

1. Ознакомиться с методикой и порядком проведения эргономической оценки рабочих мест и технологического оборудования в машиностроении.
2. Выполнить практическое задание по эргономической оценке.

Максимальная эффективность при использовании технических устройств может быть достигнута лишь при соблюдении оптимальных соотношений между техническими характеристиками станка и психофизиологическими возможностями человека.

Эргономическая оценка эксплуатируемых систем "человек-машина-среда" позволяет прогнозировать поведение этих систем, а также принять ряд мер для максимального повышения эффективности их работы.

Эргономическая оценка проводится по следующим основным этапам:

- оценка организации рабочего места в соответствии с антропометрическими данными операторов;
- оценка средств отображения информации (СОИ) с точки зрения соответствия их возможностям человека по восприятию информации;
- оценка органов управления (ОУ) с точки зрения соответствия их эргономическим требованиям и надежности функционирования системы "человек - машина";
- оценка соответствия компоновки средств отображения информации и органов управления эргономическим требованиям;
- оценка рабочего места с учетом влияния факторов производственной среды на человека.

2.1. Антропометрическая оценка

Целью антропометрической оценки является определение соответствия размеров рабочего места размерам тела человека.

Опыт эксплуатации современных машин показывает, что неучет особенностей человеческого организма порождает большое количество дефектов компоновочного характера. Избежать этого можно только в том случае, если наряду с особенностями обеспечения общих технологических требований будут также выполняться и основные условия по рациональной компоновке с учетом опыта эксплуатации, а также анатомических и физиологических особенностей человеческого организма. Для рационального конструирования рабочего места отправными условиями являются зрение, слух и возможности других органов чувств; форма и размеры человеческой фигуры.

Установить единое правило в соотношении размеров отдельных частей тела нельзя, потому что пропорции тела у людей различны не только в возрастных, половых и территориальных группах, но и в пределах одной и той же возрастно-половой группы. Поэтому при оценке систем "человек-машина" необходимо учитывать, что данные, характеризующие человека, у различных людей различны.

В результате сопоставления данных антропометрических измерений многих тысяч индивидуумов определены размеры и средние пропорции человеческого тела. Вследствие того, что управление станком осуществляется преимущественно взрослыми мужчинами, по этой категории людей и представляются наиболее полные материалы.

Многие, если не большинство, измерения, характеризующие человека, изменяются согласно закону Гаусса (рис. 2.1). Для того чтобы провести антропометрическую оценку, необходимо использовать данные кривой нормального распределения при расчете доверительного интервала.

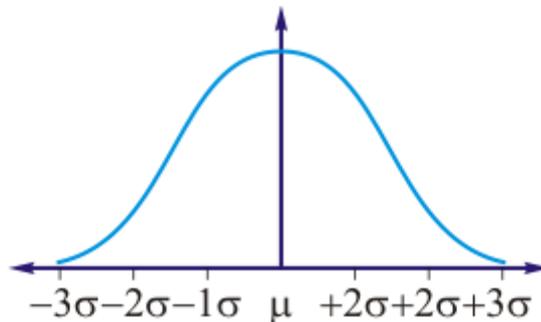


Рисунок 2.1 - Кривая нормального распределения

Основной характеристикой кривой распределения является среднее арифметическое значение M , которое представляет собой частное от деления $\sum x$ на N , где x - величина измерения, N - число измерений. Другой характеристикой является

среднее квадратическое отклонение σ , равное . При идеальном соблюдении закона нормального распределения диапазон величин в интервале значений σ от -1 до +1 включает 68 % измерений характеристик.

Так как размеры большинства людей попадают в среднюю часть площади, ограниченной кривой, а по краям их все меньше и меньше, то антропометрические данные характеризуются скорее областями, чем определенными точками, и, следовательно, не существует ни одного стандартного человека с заданными размерами тела, а существует только аппроксимация к этим областям. Именно поэтому как при проектировании, так и при оценке действующих станков, управляемых человеком, преобладающее значение имеет введение устройств, позволяющих регулировать рабочие места в соответствии с размерами тела человека.

2. Теоретические сведения

2.2. Оценка средств отображения информации (СОИ)

Одним из важнейших этапов деятельности оператора является прием и переработка информации. В связи с этим очень высоки требования к конструкции различных индикаторных устройств, помещенных на панелях и пультах управления.

