,997-0,998, что конкурирующим мониторам на ЭЛТ уже в этой жизни не достигнуть никогда;
- ну а за плоскостность экрана ЖК – мониторам и бороться не надо, она задана априори технологией производства, чего не скажешь об ЭЛТ, где за плоскостность нужно платить неплохие деньги.

Способы регулировок параметров мониторов могут быть различными, что несущественно, так как они производятся значительно реже одного раза в рабочую смену, а это по эргономическим меркам — редко используемые органы управления. Конструктивно они могут быть выполнены в виде ручных регулирующих органов управления или как экранное меню с соответствующим назначением. При установке ручных органов управления, естественно, следует стремиться к сокращению их номенклатуры. При необходимости расположения органов управления на лицевой панели они должны закрываться крышкой или быть утоплены в корпус. В случае экранного меню возможно бесконечно большое число регулировок в зависимости от уровня подготовленности пользователя (который, в свою очередь, тоже может быть регламентирован в виде меню) или специфики работы, единственное условие — оптимальное формирование **информационной модели**. В настоящее время самым распространенным с небольшими вариациями является вывод пункта настройки и кнопок плюс/минус для увеличения и уменьшения параметров.

Количество регулировок параметров изображения монитора на ЭЛТ должно содержать следующий минимум:

- пропорциональное сжатие/растяжение изображения по горизонтали и вертикали;
- сдвиг изображения по горизонтали и вертикали;
- коррекция “бочкообразных искажений” (то есть таких, когда края изображения на экране слишком выпуклы или, наоборот, вогнуты);
- коррекция трапециевидных параллелограммных искажений;
- установка цветовой температуры, то есть соотношения основных экранных цветов - красного, зеленого и синего (регулировка цветовой температуры с шагом не менее 100 К°).

У ЖК – мониторов в зависимости от вида интерфейса (VGA-интерфейс либо цифровой) должны быть предусмотрены органы ручной или автоподстройки, которые, в свою очередь, должны обеспечивать:

- установку размера изображения по горизонтали;
- масштабирование изображения;
- установку цветовой температуры;
- регулировку яркости;
- регулировку контрастности.

Восприятие информации во многом зависит от местоположения монитора. Расположение монитора на рабочем месте должно удовлетворять требованиям, приведенным в табл. 6.7.

Таблица 6.7

Эргономические параметры мониторов,

зависящие от условий размещения на рабочем месте

Наименование параметров	Мониторы на ЭЛТ	ЖК – мониторы
Расстояние до экрана, мм	600-700	300-500
Внешняя освещенность экрана, лк	100-250	
Угловой размер знака, угл. мин.	12-60	
Угол наблюдения, град.	не более 40-70	не более 30
Угол поворота вокруг вертикальной оси, град.	± 30	± 60
Угол поворота вокруг горизонтальной оси, град.	0 – 20	0 – 25

У большинства ЖК – мониторов значительно худшие показатели угла наблюдения, чем у мониторов на ЭЛТ. Одним из результатов этого является искаженная цветопередача.

Наибольшее расстояние различимости знаков зависит как от эргономических параметров самого монитора, так и от внешних светотехнических характеристик окружающей среды.

Теперь об угле обзора экрана. Настоящий угол обзора экрана монитора определяет оптимальные размеры экрана и расстояние до пользователя. Для того чтобы понять, как формируются эти параметры, сделаем небольшой экскурс в физиологию глаза. Глаза являются самым активным из наших органов чувств, они находятся в непрерывном движении и все время обследуют одну за другой детали окружающего нас мира. Движения глаз в основном необходимы для того, чтобы перевести рассматриваемый объект в зону ясного видения сетчатки и фиксировать его там необходимое время. Результаты исследований показали, что для перевода взгляда на 20° требуется 6 – 7 мс, при переводе взгляда на 40° — 135 мс, при переводе взгляда более чем на 45° требуется уже движение головы. Размеры экрана монитора и расстояние до пользователя должны быть такими, чтобы угол обзора не превышал указанных величин и при ограниченном по размерам рабочем месте не обязательно следует гнаться за большими мониторами. Оптимальные (в данном случае — максимальные) размеры экрана для вашего рабочего места при условии размещения экрана монитора на минимально допустимом расстоянии от оператора 300-500 мм:

- если требуется оперативная реакция на движущиеся объекты, линейные размеры видимой области экрана должны быть не более 182 мм, что выливается примерно в 10-дюймовый;
- если обычный рабочий режим, это уже 19-дюймовый монитор.

Помимо полезных и нужных излучений в виде зрительной информации в видимом диапазоне, ПК с мониторами на ЭЛТ грешат еще неионизирующими излучениями в диапазоне радиочастотном. Букет частот значителен, поскольку двоичные коды множатся и преобразуются в этом детище Человечества в огромном числе. Но эмпирическим путем установлено, что основные мощности излучения лежат в диапазонах частот строчной (горизонтальной) и кадровой (вертикальной) развертки.

Допустимые значения параметров неионизирующих электромагнитных излучений приведены в табл. 6.8.

Таблица 6.8

Допустимые значения параметров неионизирующих электромагнитных излучений ПК

Наименование параметров	Допустимое значение
Напряженность электромагнитного поля на расстоянии 500 мм вокруг ПК по электрической составляющей должна быть не более: в диапазоне частот 5 Гц — 2 кГц; в диапазоне частот 2 — 400 кГц	25 В/м

	2,5 В/м
Плотность магнитного потока должна быть не более: в диапазоне частот 5 Гц — 2 кГц; в диапазоне частот 2 — 400 кГц	250 нТл 25 нТл
Поверхностный электростатический потенциал не должен превышать	500 В

Превзойти ПДУ по магнитной составляющей такому прибору, как ПК, вообще невозможно, мощности не те. Зато по электрической составляющей иногда встречаются экземпляры, выдающие 30 – 40 В/м при норме 25 В/м. Обычно это связано с нарушением условий подключения к сети питания, а именно с отсутствием защитного нулевого провода или некачественной связью с ним. Такое превышение устраняют приведением вышеупомянутых условий в соответствие с правилами электробезопасности.

Конструкция мониторов на ЭЛТ, в соответствии с санитарными нормами, должна обеспечивать мощность экспозиционной дозы рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от экрана и корпуса ПК, при любых положениях регулировочных устройств не выше 0,1 мбэр/ч (100 мкР/ч). Так вот по нашим данным рентгеновское излучение в реальной жизни не превышает 10 – 15 мкР/ч причем вне зависимости от фирм-изготовителей. Уровень гамма – фона не превышает 10 – 13 мкР/ч. Все это подтверждает тезис об относительной радиационной безопасности ПК

Поверхностный электростатический потенциал, как правило, не превышает 100 В при норме 500 В. Современные мониторы на ЭЛТ оборудованы встроенной антистатической защитой — проводящим покрытием, нанесенным на внутреннюю (реже на внешнюю) поверхность стекла экрана и имеющим электрическую связь с общим заземлением ПК. В ПК старшего поколения электростатический потенциал может достигать 15-20 кВ, что выше нормы в десятки раз, то есть практически все ускоряющее напряжение электронного пучка наводится на поверхность экрана. Для таких ПК имеет смысл использовать защитные экраны (приэкранные фильтры). Защитные экраны устраняют бликовость, улучшают контрастность при считывании информации с экранов и снимают электростатический потенциал, при наличии заземляющего провода.

Несмотря на малые величины, при длительной работе, а также во взаимодействии с другими вредными факторами, сопровождающими эксплуатацию ПК, возникает эффект накопления воздействия электромагнитных полей, что может привести к ряду серьезных нарушений здоровья пользователей. Так, на органы зрения влияют даже поля малой интенсивности (возможно развитие катаракты, глаукомы и других заболеваний), а электростатическое поле может вызвать отслоение роговицы глаза. Воздействие электромагнитного поля на головной мозг со временем может привести к различным заболеваниям — вплоть до развития злокачественных заболеваний. Значения напряженности электромагнитного поля в какой-то мере зависят и от “картинки” на экране видеомонитора. Сравнительные исследования показали, что мониторы, работающие в режиме Norton Commander и Windows, имеют уровни напряженности электрического поля в области высоких частот (2 – 400 кГц) на 15 – 60% выше, чем в режиме DOS. В этой связи работа всякого рода диспетчерских служб, учитывая их высокую интенсивность, в системе MS DOS уже не кажется такой архаичной.

Дизайн ПК должен предусматривать окраску корпуса в спокойные мягкие тона с диффузным рассеиванием света. Корпус ПК должен иметь матовую поверхность одного цвета с коэффициентом отражения 0,4 – 0,6 и не иметь блестящих деталей, способных создавать блики. Повышенная бликовость как экрана, так и корпуса ПК способствуют росту утомляемости человека-оператора.

Г. Средства ввода информации

При вводе информации в компьютер глаза пользователя совершают движения от восприятия текста на бумаге (отражение света) к экрану дисплея (излучение света) и обратно. Другими словами, глаза должны постоянно приспосабливаться и перестраиваться с одного способа восприятия информации на другой. Это постоянная «работа» зрительной системы, объем которой за рабочий день или другой промежуток времени мы еще до конца не представляем.

На первых этапах развития вычислительной техники упор делался на развитие аппаратных средств. С ними же по преимуществу были связаны эргономические исследования и разработки. Решались вопросы выбора и проектирования средств ввода информации: клавиатуры, изометрического или изотонического джойстика, шара трассировки, мыши, светового пера, сенсорного экрана и графического планшета (дигитайзера), а также устройств распознавания речи и рукописного текста. Наибольшее число эргономических исследований и разработок было связано с клавиатурой - наиболее распространенным средством ввода алфавитно-цифровой информации.

Рабочие циклы при работе на клавишных аппаратах многократно повторяются, что приводит к нервно-мышечному утомлению и возникновению профессиональных заболеваний рук. В возникновении этих заболеваний существенную роль играет рабочая поза(8), а также форма, размеры и расположение клавиатуры.

