

Тема 12.
ОПТИМИЗАЦИЯ ДВИЖЕНИЙ
И ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ

Характер, последовательность, темп и ритм рабочих движений во многом задаются формой и конструкцией инструментов, органов управления, машин и другого оборудования, а также организацией рабочих мест.

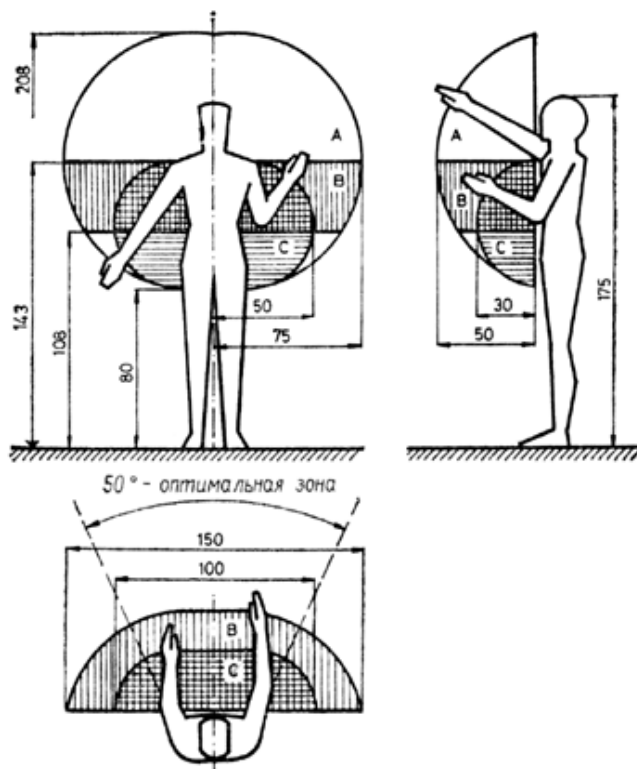


Рис. 12.1. Рабочая зона (пространство) для манипулирования органами управления с помощью рук (модифицировано по К.Т. Моргану)

Таким образом, при конструировании и организации рабочей зоны и любого фрагмента среды необходимо учитывать следующие правила экономии движений:

1. При работе руками движения должны быть по возможности одновременными, симметричными и противоположными по направлению. Одновременность и симметричность движений обеспечивает равновесие всего корпуса, что облегчает выполнение функционального процесса.

2. Проектируемые движения должны быть простыми, плавными и закрепленными. Для выполнения рабочей операции необходимо применять наименьшее количество движений.

3. Траектория рабочих движений не должна выходить за пределы рабочей зоны.

4. Движения должны отвечать анатомической структуре тела и осуществляться, по возможности, в зоне зрительного контроля. Каждое движение должно заканчиваться в положении, удобном для начала следующего движения, причем последующие и предыдущие движения должны быть плавно связаны между собой.

5. Движения должны быть не только простыми, но и ритмичными. Нельзя допускать слишком медленных или слишком быстрых ритмов.

6. Движения должны быть привычными для оператора.

7. Необходимо создать условия, при которых для преодоления слабых сопротивлений использовались бы малые мышечные группы, а при наличии значительных препятствий включались в действие большие и малые группы мышц.

8. С целью уменьшения мышечной работы в максимальной степени должна использоваться кинетическая энергия объекта работы.

Не следует проектировать элементы оборудования, требующие приложения больших физических усилий или обуславливающие нерациональные рабочие позы. Так, рабочий не должен длительное время держать руки над головой, так как при этом очень быстро наступает утомление. Очень утомительна также поза, при которой рабочему надо лечь на землю, согнуться или становиться на корточки.

Следует учитывать некоторые правила и положения, обусловленные физиологическими, психологическими и анатомическими особенностями человека, касающиеся скорости и точности рабочих движений и экономии рабочих усилий.

12.1. Скорость рабочих движений

Там, где требуется быстрая реакция, движения к себе предпочтительнее.

В горизонтальной плоскости скорость движения рук быстрее, чем в вертикальной плоскости. Наибольшая скорость движений сверху вниз, наименьшая – от себя, снизу вверх.

Скорость движений слева направо для правой руки больше, чем в обратном направлении.

Скорость движения правой руки больше, чем левой.

Вращательные движения быстрее, чем поступательные.

Движения с большим размахом более быстрые.

Скорость движения уменьшается с увеличением нагрузки.

Движения одной рукой совершаются с наибольшей скоростью под углом 60° к плоскости асимметрии; двумя руками – под углом 30°.

Максимальный темп вращательных движений 4,0–4,8 об./сек.

Максимальная рабочая частота:

движений руки:	80 раз/мин,
движений ногой:	45 раз/мин,
движений тела;	30 раз/мин,
движений предплечья:	1 раз/сек,
движений ладони:	3 раза/сек,
движений пальцев:	6 раз/сек.

12.2. Точность движений

Точные движения лучше выполняются сидя, чем стоя.

Наибольшая точность движений достигается в горизонтальной плоскости в зоне, расположенной на расстоянии 15–35 см от средней линии тела, при амплитуде движения в локтевом суставе 50–60°.

Наиболее точно оцениваются движения с амплитудой 8–12 см.

Точность движений обеих рук при оптимальных для каждой руки амплитудах движения одинаковая, но оптимальные амплитуды для обеих рук различные. Для правой руки амплитуда движений больше, чем для левой руки на 4–5°.

12.3. Экономия усилий

Если при работе используются обе руки, то следует учесть, что сила правой руки больше, чем левой на 10% для сгибателей пальцев и на 3–4% для сгибателей и разгибателей предплечья.

Максимальные усилия в положении «стоя» развиваются на уровне плеча, а в положении «сидя» – на уровне локтя;

Наибольшая сила в положении «стоя» развивается при движении на себя.

Сила давления больше при согнутой руке, чем при вытянутой.

Сила давления ног сидящего человека больше, когда они вытянуты вперед (с тупым углом в коленном суставе), чем при положении с прямым углом в коленном суставе.

Контрольные вопросы

1. Назовите условия, при которых двигательная деятельность человека расходует минимальные усилия.
2. При каких условиях движения выполняются с наибольшей точностью?
3. Как нужно организовать движения, чтобы затратить минимум усилий?
4. При каком условии сила давления руки больше?
5. При каких условиях сила давления ноги больше?
6. На сколько сила правой руки больше, чем левой?

Тема 13. ПРЕДМЕТНАЯ СРЕДА

Предметная среда включает совокупность окружающих человека вещей, изделий, элементов оборудования и декоративного убранства, пультов. Задачей дизайнеров и эргономистов является грамотное наполнение среды вышеперечисленными средствами с точки зрения эргономических показателей.

13.1. Ручные приспособления и хватные части инструментов

Рука является органом, с помощью которого выполняется работа. Рука и инструмент образуют единое целое: любой инструмент является лишь средством, способствующим повышению производительности труда во время работы. Человек стремится приспособить инструмент к форме руки.

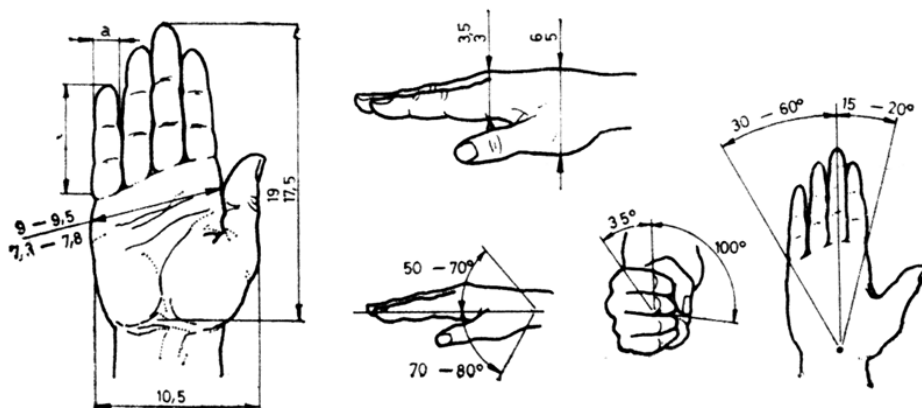


Рис. 13.1. Антропометрические характеристики ладони

С точки зрения эргономики необходимо обратить внимание на форму ручных инструментов (ручек, рукояток, черенков и т.д.), на их размер и материал, необходимый для их изготовления (рис. 13.2).

Взаимосвязь рука оператора – инструмент (орган управления) определяет принципы и методы, на основе которых решается вопрос оптимальной формы хватных частей органов управления.

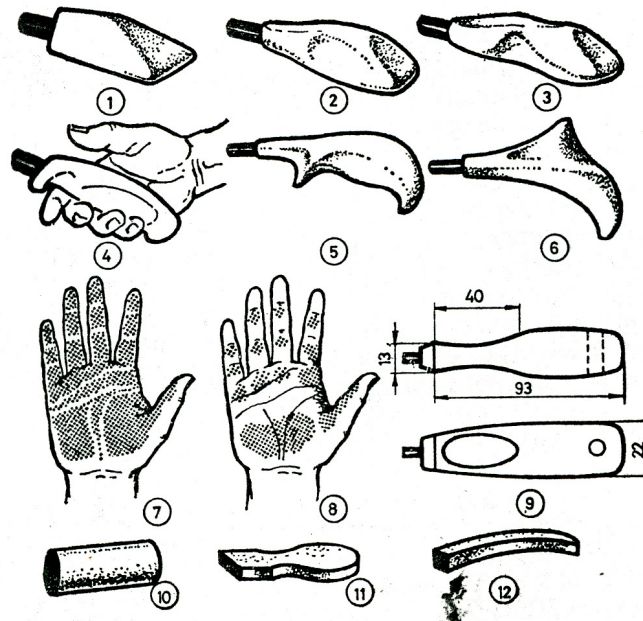


Рис. 13.2. Формы рукояток ручных приспособлений

При проектировании ручек, рукояток, черенков и т.д. принимаются, прежде всего, следующие факторы:

- продолжительность использования инструмента в течение рабочей смены;
- наличие большой силы, необходимой для управления машиной и другим оборудованием;
- повреждение руки: наличие болезненных потертостей, волдырей, мозолей, обусловленных большим давлением инструмента или органа управления на поверхность руки (мягкие участки ладони), а также давлением, возникающем при крепком сжатии рукояток.

Необходимо учитывать еще следующие факторы:

- размер инструмента (органа управления);
- материал инструмента (органа управления);

- способ удержания инструмента в руке (вращение руки, сгибание пальцев и т.д.);
- силу, необходимую при манипулировании;
- положение кисти руки и всего тела во время работы;
- вид работы (точная, грубая, требующая больших усилий и т.д.);
- высота рабочей зоны или зоны для манипулирования;
- направление рабочих движений инструмента (захватных частей органов управления).

Правильное оформление ручек, рукояток, точнее захватные части инструментов и приспособлений, должны соответствовать анатомической структуре руки, законам практической и физиологической целесообразности (рис. 13.3).

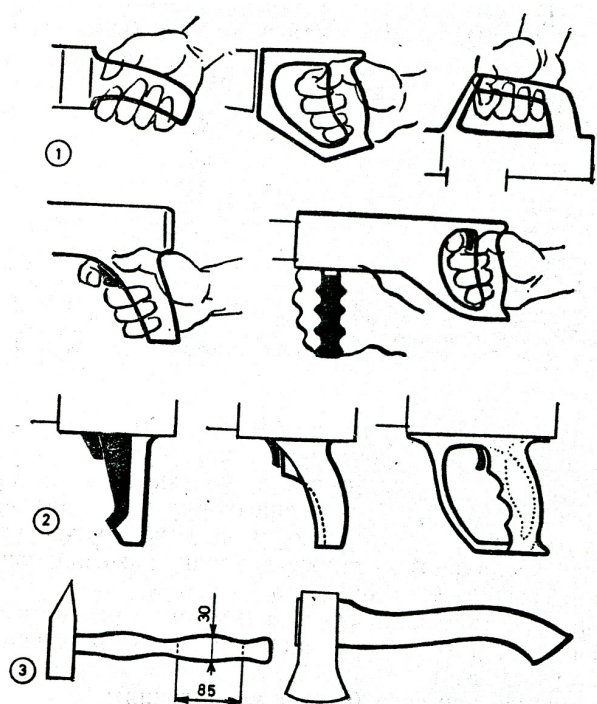


Рис. 13.3. Формы рукояток инструментов:
1 – оптимальная форма рукояток различных инструментов;
2 – простая геометрическая форма рукоятки; 3 – внешний вид
ручек молотка и топора, мм

13.2. Общие требования к органам управления

К общим требованиям органов управления относятся следующие:

- 1) Органы управления выбираются с таким расчетом, чтобы направление их движения соответствовало направлению

движения, связанного с ним индикатора, элемента оборудования или средства передвижения.

2) Вращающиеся регуляторы клапанов должны открывать клапаны при вращении против часовой стрелки. Органы управления клапанами снабжаются стрелками в двух направлениях с соответствующими надписями: «открыто», «закрыто».

3) Органы управления, применяемые исключительно для технического обслуживания и регулировки, относятся к категории редко используемых органов управления, поэтому они должны быть закрыты, но вместе с тем легко достигаемы.

4) Органы управления должны быть удобными и для работы в перчатках.

5) Органы управления конструируются и располагаются таким образом, чтобы их нельзя было случайно сдвинуть. Расположенные на внутренней части панели или открытые органы управления следует защищать от случайного срабатывания.

Для защиты органов управления от случайного срабатывания необходимо:

- располагать и ориентировать органы управления таким образом, чтобы оператор при нормальном выполнении своих функций не мог случайно задеть или передвинуть их;
- использовать экранирование и другие способы защиты;
- обеспечить органы управления надежной блокировкой;
- обеспечить органы управления замками для предотвращения перехода в запрещенное положение.

13.3. Нажимные кнопки

Нажимные кнопки применяются в тех случаях, когда нужно быстро включить или выключить оборудование или управлять ходом – пуском или остановкой. Кнопки должны иметь надежный самовозврат в исходное положение.

Нажимные кнопки, управляемые одним пальцем, должны иметь круглое или квадратное сечение, форма кнопок должна соответствовать форме пальца, а на верхней ее поверхности не должно быть рельефных изображений или знаковой информации, чтобы прикосновение пальца к ней было приятным (рис. 13.4).

Сила, необходимая для нажатия кнопки одним пальцем, не должна быть меньше 2Н, принимая во внимание чувствительность

пальцев, и не превышать 20Н, поскольку частое нажатие кнопки приводит к быстрому утомлению.

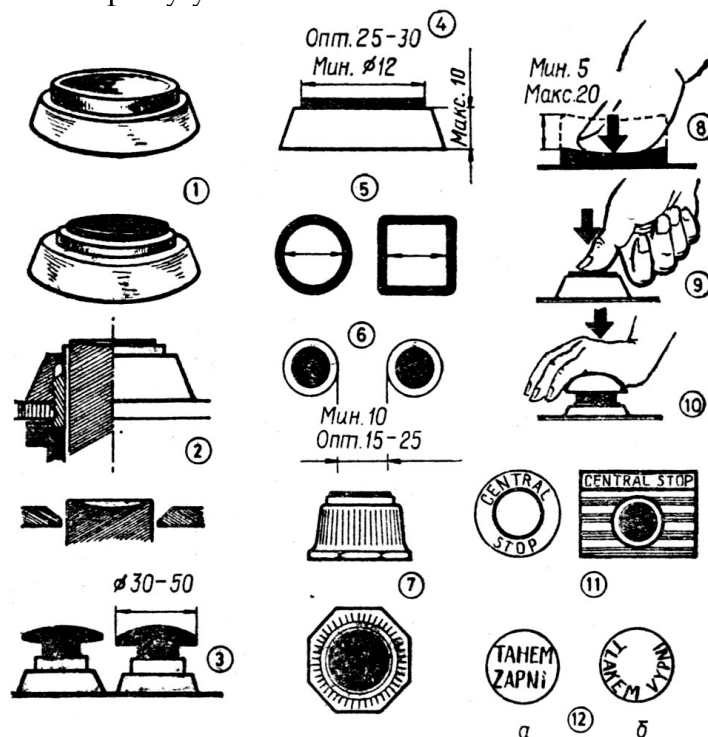


Рис. 13.4. Предпочтительные размеры кнопки: \varnothing 12 мм (min 6 мм); ход 3 мм (max 6 мм); усилие 0,15–0,3 кг (может быть до 0,6 кг для снижения вероятного включения)

Расстояние от других органов управления должно быть 20 мм (25 мм при работе в перчатках). Рекомендуется делать верхнюю поверхность кнопки вогнутой для облегчения фиксации пальца на кнопке.