Обычно СОИ используют для одной или нескольких целей: для считывания количественных и качественных показателей; для контрольного считывания показателей; для установки регулируемого параметра.

Любые СОИ должны удовлетворять следующим эргономическим требованиям:

1. СОИ должны обеспечить рабочего необходимой и достаточной информацией для оценки ситуации и возможности принятия правильного решения, а также контроля за его исполнением;
2. информация должна быть подана в тот момент, когда в ней возникает необходимость;
3. форма представления информации должна соответствовать психофизиологическим возможностям человека по восприятию, специфике его деятельности и условиям работы;
4. получаемая информация должна правильно отражать положение и состояние управляемого объекта, представляться с запасом времени, достаточным для ее обработки;

5. СОИ должны давать оператору дополнительную информацию (по запросу), а также обеспечить надежное восприятие аварийных сигналов,
6. поток информации СОИ должен быть меньше пропускной способности оператора.

Различные типы индикаторов оцениваются по-разному.

Визуальные индикаторы.

Индикаторы количественной информации (счетчики). При эргономической оценке необходимо учесть количество и расположение цифр, разделение многозначных цифр, контраст.

Цифровые счетчики применяются для быстрых и точных отсчетов. Количество значащих цифр в числе должно соответствовать точности прибора. В окне счетчика одновременно должно появляться не более одной цифры. Ввиду небольшого угла зрения, под которым видны цифры в счетчиках барабанного типа, они должны располагаться перпендикулярно линии, наблюдения. Если требуется больше четырех цифр, то следует учитывать, что многозначные числа легче читаются и запоминаются, если они разбиты на группы, разделенные запятыми. Контраст между цифрой и окружающим фоном следует всегда делать максимальным. Черные цифры на белом фоне при нормальных условиях освещения обеспечивают наиболее четкую видимость. Отношение высоты цифры к ее ширине для барабанных счетчиков должно быть равным 1:1. Промежутки между цифрами; не должны превышать половины высоты цифры. Счетчики всегда должны быть ориентированы так, чтобы их показания читались слева направо.

Стрелочные индикаторы. При оценке таких приборов учитываются форма, размеры и оцифровка шкалы, форма стрелки, расстояние между стрелкой и делениями, яркость и контраст, лоток информации от прибора.

Точность и скорость считывания показаний зависят от формы шкалы. По форме шкалы счетные устройства бывают: секторные (размах шкалы до 180°), круговые (размах шкалы более 180°) и прямолинейные (вертикальные и горизонтальные). Расположение измерительных приборов в порядке уменьшения точности считывания показаний: круговая, полукруглая, горизонтальная, вертикальная.

Точность считывания зависит от диаметра шкалы. Оптимальный диаметр лежит в пределах 40 - 60 мм при расстоянии от глаза 700-900 мм; диаметр шкалы может находиться в пределах 35 -70 мм; угловые размеры при этом должны составлять 2,5 - 5°.

Количество делений на шкалах не должно превышать минимально необходимого для обеспечения требуемой точности отсчета. Цена наименьшего деления должна быть равна двукратному значению основной погрешности прибора. Деления могут располагаться на расстоянии до 1 мм друг от друга, но расстояние должно быть не менее удвоенной ширины светлого штриха на темном фоне и не менее ширины темного штриха на светлом фоне. Угловой размер между соседними основными отметками должен быть более 1°. Минимальные угловые размеры отметок должны соответствовать указанным в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Основные отметки		Средние отметки		Малые отметки	
Длина	Толщина	Длина	Толщина	Длина	Толщина
25	5	20	3	12	1

Примечание: Размеры приведены в угловых минутах.

Число градуированных меток между оцифрованными делениями шкалы не должно быть больше девяти. Цена деления должна выбираться из ряда 1x10, 2x10, 5x10.

Рекомендуется устанавливать стрелку таким образом, чтобы она как при движении, так и в неподвижном состоянии была по возможности наиболее близка к делениям, но не закрывала оцифровку.

Расстояние между указателем и шкалой выбирают в зависимости от предполагаемого угла и расстояния считывания, и в случае возникновения параллакса последний не должен давать ошибку, превышающую точность индикатора.

Точность и быстрота считывания зависят от формы стрелки; клиновидная стрелка имеет преимущество перед другими видами стрелок.