Требования к клавиатурам терминалов ЭВМ:

1. Наклон клавиатуры - угол между рабочей поверхностью стола или пульта и рабочей поверхностью клавиатуры должен регулироваться от 10 до 30°. Клавиатура с нерегулируемым наклоном в указанном диапазоне также считается приемлемой.
2. Рабочее усилие нагрузка, требуемая для нажатия клавиши с целью передачи ею соответствующего сигнала, составляет 0,5 Н. Рекомендуется предоставлять пользователю возможность по собственному усмотрению регулировать рабочее усилие в пределах от 0,25 до 1,5 Н.
3. Смещение – расстояние, которое клавиша должна пройти при ее нажатии до момента передачи ею соответствующего сигнала. В большинстве клавиатур для активизации клавиши требуется 2 мм, полное смещение равно 4 мм.
4. Наличие визуальной обратной связи, выражающейся в появлении на экране дисплея соответствующего знака для каждой нажатой клавиши. Акустическая обратная связь рассматривается как дополнительная, но она несколько повышает общий уровень шума. Для предотвращения ошибочности выходных сигналов в следствие одновременного нажатия нескольких клавиш рекомендуется предусматривать блокировку клавиатуры.
5. Форма и поверхность клавиш должны:
 - обеспечивать точное расположение пальцев пользователя;
 - минимизировать отражение света и иметь для этого матовую отделку;
 - обеспечивать подходящую поверхность для маркировки;
 - предотвращать попадание в механизм скапливающихся на поверхности клавиш частичек пыли, грязи, влаги и т.п.;

- не иметь острых краев, мешающих нажатию клавиш;
 - иметь вогнутое (чашеобразное) углубление для пальцев пользователя.
6. Расстояние между центрами клавиш должно быть в диапазоне от 17 до 19 мм.
7. Маркировка клавиш должна быть четкой и легкой для понимания. Размеры цифр и букв на них не должны быть менее 3 мм. Функциональные клавиши следует маркировать стандартными символами. Рекомендуется, чтобы функциональные клавиши отличались от остальных цветом, формой, положением или расстоянием между ними. Для стандартных клавиш рекомендуется нейтральный цвет, например бежевый или серый, а не белый, который дает повышенное отражение света.
8. Наилучшие условия работы пользователя с клавиатурой обеспечиваются когда его кисти и предплечья занимают положение, близкое к горизонтальному. Оптимальный диапазон движения пальцев расположен от 25 до 75 мм ниже уровня локтя. Высота расположения базового ряда клавиш над уровнем пола должна находиться в пределах от 720 до 750 мм. Расстояние от переднего края стола или пульта до последнего ряда клавиш не должно превышать 400 мм. На передней части клавиатуры следует предусматривать свободное пространство глубиной примерно 600 мм, которое используется в качестве опоры кистей рук пользователя.
9. Клавиатура должна быть отделена от дисплея, чтобы ее можно было удобно располагать для пользователя. Масса клавиатуры должна быть достаточной для того, чтобы предотвратить случайные ее сдвиги в процессе работы.

Мышь

Мышь – устройство ввода координат, которое используется на плоской поверхности и обеспечивает генерацию значений координат X и Y, управляющих положением отслеживаемого элемента на экране дисплея.

Мышь конструируется таким образом, чтобы оператор мог, поместив ее на рабочую поверхность(1), правильно ориентировать ее с точностью ± 10 градусов без необходимости визуального контроля.

Контроллер должен легко перемещаться в любом направлении, не требуя при этом перехвата руки, а результирующее перемещение отслеживаемого элемента на экране в том же направлении должно быть плавным и не отклоняться более чем на ± 10 градусов. Конструкция контроллера должна обеспечивать возможность работать с ним любой рукой. Перемещению линии от края и до края рабочей поверхности должно соответствовать перемещение отслеживаемого элемента от края и до края экрана. Чтобы контроллер не уводил отслеживаемый элемент за пределы экрана, предусматриваются индикаторы, помогающие оператору вернуть отслеживаемый элемент на экран.

Мышь не должна иметь острых краев, а размеры должны укладываться в следующие пределы:

- ширина (расстояние между кончиками пальцев при захвате мыши) 40 – 70 мм;
- длина 70 – 120 мм;
- высота 25 – 40 мм.

Мышь должна соответствовать размеру руки. Многие современные мыши оснащены колесиком, и это удобно в работе. Держать такую мышь следует за края большим пальцем и мизинцем, чтобы указательный лежал на левой кнопке, средний на колесике, а безымянный на правой кнопке. При этом запястье должно лежать на столе постоянно, а катать мышь по столу надо только движением пальцев, поскольку амплитуда движения такой мыши больше. При этом рука устает значительно меньше, и меньше вероятность развития тоннельного синдрома.

Использование ковриков и подставок с валиками имеет смысл только тогда, когда под правой рукой стоит стол несколько (на высоту валика) выше рабочего, а коврик лежит на рабочем столе и представляет собой продолжение приставного. В противном случае предплечье зависает в воздухе, двигается, устает и т.д. К тому же и на локоть нагрузка больше.

5. Практическое занятие

Правила учета антропометрических данных при расчетах эргономических параметров рабочих мест

Теоретическое введение

Данные о строении тела человека, его форме, размерах, их вариабельности и различиях в зависимости от пола, возраста, этнотерриториальных особенностей, рода занятий, принадлежности городу или селу и других факторов необходимы для:

- конструирования технических средств деятельности (станков, подъемно-транспортных машин, медицинского оборудования, мебели, изделий культурно-бытового назначения, спортивного инвентаря и т.п.);
- средств коллективной и индивидуальной защиты;
- одежды и обуви;
- при аттестации и паспортизации рабочих мест;
- при эргономической экспертизе готовой продукции.

Обязательный и корректный учет размеров тела позволяет создать в значительной степени оптимальные условия для поддержания рациональной рабочей позы и выполнения рабочих движений. А именно: рассчитать границы досягаемости(7) для рук и ног; рассчитать параметры безопасных рабочих пространств и доступов к узлам монтажа, наладки и ремонта; безопасных расстояний, проходов, аварийных выходов, лестниц; оградительных устройств, площадок, временных вспомогательных сооружений и т. п.

Эргономические размеры тела — это прежде всего инструмент проектирования (организации) рабочей позы путем расчета на их основе эргономических параметров элементов рабочих

мест и их пространственной организации. Среди последних особого внимания заслуживают опорные поверхности (поверхность сиденья, спинки, подлокотников; рабочая поверхность и подставка для ног), которые постоянно и непосредственно соприкасаются с телом работающего и являются исходными при расчетах других параметров рабочего места.

Применительно к задачам эргономики и конструирования выделяются эргономические антропометрические признаки(9), или эргономические размеры тела. Они отличаются от классических размеров тела тем, что внешне ориентированы в пространстве так же, как и рабочие движения и позы, а следовательно, соответствуют ориентации параметров производственного оборудования (высота, ширина, глубина). Кроме того, эргономические размеры тела отличны по структуре, базам отсчета(10), способам измерений и т. п. Они измеряются в положении стоя, сидя и лежа, а также в переходных положениях тела.

Эргономические размеры тела по методам измерений и практическому значению делятся на две группы: статические(11) и динамические(12).

Методическое обеспечение

Расчет свободных(5) и компоновочных параметров(6) рабочего места

При расчетах эргономических параметров рабочих мест на основе антропометрических данных, необходимо учитывать:

- положение тела работающего (стоя, сидя, лежа), а также возможность его изменения;
- величину размаха рабочих движений; необходимость (или ее отсутствие) ограничения рабочего пространства (кабины, отсеки, площадки и т.п.);
- возможность регулирования параметров рабочего места;
- возможность передвижения сиденья, педали, подставки для ног;
- параметры обзорности и др.

При использовании антропометрических данных следует:

- предусматривать по возможности большее число регулируемых параметров производственного оборудования и рабочих мест;
- рассматривать все множество антропометрических признаков как одинаково необходимое, выявляя их значимость при анализе конкретных объектов производственного оборудования;
- учитывать, что базы отсчета при расчетах параметров машины не должны противоречить тем, которые используются при измерении размеров тела;
- допускать округление цифровых значений используемых антропометрических признаков только в пределах 1 см и 1°;
- знать, что не существует человека, все размеры тела которого соответствовали бы только средним арифметическим значениям или только 5-му или 95-му перцентилям; это лишь условное предположение.

Не рекомендуется:

- рассчитывать параметры машины на основе средних арифметических значений антропометрических признаков;
- использовать антропометрические данные значительной давности (20—25 лет);

- использовать антропометрические данные, приводимые в справочниках, монографиях и т.п., если не указаны год сбора материала, пол, возраст и национальность контингента исследуемых, численность обследованной группы населения;
- ориентироваться на размеры тела, взятые в положении стоя, для расчетов параметров рабочих мест, предназначенных для работы сидя;
- получать основные эргономические размеры путем сложения отдельных классических размеров;
- применять зарубежные данные.

Процесс использования размеров тела при расчетах эргономических параметров рабочих мест и производственного оборудования можно сгруппировать в несколько правил, основу которых составляет метод перцентилей(2).

Правило 1. Определить характер контингента потребителей, для которого предназначено оборудование (пол, возраст, национальность, род занятий, однородность или смешанность группы по указанным выше признакам). Например, промышленные рабочие Российской Федерации — это мужчины и женщины различного возраста, различной этнической принадлежности и проживающие в различных регионах страны. Внутри когорты промышленных рабочих есть группы, резко отличающиеся по роду деятельности, а следовательно, по тем техническим средствам, которые они используют. Так, на конвейерах (кроме конвейеров для сборки тяжелых деталей) работают в основном женщины различных возрастов, в станкостроении — мужчины (большинство) и женщины, в текстильной и пищевой промышленности — в основном женщины, в электронной промышленности — молодые женщины, на подъемно-транспортных машинах — в основном мужчины и т.д.

Следует учитывать стремительное увеличение размеров тела у молодого поколения по сравнению со старшим.

Знание процентного соотношения потребителей по полу, возрасту, национальности, принадлежности городу или селу и т.п. важно для повышения степени удовлетворенности работающих с техникой.

Правило 2. Составить перечень конкретных эргономических параметров рабочего места, которые будут рассчитаны на основе размеров тела работающего. При этом следует определить:

- тип рабочего места согласно предложенной классификации(3);
- принадлежность параметра к группе габаритных(4), свободных(5) или компоновочных(6);
- ориентацию параметра в пространстве (ширина, высота, глубина);
- возможность регулировки параметра или отсутствие таковой;
- возможность передвижения элементов рабочего места (подвижность сиденья, перемещение педалей, выдвижение рабочих поверхностей, передвижение пультов на гибких шлангах, подвижность всего поста управления и т. п.);
- возможность передвижения работающего или отсутствие таковой.

Правило 3. Выбрать антропометрический признак, который необходим для расчета того или иного параметра машины. При выборе признака следует учитывать:

- рабочее положение тела работающего;
- особенности рабочей позы (корпус наклонен, выпрямлен, руки на весу или на подлокотниках, ноги на полу или на подставке, на педалях и т.п.);
- особенности антропометрического признака, обусловленные полом, возрастом, национальностью, родом занятий и т.п.