Нажатие кнопки должно сопровождаться преодолением упругого сопротивления, которому способствует небольшое трение, незначительное вначале, но быстро нарастающее и заканчивающееся щелчком, указывающим на состояние переключения.

«Щелчковый эффект» не должен быть очень большим, если на кнопку приходится многократно нажимать в течение продолжительного периода времени.

Выступающие кнопки могут располагаться в ряд довольно близко друг к другу. Однако кнопки, соответствующие разным функциям должны находиться достаточно далеко друг от друга, чтобы при выборе одной кнопки не оказалась случайно нажатой соседняя кнопка.

Круглые кнопки не рекомендуется применять для операций, совершаемых одновременно несколькими пальцами.

Для различных операций могут быть эффективно использованы плоские кнопки. Особенно удобны те из них, которые имеют акустическую обратную связь, подтверждающую возникновение электрического контакта. Примером может служить обычный дверной звонок \varnothing 12 мм (16 мм – при работе в перчатках); ход 2 мм (приблизительно); усилие до 0,17 кг.

Расстояние от кнопки до других органов управления должно составлять, по крайней мере, 20 мм (25 мм при работе в перчатках). Кнопки могут быть утоплены для предупреждения случайного нажатия. Надо следить за тем, чтобы расстояние между краем кнопки и краем гнезда не было чересчур большим, иначе палец может застрять в образующейся между ними щели. Например, для кнопки \varnothing 12 мм отверстие должно быть диаметром не более 18 мм. Если операция выполняется в перчатках – кнопка должна иметь диаметр не менее 18 мм, а отверстие – диаметр приблизительно 30 мм.

13.4. Кнопки, нажимаемые несколькими пальцами

Кнопки, предназначенные для нажатия разными пальцами, должны быть по форме ближе к квадрату, чем к кругу, чтобы предупредить проскальзывание пальцев между кнопками. Эти кнопки следует мыслить себе как бы клавишами рояля (рис. 13.5).

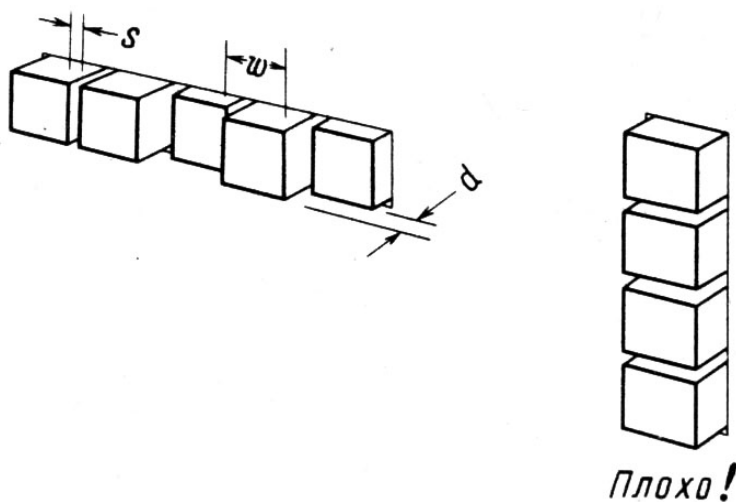


Рис. 13.5. Схемы расположения

Предпочтительные размеры: $\omega = 18$ мм; $s = 2$ мм, $d = 6$ мм; сопротивление = 0,02-0,15 кг.

Рекомендуемые размеры для клавиатуры:

$$\omega = 18-20 \text{ мм}, d = 3-9 \text{ мм}, S = 6-10 \text{ мм}.$$

Вогнутая форма поверхности клавиш позволит надежно фиксировать положение пальца.

Размещение перегородок между клавишами сводит до минимума случайное нажатие на соседние клавиши. Предпочтительная высота таких перегородок составляет приблизительно 2,5 мм. Однако и при 6 мм она не мешает нормальному выполнению операций. Если оператор в перчатках, размер 6 мм предпочтительнее. На кнопки квадратной и прямоугольной формы удобнее наносить знаки, чем на круглые кнопки. В отношении удобства выполнения операции переключения между ними нет особой разности. Иногда можно использовать кнопки разной формы для их быстрого различия, причем для особо важных рабочих операций можно устанавливать большие круглые кнопки, а для всех других операций использовать квадратные или прямоугольные кнопки.

13.5. Функциональное размещение кнопок

В соответствии с принципом функционального размещения кнопки должны по возможности располагаться в ряд в порядке, совпадающем с естественной последовательностью выполнения рабочих операций. Самой удачной является клавиатура пишущей машинки, которая может служить образцом для размещения рядов кнопок или клавишей.

Кнопки переключателей, с помощью которых управляют большими электрическими мощностями, должны иметь значительные размеры, чтобы для преодоления обычного в этом случае повышенного сопротивления органа управления человек мог использовать большой палец или даже ладонь:

- минимальный диаметр – 20 мм.
- максимальное сопротивление – 2 кг.

Если кнопки нажимаются большими пальцами, минимальное расстояние между ними должно составлять, по крайней мере, 6 мм; если предполагается нажатие кнопок ладонью, они должны быть отделены друг от друга расстоянием не менее 150 мм.

Поверхность кнопки должна быть слегка вогнутой и иметь насечку, чтобы исключить возможность соскальзывания пальца.

Глубина хода изолированной кнопки должна быть не менее 3 мм. Двухкнопочный переключатель должен иметь амплитуду перемещения, по крайней мере, 6 мм. Во всех конструктивных вариантах кнопок должен быть предусмотрен четкий щелчок при включении.

Расположение кнопок на рукоятках должно выбираться на основе многократных экспериментов, поскольку оптимальное их расположение зависит от целого ряда факторов – от размера рукоятки, ее формы, естественного положения руки на рукоятке, числа переключений, а также от того, каким пальцем будет нажиматься та или иная кнопка.

Кнопку, которая нажимается большим пальцем, располагайте на вершине рукоятки.

Если включение производится другими пальцами, используйте пластинку или планку. Число дополнительных переключателей, расположенных на рукоятке, не должно быть больше трех. Спусковые приспособления, которые нажимаются указательным пальцем, должны быть закреплены, чтобы исключить приземление других пальцев рычагом спускового крючка¹.

13.6. Поворотные кнопки

Эти детали органов ручного управления применяются в том случае, когда для управления требуется небольшая сила, медленное и плавное вращение ручки на 360° и дискретная установка. Рекомендуются поворотные кнопки цилиндрической или слегка конусообразной формы. Для плавного многооборотного вращения следует применять круглые кнопки, а для дискретной установки – кнопки с указателями (рис. 13.6).

Кнопки с указателями следует применять и в случае, если переключатель снабжен фиксатором положения с защелкой. Круглые кнопки очень малого диаметра могут потребоваться при жестких ограничениях размеров панели, на которых они komponуются. Однако даже в этих случаях следует предусматривать такую высоту этих малых кнопок, которая обеспечивала бы достаточную поверхность захвата. Поверхность кнопки должна иметь оребрение или насечку для более надежного захвата. Максимальное усилие не должно превышать 0,4 кг.

¹ При работе в перчатках, положение должно быть другим. Настоятельно рекомендуется пользоваться макетом.

Минимальный диаметр кнопки составляет 6 мм, максимальный – 100 мм в зависимости от поворотного усилия.

Поворотные кнопки должны иметь эстетичный внешний вид, обеспечивать надежный захват пальцами или всей рукой, легко переключаться и сохранять установленное положение.

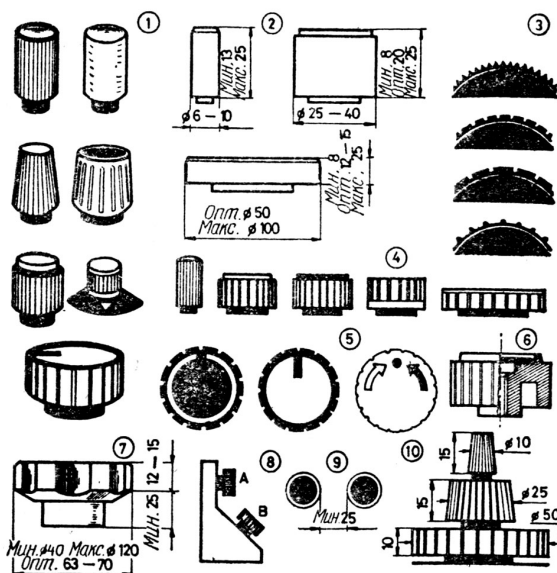


Рис. 13.6. Поворотные кнопки, мм:

- 1 – рекомендуемая форма и внешнее оформление;
- 2 – размеры поворотных кнопок (длина захватной части и диаметр);
- 3 – рифленые и зубчатые ободья;
- 4 – внешний вид обода;
- 5 – внешний вид поворотной кнопки с обозначением функционального положения или назначения;
- 6 – рекомендуемое оформление внешнего вида поворотной кнопки;
- 7 – кнопка со стопором;
- 8 – рекомендуемое положение оси поворотной кнопки (а – горизонтальное: для быстрого переключения, в – диагональное: для точного управления);
- 9 – предельно допустимое расстояние между кнопками;
- 10 – при расположении на оси нескольких кнопок (концентрические ручки), располагать в порядке убывания диаметров

Сочлененные ручки с общей осью должны конструироваться так, чтобы свести к минимуму ошибки. Хотя в принципе возможно сочленение и трех ручек, рекомендуется сочленять не более 2-х.

При последовательном включении наименьшей кнопкой следует пользоваться в последнюю очередь, чтобы исключить произвольное включение других кнопок. Сочленение ручек можно делать так, чтобы они работали независимо одна от другой или совместно (рис. 13.7).

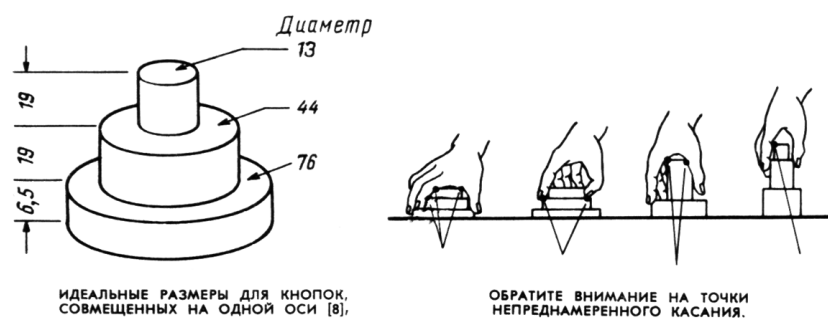


Рис. 13.7. Концентрические ручки

13.7. Ручки с лимбами

Лимбы нужны для двух целей:

- они обеспечивают место для указателя оцифровки или надписей,
- предохраняют пальцы человека от задевания за поверхность панели.

Правильно сконструированный лимб отмечается тем, что пальцы при обхвате ручки не закрывают указатель или цифры, выгравированные на нем. Пример лимба хорошей конструкции показан на рис. 13.8.

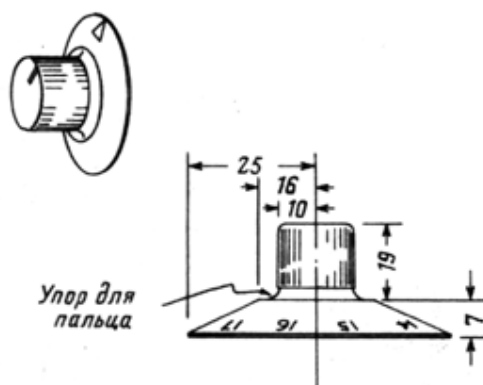


Рис. 13.8. Ручка с лимбом

13.8. Тумблеры

Перекидные рычажные переключатели (тумблеры) применяются для быстрого переключения, включения, выключения и быстрой остановки (рис. 13.9).

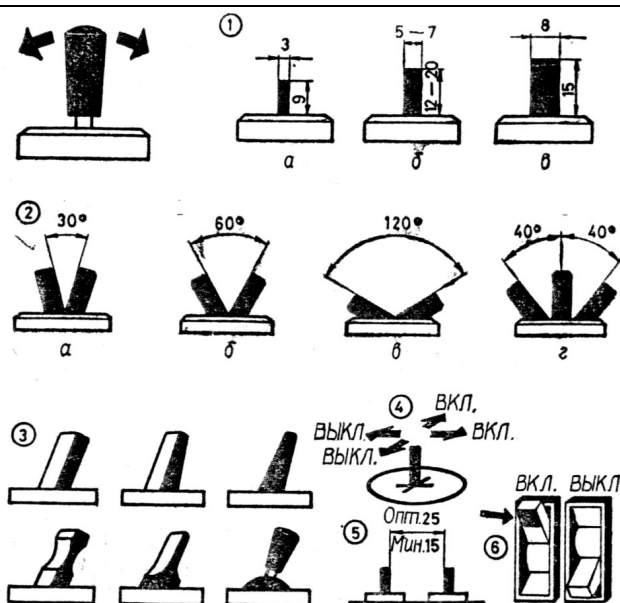


Рис. 13.9. Тумблеры (размеры в мм): 1 – рекомендуемые размеры ручек рычажных переключателей минимальные (а), оптимальные (б) размеры, (в) – минимальные размеры при работе в перчатках; 2 – угол поворота ручки минимальный (а), оптимальный (б), максимальный (в) – углы поворота ручки для переключателя на два положения; (г) – оптимальный угол поворота ручки для переключателя на три положения; 3 – основные типы рычажных переключателей; 4 – поворот переключателя вправо, вперед или вверх означает включение; поворот ручки влево, назад, вниз означает выключение; 5 – рекомендуемое расстояние между двумя соседними переключателями; 6 – оператор со своего рабочего места должен четко видеть, в каком положении находится переключатель («включено» или «выключено»)

Рекомендованные размеры для тумблеров, переключаемых пальцами:

- угол между двумя устойчивыми положениями = 15° (30° предпочтительнее);
- диаметр тумблера = 6 мм (абсолютный минимум 3 мм);
- высота тумблера = 12 мм (абсолютный минимум 9 мм, для работы в перчатке – 18 мм);
- рекомендуемая сила переключения должна составлять 3–5 Н; максимальное усилие при переключении пальцами – 12 Н; максимальное усилие при переключении всей рукой – 20 Н.

Необходимо добиться плавного изменения сопротивления, которое вначале возрастает, а затем, при приближении к нужному положению, снижается так, что орган управления «защелкивается» в нужном положении и не может остановиться между рабочими положениями.

Если случайные переключения могут привести к серьезным последствиям, применяйте утопленный монтаж переключателей или защищайте их специальными крышками.

Когда требуется больше чем два устойчивых положения тумблера, крайние положения должны отличаться друг от друга, по крайней мере, на 90°.

Плотность размещения тумблеров выбирается с таким расчетом, чтобы между ними было достаточно свободного места, когда их ручки обращены друг к другу.

Там, где имеется достаточно места, и переключатель часто используется, применяют тип переключателя с рукояткой, такой тип переключателя гораздо удобнее обычного тумблера. Его, однако, не следует употреблять, если оператору приходится иногда протягивать руку над ним к другому органу управления, так как он сильно выступает над панелью и его можно легко сдвинуть.

13.9. Скользящие переключатели

Переключатели этого типа обычно приводятся в действие большими пальцами. Для более удобного пользования этими переключателями следует снабдить их оребрением или насечкой. Если усилие превышает 400 г/см², предпочтительнее оребрение.

13.10. Настенные переключатели двойного нажима

Большая контактная поверхность облегчает обнаружение этого вида переключателей в темноте.

Контакты без щелчка делают их весьма пригодными для многих операций, помимо обычного применения для включения света. При правильном расположении этого органа управления он может быть включен локтем, коленом, другими частями тела.

13.11. Нажимно-тяговые органы управления

Выдвинутое положение органа обычно должно соответствовать нерабочему состоянию управляемого объекта. Как правило, этот орган управления соединяется с управляемым объектом гибким кабелем. Трение должно быть достаточно малым, чтобы не происходило заклинивания, когда орган управления вдвинут. Если на ручке имеется надпись, она не должна переворачиваться при движении органа управления.

Рукоятка в форме буквы Т должна располагаться на жесткой оси. Такая форма рукоятки позволяет оператору прикладывать к органу управления большое усилие (рис. 3.10).

Модификация Т-образной рукоятки уменьшает вероятность случайного захвата одежды и различного принудительного снаряжения. Однако применение таких рукояток снижает величину возможного усилия оператора. Рукоятки этого вида следует запирать в рабочих положениях, чтобы предотвращать невольный сдвиг.