Требуемая яркость свечения индикаторов определяется условиями наилучшего различения информации на индикаторах. Различение информации зависит от внешней освещенности, вида и контраста изображения, угловых размеров. Поток информации

(бит/с) с прибора определяется по формуле $I = \frac{1}{t} \sum_{i=1}^n P_i \log_2 \frac{1}{P_i}$, где I - среднее количество информации в сигнале; n - число сигналов с данного прибора за время t .

Среднее количество информации в сигнале в случае равновероятного появления определяется как $I = \log_2 N$, где N - число равновероятных событий.

В случае неравновероятного появления сигнала среднее количество информации в сигнале определяется по формуле:

где P_i - вероятность i – события; n – число вероятных состояний.

2.3. Оценка органов управления

К органам управления относятся устройства, с помощью которых человек управляет другими объектами. Исполнительные действия осуществляются посредством кнопок, клавиш, тумблеров, переключателей, рукояток, штурвалов и др. При оценке органов управления необходимо учитывать ряд факторов, влияющих на скорость и точность выполнения операций, а именно: размер, форму, цвет, направление движения, амплитуду движения, сопротивление, частоту использования, отношение величины перемещения органа управления к величине перемещения указателя индикатора, расположение.

Органы управления должны соответствовать следующим требованиям:

1. количество органов управления должно быть минимальным, но достаточным для эффективного выполнения задач, поставленных перед оператором;
2. усилия, затрачиваемые на включение органа управления, должны быть такими, чтобы исключалось срабатывание данного органа управления от прикосновения к нему, от вибрации и других случайных причин;
3. размеры и форма органов управления должны соответствовать антропометрическим данным человека;
4. органы /правления должны быть ясно и понятно обозначены, все они должны быть снабжены четкими надписями, указывающими их назначение, включенное или выключенное положение. Краткие надписи, символы или цифры, указывающие назначение органов управления целесообразно наносит непосредственно на них.

Оценка отдельных органов управления.

Выключатели и переключатели типа "Тумблер" применяются для осуществления операций быстрого включения-выключения и переключения электрических цепей при необходимости зрительного контроля положения переключателей.

Оценка тумблеров производится по назначению, количеству, расположению, длине (мм) приводного элемента (ПЭ), сопротивлению (Н), перемещению ПЭ, минимальному диаметру d (мм) ПЭ, усилию (Н), необходимому для перемещения ПЭ, частоте обращения.

Размеры приводного элемента в зависимости от значения прилагаемых усилий приведены в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Сопротивление перемещению ПЭ, Н	Длина ПЭ, мм	Минимальный диаметр d , мм	Условие, необходимое для перемещения ПЭ, Н	Примечание
До 2,0	10	3,8	2,0	Тумблеры широко применения (частота переключения не более 10 раз в минуту)
2,0 – 3,0	10-15		3,0 – 2,0	
3,0 – 5,0	15-20		3,3 – 2,8	
5,0 – 7,0	20-25		3,5 – 2,8	
7,0 – 10,0	25-30		4,0 – 3,3	
10,0 - 15,0	30-35		5,0 – 4,2	
15,0 – 20,0	35-40	8-15	5,7 – 4,2	Тумблеры специального применения (частота переключения не более одного раза в минуту)
20,0 – 25,0	40-56		6,2 – 5,0	

Примечание: При сопротивлении переключению, превышающем .2,5 Н, следует применять выключатели и переключатели типа “Рычаг”

При размещении тумблеров на панели управления в ряд расстояние l между осевыми линиями приводных элементов должно быть не менее 19 мм, при работе в перчатках - не менее 25 мм; при перемещении ряда тумблеров в глубь панели расстояние l должно быть не менее 25 мм, а при работе в перчатках - не менее 35 мм.

Если приводные элементы перекидываются в противоположных направлениях, их концы должны быть удалены друг от друга на расстояние не менее 19 мм.

Расстояние между осевыми линиями тумблеров и другими элементами управления лицевой панели должно быть не менее 25 мм.

Выключатели и переключатели клавишные и кнопочные применяются для осуществления операций быстрого включения и выключения, для выбора нужного параметра, набора и ввода команд управления.

Оценка кнопок производится по назначению, размерам и форме, цвету, расстоянию между отдельными кнопками и их группами, усилием, прилагаемым при переключении.