Правило 4. Выбрать крайние перцентильные значения признака и этим определить объем удовлетворенных потребителей. Этот выбор в первую очередь связан с наличием или отсутствием регулировки рассчитываемого параметра.

Расчет регулируемых параметров оборудования

Для определения верхней и нижней границ диапазона регулировки параметра используют два значения антропометрического признака, соответствующие 5-му и 95-му перцентильям определенной группы населения (рис.6.9 а). В этом случае объем потребителей, удовлетворенных значением параметра, будет равен 90 %. Неудовлетворенными останутся 5 % работающих с наибольшими и 5 % с наименьшими размерами тела, т. е. всего 10%.

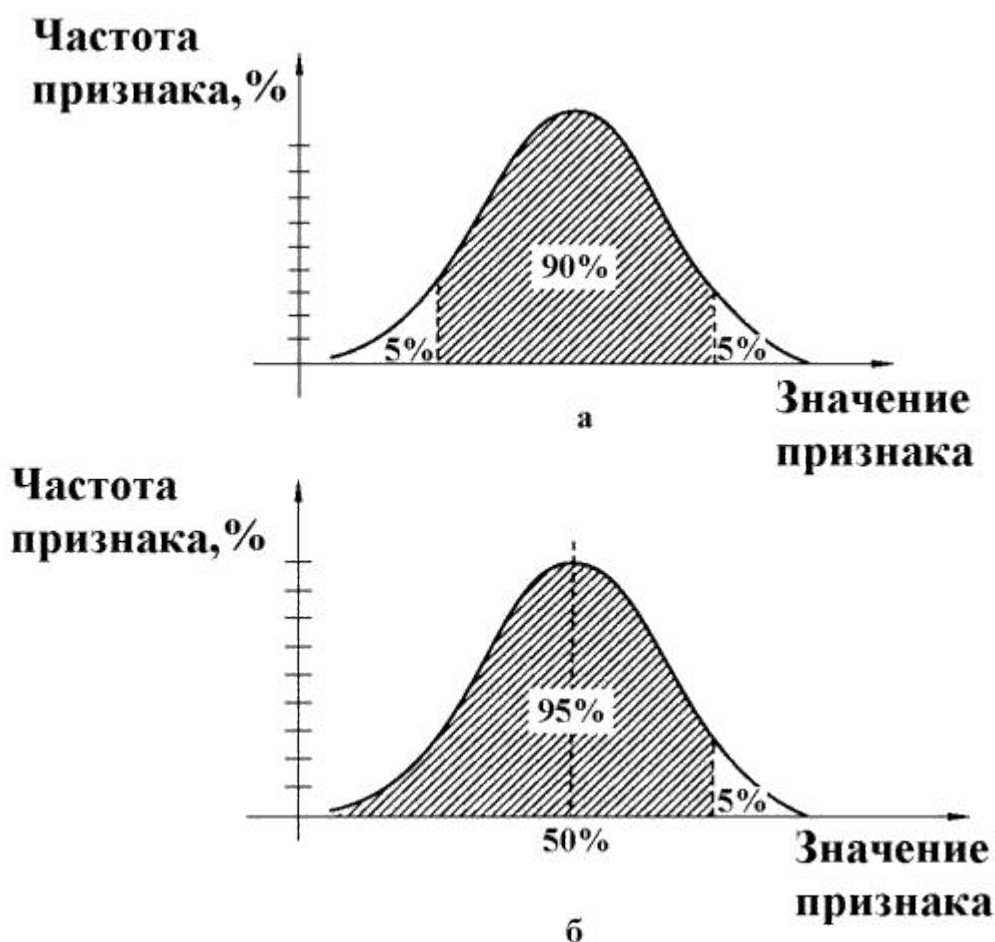


Рис. 6.9. Площади под нормальной кривой распределения антропометрического признака: а - площадь равна 90% пользователей; б - площадь равна 95% пользователей

Пример расчета.

Для определения диапазона регулировки высоты сиденья используется признак «высота подколенного угла над полом в положении сидя». По данным 2 возрастных групп 20—28 и 29—35 лет наименьшее значение этого признака, соответствующее 5-му перцентилю, имеем в группе 29—35 лет, наибольшее значение признака, соответствующее 95-му перцентилю, — в группе 22—28 лет, соответственно, 40, 90 см и 48,13 см. Разница между этими значениями перцентилей составляет 7 см (округленно), что определяет диапазон регулировки. Высота сиденья в его крайнем верхнем положении должна быть 48 см, в крайнем нижнем – 41 см.

Расчет нерегулируемых параметров оборудования

Для расчета нерегулируемых параметров используется одно значение признака, соответствующее только 5-му или только 95-му перцентилю (рис. 6.9 б). В этих случаях объем удовлетворенных потребителей равен 95 %. Неудовлетворенными остаются только 5 % работающих с наименьшими или наибольшими размерами тела.

Параметры проходов на рабочем месте измеряют так же, как и габаритные параметры рабочего места.

Перечень эргономических размеров тела и их статистические параметры, необходимые для расчетов линейных параметров элементов рабочих мест для работы в положении стоя и сидя приведены в табл. 6.9 и табл. 6.10.

Таблица 6.9.

Эргономические размеры (антропометрические признаки)

Положение стоя

№ п/п	Размер тела	Пол	X	S	P ₅	P ₉₅
Высота над полом:						
1	верхушечной точки (рост)	М	175,69	5,62	166,44	184,94
		Ж	163,69	5,74	154,24	173,13
2	плечевой точки	М	146,34	5,52	137,25	155,42
		Ж	135,99	5,48	126,97	145,00
3	фаланговой точки	М	77,30	3,85	70,96	83,64
		Ж	73,12	3,35	67,60	78,63
4	пальцевой III точки	М	66,81	3,68	50,75	72,87
		Ж	63,47	3,20	58,21	68,73
5	глаз	М	163,74	5,33	154,65	172,84
		Ж	152,55	5,65	143,25	161,84
6	линии талии	М	107,89	4,60	100,33	115,46
		Ж	101,97	4,19	95,08	108,86
7	локтя	М	108,32	4,82	100,41	116,23
		Ж	101,04	4,21	94,12	107,97
8	подъягодичной точки	М	80,74	4,12	73,96	87,52

		Ж	74,89	4,19	67,99	81,97
9	Длина кисти	М	18,79	0,87	17,36	20,22
		Ж	16,84	0,80	15,55	18,15
10	Длина стопы	М	26,61	1,18	24,67	28,55
		Ж	23,92	1,05	22,19	25,64
11	Бидельтоидный диаметр	М	45,76	2,25	41,63	49,23
		Ж	41,16	2,11	37,70	44,63
12	Вертикальная досягаемость рук	М	221,91	8,28	208,29	235,53
		Ж	204,71	7,92	191,68	217,75
13	Размах рук	М	178,17	6,75	167,07	189,27
		Ж	163,95	7,51	151,60	176,30
14	Размах рук, согнутых в локтях	М	93,48	3,68	87,42	99,54
		Ж	87,01	3,80	80,76	93,26
15	Передняя досягаемость рук	М	84,90	4,00	78,32	91,48
		Ж	78,94	3,77	72,74	85,14
16	Наибольший поперечный диаметр туловища	М	51,16	3,10	46,11	56,48
		Ж	46,84	3,12	41,70	51,97
17	Наибольший переднезадний диаметр туловища	М	24,54	2,03	20,68	31,16
		Ж	24,23	2,04	20,86	27,59

Таблица 6.10

Эргономические размеры тела (антропометрические признаки)

Положения сидя

№ п/п	Размер тела	Пол	X	S	P ₅	P ₉₅
	Высота над сиденьем:					
1	верхушечной точки	М	91,18	3,18	85,76	95,20
		Ж	85,86	3,18	80,63	90,08
2	затылочной точки	М	79,98	3,25	74,63	85,32
		Ж	74,69	3,29	69,28	80,10
3	шейной точки	М	65,12	3,11	60,00	70,24
		Ж	61,96	2,87	57,24	66,68
4	плечевой точки	М	62,02	2,90	56,36	66,19
		Ж	57,80	2,70	53,27	62,33
5	подлопаточной точки	М	44,84	2,80	40,23	49,45
		Ж	42,43	2,83	37,78	47,09
6	глаз	М	79,04	3,26	73,69	84,40
		Ж	74,17	2,93	69,36	78,99
7	талии	М	26,26	2,16	22,72	29,80
		Ж	24,59	2,03	21,25	27,93
8	локтя	М	24,29	2,52	20,15	28,43
		Ж	23,56	2,41	19,60	27,52
9	бедра	М	15,06	1,75	12,19	17,93
		Ж	14,76	1,36	12,60	17,23
10	Сиденье – III пальцевая фаланга опущенной вниз руки	М	18,01	2,64	13,66	22,65
		Ж	16,12	2,68	11,71	20,53
11	Высота колена над полом	М	56,19	2,52	52,04	60,33
		Ж	52,71	2,43	48,71	56,72

12	Высота подколенного угла над полом	М	46,79	2,40	42,85	50,79
		Ж	42,34	2,30	38,56	46,12
13	Бидельтоидный диаметр	М	45,76	2,25	41,63	49,23
		Ж	41,16	2,11	37,70	44,63
14	Наибольшая ширина таза	М	36,15	2,33	32,31	39,98
		Ж	37,24	2,32	33,42	41,06
15	Межлоктевой диаметр	М	37,90	3,36	32,38	42,42
		Ж	35,05	3,16	29,85	40,26
16	Наибольший межлоктевой диаметр	М	46,80	3,49	41,06	52,54
		Ж	42,49	3,05	37,48	47,51
17	Спинка сиденья – передняя поверхность туловища	М	22,67	1,99	19,39	25,95
		Ж	23,49	1,99	23,43	27,45
18	Спинка сиденья – III пальцевая точка	М	37,49	2,04	34,14	40,84
		Ж	34,20	1,97	30,96	37,43
19	Спинка сиденья – подколенный угол	М	51,65	2,57	47,58	55,72
		Ж	49,56	2,85	40,63	54,01
20	Спинка сиденья – колено	М	61,04	2,98	56,13	65,95
		Ж	58,38	2,89	53,63	63,14
21	Спинка сиденья – конечная точка стопы	М	76,70	3,83	70,41	83,00
		Ж	72,69	3,41	67,08	78,30

Задания для практикума

1. Рассчитать соотношение высот рабочей поверхности, сиденья и подставки для ног, учитывая антропометрические данные только женщин, работающих в положении сидя.