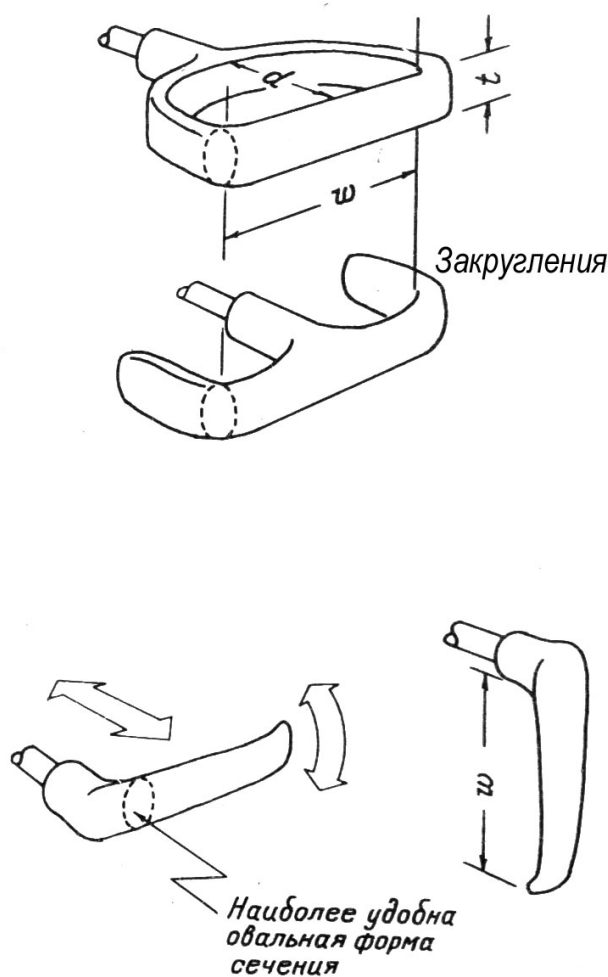


Рис. 13.10. Модификация Т-образной рукоятки и Г-образная рукоятка

Для Т-образной рукоятки:

$w = 45$ мм для операции, выполняемой двумя пальцами (для руки в перчатке добавить 12 мм);

$w = 70$ мм для операции, выполняемой тремя пальцами (для руки в перчатке добавить 15 мм);

$w = 90$ мм для операции, выполняемой четырьмя пальцами (для руки в перчатке добавить 20 мм);

$t = 15-20$ мм;

$d = 25$ мм как минимум (для руки в перчатке 40 мм).

Для операций, сочетающих нажим, вытягивание и поворот, применяются рукоятки в виде буквы Г. Они обычно используются в тормозных системах, при этом поворотом рукоятки тормоз ставится в задаваемое положение.

Для Г-образной рукоятки:

$w = 75$ мм (минимум);

$S = 6 \times 2$ (минимум); 15×25 мм (максимум).

13.12. Рычаги управления

Рычаги обычно употребляются для таких операций, как переключение перестановкой вперед-назад. Угол поворота рычага вокруг оси между фиксированными положениями должен быть не менее 30° и не более 60° . Величина сопротивления должна лежать в пределах 0,8–2,0 кг. Придание рукоятке конической формы делает захват рычага рукой более удобным.

Рычаги переключения скоростей требуют либо зрительного, либо «двигательного» восприятия положения, а еще лучше – комбинации обоих видов восприятия. Если этот рычаг располагается на колонке рулевого колеса, он обычно переключается пальцами, поэтому усилие, необходимое для его перемещения, не должно превышать 4 кг.

Рычаги переключения скоростей, крепящиеся к полу кабины, обычно захватываются всей рукой, поэтому ручка рычага должна быть достаточно большой. При этом расположений рычага управления к нему должно быть приложено большее усилие – до 12 кг.

Размеры органов управления различных конструкций, в том числе с набором рычагов, должны быть согласованы с размерами и биологическими особенностями руки оператора. Кроме того, амплитуда перемещения рычага должна быть согласована с зоной досягаемости руки оператора.

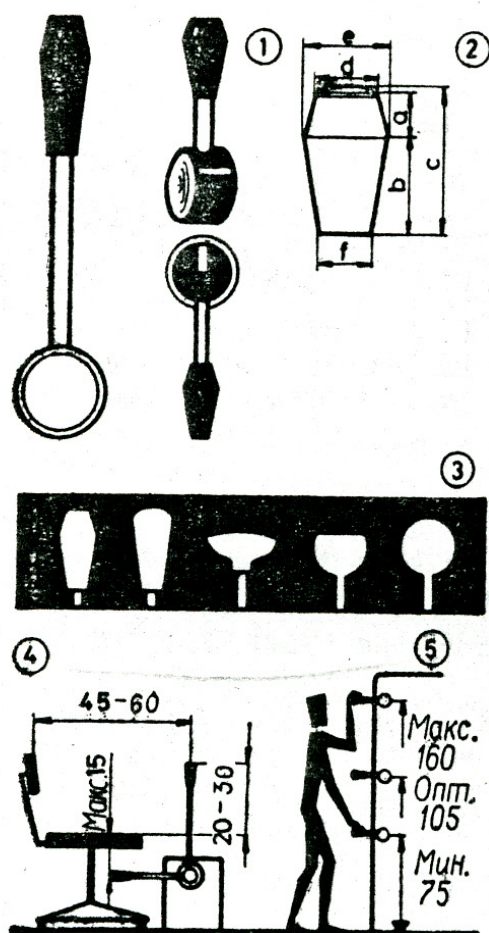


Рис. 13.11. Рычаги: 1, 2 – форма рычагов, хватных частей ручек, рукояток, мм: а – 15, 22, 30; b – 30, 43, 60; с – 48, 66,5, 92; d – 20, 25, 30; e – 25, 32, 40; f – 16, 20, 24; 3 – различие по форме хватных частей рычагов, сосредоточенных в одном месте; 4 – зона досягаемости рычага при управлении в положении сидя (размеры в см); 5 – предельные по высоте зоны досягаемости рычагов, предназначенных для управления в положении стоя (размеры в см)

13.13. Органы ножного управления

Допустимая зона расположения органов ножного управления достаточно велика, но в каждом отдельном случае для них необходимо выбрать оптимальное положение, поскольку их неправильное размещение может сильно повлиять на условия труда оператора (рис. 3.12).

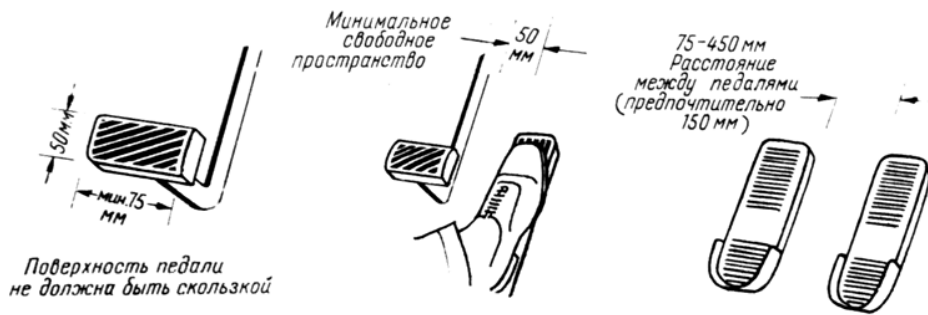


Рис. 13.12. Размещение педалей

Педаля как элемент ногого управления рычажного типа используется в том случае, когда требуется быстрое включение и выключение, пуск и остановка большой силы переключения при неточной установке органа управления в новом положении. Необходимо предусмотреть удобный способ самовозврата педали (автоматического возвратного движения).

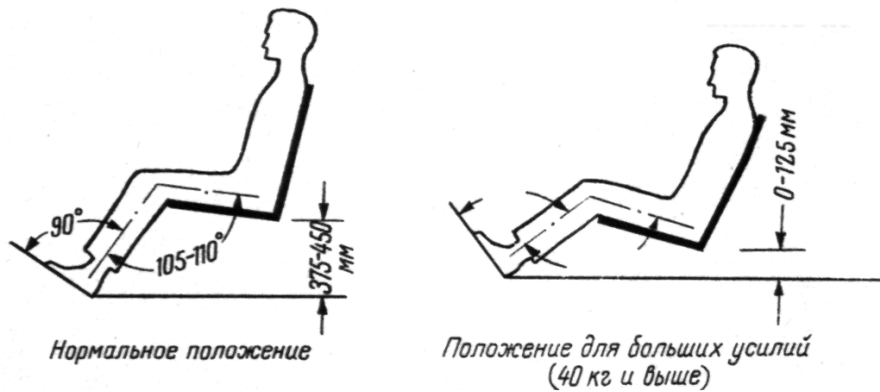


Рис. 13.13. Органы ногого управления

При выборе типов и форм конструкций педалей необходимо иметь в виду:

- движения нижних конечностей (физиологические данные о способности ноги развивать силу, направлять, сокращать и расслаблять мышцы);
- необходимую величину переключающего усилия, принимая во внимание тот факт, что педаль, которую переключает женщина, должна иметь силу сопротивления на 25-50% меньшую, чем у мужчин;
- частоту переключения;
- величину перемещения;
- рабочее положение тела человека (в частности ног).

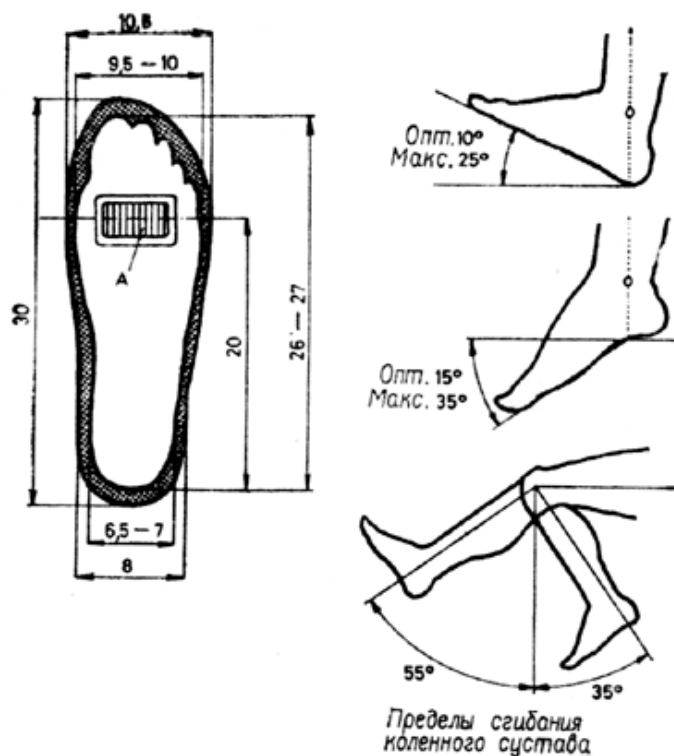


Рис. 13.14. Размеры (в см) и возможности движения ноги

Пропорции ноги и пределы ее сгибания являются основополагающими при разработке ножных органов управления.

При выборе оптимального способа применения педалей различного типа с точки зрения эргономики необходимо:

- предусмотреть достаточное место для ног во время отдыха, оптимальную рабочую зону для ног и размещения педалей в этой зоне;
- обеспечить удобную конструкцию с точки зрения физиологических особенностей человека, пропорциональность размеров конструкции;
- при переключении с помощью педали исключить положения, неприемлемые с точки зрения требований физиологии человека (например, когда человек стоит на одной ноге), или большую физическую нагрузку на мышцы;
- обеспечить, чтобы педаль соответствовала необходимой скорости переключения, размаху качания ноги;
- при постоянном управлении педалью предусмотреть соответствие передаточных отношений в зависимости от положения оператора, назначения органа управления и размещения;

- обеспечить достаточное расстояние между педалями;
- предусмотреть, чтобы плечи педали были рассчитаны на прочность.

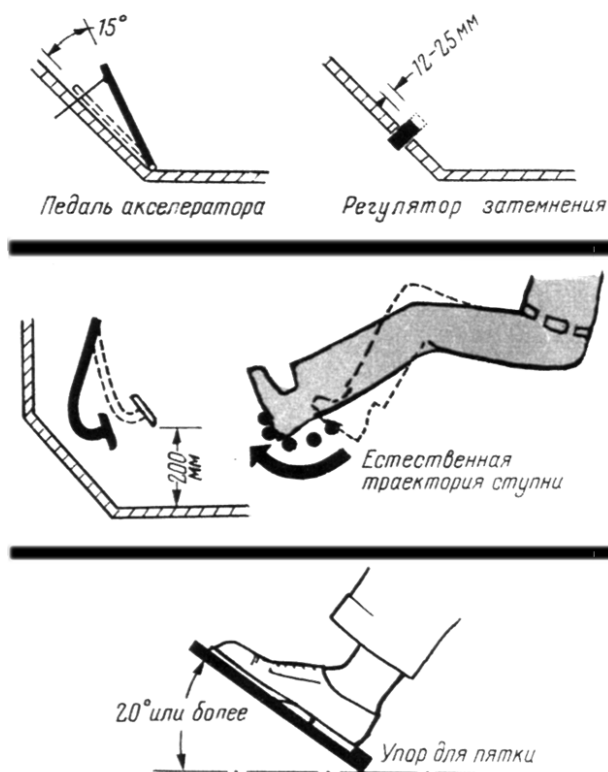


Рис. 13.15. Основные размеры педалей, мм

Контрольные вопросы

1. Какие органы управления вам знакомы? Основные требования к ним.
2. Какой рекомендуется делать поверхность кнопки управления?
3. В каких случаях применяют тумблеры?
4. Какие силовые воздействия рекомендуют для рычагов управления?
5. Назовите основные требования к проектированию ножных органов управления.
6. Какая поверхность должна быть у скользящих переключателей?
7. Назвать рекомендуемые углы поворота рычага.
8. Какое положение нажимно-тягового органа управления должно соответствовать нерабочему состоянию?

Тема 14.

ИНДИКАТОРНЫЕ ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА

Индикаторные приборы и устройства, или индикаторы относят к техническим средствам, позволяющим оператору наблюдать за работой различных устройств сигнализации, контролировать и управлять машинами (оборудованием), технологическими процессами.

Индикаторы являются источниками сенсорной связи человека (световыми и звуковыми сигналами, количественным и качественным отсчетом показаний измерительных приборов) с информацией, которая характеризует работу производственного оборудования.

Индикаторы должны обеспечивать точный, надежный и быстрый отсчет показаний, согласно которым оператор управляет и регулирует работу станка (оборудования), а также осуществляет контроль технологического процесса.

14.1. Индикаторы

Наибольший объем информации (90–95%) воспринимается органами зрения, поэтому основную группу индикаторов составляют визуальные индикаторы (рис. 14.1). Это значит, что индикаторы этой группы должны обеспечивать максимально хорошие условия видимости, т.е. оптимальную интенсивность освещения, отражательную способность индикатора, ясность, контрастность и оптимальные значения разменов деталей, в частности знаковой информации. К другой группе индикаторов относятся акустические (звуковые) и тактильные индикаторы, обеспечивающие восприятие оператором остальных видов информации.

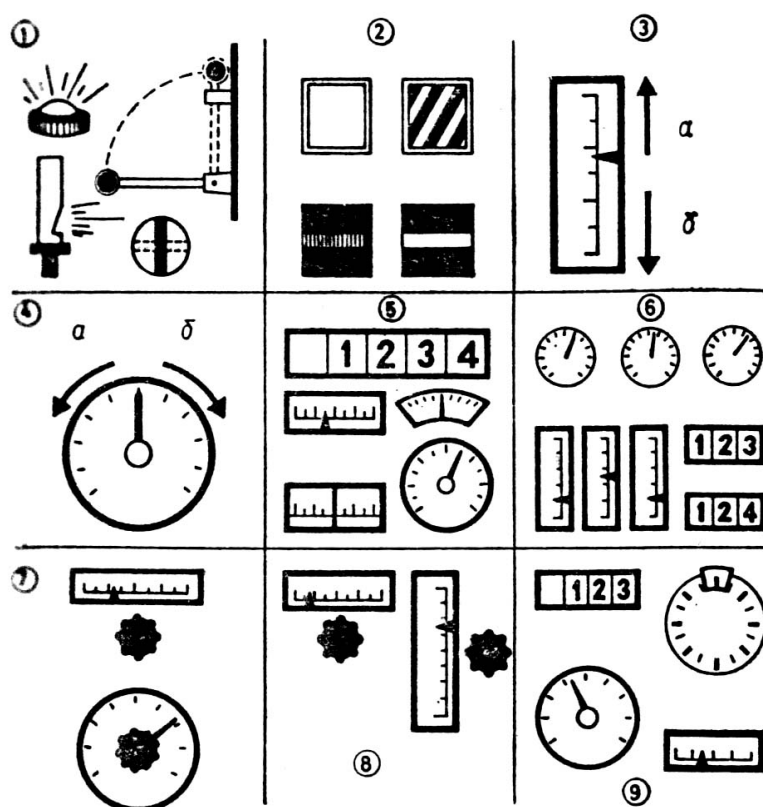


Рис. 14.1. Выбор индикатора: 1 – для сигнализации (звуковой, зрительной, графической) и считывания показаний; 2 – для идентификации символов, знаков, цветовых сигналов; 3 – для контроля измерения скорости или направления движения с использованием линейной шкалы (а – значение параметра уменьшается, б – возрастает); 4 – для контроля изменений показаний скорости с использованием круглой или сегментной шкал (а – скорость уменьшается, б – скорость увеличивается); 5 – для контрольного отсчета с использованием счетчика, плоских круглых или сегментных шкал; 6 – для сравнения выполнения заданных параметров (шкала с контрольными метками); 7 – для точной и быстрой выставки параметров (шкала, поворотная кнопка); 8 – для настройки (линейная шкала с поворотной кнопкой); 9 – для наблюдения статистических процессов (счетчик или шкала)

При сравнении индикаторов необходимо иметь в виду:

- вид информации, которую должен воспринимать оператор;
- целесообразный способ передачи информации;
- ценность и объем передаваемых данных;
- целесообразность выбора органа чувств, воспринимающего определенный вид информации;

- обеспечение быстрого (мгновенного) отсчета показаний для своевременного принятия решения;
- точность показаний;
- надлежащее размещение индикаторов.