При оценке кнопок необходимо учитывать определенные требования. Нажимные кнопки, управляемые одним пальцем, должны иметь круглое или квадратное сечение. Кнопки, предназначенные для нажатия разными пальцами, должны быть по форме ближе к квадрату, чем к кругу, чтобы предупредить проскальзывание пальцев между

кнопками. Вогнутая форма поверхности клавиши позволяет немедленно фиксировать положение пальца.

В случае применения кнопочных и клавишных переключателей при освещенности менее 300 лк и частоте нажатия более 50 раз в минуту размер приводных элементов и расстояние между ними увеличивают в 1,5-3 раза, при этом максимально допустимое нажатие должно быть не более 0,6 Н.

Размеры приводных элементов кнопочных и клавишных выключателей и переключателей в зависимости от прилагаемых усилий приведены в табл. 2.3.

Выключатели и переключатели поворотные применяются для операций включения-выключения, последовательного переключения и для плавного непрерывного или ступенчатого (дискретного) регулирования.

Оценка переключателей производится по назначению, форме, количеству положений и углу поворота, размерам, расстоянию между переключателями, усилию при одном переключении.

Размеры приводного элемента поворотных выключателей и переключателей выбираются в зависимости от величины прилагаемых усилий и приведены в табл. 2.4.

Для выполнения особо точных операций настройки, регулировки допускается выбирать диаметр приводного элемента равным 2-4 диаметрам, указанным в таблице. При размещении выключателей и переключателей на панели минимальное расстояние между приводными элементами (их наиболее близкими точками) должно быть не менее 20 мм при работе одной рукой и 70 мм при работе двумя руками. При работе в перчатках минимальное расстояние между приводными элементами должно быть не менее 25 мм.

Приводной элемент выключателя (переключателя) - часть выключателя (переключателя), посредством которого производится приведение в действие подвижной системы.

Если используются педали, то при оценке их учитывают форму, расстояние между ними, наклон педали, частоту обращения, расстояние от рабочего до педали, возможность регулирования, затрачиваемые усилия, величину смещения.

Предпочтительное расстояние между педалями 150 мм. Когда ноге приходится перемещаться с одной педали на другую, между педалями следует предусматривать достаточный зазор во избежание случайного защемления ноги или одновременного нажатия на обе педали.

При перемещении педали ее плоскость должна все время быть как можно ближе к перпендикуляру относительно естественной траектории движения ступни оператора, чтобы человек был в состоянии приложить максимальное усилие. Частота обращения зависит от назначения органа управления в системе. Для часто приводимой в действие ножной педали в целях снижения усталости оператора рекомендуется сила нажатая ноги, равная приблизительно 2 кг; при нечастое нажиме на ножные педали и их ходе не более 250 мм усилие обычно принимается равным 25 - 30 кг.

В случае использования *маховиков управления и штурвалов* форма и размер рукояток вращения маховиков должны обеспечивать максимальное удобство их захвата и надежного удержания в процессе управления. Предпочтение отдается рукояткам удлиненных форм (цилиндрической, веретенообразной, грушевидной и др.) с плавными, округлыми ободами и тщательно обработанной гладкой или рифленой поверхностью.

Ось вращения маховика управления и штурвала при вращении его двумя руками сидя следует располагать в плоскости симметрии сиденья с отклонениями не более 50 мм.

Маховик, вращаемый одной рукой, устанавливается против (на стороне) соответственно действующей (правой или левой) руки.

Примечание: Кнопки для микроэлектронной аппаратуры при $l=10$ мм не допускается располагать более двух в ряд

Маховики (за исключением рулевых маховиков и штурвалов) должны иметь хорошо видимые надписи, обозначающие их назначение, а также указатели положения, направления перемещения и его следствия, помещаемые как непосредственно на маховиках, так и рядом с ними. Основные размеры маховиков управления штурвалов приведены в табл. 2.5. Усилие, необходимое для вращения маховиков и штурвалов, приведено в табл. 2.6.