Условия. Сиденье не регулируется по высоте, но всем работницам оно должно быть удобным.

Начать расчет с определения высоты сиденья, которая соответствует признаку «высота подколенного угла над полом», согласно 95-му перцентилю, т.е. высоких женщин. Для низкорослых женщин следует рассчитать высоту подставки для ног, которая будет равна разнице между значениями 95-го и 5-го перцентилей указанного выше признака. Высота рабочей поверхности будет равна высоте сиденья, рассчитанного на самую высокую женщину плюс 270 — 280 мм.

2. Рассчитать границы максимальной и минимальной вертикальной досягаемости для рук в положении стоя.

Условия. У настенного пульта работают мужчины и женщины. Использовать следующие размеры тела: «высота III фаланговой точки над полом» и «вертикальная досягаемость рук».

6. Контрольные вопросы

1. Анализ пространственной компоновки рабочего места (на примере рабочего места пользователя ПЭВМ)?
2. Проектирование рабочей среды (на примере рабочего места пользователя ПЭВМ)?
3. Требования к помещению при организации рабочих мест пользователей ПЭВМ?
4. Требования к монитору видеодисплейного терминала ПЭВМ?
5. Средства ввода информации и требования к ним?
6. Назовите основные правила учета эргономических параметров рабочего места.
7. Как строится таблица антропометрических признаков? На основе каких измерений?

Рабочее пространство, рабочее место и рабочая задача

Под **рабочим пространством** понимается некоторый объем, предназначенный в рабочей системе для трудовой деятельности одного человека или большего числа людей и позволяющий выполнить рабочую задачу.

Рабочим местом называется та часть рабочего пространства, где располагается производственное оборудование, с которым взаимодействует человек в рабочей среде.

Рабочая задача - это цель, которая должна быть достигнута в определенных условиях, и требуемые действия для выполнения задачи человеком или большим числом людей.

1. Рабочая среда

Рабочая среда (производственная среда) - это физические, химические, биологические, социальные и культурные факторы, совокупность которых составляет среду на рабочем месте.

2. Перцентиль

Перцентиль (процент) — значение антропометрического признака для сотой доли совокупности измеренных людей. Если кривую распределения всей совокупности измеренных людей разделить на 100 равных частей, то получим 99 площадей, в каждой из которых будет свое значение признака и частота ее встречаемости. Каждый перцентиль имеет свой номер, совпадающий с его порядком. Например, 1-й перцентиль в распределении отсекает наименьшие значения признака, составляющие 1 % от всех его значений; 5-й перцентиль длины тела у мужчин составляет 163,6 см, т.е. это означает, что 5% измеренных людей имеют длину тела 163,6 см и ниже, а 95 % — выше.

3. Классификация рабочих мест

1. По отношению к целевому продукту:
 - основные;
 - вспомогательные;
 - обслуживающие.
2. По месту, занимаемому в системе организации производства:
 - рабочих;
 - служащих;
 - ИТР;
 - руководителей;
 - оперативного персонала.
3. По специфике организации взаимодействия работающих друг с другом в технологическом процессе:
 - индивидуальные;
 - коллективные.
4. По степени изоляции:
 - изолированные;
 - неизолированные (огражденные, не огражденные).
5. По характеру отношений к внешней среде:
 - в помещении;
 - вне помещения.

6. По отдельным характеристикам средств труда – по уровню механизации труда:
 - для производства ручных работ;
 - для производства механизированных работ;
 - для производства автоматизированных работ;
 - для производства работ смешанного типа.
7. По степени специализации средств труда:
 - рабочее место с универсальными средствами труда;
 - рабочее место со специализированными средствами труда;
 - рабочее место со специальными средствами труда.
8. По количеству обслуживаемого оборудования:
 - одно-машинные;
 - многомашинные.
9. По степени подвижности работающего:
 - рабочее место без перемещения работающего;
 - рабочее место с ограниченным перемещением работающего относительно средств труда;
 - рабочее место с перемещением работающего в ограниченном пространстве (маршрутное, зональное) без использования средств транспорта.
10. По степени подвижности рабочего места:
 - стационарные;
 - подвижные.

4. Габаритные параметры

Среди *габаритных* следует различать габаритные параметры в целом и габаритные параметры отдельных элементов.

Габаритные параметры рабочего места в целом (объем, высота, ширина, глубина, площадь) характеризуют предельные размеры внешних его очертаний, если рабочее место не имеет ограждений (станок, пульт, конвейер и т.п.), или размеры его внутренних очертаний, если рабочее место имеет ограждение (кабина).

Габаритные параметры отдельных элементов определяют объем рабочего пространства в целом и его планировку.

В пределах габаритных параметров рассматриваются свободные и компоновочные параметры.

5. Свободные параметры

Свободные параметры – это параметры отдельных элементов рабочего места, которые не имеют общих баз отсчета, а следовательно не сопряжены друг с другом. Свободные параметры могут быть регулируемыми (переменными – рабочее кресло) и нерегулируемыми (постоянными).

6. Компоновочные параметры

Компоновочные параметры – характеризуют положение отдельных элементов рабочего места относительно друг друга и работающего человека. К ним относятся расстояния между элементами рабочего места, границы досягаемостей в моторном пространстве, зоны оптимального видения, высотные соотношения между рабочей поверхностью, сиденьем и подставкой для ног, размах движений приводных элементов органов управления и т.д.

Компоновочные параметры могут быть постоянными и переменными (регулируемыми). Регулировка возможна за счет регулировки свободных параметров и за счет подвижности элементов рабочего места.

7. Моторное пространство, зоны досягаемости

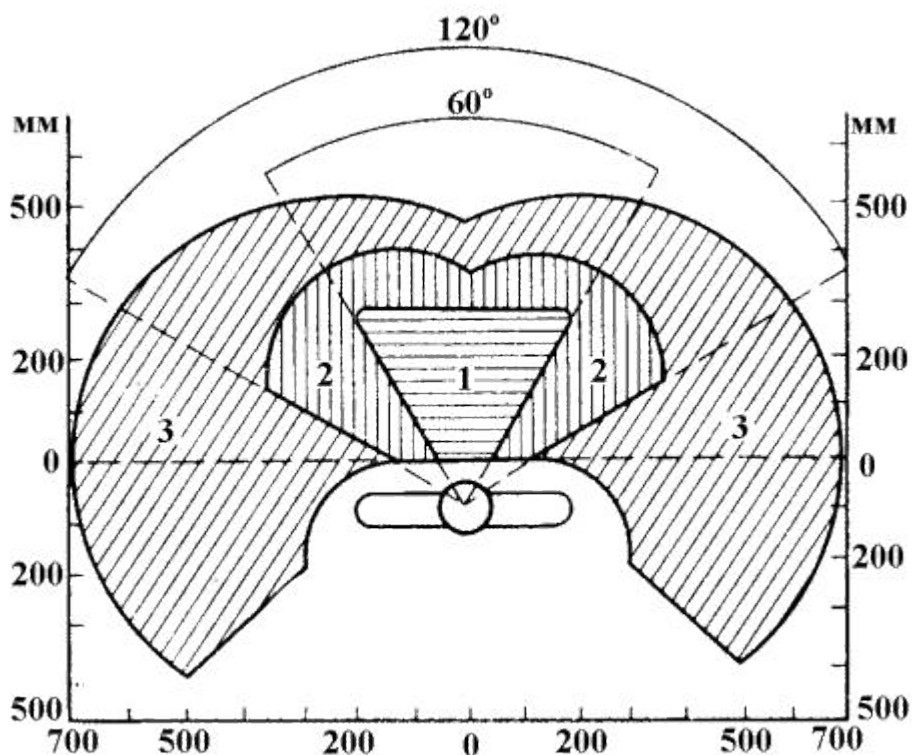


Рис. 6.4. Зоны досягаемости в горизонтальной плоскости

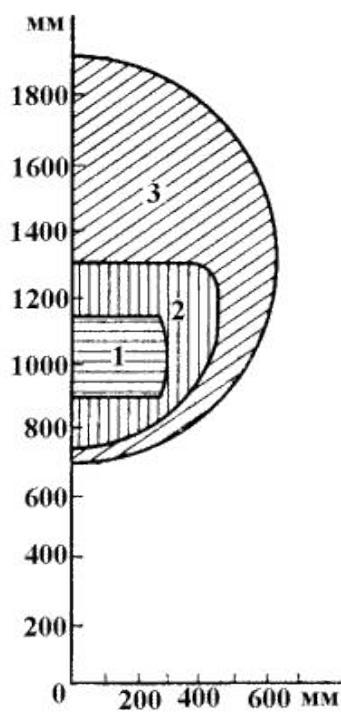


Рис. 6.5. Зоны досягаемости в вертикальной плоскости

Как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях наиболее удобной, т.е. оптимальной, является зона 1 (рис. 6.4 и 6.5). В пределах этой зоны могут выполняться наиболее точные и очень частые движения и размещаться наиболее важные и очень часто используемые органы управления.

В зоне 2 - зона легкой досягаемости (рис. 6.4 и 6.5) могут выполняться достаточно точные и частые движения и размещаться важные и часто используемые органы управления.

В пределах зоны 3 - зона досягаемости (рис. 6.4 и 6.5) могут выполняться менее точные и редкие движения, так как в следствие увеличения амплитуды движения на их выполнение затрачивается больше времени и при высокой частоте такие движения становятся энергетически невыгодными. В зоне 3 могут размещаться менее важные и редко используемые органы управления.

Наиболее редкими должны быть движения рук кзади от нулевой линии (рис. 6.5), требующие поворота туловища.

8. Рабочие положения и позы

Рабочее пространство и организация рабочего места, досягаемость и величина усилий на органы управления, а также характеристики обзорности обуславливаются прежде всего положением тела работающего. С точки зрения биомеханики положение тела зависит от ориентации его в пространстве и от величины площади опоры. Наиболее распространены рабочие положения стоя и сидя, реже - лежа. Каждое положение характеризуется определенными условиями равновесия, степенью напряжения мышц, состоянием кровеносной и дыхательной систем, расположением внутренних органов и, следовательно, расходом энергии.

Поза - это взаиморасположение звеньев тела, независимое от его ориентации в пространстве и отношения к опоре.