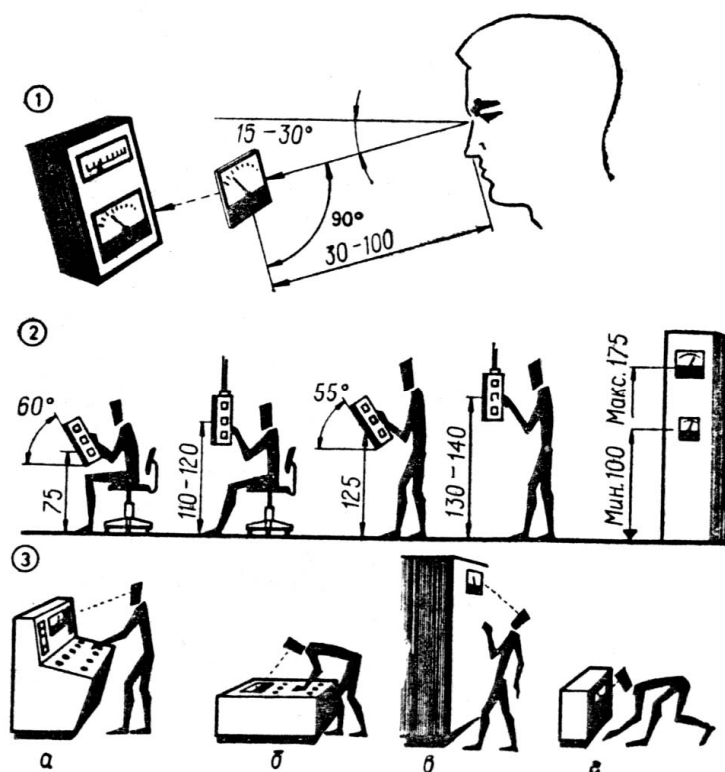


Рис. 14.2. Расположение индикаторов, см: 1 – оптимальное размещение важных и часто используемых индикаторов; 2 – рекомендуемое размещение панелей в рабочей зоне оператора для обеспечения оптимального считывания показаний; 3 – размещение индикаторов на пультах (а – правильное; б, в, г – неправильное)

Требования, предъявляемые к индикаторам:

- обеспечение надежных показаний;
- оптимальная удобочитаемость прибора;
- эстетически целесообразное и качественное оформление внешнего вида прибора;
- целесообразный способ крепления (исполнение задней стенки прибора);
- обеспечение того, чтобы вмонтированное на циферблате стекло (или другой материал) снижало коэффициент отражения циферблата (например силикатное стекло);
- качественная обработка поверхности прибора;

- возможность подсветки шкалы;
- качество зрения оператора, его зрительная характеристика – способность различения (острота зрения).

14.2. Сигнализаторы

Сигнализаторы предназначены для того, чтобы обращать особое внимание, сигнализировать, предупредить о чрезвычайных событиях или обстоятельствах, которые угрожают здоровью или жизни человека или могут привести к материальным потерям. При выборе сигнального устройства и элементов сигнализации необходимо иметь в виду:

- размещение сигнальных устройств по отношению к оператору;
- степень сигнализируемой опасности, неполадок в оборудовании и т.д.;
- возможность травматизма обслуживающего персонала;
- внимание и реакцию оператора.

Для обеспечения быстрой реакции и правильного принятия решений сигналы должны быть простыми, четкими, ясными, однозначными.

Звуковой сигнал слышен на большом расстоянии от места расположения сигнального устройства, поэтому не требуется постоянного нахождения оператора вблизи данного индикатора. Если на рабочем месте используют несколько типов звукового предупреждения или основной уровень шума выше уровня звукового сигнала, целесообразнее использовать для сигнализации яркий мигающий световой сигнал.

14.3. Звуковые сигнализаторы

К параметрам звукового сигнализатора относятся уровень звукового давления, высота и частота звука, уровень звукового давления по отношению к уровню шумового фона, длительность звучания.

Аварийные, предупреждающие и уведомляющие звуковые сигналы должны быть хорошо слышны.

Преимущество звукового сигнала состоит в том, что звуковой сигнализатор (источник звука) можно располагать в любом месте рабочего помещения. Звуковые сигнализаторы рекомендуется комбинировать с визуальными (оптическими индикаторами). Звуковой сигнал включается, например, при возникновении

неполадок в оборудовании, а световой сигнал информирует о месте, где они произошли.

Чтобы звуковой сигнал был хорошо слышен в помещении, его уровень должен быть не менее чем на 10 дБ выше основного уровня окружающего шума и составлять 40–60 дБ.

Прерывистые предупреждающие сигналы (звонки) эффективнее, чем гудки (непрерывного тона с увеличением или уменьшением интенсивности звука).

Звуковые сигнальные устройства являются средством связи и общения (телефоны, радиорубки, диспетчерские службы).

При применении звуковых сигнализаторов необходимо обеспечить возможность регулировки интенсивности звука, правильной, неискаженной и четкой для понимания передачи звука, а также неоднократного повторения сигналов.

14.4. Световые сигнализаторы

Световые сигнализаторы (табло, сигнализаторы на приборных досках, сигнальные лампы) относятся к простым типам визуальных (оптических) индикаторов, которые сигнализируют о нерабочем состоянии (обесточенном электрическом оборудовании, выключенном переключателе и т.д.), нормальном ходе технологического процесса или экстраординарном состоянии, например поломке, необходимости немедленных действий, исправлении неполадок и т.д.

В световых сигнализаторах цвет выступает в роли носителя информации, причем такой информации, которая воспринимается мгновенно, без всяких усилий и на большом расстоянии. Цветовые коды использовались с древних времен. В световых сигнализаторах используют следующие цвета:

- красный, означающий опасность, экстраординарные условия, непосредственную угрозу, или ситуацию, требующую моментального решения, необходимость остановки двигателя (оборудования) и т.д.

- желтый, означающий предостережение, изменение или возможную опасность изменения условий, параметров, положения, превышение максимально допустимых параметров (критического предела).

- зеленый, означающий безопасное функционирование, нормальное нерабочее состояние (оборудование выключено, обесточено и т.д.), возможность продолжения производственного

процесса, деятельности, условия нормальной работы, а также готовность всех функций механизма.

- синий, означающий специфические значения параметров, которые не указаны в перечисленном выше перечне функциональных назначений световых сигнализаторов, кроме того синий цвет в световых сигнализаторах используется в совокупности с различными цветами в зависимости от назначения.

- белый, не используется для какого-либо особого, функционального специфического назначения, кроме тех случаев, когда нет достаточных оснований для использования красного, зеленого и желтого цветов.

Для большой ориентировки можно применять сигнализаторы с мигающими сигналами различного цвета. Рекомендуются сигнализаторы с частотой мигания 2-4 Гц для красного цвета и 0,5-1 Гц для желтого; рекомендуемое отношение периодов свечения и гашения составляет 1:1- 4:1.

Контрольные вопросы

1. К какому типу связи относятся индикаторы?
2. Какое оптимальное освещение индикаторов в лк?
3. Какие индикаторы используют для сигнализации критического состояния аварии, угрожающей жизни людей?
4. Какие цвета используют в световых сигнализаторах?
5. Какой прием применяют для большей ориентировке в световых сигнализаторах?
6. Какие параметры характеризуют звуковые сигнализаторы?

Тема 15.

ПАНЕЛИ И ПУЛЬТЫ УПРАВЛЕНИЯ

При проектировании и конструировании пультов управления необходимо иметь в виду следующее.

Размещение пульта по отношению к оператору и его рабочей зоне, обеспечение удобной манипуляции на пульте в зоне досягаемости, удобство выполнения необходимых операций управления.

Возможность видеть со своего рабочего места всю панель управления.

Эстетическое исполнение панели – целостность формы, цветовое решение, качество обработки поверхностей панели и пультов управления, а также их отдельных элементов, отсутствие шероховатостей, изготовление из качественного материала, предназначенного для панелей.

Компоновка индикаторов и органов управления на панели должна соответствовать эргономическим принципам.

Подсветка должна способствовать оптимальной удобочитаемости показаний индикаторов, сигнализаторов.

При проектировании пульта управления необходимо принимать во внимание:

- исходные данные рабочей зоны оператора и его возможности оптимального манипулирования органами управления с учетом соответствующих пропорций тела человека и наилучшего способа управления оборудованием;
- использование простых, типизированных элементов при конструировании и изготовлении пультов управления;
- достижение целостной формы и тщательное выполнение видимых элементов формы пульта управления;
- соответствие расположения органов управления требованиям эргономики.

15.1. Размещение панелей

Панель управления должна располагаться таким образом, чтобы обеспечить оператору наивысшую эффективность деятельности.

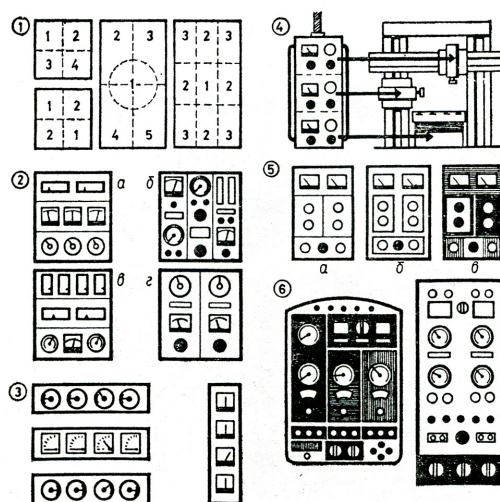


Рис. 15.1. Панели:

- 1 – расположение приборов на панели для точного и быстрого отсчета показаний;
- 2 – расположение индикаторов и органов управления:
 - а – в зависимости от особенностей формы приборов, б – органы управления под соответствующими индикаторами,
 - в – в зависимости от одинакового характера отсчета показаний, г – симметричное расположение;
- 3 – ориентировка шкал на панелях должна быть такой, чтобы нулевое положение или допустимый уровень совпадали у всех индикаторов;
- 4 – целесообразно размещать индикатор и соответствующий ему орган управления примерно в одинаковом положении на панели;
- 5 – способы расположения индикаторов и органов управления на приборных досках и их оформление: а, б – с эстетической точки зрения не рекомендуется расчленять панель управления и делать по контуру индикатора рамку или широкий борт, в – самый выгодный способ расчленения пульта с использованием цветового контраста; б – с эстетической точки зрения неприемлемо использование больших, резко очерченных элементов панелей с резким цветовым контрастом; нерасчлененную панель оператор воспринимает более спокойно

При выполнении работы, особенно в аварийных (критических) ситуациях, элементы (детали) органов управления должны рационально располагаться по отношению к рабочей зоне оператора и его положению во время работы (способу управления оборудованием).

Рекомендуемое расстояние от приборов на панели до оператора составляет 30–80 см.

На панели, особенно вблизи визуальных сигнализаторов, не должно быть ничего, что так или иначе могло бы отвлечь внимание при визуальном наблюдении. Блестящие поверхности, несущественные знаки, выполненные в цветовом контрасте с фоном панели, или выделяющиеся своими размерами подробные дополнительные чертежи и символы.

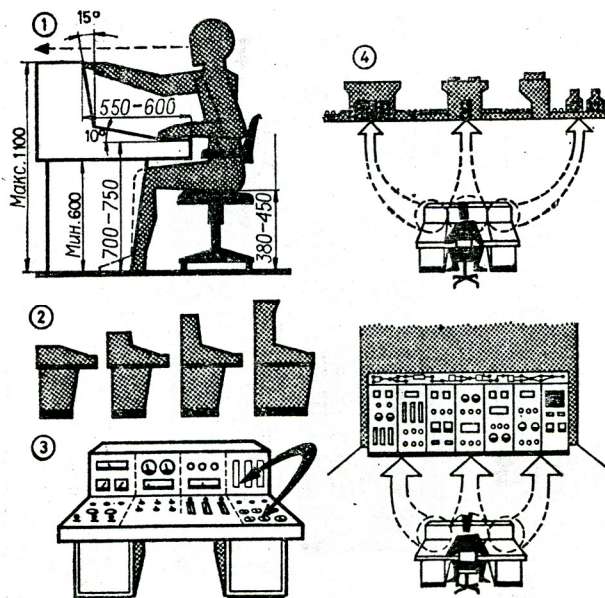


Рис. 15.2. Пульта:

- 1 – рекомендуемые исходные данные для конструирования пультов управления (некоторые размеры устанавливаются в зависимости от роста оператора);
- 2 – универсальная конструкция серийного пульта;
- 3 – органы управления и индикаторы размещают на пульте управления таким образом, что ближе к оператору находятся органы управления, а дальше – соответствующие им индикаторы;
- 4 – расположение органов управления на пульте должно соответствовать расположению элементов оборудования или технологическому процессу и функциям отдельных органов управления

При размещении панелей и индикаторов необходимо учитывать освещение (дневной свет, искусственное освещение, источники света, в том числе расположение окон и т.д.). Свет не должен отбрасывать резких теней, ослеплять оператора, чтобы не затруднять оператору считывание показаний. Не должно быть отраженной блескости от блестящих поверхностей панелей или стекол приборов.

Контрольные вопросы

1. Назовите необходимые условия размещения различных панелей управления.
2. Назовите рекомендованное расстояние от панели до глаз оператора.
3. Перечислите основные требования к освещению панелей и пультов управления.

Тема 16.
ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ
ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СРЕДОВОГО
ПРОСТРАНСТВА

Для здания главное – не стены и крыша, а пространство, в котором он будет жить.

Лао-Цзы

Гигиена деятельности человека изучает взаимосвязь между организмом человека и факторами, характеризующими среду обитания. Результаты, полученные на основе исследования этих динамически развивающихся взаимосвязей, классифицируются с учетом того, какое воздействие эти факторы оказывают на организм человека. Гигиена деятельности человека базируется на изучении физиологических процессов человека при воздействии на них трудовых процессов и условий производственной среды и определяет положительное и отрицательное воздействие этих факторов, принимая во внимание особенности, характерные для организма работающего человека. Данные, свидетельствующие о положительном воздействии различных производственных факторов на организм человека, являются основой, на которой гигиена труда разрабатывает рекомендации по соблюдению оптимальных условий труда.

Освещение, температура, влажность, вентиляция воздуха, шум и вибрация, сохранение равновесия тела, сопротивление действию сил тяжести, утомление – каждый из этих факторов настолько важен, что требует специального и подробного рассмотрения. Однако мы лишь коснемся каждого из этих факторов, с точки зрения их влияния на деятельность оператора.

16.1. Освещение

Свет – это излучение, вызывающее зрительные ощущения и представляющее электромагнитные волны, которые испускаются источником света или предметом, от которого отражается свет. Чувствительность глаза к этим волнам очень велика и колеблется в пределах 10⁻⁵–10⁻⁶ лк.

В 1890 г. Клод Моне написал серию картин со стогами сена во французской деревне. Композиция этих картин схожа, но освещение делает их различными. Одни писались ранним утром, другие – в полдень, третьи – после обеда или на закате. Некоторые пейзажи были наполнены холодным туманом, а другие – ослепительным солнечным светом. Моне изображал не стога сена, а свет. В письме к другу он писал: «...чем дальше, тем лучше я понимаю, ...что ищу: «сиюминутное состояние вещей и свет, заполняющий все вокруг».

Свет может вызывать в человеке самые различные чувства, воспоминания, которые трудно выразить словами.

16.1.1. Естественное освещение

Помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь, как правило, естественное освещение. Естественное освещение подразделяется на боковое, верхнее и верхнее-боковое (комбинированное). Установленные расчетом размеры световых проемов допускается изменять на +5, -10%.