Таблица 2.3

Приводной элемент ПЭ	Усилие нажатия, Н	Минимальные размеры ПЭ, мм		Минимальное расстояние между центрами ПЭ l , мм	Рабочий ход ПЭ t , мм	Применение	Примечание
		$a \times b$	b				
Кнопка под указательный палец	До 1	10 x 5	3-5	10	До 2	Микроэлектронная аппаратура	Частота нажатия не более 2 раз в минуту
	1 - 2			15	2-3	Панели и пульта управления электроустановок, радио и электроаппаратуры	
	2 - 4	12 x 7	10	15-18	3-5		
	4 - 6	18 x 8 20 x 12	12 15	18-20	4-6		
Кнопка под большой палец	8 - 20	-	30	30	3-8	Кнопка сброса, аварийная кнопка, аппаратура, работающая в условиях переменных механических нагрузок	Частота нажатия не более 5 раз в минуту
	20 - 35	-	30	30	5-8		
Кнопка под ладонь	10 - 50	-	50	150	5-10	Применение в особых случаях	Частота нажатия не более 3 раз в минуту
Клавиши	До 2,5	10	-	18-25	3-5	Панели и пульта управления	Частота нажатия не более 10 раз в минуту
	2,5 - 4,0	15	-		4-6		
	4-6	18	-	18-25	4-6	Электроустановки радио и электронной аппаратуры	
	6-16	18 - 20	-		5-10		Частота нажатия не более 1 раза в минуту

Двумя руками за обод	140-1000	350-400*	10-40	25-30				
Одной рукой за обод	50-140	75-80	10-25	15-20				
Кистью за рукоятки	150-400	250-300			75-150	100-200	15-35	25-30
Пальцами за рукоятки	50-200	75-150			30-75	40-50	10-20	15-18

* Для штурвалов приведены оптимальные размеры, вместо диаметра расстояния между рукоятками

Таблица 2.6

Способ вращения	Характер и частота использования		
	Быстрое вращение с точной установкой	Более 5 раз за смену	Менее 5 раз за смену
	Маховики с рукояткой	Маховики без рукоятки и штурвалы	
Кистью и пальцами	1		
Кистью и предплечьем	2	3	6
Всей рукой	4	4	15
Двумя руками		6	25

Плоскость вращения маховика, не имеющего рукоятки, и штурвала, должна находиться при вращении двумя руками: *сидя* - перпендикулярно продольной плоскости симметрии сиденья и под углом от 40 до 90° к горизонтали, *стоя* - под углом от 0 до 90° к горизонтали с осью вращения в сагиттальной плоскости тела оператора.

Интервал между ободами и другими деталями соседних маховиков, расположенных в одной плоскости, должен быть не менее 50 мм при вращении одной рукой последовательно или в случайном порядке; 100 мм - при вращении двумя руками одновременно; 130 мм - при работе в рукавицах или перчатках.

Органы управления, как правило, подписывают прописными буквами. Все надписи должны быть краткими и состоять из одного или двух слов, сокращение слов допускается только в том случае, если при этом не искажается их смысл. Надписи должны располагаться единообразно: под каждым обозначенным элементом или над ним. Они должны быть расположены так, чтобы их можно было читать слева направо

(а не сверху вниз). Каждый объект должен использоваться для обозначения только одной функции.

Высота букв и других символов на панелях, находящихся непосредственно перед рабочим, должна быть не менее 3-4 мм. Отношение высоты знака к его ширине должно составлять примерно 3:2. Рекомендуемые размеры букв в надписях приведены в табл. 2.7.

Рекомендуемая ширина штриха букв указана в табл. 2.8. Ширина штриха черных цифр и букв на белом фоне должна составлять около 1/6 высоты. Ширина штриха белых букв и цифр на черном фоне должна составлять около 1/7—1/8 их высоты.

После оценки отдельных органов управления необходимо перейти к оценке компоновки СОИ и органов управления на рабочем месте. На рабочем месте может размещаться большое количество приборов.

Таблица 2.7

Расстояние до глаз, м	Размер букв или цифр, мм	
	Важные надписи	Обычные надписи
0,7	2,5-5,0	1,2-4,0
1,0	3,3-6,6	1,5-4,5
2,0	6,6-12,0	3,3-10,0
6,0	22,0-43,0	11,0-33,0

Таблица 2.8

Расстояние до глаз, м	Ширина штриха буквы, мм (черные на белом)
1,0	0,5
2,0	0,8
3,0	1,1
4,0	1,4
5,0	1,7
6,0	2,0

2.4. Оценка компоновки средств отображения информации и органов управления

Учет только эргономических характеристик отдельных приборов недостаточен, необходимо обеспечить их правильное взаиморасположение или компоновку.