Термин "рабочая поза" обозначает наиболее частое и предпочтительное взаиморасположение звеньев тела при выполнении трудовых операций. Рабочая поза динамична. Ее изменение связано с рабочими движениями, причем поза рассматривается как пространственная граница фазы движения (начальная, граничная, конечная).

9. Антропометрические данные

Антропометрические признаки - соматические характеристики человека, отражающие его внутривидовые вариации строения и закономерности развития (линейные, периметровые, угловые размеры тела, сила мышц, форма головы, грудной клетки и др.) и выраженные количественно (мм, град, кг, баллы и т.п.). Схема измерения антропометрических размеров тела в положении стоя представлена на рис. 6.11 и в положении сидя - рис. 6.12.

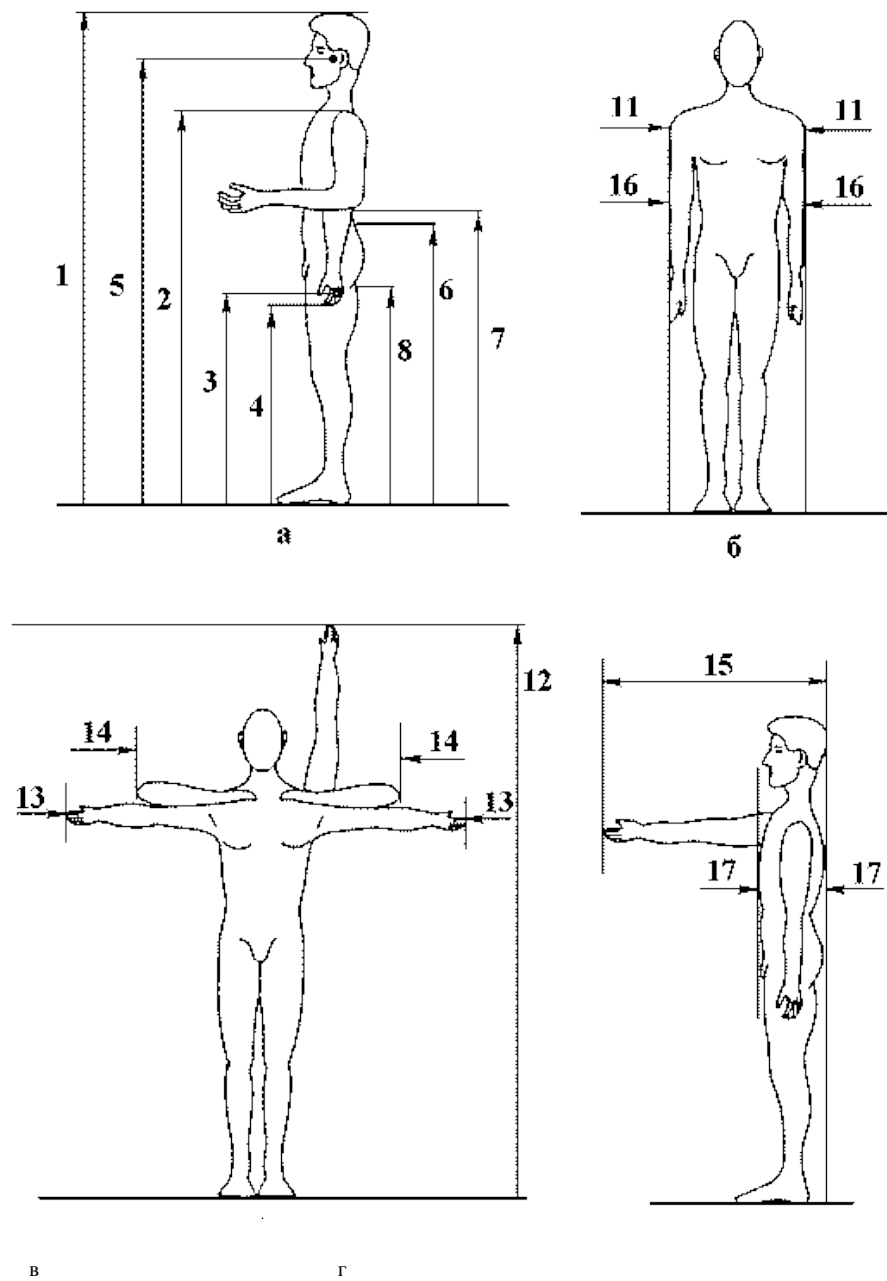


Рис.6.11. Эргономические размеры тела в положении стоя: а - продольные размеры отдельных частей тела; б,в,г - габаритные размеры тела (соответственно - продольные, поперечные, переднезадние)

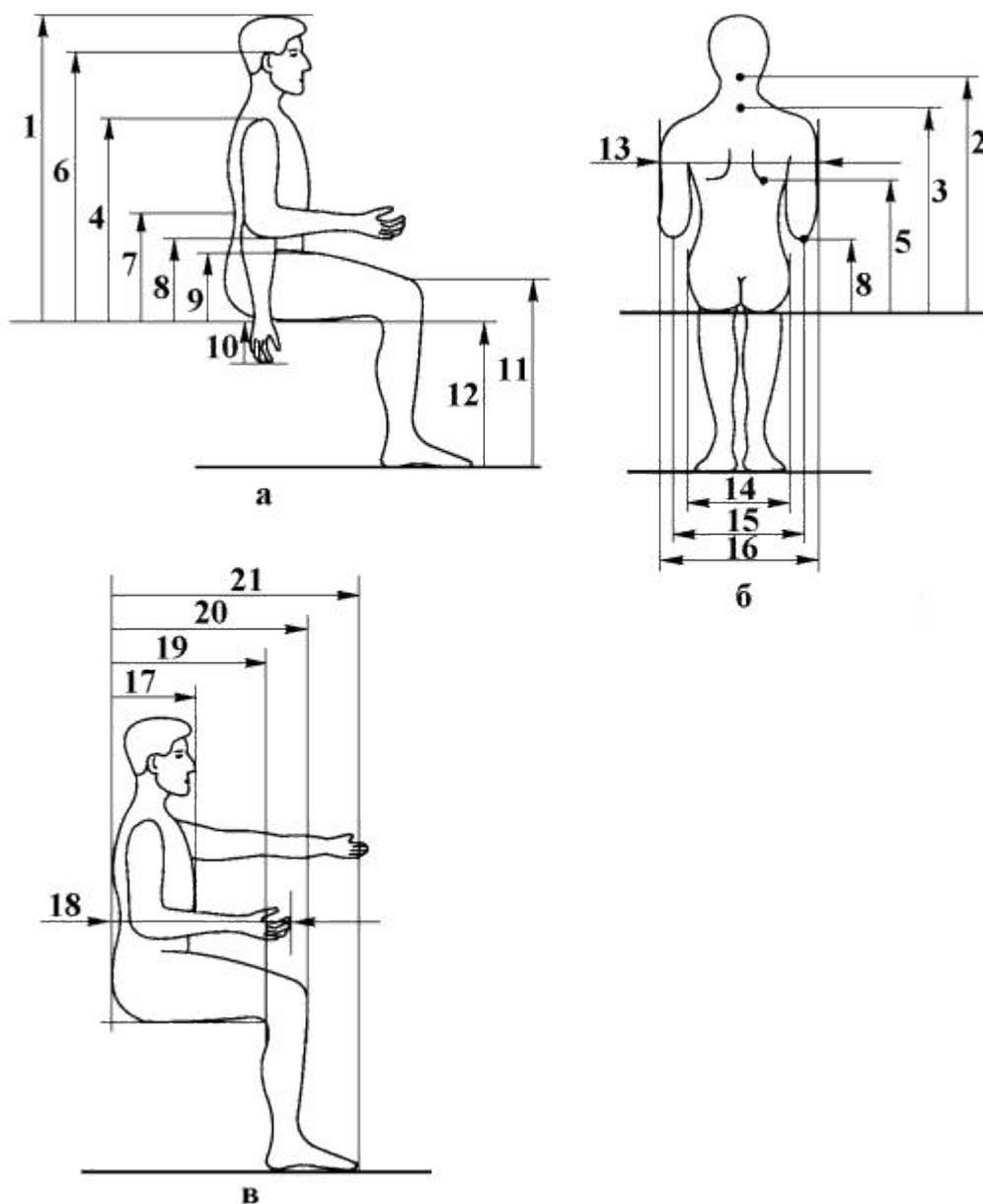


Рис. 6.12. Эргономические размеры тела в положении сидя: а,б - продольные и поперечные размеры тела; в - переднезадние размеры тела

В табл.5.9 и табл.5.10 приведен перечень эргономических размеров тела и их статистические параметры, необходимые для расчетов линейных параметров элементов рабочих мест для работы в положении стоя и сидя. Измерения проведены в 1994 г. — мужчины (166 человек) и женщины (207 человек) в возрасте 18—21 год. Следует отметить, что эти размерные данные характеризуют городское население, которое в настоящее время имеет возраст 38—41 год.

Таблица 6.9

Эргономические размеры (антропометрические признаки)

Положение стоя

№ п/п	Размер тела	Пол	X	S	P ₅	P ₉₅
Высота над полом:						
1	верхушечной точки (рост)	М	175,69	5,62	166,44	184,94
		Ж	163,69	5,74	154,24	173,13
2	плечевой точки	М	146,34	5,52	137,25	155,42
		Ж	135,99	5,48	126,97	145,00
3	фаланговой точки	М	77,30	3,85	70,96	83,64
		Ж	73,12	3,35	67,60	78,63
4	пальцевой III точки	М	66,81	3,68	50,75	72,87
		Ж	63,47	3,20	58,21	68,73
5	глаз	М	163,74	5,33	154,65	172,84
		Ж	152,55	5,65	143,25	161,84
6	линии талии	М	107,89	4,60	100,33	115,46
		Ж	101,97	4,19	95,08	108,86
7	локтя	М	108,32	4,82	100,41	116,23
		Ж	101,04	4,21	94,12	107,97
8	подъягодичной точки	М	80,74	4,12	73,96	87,52
		Ж	74,89	4,19	67,99	81,97
9	Длина кисти	М	18,79	0,87	17,36	20,22
		Ж	16,84	0,80	15,55	18,15
10	Длина стопы	М	26,61	1,18	24,67	28,55
		Ж	23,92	1,05	22,19	25,64
11	Бидельтоидный диаметр	М	45,76	2,25	41,63	49,23
		Ж	41,16	2,11	37,70	44,63
12	Вертикальная досягаемость рук	М	221,91	8,28	208,29	235,53
		Ж	204,71	7,92	191,68	217,75
13	Размах рук	М	178,17	6,75	167,07	189,27
		Ж	163,95	7,51	151,60	176,30
14	Размах рук, согнутых в локтях	М	93,48	3,68	87,42	99,54
		Ж	87,01	3,80	80,76	93,26
15	Передняя досягаемость рук	М	84,90	4,00	78,32	91,48
		Ж	78,94	3,77	72,74	85,14
16	Наибольший поперечный диаметр туловища	М	51,16	3,10	46,11	56,48
		Ж	46,84	3,12	41,70	51,97
17	Наибольший переднезадний диаметр туловища	М	24,54	2,03	20,68	31,16
		Ж	24,23	2,04	20,86	27,59