Неравномерность естественного освещения помещений производственных и общественных зданий с верхним или верхним и естественным боковым освещением и основных помещений для детей и подростков при боковом освещении не должна превышать 3:1.

16.1.2. Совмещенное освещение

Совмещенное освещение помещений, жилых, общественных и вспомогательных зданий допускается предусматривать в случаях, когда это требуется по условиям выбора рациональных объемно-планировочных решений, за исключением жилых комнат и кухонь жилых домов, помещений для пребывания детей, учебных и учебно-производственных помещений, кабинетов врачей и палат лечебно-профилактических учреждений, спальных помещений санаториев и домов отдыха.

16.1.3. Основные цели организации освещения в помещениях

1. Обеспечение оптимальных зрительных условий для различных видов деятельности.

2. Содействие достижению целостности восприятия среды и эмоциональной выразительности интерьера.

3. Освещение может быть общим, местным, комбинированным, а также рассеянным, направленным и отраженным.

4. Независимо от способа освещения уровень необходимой освещенности определяется следующими параметрами:

- точность зрительной работы – наивысшая, очень высокая, средняя и т.д.;

- наименьший размер объекта различения в мм – от 0,15 до 5;

- разряд зрительной работы от 1-го до 0-го;

- контраст объекта различения с фоном – малый, средний, большой;

- характеристика фона – темный фон, средний, светлый.

На рабочих местах освещение играет следующие роли:

- физиологическую (дает возможность человеку видеть, работать, творить);

- эксплуатационную (позволяет считывать, распознавать визуальную информацию всевозможного вида);

- психологическую роль (создает благоприятные стимулы и настроение);

- обеспечивает безопасность (создает предпосылки к большей безопасности работы);

- гигиеническую роль (стимулирует поддержание чистоты).

Оптимальное освещение на рабочем месте характеризуется следующими основными параметрами:

- уровень освещенности;

- распределение освещенности;

- направление света (светового потока);

- распределение тени;

- отсутствие зон блескости и бликов;

- цвет света (светового потока);

- цветопередача (точность восприятия цвета объекта в зависимости от цвета света).

При установке светильников в целях обеспечения оптимального освещения необходимо соблюдать следующие правила:

- прямые световые лучи не должны попадать в глаз под углом, меньше 30° к горизонту;

- тень от человека не должна закрывать его рабочую зону.

Расчет количества светильников общего освещения в помещениях для получения требуемой освещенности производится по формуле:

$$n = \frac{a \times b \times E_m \times k}{\Phi},$$

где n – количество светильников, шт.;

a – длина помещения, м;

b – ширина помещения, м;

E_m – заданная освещенность, лм;

Φ – световой поток источников света одного светильника, лм;

k – коэффициент, учитывающий цвет и тон стен, потолка и пола (1,5–2,5).

Уровень (величина) освещенности зависит от высоты подвеса светильников и убывает пропорционально квадрату ее изменения, т.е.

$$E = \frac{1}{h^2}.$$

Поэтому количество светильников необходимо увеличивать пропорционально квадрату изменения высоты подвеса. Например, для рабочей поверхности 0,8 м и при высоте подвеса светильников 2,5 м от пола, т.е. когда расстояние от освещаемой плоскости до светильников равно $2,5 - 0,8 = 1,7$ м, их количество должно быть увеличено в три раза ($1,7^2 = 2,89 \approx 3$).

При применении местного освещения рабочего места в комбинации с общим освещением последнее должно составлять не менее 20% освещения рабочего места.

Также необходимо учитывать, что с возрастом падает чувствительность к свету: потребность в освещенности у человека 30-летнего возраста в два раза, у 40-летнего в три, а у 50-летнего в шесть раз больше, чем у 10-летнего.

Таблица 16.1

Требования к освещенности рабочих мест

Тип помещения	Освещенность, лк	Цвет света
1	2	3
Складские помещения	200	Ww, nw
Комнаты отдыха, сантехнические помещения, толовые	200	Ww, nw

1	2	3
Медицинские учреждения	500	Ww, w
Коридоры и лестницы	100	Ww, nw
Офисные помещения	500	Ww, nw
Офисные помещения с достаточным дневным освещением	300	Ww, nw
Большие офисные помещения: – с высокой степенью отражения – со средней степенью отражения	750 1000	Ww, nw
Чертежные мастерские	750	Ww, nw
Помещения для переговоров	300	Ww, nw
Помещения для посетителей	200	Ww, nw
Помещения с компьютерами	500	Ww, nw
Помещения с измерительными инструментами	500	Ww, nw
Лаборатории	300	Ww, nw
Помещения для работ, требующих зрительного напряжения	500	Ww, nw
Контроль цвета	1000	Ww, nw
Ювелирные мастерские	1000	Ww, nw, tw
Мастерские по изготовлению оптики и часов	1500	Ww, nw, tw
Мастерские по обработке драгоценных камней	1500	Ww, nw, tw
Помещения для сортировки бумаги	750	Ww, nw
Ретушь, литография, набор	1000	Ww, nw, tw
Контроль цветов	1500	Ww, nw, tw
Гостиницы и рестораны: – приемные – рестораны – буфеты – общие помещения – кафе самообслуживания	200 200 300 300 300	Ww, nw Ww Ww, nw Ww, nw Ww, nw
Парикмахерские	500	Ww, nw, tw
Косметические салоны	750	Ww, nw, tw

Примечания: ww – теплый белый свет; nw – обычный белый свет; tw – дневной белый свет.

Таблица 16.2

Световой поток разных источников света

Источник	Мощность, Ватт	Световой поток, Люмен	Срок службы, часы
1	2	3	4

Гигиенические показатели при проектировании...

Лампа накаливания тепло-белый свет	15	90	1000
	25	230	
	40	430	
	60	730	
	75	960	
	100	1380	
Галогенная лампа 12В тепло-белый свет	20	340	2000–4000
	35	670	
	50	1040	
	75	1280	
Галогенная лампа 220В тепло-белый свет	100	1650	2000–4000
	150	2600	
	200	3200	
	300	5000	
	400	6700	
	500	9500	
Люминесцентная лампа – компактные лл – тепло-белый свет – холодно-белый свет – нейтрально-белый свет	4	120	7500-8500
	6	240	
	8	450	
	13	950	
	15	950	
	16	1250	
	18	1350	
	36	3350	
	58	5200	
Ртутная лампа Тепло-белый свет Нейтрально-белый свет Индекс цветопередачи 3/4	50	2000	8000–12000
	80	4000	
	125	6500	
	250	14000	
	400	24000	
Натриевая лампа Желтый свет	35	2000	8000–10000
	50	3500	
	70	5600	
	100	9500	
	150	15500	
	250	30000	
	400	51500	

Окончание табл. 16.2

1	2	3	4
Металлогалогенная лампа Тепло белый свет Холодно белый свет	39 75 150	3000 5100 12500	6000–9000

16.1.4. Дневное освещение

Интенсивность дневного света колеблется в пределах $10^3 - 3 \times 10^4$ лк, соответствующих излучению неба от зимнего серого

до летнего с белыми облаками (прямое солнечное излучение ясным летним днем имеет интенсивность до 10^5 лк).

Степень освещенности рабочего пространства выражается коэффициентом дневной освещенности, который выражается в процентах, и показывает, во сколько раз интенсивность освещения внутри помещения меньше интенсивности наружного освещения, т.е. рассеяние света неба.

$$e = \frac{E_{BH}}{E_H} ,$$

где E_{BH} – интенсивность освещения внутри помещения;

E_H – интенсивность наружного освещения.

Рекомендуемые коэффициенты дневной освещенности и соответствующие им значения освещенности E_{BH} в помещении (например на рабочем столе) при внешнем освещении $E_H = 4\ 000$ лк.

Таблица 16.3

Зависимость между коэффициентами дневной освещенности и освещенностью

Размер зрительно-распознаваемых деталей, мм	Наименьшее значение e , %	Соответствующая освещенность $E_{вн}$, лк	Рекомендованное значение e , %	Соответствующее значение $E_{вн}$, лк
710	1,5	60	2,5	100
1–10	2,5	100	3,8	150
0,2–1	3,8	150	5,0	200
< 0,2	5,0	200	7,0	280

Коэффициент e подобран так, чтобы основная часть рабочей смены даже в зимнее время проходила без искусственного освещения.

16.1.5. Искусственное освещение

Источником являются лампы накаливания, газоразрядные (люминесцентные).

Освещенность измеряется люксметром и выражается в лк – это освещенность $1\ м^2$ поверхности световым потоком в 1 лм.

Освещенность E – есть отношение светового потока Φ (лм), падающего на элемент, к площади освещаемой поверхности A ($м^2$).

16.1.6. Основные положения для проектирования освещения

Хорошее освещение необходимо для выполнения большинства работ. Его нельзя достигнуть одним только добавлением источников света. Чтобы спланировать рациональную систему освещения, необходимо знать специфику рабочего здания, для которого создается система освещения, скорость и точность, с которой это задание должно выполняться, длительность его выполнения и различные изменения в условиях выполнения рабочих операций. При планировании системы освещения должны учитываться следующие важные факторы:

- подходящая для данного рабочего задания яркость;
- равномерное освещение объекта труда;
- оптимальный яркостной контраст между объектом труда и фоном;
- отсутствие блескости как от источника света, так и от рабочей поверхности. Под блескостью понимается специфическое свойство ярко освещенной поверхности вызывать ослепление или дезадаптацию наблюдателя;
- соответствующее количество светильников и цвет светильников и поверхностей.

Планирование и размещение всех элементов осветительной системы должно предусматривать легкий доступ к ним для ремонта и чистки, чтобы можно было постоянно поддерживать оптимальные характеристики освещения.

Смена дня и ночи, чередование ясных и пасмурных дней или сложные условия зрительного восприятия при совершении рабочих операций, например необходимость считывать показания приборов внутри кабины самолета и видеть предметы за пределами кабины – все это часто затрудняет решение вопросов освещения. Не следует думать, что хорошее освещение, предусмотренное для дневной работы, будет одинаково хорошо и для ночной работы, и наоборот.

Человеческий глаз адаптируется к общим уровням освещенности, что вызывает необходимость обеспечивать различные системы освещения, например системы для дневного и сумеречного зрения. Чтобы убедиться в этом, попробуйте посмотреть в окно ночью, когда сзади вас зажжена электрическая лампочка. Скорее всего, вы ничего не увидите за окном, а увидите лишь яркую лампу, четко отражающуюся в оконном стекле. Однако если вы повторите это наблюдение в дневное время, яркость внешнего освещения благодаря солнечному свету

достигнет такого уровня, что вы едва ли заметите отражение лампы от поверхности стекла. Практически невозможно что-либо сопоставить с яркостью солнечного света, отражающегося от некоторой поверхности, даже если эта поверхность окрашена в теплый цвет.

Обычная ошибка, которой следует избегать – направление света на наблюдателя, а не на надлежащий объект. Даже небольшое количество света, направленное в глаза наблюдателя, так изменяет уровень адаптации его глаз, что он лишается способности видеть объект, который вы намереваетесь осветить.

Другая ошибка, которой следует избегать, состоит в планировании общей осветительной системы для некоторой площади, без учета того, что именно будет размещено на этой площади. Перегородки, большие шкафы и даже люди могут поглощать свет или преграждать путь световым лучам от предусмотренных вами источников.

Для некоторых специальных видов деятельности человека совершенно непригоден способ общего освещения всего помещения. Допустим, что несколько операторов должны следить за индикаторами, имеющими низкие контрастные характеристики, например, электронно-лучевыми трубками. В этом случае помещение, в котором находятся операторы, должно быть в достаточной степени затемнено. В то же время, другим операторам, находящимся в этом же помещении, может потребоваться работать со схемами или цветными картами, для чего необходимы высокие уровни освещенности.

Правильное решение подобных проблем освещения не всегда возможно на основе использования графиков и таблиц освещенности. Такие задачи часто требуют экспериментальных методов решения. Рекомендуется использовать переносные светильники с регулируемой мощностью. Такие экспериментальные лампы легко перемещать, они позволяют производить замеры освещенности, а также обнаруживать эффекты – отражение света, блескость.

Хорошее решение задачи освещения не может быть достигнуто при сосредоточении всего внимания лишь на источниках света. Следует учитывать также взаимодействие света с фактурой поверхности, цветом и другими характеристиками объектов, которые влияют на зрительное восприятие. Так, например, лист глянцевой белой бумаги, воспринимаемый на темной поверхности

стола в слабо освещенной комнате, становится для наблюдателя источником блеска, мешающего наблюдениям.

Освещенность является также и психологическим фактором. С помощью освещения можно создать различные условия, которые располагают человека к отдыху, покою или, наоборот, вызывают его возбуждение. Однако создание посредством освещения определенного психологического климата не должно нарушать оптимальных условий зрительного восприятия.

16.1.7. Использование и регулирование естественного дневного света

Правильное использование дневного света и его регулирование желательны не только с точки зрения экономии электроэнергии, но и для повышения производительности труда. Состояние нервной системы некоторых людей ухудшается, если их надолго изолируют от солнечного света.

При ориентировании нового здания желательно принимать во внимание направление на стороны света. Следует использовать преимущества естественного света. Это означает, что надо учитывать направление движения солнца для данной географической широты и даже высоты над уровнем моря.

К конструированию зданий следует подходить с точки зрения наилучших условий введения естественного света в пределы рабочего помещения. Кроме того, полезны прозрачные и полупрозрачные материалы для фильтрования и более равномерного распределения естественного света.

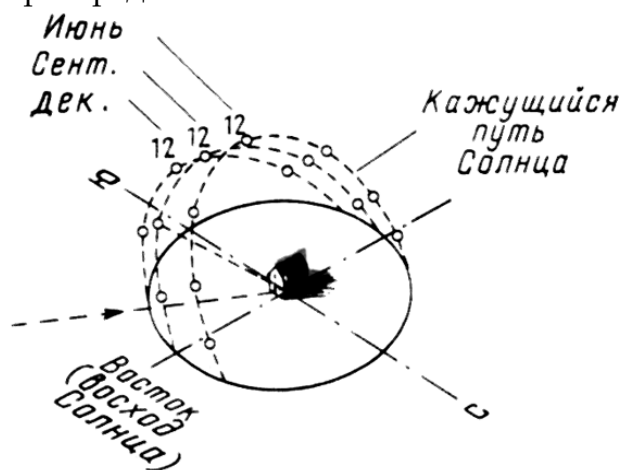


Рис. 16.1. Направление движения солнца

Некоторые конструктивные решения, например слишком глубокие карнизы или подоконники, могут создавать нежелательное затемнение, и их следует по возможности избегать.

При конструировании оконных проемов следует принимать во внимание коэффициенты отражения света от стен, полов и потолков. Так, например, темная стена вокруг окна вызывает явление блескости из-за большого контраста между стеной и площадью окна.

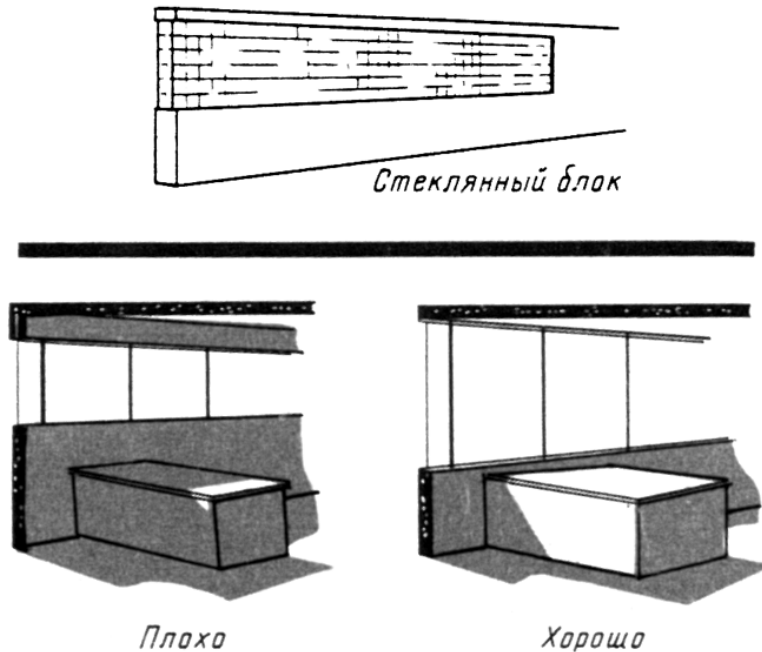


Рис. 16.2. Расположение рабочих столов вблизи оконных проемов

Как правило, рекомендуется употреблять светоотражающие краски. При этом, однако, следует избегать блестящих поверхностей.