Расположение приборов должно отвечать требованиям максимальной надежности получения информации и удобству работы оператора.

При компоновке приборов на рабочем месте исходят из следующих принципов:

1. Основная часть СОИ должна располагаться в центральном поле зрения. Объекты, расположенные в центральное поле зрения, воспринимаются в среднем с надежностью 0,8 - 0,9, а надежность восприятия периферическим полем составляет 0,5 и ниже.
2. Расположение приборов должно быть симметричным.
3. Принцип конструктивного подобия.
4. Обеспечение минимального числа пересекающихся маршрутов движения оператора.
5. Полное обеспечение последовательности считывания информации и очередность использования ОУ. Последовательно используемые ОУ нельзя располагать на разной высоте, так как это вызывает необходимость попеременно то поднимать, то опускать руки или часто наклоняться.
6. ОУ и функционально связанные с ними СОИ необходимо располагать вблизи друг от друга функциональными группами таким образом, чтобы ОУ или рука оператора при

манипуляции не закрывали индикатора. При этом ОУ должны располагаться в соответствии с последовательностью действия, выполняемого оператором.

7. Очень часто (частоту выполнения операций принимают: *очень часто* - две (и более) операции в минуту; *часто* - менее двух операций в минуту, но более двух операций в час; *редко* - не более двух операций в час) используемые СОИ, требующие точного и быстрого считывания показаний, следует располагать в пределах $\pm 15^\circ$ в вертикальной и горизонтальной плоскостях от нормальной линии зрения.
8. Часто используемые СОИ, требующие менее точного и быстрого считывания показаний, допускается располагать в пределах $\pm 30^\circ$ в вертикальной и горизонтальной плоскостях от нормальной линии зрения.
9. Редко используемые СОИ располагают в пределах $\pm 60^\circ$ в вертикальной и горизонтальной плоскостях от нормальной линии зрения.
10. ОУ должны располагаться в зоне досягаемости моторного поля
11. Наиболее важные и очень часто используемые ОУ должны быть расположены в оптимальной зоне моторного поля, ограниченной по горизонтали $\pm 30^\circ$ и расстоянием от переднего края рабочей поверхности 300 мм.
12. Менее важные и часто используемые ОУ должны располагаться в зоне легкой досягаемости моторного поля, ограниченной по горизонтали $\pm 60^\circ$ и расстоянием от переднего края рабочей поверхности 400 мм.
13. Редко используемые ОУ размещают в зоне досягаемости моторного поля (рис. 2.2).

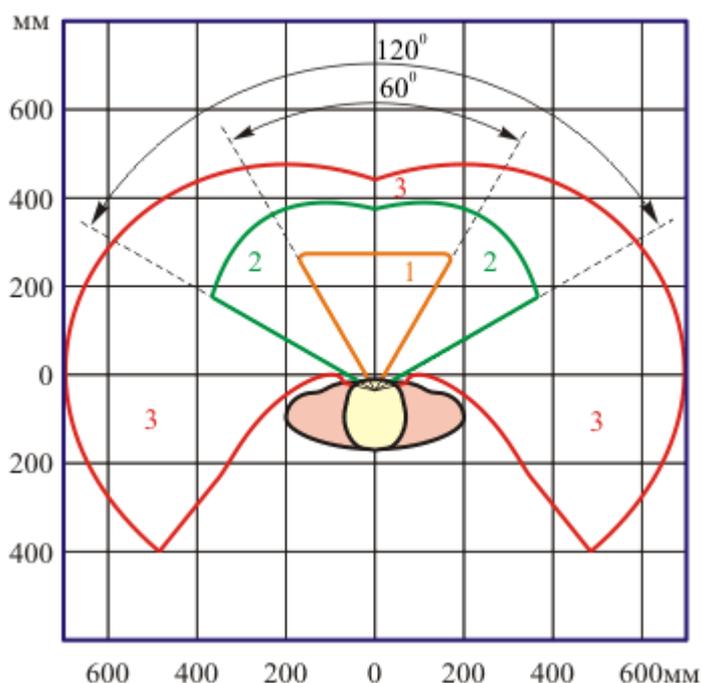


Рис. 2.2. Зоны досягаемости моторного поля

- 1 – зона для размещения наиболее важных и очень часто используемых ОУ (оптимальная зона моторного поля);
 - 2- зона для размещения часто используемых ОУ (зона легкой досягаемости моторного поля);
 - 3- зона для размещения редко используемых ОУ (зона досягаемости моторного поля)
14. Аварийные ОУ следует располагать в зоне досягаемости моторного поля. При этом необходимо предусмотреть специальные средства опознания и предотвращения их от непроизвольного и самопроизвольного включения.
 15. При работе двумя руками ОУ размещают таким образом, чтобы не было перекрещивания рук.