Таблица 6.10

Эргономические размеры тела (антропометрические признаки)

Положения сидя

№ п/п	Размер тела	Пол	X	S	P ₅	P ₉₅
Высота над сиденьем:						
1	верхушечной точки	М	91,18	3,18	85,76	95,20
		Ж	85,86	3,18	80,63	90,08
2	затылочной точки	М	79,98	3,25	74,63	85,32
		Ж	74,69	3,29	69,28	80,10
3	шейной точки	М	65,12	3,11	60,00	70,24
		Ж	61,96	2,87	57,24	66,68
4	плечевой точки	М	62,02	2,90	56,36	66,19
		Ж	57,80	2,70	53,27	62,33
5	подлопаточной точки	М	44,84	2,80	40,23	49,45
		Ж	42,43	2,83	37,78	47,09
6	глаз	М	79,04	3,26	73,69	84,40
		Ж	74,17	2,93	69,36	78,99
7	тали	М	26,26	2,16	22,72	29,80
		Ж	24,59	2,03	21,25	27,93
8	локтя	М	24,29	2,52	20,15	28,43
		Ж	23,56	2,41	19,60	27,52
9	бедра	М	15,06	1,75	12,19	17,93

		Ж	14,76	1,36	12,60	17,23
10	Сиденье – III пальцевая фаланга опущенной вниз руки	М	18,01	2,64	13,66	22,65
		Ж	16,12	2,68	11,71	20,53
11	Высота колена над полом	М	56,19	2,52	52,04	60,33
		Ж	52,71	2,43	48,71	56,72
12	Высота подколенного угла над полом	М	46,79	2,40	42,85	50,79
		Ж	42,34	2,30	38,56	46,12
13	Бидельтоидный диаметр	М	45,76	2,25	41,63	49,23
		Ж	41,16	2,11	37,70	44,63
14	Наибольшая ширина таза	М	36,15	2,33	32,31	39,98
		Ж	37,24	2,32	33,42	41,06
15	Межлоктевой диаметр	М	37,90	3,36	32,38	42,42
		Ж	35,05	3,16	29,85	40,26
16	Наибольший межлоктевой диаметр	М	46,80	3,49	41,06	52,54
		Ж	42,49	3,05	37,48	47,51
17	Спинка сиденья – передняя поверхность туловища	М	22,67	1,99	19,39	25,95
		Ж	23,49	1,99	23,43	27,45
18	Спинка сиденья – III пальцевая точка	М	37,49	2,04	34,14	40,84
		Ж	34,20	1,97	30,96	37,43
19	Спинка сиденья – подколенный угол	М	51,65	2,57	47,58	55,72
		Ж	49,56	2,85	40,63	54,01
20	Спинка сиденья – колено	М	61,04	2,98	56,13	65,95
		Ж	58,38	2,89	53,63	63,14
21	Спинка сиденья – конечная точка стопы	М	76,70	3,83	70,41	83,00
		Ж	72,69	3,41	67,08	78,30

10. Базы отсчета для измерения параметров рабочих мест

Для расчетов эргономических параметров рабочих мест и производственного оборудования на основе антропометрических данных при проектировании, а также для их измерений на рабочем месте с целью проведения эргономического анализа и оценки, следует использовать унифицированные базы отсчета, которые не требовали бы при их нахождении сложных перерасчетов или применения специальных устройств. Базы отсчета для измерений и расчетов габаритных, свободных и компоновочных параметров рабочих мест различны.

Для расчетов и измерений **внутренних габаритных параметров** рабочего места за базы отсчета принимаются воображаемые ограничительные плоскости, касательные к наиболее выступающим внутрь рабочего пространства точкам элементов рабочего места, ограничивающим размах движений и прохождение работающего (приводные элементы органов управления, щиток, отопитель, плафон, оградительное устройство и т.п.). Например, ширина кабины экскаватора измеряется как проекционное расстояние между выступающими внутрь элементами, расположенными на правой и левой ее стенках на уровне плечевого пояса машиниста в положении сидя.

Базами отсчета для расчетов и измерений **габаритных параметров** отдельных элементов рабочего места (сиденья, щитка, кнопки и т.п.) будут наиболее выступающие по высоте, ширине и глубине точки, края и т.п. измеряемого элемента рабочего места. Например, общая высота рабочего сиденья рассматривается как высота над полом верхнего края спинки в самом ее высоком положении (и при самой большой высоте сиденья).

Базы отсчета **свободных параметров** рабочего места находят в пределах измеряемого элемента рабочего места. Для каждого параметра они будут различны. Например, ширина сиденья измеряется как прямое расстояние между его правым и левым краями. Длина педали — расстояние между центральными точками переднего и заднего края и т.п. Часто размеры, являющиеся для рабочего места в целом свободными, для измеряемого элемента являются габаритными.

Базы отсчета для расчетов **компоновочных параметров** различны, и выбор их зависит от выбора параметра, но, как правило, ими являются ограничительные плоскости.

Так как в современной научной и справочной литературе представлены в основном статические антропометрические признаки, то и предлагаемая система отсчета границ моторного пространства выбрана с условием использования только этой группы признаков.

Измерения и расчеты границ досягаемости на рабочем месте производят в основных ортогональных плоскостях: горизонтальной, фронтальной и сагитальной (профильной), используя внешнюю систему отсчета, вне тела.

Нулевые точки отсчета располагаются на следующих плоскостях (рис. 6.10).

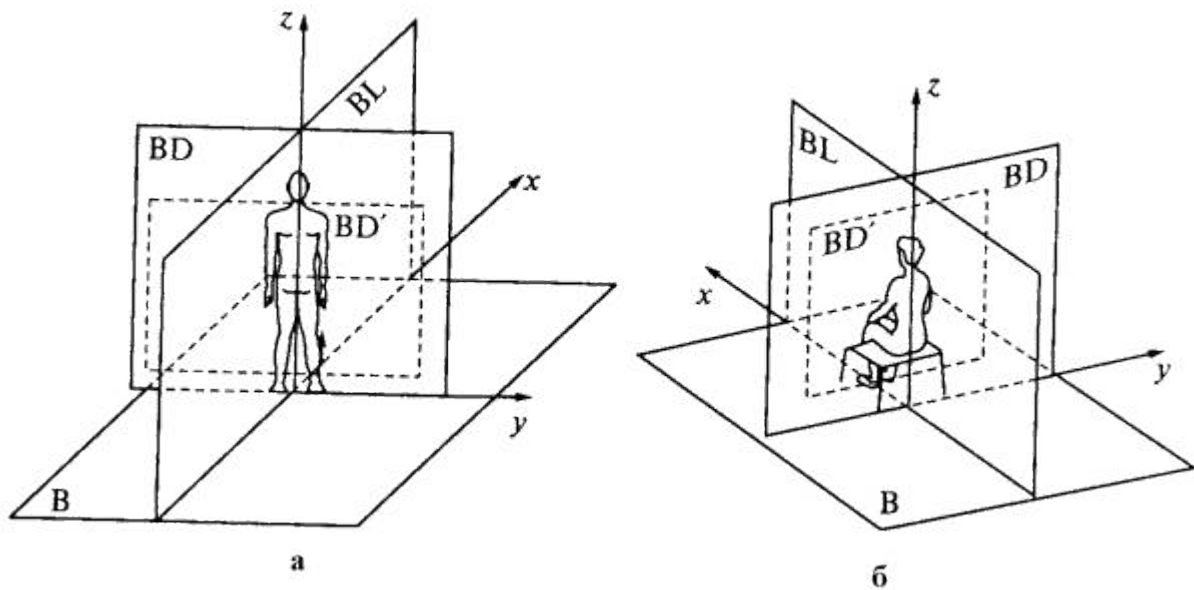


Рис. 6.10. Системы координат, используемые при расчетах эргономических параметров рабочих мест: а - в положении стоя; б - в положении сидя

В положении стоя:

- на горизонтальной плоскости **В** (пол или другая опорная поверхность для стоп, например подставка для ног, педаль и т.п.);
- на фронтальной плоскости **ВО** (воображаемая плоскость, касательная переднему краю оборудования);
- на срединно-сагиттальной плоскости (профильной) **ВВ**, совпадающей с одноименной плоскостью тела.

В положении сидя:

- на горизонтальной плоскости **В** (пол или другая опорная поверхность для стоп);
- на фронтальной плоскости:

а) касательной к переднему краю оборудования (**ВО**), если сиденье свободно-подвижно;

б) касательной к наиболее выступающим точкам спины, или спинки сиденья (**ВО**), при закрепленном сиденье или при наличии его подвижности по направляющей вперед-назад;

- на срединно-сагиттальной плоскости **ВВ**, проходящей через середину сиденья (профильная) и совпадающей с одноименной плоскостью тела при выпрямленном корпусе.

Следует заметить, что многие из этих плоскостей, кроме фронтальной плоскости, параллельной переднему краю оборудования, были использованы как базы отсчета при измерениях антропометрических признаков. Поэтому в качестве конечных точек расчетов будут наиболее удаленные от этих плоскостей точки тела (верхушечная; III пальцевая точка вытянутой вперед руки; надколенная чашечка; конечная точка стопы и т. п.) и соответственно те элементы оборудования, которые работающий человек может (или не может) свободно, без напряжения, достать, не меняя положения тела и позы. На каждом рабочем месте в каждом участке моторного пространства конечные точки будут различны (центр кнопки, лобовое стекло и т.п.).

Опорные поверхности могут быть первичными – базовыми (уровень пола), и вторичными – определяемыми относительно уровня пола (подставка для ног, педаль, сиденье, подлокотник, рабочая поверхность). Высота органов управления и средств индикации может измеряться как относительно первичной, так и относительно вторичных поверхностей. Выбор поверхности отсчета производится исходя из конкретных условий. Высота вторичной поверхности всегда должна быть определена относительно базовой.