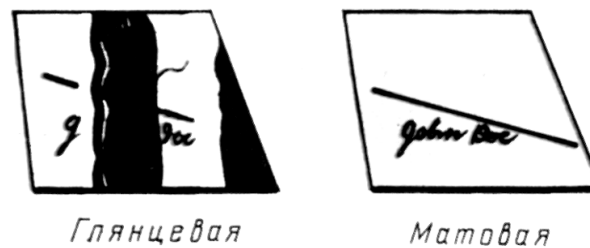


Рис. 16.3. Тени на глянцевой и матовой поверхностях

16.1.8. Системы искусственного освещения

Прямое освещение обеспечивает максимальное использование света на рабочей плоскости. Обычно от 90 до 100% мощности светильника направлено вниз на рабочую поверхность. Существенным недостатком прямого освещения являются слишком высокие яркостные контрасты, резкие тени и блескость.

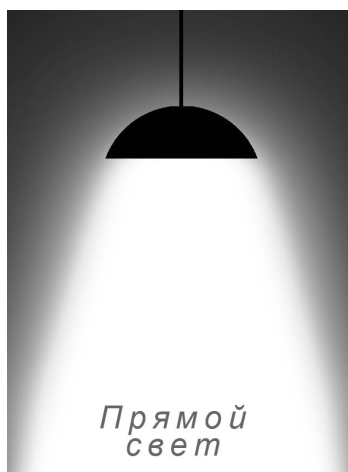


Рис. 16.4. Освещение прямым светом

Освещение отраженным светом дает ровную освещенность без теней или блескости. Такое освещение достигается тем, что от 90 до 100% света направляется на потолок и верхнюю часть стен, от которых свет более или менее равномерно отражается по всему помещению (рис. 16.5).



Рис. 16.5. Освещение отраженным светом

Диффузное освещение обеспечивает рассеянный свет, одинаково распределенный по всем направлениям. Оно требует

меньшей мощности, чем каждая из приведенных выше систем, но вызывает частичное образование теней и блескости (рис. 16.6).



Рис. 16.6. Диффузное освещение

Применение люминесцентных ламп с рефлекторами решает большинство проблем, связанных с блескостью рассеивателя света.

При необходимости можно совмещать прямое или не прямое освещение с диффузным освещением, чтобы создать требуемые условия освещения.

Способность глаза к восприятию света, естественно резко снижается после продолжительного периода непрерывного чтения. Опыты показали, что за период трехчасового чтения при прямом освещении эффективность чтения снижается из-за блескости на 80%, в то время как при системе отраженного света, такое снижение составляет лишь 10%.

Таблица 16.4

Особые рекомендации относительно уровней освещенности

Место	Уровень, лк
Дома:	
чтение	400
письмо	400
шитье	700–1 000
работа в кухне	500
зеркало (бритье)	500
стирка	400
игры	400
работа за верстаком	500
общее	100 и более
В конторе:	
бухгалтерская работа	500
печатание на машинке	500
обработка текстов	400
общая корреспонденция	300

Гигиенические показатели при проектировании...

работа с картотекой	300
прием посетителей	200
В школе:	
на доске	500
на партах	300
черчение (рисование)	500
спортзал	200
аудитория	100
В театре:	
фойе	200
во время антракта	50
во время действия	1
В поезде:	
чтение	200–400
прием пищи	150
на ступеньках	100
в тамбуре	100
У врача:	
кабинет осмотра	1000
зубоврачебный кабинет	2000
операционный стол	18 000

Рекомендуемые уровни освещенности на заводах и фабриках

Тип работы	Уровень, лк
Сверление, клепка	300
Разметка и изготовление шаблонов	500
Сварка в точке с варки	300 1000
Сборка очень точная сборка	300 3 000
Отделка, осмотр	2 000
Окраска	300
Обработка стекла гранение, полировка	500
Черчение	1000
Ретушь	1500
Обработка на станке: грубая очень точная	200 2000
Операция с листовым металлом: штамповка тиснение графление	300 300 1000
Приемка	100
Отправка	100

Несмотря на правильно выбранный уровень освещенности, условия зрительного восприятия все же могут быть неблагоприятными, если осветительные устройства расположены ненадлежащим образом. Если, например, при применении люминесцентных светильников, арматуру установить заподлицо с потолком, потолок будет казаться значительно темнее светильника. Возникающий при этом контраст слишком высокий и действует раздражающе и утомляет глаза.

Люминесцентные светильники не должны использоваться таким образом, как сказано выше. Свет от светильника должен не только непосредственно направляться вниз на рабочую площадь, но и отражаться от потолка. Можно использовать специальные экраны, которые предохраняют глаза работающего от прямых лучей источников света.

Полезно, кроме общего освещения, предусматривать дополнительные источники света непосредственно у рабочего места. При этом лампа должна быть расположена так, чтобы ее свет не был направлен прямо в глаза работающего и не слепил его,

отражаясь от рабочей поверхности. Необходимо учитывать возможность возникновения теней, например от обрабатываемой детали или от рук рабочего.

16.1.9. Требования к освещению

Равномерность освещения рассматривается как отношение наименьшего освещения (интенсивности) рабочего места к наибольшему освещению (интенсивности).

Чем точнее зрительная работа, тем равномернее должно быть освещение. Отношение освещенности рабочей поверхности к полной освещенности окружающей пространство, не должно превышать 10:1. Отношение 40:1 освещенностей двух поверхностей, находящихся в поле зрения человека, неприятно, а отношение 100:1 – болезненно для глаз человека. Оптимальному контрасту двух освещенных поверхностей, находящихся в поле зрения, соответствуют отношения освещенностей 3:1 – 5:1. Иногда рекомендуется отношение освещенностей между рабочей поверхностью, ближайшим окружением и фоном 10:3:1 (10:4:3). Для трудноизмеримых освещенностей существуют нормы равномерности: наименее освещенное место рабочего пространства должно иметь минимум 70% освещенности по сравнению с наиболее освещенным местом.

На рабочей поверхности не должно быть скрещивания теней. Seriously мешают тени передвигающихся предметов и частей машины. Направление искусственного света не должно приближаться к направлению дневного света.

Самым благоприятным считается направление слева и чуть сзади.

Объекты должны освещаться таким образом, чтобы выявить их форму и объем. Объемное видение облегчает распознавание объектов и пространственную ориентацию. Необходимую затененность, выявляющую пластику определенного предмета, регулируют местным освещением. Собственные тени предмета должны помочь выявлению его собственных форм. В учреждениях необходима мягкая затененность.

Необходимо, чтобы спектр искусственного освещения приближался к спектру естественного цвета. Если при белом свете (дневное освещение) выработку работающего человека принять за 100%, то при желтом свете она составит лишь 93%, при зеленом – 92%, при голубом – 78%, при красном и оранжевом – 76%.

Необходимо защищать глаза от ослепления, которое нарушает зрительное восприятие, снижает остроту зрения, ухудшает видение, создает ощущение неудобства, напряжения и раздражения. Причиной является большая яркость. Единицей яркости источника света является 1 нит (нт). 1 нит, в свою очередь, определяется в международной системе единиц СИ отношением кандела на м² (кандела от латинского *candela* – свеча). Абсолютное ослепление достигается при яркости свыше 20 сб (стильб – единица яркости, равная 10⁴ нит).

Воздействие яркости на зрение:

100 нт – критическая яркость при очень темном фоне;
150 нт – субъективное ощущение зрительного дискомфорта;
3 000 нт – критическая яркость при искусственном освещении;
12 000 нт – верхняя допустимая граница;
200 000 нт – абсолютное ослепление (относительное ослепление: например, свет обычного фонаря ослепляет ночью).

16.1.10. Эстетика освещения

Освещенность рабочего пространства психологически положительно действует на человека, на его настроение. Необходимо использовать цветовое освещение, соответствующее цвету освещаемых поверхностей (голубой цвет поверхности, освещаемой голубоватым светом, становится более сочным, а освещаемой розовым цветом – блеклым).

Недостаточно освещенные пространства эстетически не внушительны. Человек испытывает дискомфорт при плохом освещении или очень ярком свете.

Источники света местного назначения должны иметь эстетичный вид, удобно размещаться, правильно направлять световой поток.

Они должны быть легко доступны для уборки и ремонта.

16.1.11. Проблема блескости

Блескость – наиболее вредный дефект освещения. Имеется зона прямой блескости, которую можно устранить или, по крайней мере, уменьшить правильным расположением светильников или защитных экранов, или, если положение светильников закреплено, путем соответствующей перестановки столов и стульев. Светильники, расположенные под потолком, следует для устранения прямой блескости загораживать экранами под $\approx \angle 45^\circ$. Блики на рабочей поверхности стола сильно мешают работе и для

их устранения необходимо специально подбирать расположение светильников.

Недопустимы блики на стеклах очков. Во избежание их появления, светильники должны быть расположены не менее чем на 30° выше оси зрения, не менее чем на 40° ниже оси зрения или по ее бокам за пределами двух зон по 15° каждая.

Продолговатые светильники следует располагать таким образом, чтобы данная сторона арматуры была параллельна рабочей поверхности (длинной стороне стола). В противном случае появится большой блик поперек рабочей поверхности.

Многие считают, что люминесцентное освещение утомляет зрение. В связи с этим можно рекомендовать комбинировать люминесцентные лампы с обычными лампами накаливания. Лампы накаливания добавляют к спектру теплые тона, смягчая тем самым холодный свет люминесцентных ламп.

Иногда желательно достигнуть особых осветительных эффектов, например, снизить общую освещенность в помещении, осветив в то же время довольно ярко некоторые его зоны. В этих случаях обычно помещают лампы в специальные гнезда в потолке, однако необходимо следить за тем, чтобы глубина гнезд была бы достаточно велика, чтобы лампы не светили прямо в глаза. Другим дефектом может быть появление резких теней в различных местах помещения. Особенно сильные тени при таком освещении появляются на полу, поэтому иногда желательно предусматривать небольшую подсветку пола, чтобы движение людей в помещении не было затруднено. Внутренность углублений для лампы следует окрашивать в черный цвет.



Рис. 16.7. Специальные виды освещения

Установка скрытых карнизных светильников является одним из лучших способов сочетания оптимальной диффузии и снижения блескости общего освещения (рис. 16.8). Внутренность карниза и прилегающую часть стены следует окрашивать в матовый цвет, чтобы довести до максимума коэффициент отражения света изнутри ниши на площадь потолка и при том без бликов. Потолок следует окрашивать в светлые тона, во многих случаях нет необходимости делать его белым.

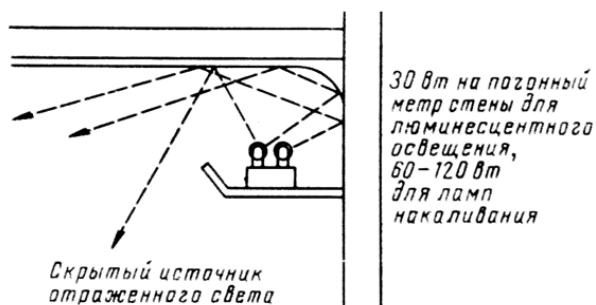


Рис. 16.8. Установка скрытых светильников

Очень часто забывают о правильном освещении мест, где осуществляется уход за оборудованием.

Стойки оборудования могут вызывать образование теней, которые затрудняют видимость мест, подлежащих обслуживанию. Если световая арматура уже установлена, необходимо размещать стойки в соответствии с системой расположения светильников. Проверьте уровень освещенности внизу стойки.

Внутренние поверхности шкафов и ящиков, в которых смонтировано оборудование, следует окрашивать в белый цвет, чтобы использовать весь попадающий свет. Надписи будут более разборчивы, если использовать черные буквы на белом фоне, поскольку белый фон лучше отражает то небольшое количество света, которое попадает внутрь блока или шкафа.

Зрительные залы и аудитории следует снабжать регулируемой освещенностью. Свет, прежде всего, должен падать на сцену, а не на зрителей. Однако в зале должно быть достаточно света, чтобы зрители могли ориентироваться и читать программу. Для всех в зале рекомендуется иметь регуляторы яркости.

Рекомендуется устанавливать лампочки в проходах, чтобы люди не спотыкались, проходя по ним при затемненном зале.

В классных комнатах с южной стороны комнаты нужно устанавливать верхний ряд окон, с северной стороны обычные большие окна. При освещении верхним светом устраивать его в виде полосы посередине потолка с защитной деревянной решеткой, которая защитит учащихся от прямого света.

Типичная ошибка, допускаемая в планировании освещения кухни, состоит в том, что не предусматриваются светильники под навесными стенными шкафами. При этом возникают тени от шкафов, и сама хозяйка затемняет рабочее место, что затрудняет видимость на полке или на столе под шкафами. Люминесцентные светильники мощностью 40 Вт, помещенные под шкафами, обеспечат домохозяйке прекрасные условия работы.

Лампы для домашнего пользования очень часто делаются или по крайней мере располагаются неправильно, вследствие чего не обеспечиваются оптимальные условия зрения. Не рекомендуется употреблять светонепроницаемые лампы абажуры, поскольку они обуславливают большую потерю света и, кроме того, создают очень контрастные светотени, утомляющие зрение.

Ось лампы должна находиться на расстоянии 225 мм от человека на уровне его глаз, то есть в 350 мм над столом, имеющим высоту 750 мм. Этот размер, конечно приблизительный и может меняться при условии, что свет не создает блики читаемого материала. Нижний край абажура должен быть расположен не выше 375 мм над поверхностью стола, чтобы не была видна яркая внутренность абажура. Две лампы, расстояние между которыми составляет примерно 750 мм могут быть установлены на расстоянии 550 мм от последнего края стола.

Для сидящего перед зеркалом туалетного столика светильники должны располагаться в верхней части и по бокам зеркала. Для настольных ламп или бра вертикальные оси, проходящие через центры источников света, должны располагаться на расстоянии 900 мм друг от друга и около 150 мм от стены.

Расчетная высота для глаз берется 1 150 мм от пола. Если находиться перед туалетным столом в положении стоя, расчетная высота от пола до глаз в этом случае 1 470 мм. Люминесцентные светильники в этом случае применять не рекомендуется, поскольку синеватый свет этих светильников существенно искажает цвет лица. Для этих целей вполне достаточны источники света мощностью от 40 до 60 Вт. Абажуры

ламп должны быть прозрачными, а не светонепроницаемыми, чтобы свет падал на лицо без блескости.

При выборе расположения светильника для освещения рабочего оборудования следует учитывать различные факторы. Поскольку рабочему в процессе выполнения операций приходится нагибаться вперед, необходимо располагать светильник достаточно высоко, чтобы рабочий не ударялся о него головой.

В общем случае светильник следует помещать ближе к переднему краю оборудования.

Рекомендуется использовать спаренный 40-ватный люминесцентный источник или 150-ватную лампу накаливания.

Во многих случаях, таких как, например, диспетчерское управление воздушным транспортом, требуется жесткий контроль и ограничение излучений и отражений света. В этих случаях рекомендуется светильники, расположенные низко на пульте и защищенные козырьками с таким расчетом, чтобы на приборах не отражалась светлая одежда оператора, а сами источники света не отражались в оконном стекле. Благодаря такому расположению и конструкции светильников оператору обеспечены приемлемые условия для темновой адаптации, необходимой для того, чтобы видеть происходящее снаружи.

Кроме освещенности пульта, важно иметь в виду и другие вспомогательные требования к освещению, например освещение пола. Следует помнить, что блокирование распространения света на общую площадь увеличивает затененность пола, что затрудняет передвижение людей. В этих случаях следует предусматривать малогабаритные светильники небольшой мощности, закрытые козырьками. Для этой цели достаточна 15-ватная лампочка ночника. Наконец, необходим свет и для обслуживания и ремонта оборудования. Поскольку на диспетчерских пунктах и на местах с круглосуточным трудовым процессом рабочие операции совершаются круглосуточно, может возникнуть необходимость в устранении неполадок и ночью. Для этой цели полезны небольшие переносные светильники, однако лучше, если внутри оборудования предусмотрены особые светильные лампочки, тогда исключается возможность того, что при ремонтных работах с переносной лампой свет случайно попадает на окно или в глаза дежурного оператора. Кроме того, для регулярной уборки помещения необходимы потолочные светильники общего освещения, иногда они могут понадобиться и в дневное время.

Аналогичные принципы освещения необходимо применить и для других видов деятельности, когда человек должен видеть как внутренние, так и внешние объекты. Примерами служат автомобили, автобусы, локомотивы, корабли, самолеты. При устройстве системы освещения во всех этих случаях следует придерживаться следующего общего принципа: «Направляйте свет туда, где он нужен и убирайте его из тех мест, где он будет ухудшать условия темновой адаптации оператора». Как правило, уровни освещенности, необходимые для наблюдателя в случае, когда зрение человека адаптировано к темноте, немного ниже, чем при нормальной дневной адаптации. Однако учитывая возможность больших колебаний уровня общего освещения (городские огни, вспышки молнии и так далее), рекомендуется предусматривать для таких необходимых условий средства регулирования освещения. В ситуациях, при которых требуется особенно высокая ориентация в темноте, желательно употреблять красный свет.

16.2. Климатические условия

Микроклиматические условия, существующие на рабочем месте, влияют на производительность труда человека, его настроение во время работы, а также, что весьма важно, на здоровье. Поэтому с точки зрения эргономики важно, чтобы на человека во время работы воздействовали оптимальные факторы внешней среды, которые создают благоприятный микроклимат [34].

Климатические условия рабочего пространства должны создавать среду, которая удовлетворяла бы человека и технологический процесс изготовления изделия. То есть условия технологии и гигиены. В нашей жизни не всегда эти два условия совпадают. Различия в температурных условиях, требуемых технологическим процессом и необходимых для человека, можно решить микроклиматизацией.

Источники неблагоприятных климатических воздействий должны закрываться кожухами, либо человек должен управлять процессом из закрытой, изолированной кабины.

Оптимальные микроклиматические условия оказывают положительное воздействие на физическую и умственную деятельность человека, создают субъективный покой, повышают качество и эффективность труда. Неблагоприятный микроклимат во время работы нарушает нормальный режим, вызывает

недомогание, способствует возникновению инфекций, вызывает усталость организма, нарушает умственную и нервную деятельность, уменьшая наблюдательность и снижая быстроту реакции.

Почти 50% общего числа профессиональных заболеваний связано с воздействием микроклимата. Неблагоприятные климатические условия (высокая запыленность, влажность и т.д.) снижают производительность труда на 20% и более.

На рабочем месте преобладают в основном следующие микроклиматические параметры:

- температура воздуха,
- влажность,
- давление,
- воздушные потоки,
- чистота воздуха.

Климатизация – это автоматическое управление параметрами окружающего воздуха (температурой, влажностью, чистотой) в необходимых пределах, не зависящих от внешних и внутренних условий. Климатизация имеет двойной смысл: она обеспечивает оптимальную среду для работы человека и необходимые климатические параметры технологического процесса.

При разработке условий, которые обеспечивают благоприятные воздействия микроклиматических факторов внешней среды на человека необходимо помнить некоторые основные параметры:

- температурный порог для человека: от -10 до +70°C;
- для умственной работы благоприятные температуры заключаются в пределах 20–25°C, для легкой физической работы 17–21°C, для тяжелой физической работы 12–17°C;
- наиболее благоприятной мышечной деятельности человека способствует температура в пределах 17,5–18°C; при температуре воздуха, выходящей за пределы диапазона 12–25°C, начинает ухудшаться умственная и физическая деятельность человека, в результате чего почти на 30% увеличивается количество травм по сравнению с оптимальными температурными условиями;
- оптимальные значения относительной влажности воздуха для большинства производственных процессов находятся в пределах 35–60%;
- человеческий организм сам регулирует собственную температуру так, чтобы она находилась в пределах 36–37°C;

удерживанию этой температуры способствует одежда, отопление, вентиляция помещения и так далее. При тяжелой физической работе температура тела может повыситься до 39,5°C;

Отклонение температуры от этих пороговых значений воспринимается человеком как боль.

16.2.1. Температурные условия

Определенные экстремальные уровни температуры снижают работоспособность. Возможно выполнение умеренно сложных операций, например таких, которые связаны с координацией движения рук или со зрительным вниманием, но не требуют физических усилий, при довольно высоких температурах, вплоть до 30°C. Однако при возрастании сложности задачи, особенно при необходимости физического или умственного напряжения, допустимый максимум температуры снижается.

50°C – терпимо в течение одного часа; намного превышает уровень температуры, благоприятный для умственной и физической деятельности человека;

30°C – умственная деятельность ухудшается, замедляется реакция, появляются ошибки;

25°C – начинается физическое утомление;

18°C – оптимальные температурные условия;

18–25°C – наиболее благоприятный интервал температур в летнее время;

17–22°C – наиболее благоприятный интервал температур в зимнее время.

11°C – минимально допустимый уровень температуры, начинается ооченение органов тела.

Таблица 16.6

Необходимая температура воздуха

Показатели	Расход энергии человеком, ккал/час	Температура воздуха в °С, необходимая для нормального теплообмена в соответствующей одежде при указанной скорости движения воздуха		
		6 м/мин (внутри помещения)	30 м/мин	56 м/мин (вне помещения)
Отдых	100	21	23	26
Умеренная активность	250	14	16	17
Весьма интенсивная деятельность	1 000	- 2	- 1	2

Субъективные ощущения при различной температуре поверхности кожи, °С.

Очень жарко	37
Неприятно жарко	36
Жарковато	35
Нормально	34
Чуть прохладно	33
Холодновато	31
Неприятно холодно	30
Очень холодно	29

Таблица 16.7

Оценка уровня температуры конечностей человека, °С

	Руки	Ноги
Минимум комфорта	20	22
Терпимо	20–15	22–17
Мучительно	15–10	17–12
Окоченение	Ниже 10	Ниже 12

Акклиматизация в течение разумного периода позволяет человеку переносить некоторые ненормальные температурные условия, особенно жару. Нормальная температура неодинакова для разных частей тела. Когда температура падает ниже 17°С начинается охлаждение тела.

Нормальная температура:

полость рта	37°С;
поверхность груди	34–35°С;
поверхность талии	35–36°С;
прямая кишка	37°С;
голень, ступня	26,5–28°С.

Для создания температурного комфорта лучше всего зарекомендовали себя отопительные системы, основанные на излучении тепловой энергии; они позволяют обогревать помещение без введения в него горячего воздуха, которое обычно вызывает ощущение «духоты».

16.2.2. Температура, влажность и движение воздуха

Изменениями одного из параметров можно достичь комфортного уровня. Зависимость между этими тремя параметрами выражается кривой поверхностью. Например, при неподвижном воздухе комфортным условиям соответствует температура 22°С и влажность 80%. Температура может подняться

до 25°C при влажности 80%, если вызвано движение воздуха со скоростью ≈ 4 м/сек. При этом человек чувствует себя хорошо.

Нормальная влажность воздуха для большинства людей лежит в пределах от 30% до 70%.

В зоне комфорта люди могут адаптироваться к изменениям любого из трех факторов на 20%, а в условиях чрезвычайного холода – на 35%. Однако люди плохо приспособляются к чрезмерной жаре, поскольку при этом повышается генерация тепла в организме.

16.3. Рекомендуемая интенсивность вентиляции производственных помещений

Для обычного рабочего помещения больницы приток свежего воздуха 0,3 м³ в 1 мин на 1 м² пола.

Для тяжелой работы (универмаги, аудитории, библиотеки, классные комнаты, судебные помещения, спортивные залы) приток свежего воздуха 0,5 м³ в 1 минуту (исключая случаи, когда свободное пространство, приходящееся на одного рабочего, всего лишь порядка 0,1 м³, в этих случаях следует снизить приведенное число на 50%).

В конторских помещениях приток свежего воздуха в должен быть не менее 0,15 1 м² пола, сюда относятся также музеи, вокзальные помещения.

Операционные, туалеты, лаборатории требуют повышенной интенсивности обмена воздуха 0,6 м³ на 1 м² площади.

Кухни – 1 м³ на 1 м² площади.

Таблица 16.8

Необходимая интенсивность вентиляции в расчете на одного человека

Условия	Потребление кислорода человеком на уровне моря, м ³ /мин	Скорость вентиляции, необходимая для сохранения у человека концентрации СО ₂ ниже 0,5%, м ³ /мин			
		Уровень моря	1500 м	3000 м	5000 м
Отдых	0,00024	0,04	0,045	0,05	0,06
Умеренная нагрузка	0,00084	0,12	0,14	0,20	0,21
Высокая нагрузка	0,0017	0,27	0,30	0,36	0,44

16.4. Дыхание

Частота нормального дыхания взрослого человека равна 16–20 вдохам в минуту. У человека внешнее дыхание осуществляется

практически только через легкие, через кожу и пищеварительный тракт поглощается лишь около 1-1,5% всего полученного организмом кислорода. Обновление воздуха в дыхательных органах обеспечивается ритмичной сменой вдоха и выдоха в результате регулярных движений грудной клетки и диафрагмы. Взрослый человек в покое совершает 16-20 дыханий в минуту, количество воздуха, потребленного для нормального дыхания, составит примерно 4-8 л/мин, что зависит от пола, возраста и профессии. Вдыхаемый атмосферный воздух содержит 20,93% кислорода, 0,03% углекислого газа и 79,04% азота. Выдыхаемый воздух содержит 15-18% кислорода, 2,5-5,5% углекислого газа, около 80% азота и воду. Часть поступающего в легкие воздуха остается в воздухоносных путях (носоглотка, трахея, бронхи) составляющих, так называемое, вредное пространство, т.к. в них не происходит газообмена. Здесь воздух согревается до температуры тела, очищается от примесей и пыли и увлажняется. Объем вредного пространства в среднем 140 мл. Потребление кислорода в легких в среднем 200-300 мл в минуту, выделение углекислого газа в среднем 200 мл в минуту. На уровне моря содержание кислорода в воздухе составляет около 21%. На высоте 4500 м оно снизится приблизительно до 12%. Содержание CO_2 в изолированном воздушном пространстве, в котором находятся люди, не должно быть выше 0,5%. Повышение концентрации CO_2 во вдыхаемом воздухе до 1-2% субъективно не ощущается, но оно может снизить эффективность труда человека. Когда концентрация углекислого газа возрастает до 3%, человек ощущает легкое затруднение дыхания; при содержании CO_2 от 5 до 10% человек дышит тяжело и учащенно. Длительное пребывание в атмосфере, содержащей более 10% CO_2 смертельно.

На самолетах, предназначенных для продолжительных высотных полетов, делаются герметичные кабины, в которых искусственно поддерживается нормальное давление. Известно, что за определенный период времени люди привыкают к разреженной атмосфере высокогорных районов. Однако обычный пассажир или член экипажа самолета, летящего на очень большой высоте, не может обойтись без добавления кислорода в окружающую среду.

В зависимости от нахождения человека в различных условиях, необходимо учитывать содержание кислорода в воздухе. При необходимости требуется дополнительно оснащать оператора специальной одеждой.

Потребности человека в кислороде

Высота, км	Особенности применения кислородной системы
1,5	Максимальная высота для нормального дыхания ночью без добавления кислорода
2,4	При выполнении обычных двигательных операций следует использовать кислород
3,0	Максимальная высота для полета без постоянного снабжения кислородом
5,4	Максимальная высота на случай аварии без употребления кислорода
6,0	Кабины должны быть под давлением
7,5	Человек может сохранять сознание без использования кислорода приблизительно в течение 116 сек
9,0	Для снабжения кислородом необходимо избыточное давление
10,0	Максимальная высота для индивидуальной кислородной системы
12,0	Человек может сохранять сознание без использования Кислородной системы приблизительно в течение 23 сек
13,5	Для регулярных полетов требуются скафандры с избыточным давлением
15,0	Максимальная высота для использования кислородной маски в аварийных случаях

Величину допустимого барометрического давления выше и ниже 1 атм. (давления на уровне моря, равного 760 мм рт. ст.), безопасного для человека в условиях обогащения или обеднения воздуха кислородом можно найти в специальных графиках.

Приблизительно при 3 атм. обычный воздух с 20% содержанием O_2 (кислорода) становится опасным из-за угрозы кислородного отравления. При давлении ниже 1 атм. необходимо обогащение кислородом, чтобы предотвратить кислородное голодание. Степень обогащения следует снижать по мере акклиматизации человека к низкому давлению кислорода (давление компонента идеальной газовой смеси, которую он оказывал бы, если бы один занимал объем всей смеси).

16.5. Вибрация (механические колебания и сотрясения)

Человек, соприкасаясь с машинным оборудованием и механическими инструментами, зачастую подвергается действию вибрации, сотрясениям, вредным для здоровья, если они превышают определенные нормы. **Вибрация** – это колебания

высокой частоты и малой амплитуды, которые не только вредно действуют на организм человека, но и нередко мешают выполнению им рабочих операций как мыслительных, так и двигательных.

Вибрация, прежде всего, оказывает отрицательное воздействие на нервную систему, а также локальное воздействие на суставы и сосуды пальцев (ангиодистонический синдром – травматическое заболевание сосудов – пальцы теряют чувствительность и становятся желтовато-белыми). Вибрация вызывает повышенное утомление человека, поскольку влияние распространяется на многие группы мышц. Зрительное восприятие ухудшается под действием вибрации, особенно при частотах между 25 и 40 и между 60 и 90 Гц. В частности, вибрация оказывает вредное влияние на остроту зрения. При вертикальной вибрации низкой частоты снижается скорость чтения и требуется увеличение уровня освещенности. Вертикальная вибрация оказывает большое воздействие на операторов, находящихся в положении сидя, а горизонтальные колебания – на операторов, работающих стоя.

Вред, причиняемый вибрацией, зависит от амплитуды, частоты, энергии, скорости и силы колебаний. Для каждой части тела человека характерен свой особый критический уровень резонанса колебаний.

Например, внутренние органы человека могут быть подвержены частоте колебаний, не превышающей 5 Гц, позвоночник и ребра – 11 Гц, глаза – 75 Гц, челюсть – 100 Гц. Если вибрация превышает критический уровень, орган начинает бесконтрольно вибрировать с небезопасно большой амплитудой колебания, что может привести к смертельному исходу. Различные средства ручного управления, вызывающие ударные, ударно-вращательные или вращательные движения, пневматические и электрические инструменты, во время действия которых возникает вибрация и которые соприкасаются с некоторыми частями тела, должны быть сконструированы с учетом защиты человека от воздействия вибраций и сотрясений. Развитие техники (механизация и автоматизация) расширяет возможность появления вибраций.

Устранение вибраций в готовом оборудовании или готовых изделиях очень затруднительно и нерентабельно. Поэтому обеспечение мероприятий по борьбе с вибрацией следует предусмотреть на стадии проектирования и конструирования оборудования, а именно: устранить источники вибраций или

снизить их величину, уменьшить амплитуду колебаний, изменить технологию, предусмотреть управление средствами производства, где возникает вибрация, из изолированных рабочих зон (кабин), исключив соприкосновение с человеком. Для изоляции вибрации используются стальные пружины, резина, пробка (при оптимальном давлении $(0,5 - 14) \times 10^4$ Па), войлок (оптимальная толщина 12–25 мм).

При проектировании машин и другого оборудования, вызывающего вибрации, необходимо учитывать следующие факторы:

- необходимо исключить постоянное статическое напряжение верхних конечностей, удерживающих тяжелые вибрирующие инструменты;

- при работе с вибрирующими инструментами необходимо исключить большое усилие на данный инструмент, а также его перенос на себя.

При проектировании машины или оборудования, действие которого связано с вредной для человека вибрацией, необходимо придерживаться следующих правил: границы допустимой вибрации (в Гц), действующей на тело человека или отдельные его части, не должны превышать:

2–6	на сидящего человека;
4–12	на стоящего человека;
20–50	на голову;
30–40	на руку и кисти рук;
60–90	на глаза.

16.5.1. Влияние вибрации на части тела

Человеческое тело реагирует на вибрацию во многом так же, как и механические системы из масс и пружин. Когда частота колебаний вибратора приближается к собственной частоте колебаний человеческого тела, равной приблизительно 5 Гц, действие вибрации на человека становится особенно неприятным. При конструировании транспортных средств и сидений в них следует учитывать резонансную частоту колебаний человеческого тела, применяя специальные амортизаторы. Частота собственных колебаний человеческого тела в различных его частях равна:

область таза	4–6 Гц;
брюшная полость	4–8 Гц;
голова (относительно плеч)	30 Гц.

При необходимости нужно обращаться к таблицам и графикам.

16.6. Источники шума

Источником шума в производственных помещениях являются, прежде всего, оборудование и различные приспособления. Чаще всего шум возникает из-за неудачной конструкции, плохого качества изготовления отдельных элементов, плохого монтажа, больших лифтов, больших производственных допусков, а также невыгодного резонанса рабочих помещений.

На практике встречается длительный широко- и узкополосный производственный шум (пила, компрессор), импульсный шум (удары молота, пневматический молоток), прерывистый шум (автомобильный транспорт).

Часто шум не рассматривают как источник опасности. Но постоянный шум на протяжении жизни вредит слуху и происходит это постепенно. Он разрушает крошечные волосковые сенсорные клетки внутреннего уха, которые посылают импульс слуховому нерву отправить звуковое сообщение в мозг. Если эти клетки погибли, они уже не могут восстановиться.