Передним краем оборудования следует считать передний (ближний к работающему) край столешницы, панели пульта, станины станка или выступающие за эти края приводные элементы органов управления (рычаги, маховики, педали и т.п.), т.е. те элементы оборудования, положение которых не позволяет рабочему подойти ближе к оборудованию.

Для расчетов соотношений между высотой рабочей поверхности, высотой сиденья и высотой подставки для ног основной базой отсчета служит пол.

Базами отсчета для расчетов оптимальных расстояний или оценки уже рассчитанных расстояний между приводными элементами органов управления (параметры группирования органов управления) следует считать наиболее выступающие точки краев двух соседних приводных элементов

при их нейтральном рабочем положении. Принятые в технической документации расстояния между осями (центрами) приводных элементов не являются эргономическими параметрами, так как не рассчитываются на основе размеров пальцев и кисти, а являются производными: сначала рассчитывают диаметр или ширину и длину приводного элемента, затем расстояние между краями соседних элементов, в результате чего получают расстояние между продольными осями. Расстояния между продольными осями кнопок и клавиш измеряют и оценивают в тех случаях, когда их края смыкаются.

11. Статические антропометрические данные

Статические антропометрические данные – это размеры тела, измеряемые однократно в статическом положении человека. Эти данные используются для расчета свободных параметров элементов рабочего места, для определения диапазона регулирования изменяемых параметров. В свою очередь они делятся на габаритные размеры и размеры отдельных частей тела.

Габаритные размеры — наибольшие размеры тела в разных его положениях и позах, ориентированные в разных плоскостях (размах рук, наибольший поперечный диаметр тела, горизонтальная и вертикальная досягаемость рук и т.п.). Они измеряются по наиболее удаленным точкам тела и используются для расчетов параметров пространства, занимаемого телом человека в разных положениях и позах, проходов, проемов, лестниц, люков, лазов, безопасных расстояний и т. п., а также для расчетов максимальных и минимальных границ досягаемости рук и ног.

Среди **размеров отдельных частей тела** различают размеры конечностей и корпуса, размеры кисти, стопы и головы. Они необходимы для расчетов габаритных и свободных параметров элементов рабочего места.

И габаритные размеры, и размеры отдельных частей тела делятся на продольные, поперечные и переднезадние, а также на проекционные и прямые.

Эргономические антропометрические признаки по биологическим законам изменчивости не выделяются в особую группу, отличную от классических. От последних они отличаются в основном по ориентации в пространстве.

12. Динамические антропометрические данные

К динамическим антропометрическим данным относятся размеры тела человека, изменяющие свою величину при угловых и линейных перемещениях измеряемой части тела в пространстве. Изменения могут быть выражены непосредственно в виде каждого нового измерения одного и того же размера в абсолютных величинах, например изменения длины руки при ее движении в сторону, вперед, вверх. Такие размеры дают представление о максимальных и минимальных границах досягаемости в моторном пространстве. Кроме того, они могут выражаться в виде приростов (эффект движения тела), а именно: максимального увеличения или уменьшения одного и того же размера при перемещении части тела или всего тела в пространстве (рис. 6.13). Например, на 2—3 см увеличиваются наибольшая ширина таза, наибольший переднезадний диаметр тела, передняя досягаемость руки при переходе из положения стоя в положение сидя, при переходе из положения стоя в положение лежа длина тела увеличивается также на 2—3 см и т.п.

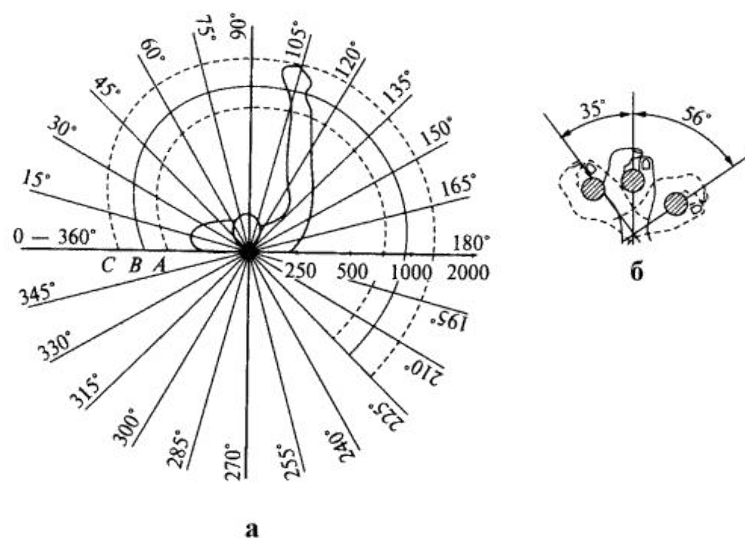


Рис. 6.13. Динамические размеры тела: а - передняя досягаемость руки; траектории (А, В, С) перемещения III фаланговой точки в горизонтальных плоскостях, расположенных на различной высоте от сиденья. База отсчета - точка по середине прямой, соединяющей правую и левую плечевые точки; б - углы сгибания и разгибания кисти в лучезапястном суставе. Пальцы охватывают рукоятку рычага.

Изучение динамических антропометрических признаков необходимо для решения нескольких эргономических задач:

- для определения параметров моторного пространства, его границ и функциональной структуры, что желательно сочетать с физиологическими и психологическими исследованиями деятельности;
- для определения размаха движений приводных элементов органов управления, особенно рычагов и педалей;
- для уточнения границ зон обзора.

13. Параметры микроклимата и их измерение

Условия микроклимата в производственных помещениях зависят от ряда факторов:

- климатического пояса и сезона года;
- характера технологического процесса и вида используемого оборудования;
- условий воздухообмена;
- размеров помещения;
- числа работающих людей и т.п.

Микроклимат в производственном помещении может меняться на протяжении всего рабочего дня, быть различным на отдельных участках одного и того же цеха.

В производственных условиях характерно суммарное (сочетанное) действие параметров **микроклимата**: *температуры, влажности, скорости движения воздуха*.

В соответствии с СанПиН 2.2.4.548 – 96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» параметрами, характеризующими микроклимат являются:

- **температура воздуха;**
- **температура поверхностей** (учитывается температура поверхностей ограждающих конструкций (стены, потолок, пол), устройств (экраны и т.п.), а также технологического оборудования или ограждающих его устройств);
- **относительная влажность воздуха;**
- **скорость движения воздуха;**
- **интенсивность теплового облучения.**

Температура воздуха, измеряемая в °С, является одним из основных параметров, характеризующих тепловое состояние микроклимата. Температура поверхностей и интенсивность теплового облучения учитываются только при наличии соответствующих источников тепловыделений.

Влажность воздуха - содержание в воздухе водяного пара. Различают абсолютную, максимальную и относительную влажность.

Абсолютная влажность (А) - упругость водяных паров, находящихся в момент исследования в воздухе, выраженная в мм ртутного столба, или массовое количество водяных паров, находящихся в 1 м³ воздуха, выражаемое в граммах.

Максимальная влажность (F) - упругость или масса водяных паров, которые могут насытить 1 м³ воздуха при данной температуре.

Относительная влажность (R) - это отношение абсолютной влажности к максимальной, выраженное в процентах.

Скорость движения воздуха измеряется в м/с.

Измерение параметров микроклимата.

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

Для определения *влажности воздуха* применяются переносные аспирационные психрометры (Ассмана), реже стационарные психрометры (Августа) и гигрометры. При использовании психрометров дополнительно измеряют *атмосферное давление* с помощью барометров – anerоидов.

Скорость движения воздуха измеряется крыльчатками и чашечными анемометрами.

Рассмотрим примеры приборов, традиционно используемых для измерения параметров микроклимата.

Аспирационный психрометр МВ-4М

Аспирационный психрометр МВ - 4М предназначен для определения относительной влажности воздуха в диапазоне от 10 до 100 % при температуре от -30 до +50° С. Цена деления шкал термометров не более 0,2° С. Принцип его работы основан на разности показаний сухого и смоченного термометров в зависимости от влажности окружающего воздуха. Он состоит из двух одинаковых ртутных термометров, резервуары которых помещены в металлические трубки защиты. Эти трубки соединены с воздухопроводными трубками, на верхнем конце которых укреплен аспирационный блок с крыльчаткой, заводимой ключом и предназначенной для прогона воздуха через трубки с целью сделать более интенсивным испарение воды со смоченного термометра.

Анемометр крыльчатый АСО-3

Крыльчатый анемометр применяется для измерения скоростей движения воздуха в диапазоне от 0,3 до 5 м/с. Ветроприемником анемометра служит крыльчатка, насаженная на ось, один конец которой закреплен на неподвижной опоре, а второй через червячную передачу передает вращение редуктору счетного механизма. Его циферблат имеет три шкалы: тысяч, сотен и единиц. Включение и выключение механизма производится арретиром. Чувствительность прибора не более 0,2 м/с.

В последнее время для определения параметров микроклимата производственных помещений успешно применяются *аналого-цифровые приборы*.

Портативный измеритель влажности и температуры ИВТМ – 7

Прибор предназначен для измерения относительной влажности и температуры, а также для определения других температурно-влажностных характеристик воздуха. В качестве чувствительного элемента измерителя температуры используется пленочный терморезистор, выполненный из никеля. Чувствительным элементом измерителя относительной влажности является емкостной датчик с изменяющейся диэлектрической проницаемостью. Принцип работы прибора основан на преобразовании емкости датчика влажности и сопротивления датчика температуры в частоту с дальнейшей обработкой ее с помощью микроконтроллера. Микроконтроллер обрабатывает информацию, отображает ее на жидкокристаллическом индикаторе и одновременно выдает с помощью интерфейса RS – 232 на компьютер.

Анемометр Testo – 415

Прибор предназначен для измерения скорости воздуха и температуры в помещениях. Информация отображается на большом двухстрочном дисплее. Прибор имеет возможность усреднения результатов измерений по времени и числу замеров.

14. Уровни акустических величин

Стандартным порогом слышимости называют эффективное значение звукового давления (интенсивности), создаваемого гармоническим колебанием с частотой $f = 1000$ Гц, едва слышимым человеком со средней чувствительностью слуха.

Стандартному порогу слышимости соответствует звуковое давление $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па или интенсивность звука $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м². Верхний предел звуковых давлений, ощущаемых слуховым аппаратом человека, ограничивается болевым ощущением и принят равным $p_{\max} = 20$ Па и $I_{\max} = 1$ Вт/м².