Не требуется много времени, чтобы оглохнуть. Даже громкая музыка в «живом» исполнении или голос диктора, которого слушают в наушниках, могут повредить слуху. У большей части молодежи рано появляются симптомы потери слуха, обычно из-за громкой рок-музыки, которую они слушают. Слух поврежден, если звенит в ушах, звуки кажутся неясными, искаженными, если при разговоре люди кричат, если громко включают телевизор, если спрашивают, слышали ли их. При включении звуковой техники звук должен быть таким, чтобы можно было слышать другие звуки вокруг.

16.6.1. Восприятие звука и шума

Величина звукового ощущения зависит от особенностей слуха и не зависит от объективно измеренных характеристик в децибелах. При субъективном восприятии шума можно различать три характерных величины звука: высота (определяемая частота), спектр (определяемый колебаниями частоты) и громкость (определенная силой звука, действующей на слуховой аппарат).

Шум представляет собой совокупность звуков, неблагоприятно воздействующих на организм человека и вызывающих у него неприятные ощущения. С физической точки зрения шум

представляет собой быстрые и сложные изменения давления воздуха. Уровень звукового давления и шума измеряется шумомером и выражается в единицах интенсивности шума (дБ).

Децибел – это физическая единица измерения, не зависящая от субъективного восприятия звука.

В промышленности шум является вредным явлением, в процессе механизации и автоматизации производства его негативное влияние на человека еще более повышается. Указывается, что уровень шума ежегодно повышается на 1 дБ в связи с возрастающей механизацией, повышением скорости вращения двигателей станков и приспособлений и с возрастанием мощностей производственного оборудования. В развитых европейских странах уровень шума за последние 20 лет возрос на 50%.

Таким образом, уровень шума прямо пропорционален развитию промышленности, однако он является признаком не развития, а отсталости промышленной культуры.

Рабочего, как правило, не раздражают шум собственного станка, но неприятно раздражают неконтролируемый шум, появляющийся неожиданно от других станков.

Человек в возрасте 20–40 лет переносит сильный шум хуже человека моложе или старше этого возраста. Женщины переносят шум лучше мужчин.

Люди, страдающие гипертонией, переносят шум хуже здоровых людей.

Нормальный шум жизненного пространства человек воспринимает. Он ему просто необходим. Тихая и бесшумная обстановка отрицательно влияет на психику человека, поскольку абсолютная тишина не является привычной для человека.

При старении слуховая функция снижается, она ухудшается у человека, который часто работает в шумном помещении. Область наибольшей чувствительности человека проявляется на частоте 4100 Гц, эта область является также критической и самой неприятной для слуха. Звук и шум интенсивностью свыше 120 дБ человек воспринимает как боль.

Ухо человека с нормальным слухом различает отдельные спектры звуковых колебаний в зависимости от амплитуды и частоты. Если частота ниже 16 Гц (инфразвук) или выше 18 000 (16 000) Гц (ультразвук). Ухо их не воспринимает. Если колебания воздуха очень малы (10^{-5} н/м² при частоте 1 000 Гц), ухо их также не воспринимает.

Если колебания очень велики ($0,5 \times 10^5$ н/м²), барабанная перепонка уха может быть повреждена.

16.6.2. Воздействие шума на человека

Воздействие шума на человека зависит от уровня шума, его характеристик и спектра, времени воздействия, резонансных явлений. Оно также зависит от состояния здоровья, реакции организма, индивидуальных особенностей человека и других факторов.

Неприятное воздействие шума оказывает влияние на эмоциональный настрой, мотивацию поступков, инициативу, может проявляться в ухудшенной работе, причиняемой человеку неудобство.

Мешающее воздействие шума отрицательно сказывается на работе человека тем, что вызывает сильные сопутствующие раздражения, которые отрицательно отражаются на основной работе человека, повышают рабочую нагрузку.

Вредное воздействие шума вызывает патологические изменения органа слуха, ухудшает состояние нервной системы и всего организма в целом.

Шум отвлекает человека и тем самым отрицательно сказывается в тех случаях, когда необходимо следить за потоком информации или случайными изменениями.

Сильный производственный шум отрицательно влияет на организм человека; он снижает работоспособность, производительность труда, повышает предрасположенность к инфарктным заболеваниям, увеличивает вероятность неврозов и нервных заболеваний, ухудшает зрение, вызывает головные боли, душевную депрессию, усталость является причиной снижения внимания и психологического сосредоточения на работе и увеличения времени реакции. Шум нарушает отношения между людьми, спокойную рабочую обстановку. Он вызывает резкое ухудшение здоровья при некоторых видах заболевания, нервозность, склонность к конфликтным ситуациям. Неприятное воздействие шума сильнее сказывается на умственной, нежели на физической работе.

Согласно исследованиям Е. Вейля (Франция), воздействие сильного шума вызывает следующие психологические расстройства: расстройство нервной системы и систем внутренней секреции, изменение инстинкта самосохранения, интеллектуальную дегенерацию и неспособность к самоконтролю,

нежелание работать, нарушение уравновешенного состояния, конфликты между рабочими, основанные на психическом раздражении.

Шум тем неприятнее, чем уже полоса частот и выше интенсивность. Самое вредное воздействие оказывает шум, имеющий в своем составе высокие тона.

Шум с частотой более 50 Гц является меньшим мешающим фактором в работе (вызывает ошибки) по сравнению с шумом с более низкой частотой.

Непостоянный хаотичный шум более вреден, чем постоянный.

Шум с переменной интенсивностью (например 4–70 дБ) более вреден, чем звук постоянной интенсивности (например 80 дБ).

Неожиданно возникающие интенсивные шум и звук (например, удар) являются очень опасными и оказывают значительное влияние на снижение производительности труда.

Неприятными могут быть ритмически колеблющийся и ступенчатый шум, шептание, гром и скрип; они снижают способность быстро и точно выполнять координированные движения.

Сильный шум вызывает трудности в оценке расстояния и времени, в распознавании цветовых сигналов, снижает быстроту восприятия цвета, остроту зрения, зрительную реакцию в ночное время, нарушает восприятие визуальной информации.

Производительность труда снижается на 5–12%. За счет снижения уровня шума на 20% можно повысить производительность труда на 5–10%. Длительное воздействие шума интенсивностью около 90 дБ снижает производительность труда на 30–60%.

Монотонный однообразный звук или шум вызывает усталость и повышает ощущение монотонности. Шум и звук **сигнального** характера (например, звонок телефона, звук громкоговорителя) мешают работе.

16.6.3. Шум в рабочем помещении

Допустимый уровень шума рассматривается с точки зрения его воздействия на организм человека, то есть воздействия на нервную систему.

В соответствии с уровнем шума цеховые помещения делятся на очень шумные (свыше 90 дБ), шумные (70–90 дБ), малошумные (менее 70 дБ).

Таблица 16.10

Измеренные уровни шума, дБ

200–800	Старт космической ракеты
190	Мощный ракетный двигатель
130	Авиационный двигатель, выпуск пара под давлением
95–115	Прокатный стан
90–100	Котельная, сирена, пила
75	Звонок телефона
65	Усиленный голос
50	Разговорная речь на расстоянии 1 м
30–40	Учреждение и тихие рабочие места
10–12	Тиканье часов

Таблица 16.11

Предельно допустимые величины мешающих шумов, проникающих извне внутрь защищенных помещений

Уровень шума, дБ	Защищенное помещение
25	Контрольно-измерительная лаборатория
30	Операционная, палата тяжелобольных, читальный зал
35	Врачебный кабинет, конференц-зал
40	Учебная или научная лаборатория
45	Кабина диспетчера, тихое помещение
50	Зал ожидания, помещение с большим количеством работающих
60	Помещения внутри шумного цеха
70	Механическая мастерская, цех и шумное рабочее место

Предельно допустимые уровни шума помещений

Уровень шума, дБ	Тип помещения
20–30	Очень тихое помещение, конференц-зал и административное помещение
20–35	Тихое помещение, приемная и малый конференц-зал
35–40	Бюро средней величины, ниша переводческого, применение телефона без ограничений
40–50	Большое конструкторское бюро
50–55	Учебный зал, ксерокс, применение телефона ограничено
55 и более	Очень шумное помещение, неудобное для размещения каких-либо бюро

16.6.4. Акустика и борьба с шумом

Меры по улучшению акустических характеристик любого помещения должны быть, прежде всего, направлены на подавление шума или звуков, присутствие которых нежелательно, а также на равномерное распределение звуковой энергии. Для защиты от шума высокой интенсивности следует предпринимать следующие меры (предпочтительно в том порядке, в каком они перечислены):

Воздействие на источник шума;

- создание преград между источником шума и людьми;
- обеспечение персонала средствами индивидуальной защиты от шума;

- изменение технологических процессов так, чтобы персонал меньше времени подвергался воздействию шума;

- организация медицинского наблюдения и частый осмотр с целью обнаружения признаков повреждения слуха.

Уровни определяются стандартными шумомерами.

Полы из голых досок усиливают резкие звуки, особенно в длинных коридорах. В этом случае для покрытия полов рекомендуют применять пресованные опилки, асфальт, толстый линолеум, пробку с цементом. Хорошо поглощают звуки толстые ковры. Они могут с успехом использоваться там, где допустима соответствующая затрата средств.

Рекомендуемые уровни интенсивности звуков

Вид помещения	Уровень, дБ
Студия звукозаписи	25
Концертный зал	30
Больница	35
Аудитория	40
Классная комната	40
Контора	45
Банки, магазины	50
Рестораны	50
Промышленные предприятия	50–80

Для защиты от шума ударов важно предотвратить передачу звука в рабочую зону, изменяя характеристики силы, действующей на звучащий материал.

Двери, расположенные друг против друга, свободно проводят звук. Расположение дверей в шахматном порядке препятствует такой свободной передаче звуков из одного помещения в другое. Окна могут быть сконструированы так, чтобы поглощать звук интенсивностью 43 дБ. Двойное стекло обеспечивает понижение уровня шума на 28 дБ.

Штукатурка толщиной 12,5 мм, нанесенная на деревянную дранку, крепящуюся к стойкам сечением 50х100 мм, ослабляет шум на 42 дБ.

Фанерная облицовка толщиной 10 мм, крепящаяся к стойкам 100 х 50 мм, ослабляет шум на 31 дБ.

Узкие помещения, как правило, обладают лучшей акустикой. Рекомендуемое отношение ширины помещения к его длине 3:5.

Рекомендуемое отношение высоты потолка помещения к его ширине 2:3. Для очень больших помещений это отношение понижается.

В качестве временной меры по снижению реверберации в производственном помещении могут применять глушители в виде панелей из звукопоглощающего материала. Вокруг особенно

шумного оборудования можно также устанавливать переносные будки.

Способы борьбы с шумами принципиально одинаковы для большинства типов объектов и оборудования. Они сводятся к следующему:

- изолируйте двигатель;
- обеспечивайте изоляцию дверцы;
- обеспечьте амортизацию стенок;
- изолируйте оборудование относительно пола.

Снижение шума достигается следующими способами:

- правильной планировкой, направленной на изолирование источников звука;
- установкой специальных средств, преграждающих путь звуку;
- изоляцией вибрирующих машин с помощью соответствующих звукопоглощающих приспособлений;
- использованием звукопоглощающих материалов.

Борьбу с шумом лучше начинать с источника шума. Выбор бесшумного оборудования и правильная его установка – это первый шаг. Двигатели, вибрирующие машины и вентиляторы являются типичными источниками вибрации и шума, которые гораздо легче побороть у самого источника, чем пытаться заблокировать или поглотить шум в среде.

Не следует думать, что люди «привыкают» к шуму и поэтому с ним нет необходимости бороться.

Таблица 16.14

Предельные интенсивности шума, не вызывающие повреждений слуха, дБ

Время	С незащищенными ушами	С ушными пробками	С ушными пробками и предохранительными наушниками
8 часов	100	112	120
1 час	108	120	128
5 минут	120	132	140
30 секунд	130	142	150

16.6.5. Речевая связь в условиях шума

Для того, чтобы двое работающих могли разговаривать на расстоянии 1–1,5 м нормальным голосом, уровень шума в помещении должен быть менее 55 дБ.

При шуме интенсивностью 70 дБ (1000 Гц) человек может еще хорошо понимать команды, подаваемые обычным голосом с расстояния 20 см, а усиленные громкоговорителем – до 1 м.

Уровень звука 85–90 дБ является граничным для поддержания связи с помощью голоса, усиленного громкоговорителем.

Максимальная громкость человеческого голоса составляет 105 дБ.

16.6.6. Музыка в работе

С давних времен люди знали, что звук обладает особой силой. Пифагор лечил многие болезни, исполняя составленные им в этих целях специальные музыкальные композиции. В своем университете в Кротоне Пифагор начинал и заканчивал день пением. Он отдавал явное предпочтение струнным инструментам. То, что создано гениями – Бахом, Бетховеном, Моцартом, Генделем – само по себе бальзам для человеческого сердца. Проведенными исследованиями доказано, что звуковые ритмы благотворно воздействуют на обменные процессы у растений и животных.

Музыка в работе способствует дисциплине, повышает производительность труда на 6–10%). Однако она не должна полностью отвлекать человека. Музыка должна быть тихой и ненавязчивой.

16.7. Радиация

Человек не должен подвергаться продолжительному воздействию некоторых видов радиации. Радиационное поражение возникает в результате воздействия на организм различных видов ионизирующих излучений, которые подразделяются на два класса:

- а) электромагнитные;
- б) корпускулярные.

К электромагнитным излучениям относят рентгеновские лучи, гамма-лучи радиоактивных элементов и тормозное излучение, возникающее при прохождении через вещество сильно ускоренных заряженных частиц. Электромагнитное излучение имеет ту же природу, что и видимый свет, отличаясь от него более короткой длиной волны, а соответственно, и более высокой энергией и проникающей способностью.

Корпускулярные излучения представляют собой поток ядерных частиц, характеризующихся наличием определенной массы и заряда (α - и β -частицы, протоны, дейтроны и др.). К

корпускулярным излучениям относят также и нейтроны – ядерные частицы, не имеющие заряда.

16.7.1. Единицы излучения

1 бэр (биологический эквивалент рентгена) – внесистемная единица дозы любого вида излучения, равная 0,01 Дж/кг, которая вызывает в организме человека то же действие, что и 1 Р высоковольтного рентгеновского излучения (≈ 250 кв); действовала до 1963 года.

1 рентген – единица радиоактивного излучения в настоящее время.

1 рад – единица полученной дозы излучения – количество энергии излучения, поглощенное в данном месте 1 г массы определенного вещества (например тканью организма), облученного любым видом ионизирующего излучения.

Последней единице измерения поглощенной дозы излучения дано название «Грей» (Гй либо Гр) в честь английского физика Л. Грея (1 Гй = 100 рад).

1 Гй/г – единица дозы действия (интенсивность).

Таблица 16.15

**Максимальные пределы пребывания
под ионизирующей радиацией**

Ионизирующая радиация любого вида или сочетание различных видов	Допустимая доза (Р) за календарный квартал без мед. освидетельствования
Все тело	1,25
Голова, туловище, органы кровообращения, зрачки глаз	1,25
Конечности	18,75
Кожа	7,5
Воздействие радиации при несчастном случае	25,0

16.7.2. Виды излучения

Неионизирующее излучение

Излучение при длине волны 3000–3 м (длинные, средние и короткие радиоволны) в случае очень большой частоты может способствовать частичному и неопасному нагреву тела человека.

При продолжительном воздействии больших доз микроволнового излучения длиной волны 3 м – 3 мм может наблюдаться повышение температуры тела человека, а также повреждение отдельных участков кожи. Источники микроволнового излучения: радарные установки, коротковолновое излучение для сушки.

Таблица 16.16

Ионизирующее электромагнитное излучение

Длина волны	Вид волны	Использование, проявление
$1-10^{-2}$	Рентгеновские лучи	Рентгеновская лампа
$10^{-3}-10^{-4}$	Альфа-, бета-, гамма-лучи	Радиоактивное излучение
$10^{-5}-10^{-7}$	Гамма-лучи	Космические лучи

Инфракрасное излучение свыше 800 нм при повышенных уровнях радиации может вызвать тепловой ожог; оно не проникает глубоко под кожу, риск в данном случае невелик. Источники: сушильные печи промышленного назначения.

16.7.3. Вредное излучение

В настоящее время в промышленности все чаще находят применение источники ионизирующего излучения, вследствие чего, возрастает количество оборудования, приборов, машин, где могут эти источники отрицательно, даже иногда вредно воздействовать на человека в зависимости от характера излучения. С той же проблемой связано применение радиоактивных изотопов и использование термоядерной энергии, количество занятых в промышленности людей, подвергающихся вредному воздействию излучения, постоянно возрастает. Опасность облучения необходимо свести к минимуму: исключить эту опасность полностью в сущности нельзя.