Величина слухового ощущения Λ при превышении звуковым давлением $p_{\text{зв}}$ стандартного порога слышимости определяется по закону психофизики Вебера – Фехнера:

$$\Lambda = q \lg(p_{\text{зв}}/p_0),$$

где q – некоторая постоянная, зависящая от условий проведения эксперимента.

С учетом психофизического восприятия звука человеком для характеристики значений звукового давления $p_{\text{зв}}$ и интенсивности I были введены **логарифмические величины – уровни L** (с соответствующим индексом), выраженные в безразмерных единицах – **децибелах**, дБ, названных в честь Грейма – Бела (увеличение интенсивности звука в 10 раз соответствует 1 Белу (Б) – 1Б = 10 дБ):

$$L_p = 10 \lg(p/p_0)^2 = 20 \lg(p/p_0), \quad (3.5, a)$$

$$L_I = 10 \lg(I/I_0). \quad (3.5, б)$$

Следует отметить, что при нормальных атмосферных условиях $L_p = L_I$.

По аналогии были введены также и уровни звуковой мощности

$$L_w = 10 \lg(W/W_0), \quad (3.5, в)$$

где $W_0 = I_0 \cdot S_0 = 10^{-12}$ Вт – пороговая звуковая мощность на частоте 1000 Гц, $S_0 = 1$ м².

Безразмерные величины L_p , L_I , L_w достаточно просто измеряются приборами, поэтому их полезно использовать для определения абсолютных значений p , I , W по обратным к (3.5) зависимостям

$$p^2 = p_0^2 \cdot 10^{0.1 L_p}, \quad (3.6, a)$$

$$I = I_0 \cdot 10^{0.1 L_I}, \quad (3.6, б)$$

$$W = W_0 \cdot 10^{0.1 L_w}. \quad (3.6, в)$$

Уровень суммы нескольких величин определяется по их уровням L_i , $i = 1, 2, \dots, n$ соотношением

$$L_{\Sigma} = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^n 10^{0,1 L_i} \right), \quad (3.7)$$

где n - количество складываемых величин.

$L_i = L$, то

Если складываемые уровни одинаковы (

$$L_{\Sigma} = L + 10 \lg n. \quad (3.8)$$

15. Виды производственного освещения

Существуют следующие виды производственного освещения:

- естественное,
- искусственное,
- совмещенное.

Естественное освещение – освещение помещений светом неба (прямым или отраженным), проникающим через световые проемы в наружных ограждающих конструкциях.

Естественное освещение подразделяется на:

- **боковое** – естественное освещение помещения через световые проемы в наружных стенах;
- **верхнее** – естественное освещение помещения через фонари, световые проемы в стенах в местах перепада высот здания;
- **комбинированное** (верхнее и боковое) – сочетание верхнего и бокового естественного освещения.

Помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь, как правило, естественное освещение.

Без естественного освещения допускается проектировать помещения, которые определены соответствующими главами Строительных Норм и Правил.

Процесс проектирования естественного освещения производственных помещений осложняется рядом обстоятельств, присущих естественному источнику света. К ним относится, прежде всего, непостоянство естественного света. На естественное освещение производственных помещений оказывают влияние эксплуатационные условия, характер застекления светопроемов, загрязнение стекол и др.

Искусственное освещение – освещение помещения только источниками искусственного света.

Искусственное освещение подразделяется на следующие виды:

- **рабочее** – освещение, обеспечивающее нормируемые осветительные условия (освещенность, качество освещения) в помещениях и в местах производства работ вне зданий;
- **аварийное** – разделяется на освещение безопасности и эвакуационное освещение;
- **охранное** – освещение в нерабочее время;
- **дежурное** – освещение в нерабочее время.

Искусственное освещение может быть двух систем:

- **общее освещение** – освещение, при котором светильники размещают в верхней зоне помещения равномерно (**общее равномерное освещение**) или применительно к расположению оборудования (**общее локализованное освещение**);
- **комбинированное освещение** – освещение, при котором к общему освещению добавляется местное; **местное освещение** – освещение, дополнительное к общему, создаваемое светильниками, концентрирующими световой поток непосредственно на рабочих местах. **Применение одного местного освещения производственных рабочих мест не допускается.**

Искусственное рабочее освещение предназначено для создания необходимых условий работы и нормальной эксплуатации зданий и территорий. Рабочее освещение следует предусматривать для всех помещений зданий, а также участков открытых пространств, предназначенных для работы, прохода людей и движения транспорта.

Совмещенное освещение – освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным.

Совмещенное освещение производственных зданий следует предусматривать:

- для производственных помещений, в которых выполняются работы I – III разрядов;

- для производственных и других помещений в случаях, когда по условиям технологии, организации производства или климата в месте строительства требуются объемно-планировочные решения, которые не позволяют обеспечить нормированное значение КЕО (многоэтажные здания большой ширины, одноэтажные многопролетные здания с пролетами большой ширины и т.п., а также в случаях, когда технико-экономическая целесообразность совмещенного освещения по сравнению с естественным подтверждена соответствующими расчетами.

16. Основные характеристики освещения

К видимому излучению оптического спектра относят излучение с длиной волны 380 – 780 нм. В этом диапазоне волны определенной длины (монокроматический свет) вызывают цветное ощущение.

Освещение характеризуют следующие величины.

Световой поток Φ – видимая часть оптического излучения, которая воспринимается зрением человека как свет.

Единицей измерения светового потока является люмен (лм). *Один люмен - это световой поток, излучаемый точечным источником с силой света 1 кандела (кд) в телесном угле в 1 стерadian (ср).*

Сила света I – пространственная плотность светового потока в направлении оси телесного угла $d\omega$

$$I = \frac{d\Phi}{d\omega}.$$

Единицей измерения силы света является кандела (кд). *Одна кандела это сила света, испускаемая в перпендикулярном направлении с площади $1/600000 \text{ м}^2$ черного тела при температуре затвердевания платины $T = 2045 \text{ К}$ и давлении 101325 Па .*

Телесный угол ω - часть пространства, заключенная внутри конической поверхности. Измеряется отношением площади, вырезаемой им из сферы произвольного радиуса к квадрату последнего.

$$\omega = \frac{S}{r^2}.$$

Единицей измерения телесного угла является стерadian (ср). *Если $S = r^2$, то $\omega = 1 \text{ ср}$.*

Освещенность E – поток, падающий на бесконечно малую поверхность площадью dS или поверхностная плотность светового потока. Единица освещенности – люкс (лк). *Один лк – это освещенность 1 м^2 поверхности при падении на нее светового потока в 1 лм.*

Яркость L – поверхностная плотность силы света светящейся поверхности в данном направлении или поток, проходящий через бесконечно малую площадку в пределах бесконечно малого телесного угла $d\omega$ в направлении оси этого телесного угла

$$L = \frac{dI}{dS \cos \alpha},$$

где α - угол между направлениями силы света и вертикалью.

Для диффузно отражающих поверхностей

$$L = \frac{E\rho}{\pi}.$$

где ρ - коэффициент отражения, определяется отношением отраженного от плоскости светового потока к падающему световому потоку на эту плоскость

$$\rho = \frac{\Phi_p}{\Phi}.$$

Единица яркости – кандела на квадратный метр (кд/м²). *Одна кд/м² – это яркость равномерно светящейся плоской поверхности, излучающей в перпендикулярном направлении с площади $S = 1 \text{ м}^2$ силу света в 1 кд.* Яркость является величиной, непосредственно воспринимаемой глазом. При постоянстве освещенности яркость предмета тем больше, чем больше его отражательная способность, т.е. светлота.

Показатель ослепленности P – критерий слепящего действия осветительной установки, определяемый выражением:

$$P = (S - 1) \cdot 100,$$

где S – коэффициент ослепленности, равный отношению пороговых разностей яркости при наличии и отсутствии слепящих источников в поле зрения.

Коэффициент пульсации освещенности K_{π} , % – критерий оценки относительной глубины колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока газоразрядных ламп при питании их переменным током, выражающийся формулой

$$K_{\pi} = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{2E_{\text{ср}}} 100 \%,$$

где E_{\max} и E_{\min} – соответственно максимальное и минимальное значения освещенности за период ее колебания, лк; $E_{\text{ср}}$ – среднее значение освещенности за этот же период, лк.

Показатель дискомфорта M – критерий оценки дискомфортной блескости, вызывающей неприятные ощущения при неравномерном распределении яркостей в поле зрения, выражающийся формулой

$$M = \frac{L_c \omega^{0,5}}{\varphi_{\theta} L_{ad}^{0,5}},$$

где L_c – яркость блестящего источника, кд/м², ω – угловой размер блестящего источника, ср, φ_{θ} – индекс позиции блестящего источника относительно линии зрения, L_{ad} – яркость адаптации, кд/м².

Измерение параметров освещения. Основным параметром, используемым при оценке освещения, является освещенность E , измеряемая в лк.

Для измерения освещенности используются люксметры различных типов.

Примером аналогового люксметра может служить прибор **Ю – 116**, принцип работы которого основан на явлении фотоэлектрического эффекта.

Под влиянием светового потока, падающего на селеновый фотоэлемент, в замкнутой цепи возникает ток, величина которого пропорциональна световому потоку. Прибор градуирован в люксах. Существенным преимуществом селенового фотоэлемента по сравнению с другими типами фотоэлементов является то, что его кривая спектральной чувствительности наиболее близко совпадает с кривой относительной видности человеческого глаза. При измерении освещенности фотоэлемент устанавливается в рабочей плоскости (горизонтальной или вертикальной) на некотором расстоянии от оператора, проводящего измерения, чтобы тень не падала на фотоэлемент.

В настоящее время нашли широкое применение аналого – цифровые приборы, позволяющие измерять не только освещенность, но и другие параметры, характеризующие освещение, например, коэффициент пульсации или яркость.

Примером аналого – цифрового прибора может служить пульсметр-люксметр «АРГУС-07», который применяется для измерения освещенности и коэффициента пульсации. Принцип прибора основан на преобразовании светового потока, создаваемого протяженными объектами, в непрерывный электрический сигнал, пропорциональный освещенности, который затем преобразуется аналог – цифровым преобразователем в цифровой код, индицируемый на цифровом табло индикаторного блока. В измерительной головке установлен первичный преобразователь излучения – полупроводниковый кремниевый фотодиод с системой светофильтров, формирующих спектральную чувствительность, соответствующую кривой видности. Показания коэффициента пульсации индицируются в процентах, при этом прибор определяет максимальное, минимальное и среднее значение освещенности пульсирующего излучения и рассчитывает значение коэффициента пульсации по приведенной выше формуле.