16. При выполнении работ стоя организация рабочего места и конструкция оборудования должны обеспечивать прямое и свободное положение корпуса тела работающего или наклон ее вперед не более чем на 15°.
17. Для обеспечения удобного, возможно близкого подхода к столу, станку или машине должно быть предусмотрено пространство для стоп размером не менее 150 мм по глубине, 150 мм по высоте и 530 мм по ширине.

2.5. Оценка рабочего места с учетом влияния факторов производственной среды на человека

При проведении оценки необходимо указать, какие неблагоприятные факторы могут встречаться на данном рабочем месте, и проанализировать их. Оценка условий труда дается на основании сопоставления фактических характеристик производственной среды с существующими нормами. При оценке указываются мероприятия по устранению вредного влияния условий среды. Полученные данные заносятся в табл. 2.9.

Таблица 2.9

Фактор среды	Нормир. данные	Фактич. данные	Отклонение
Освещение			
Естественное (КЕО, %)			
Искусственное (ЕН, лк)			
Лампы накаливания			
Люминесцентные			
Комбинированное			
Шум, дБ			
Вибрация, дБ			
Температура воздуха, °С			
Относительная влажность, %			
Скорость движения воздуха, м/с			
Объем воздуха, подаваемый вентиляцией на одного рабочего, м ³ /ч			
Содержание пыли, вредных паров и газов в воздухе, мг/м ³			

3. Порядок проведения работы

1. Антропометрическая оценка организации рабочего места производится в следующей последовательности.
 - a. По справочным данным (табл. 3.1) находят M_{cp} - средний рост заданного контингента и σ_T - среднеквадратическое отклонение.
 - b. Находят доверительный интервал по росту, т.е. интервал между максимальным ростом M_{max} и минимальным M_{min} , по формулам:

$$M_{max}=M_{cp}+ \alpha\sigma_T \text{ и } M_{min}=M_{cp}-\alpha\sigma_T,$$

где α - коэффициент, зависящий от процента охвата. Значения этого коэффициента приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.1

№ п/п	Мужчины		Женщины	
	M_{cp}	σ_T	M_{cp}	σ_T
1.	168,0	5,8	156,7	5,7
2.	161,2	5,5	150,8	5,3
3.	163,4	5,5	153,4	5,2
4.	172,5	6,2	160,0	5,5
5.	165,9	5,8	152,6	5,4
6.	167,8	5,8	156,7	5,7
7.	168,9	5,8	158,5	5,7
8.	174,1	6,2	164,2	5,5
9.	169,6	5,8	166,4	5,5
10.	166,5	6,2	154,6	5,5
11.	167,7	5,8	165,1	5,5
12.	168,5	5,8	157,5	5,7
13.	177,0	6,2	167,3	5,8
14.	175,0	5,0	156,5	4,8

Таблица 3.2

№ охвата	Коэффициент α
99,00	3,26
95,00	2,00
90,00	1,65
75,00	1,15
50,00	0,67
25,00	0,32

- с. Для проведения антропометрической оценки определяют ряд размеров (высоту глаз, длину руки, длину ноги и т.п.) в зависимости от рабочего положения (сидя и стоя). В табл. 3.3 приведены значения этих признаков для жителей Московской области

Таблица 3.3

Измеряемая величина	Размеры мужского тела, мм		Размеры женского тела, мм	
	Средние МТ	Среднее квадратичное отклонение	Средние МТ	Среднее квадратичное отклонение
Рост	1680	58	1567	57
Зона вертикальной досягаемости	2140	84	1981	76
Зона боковой досягаемости	622	30	568	26
Длина ноги	900	43	835	41
Ширина плеч	380	18	349	16
Длина плеча	327	17	302	16

Высота глаз	1560	58	1458	55
Высота плечевой точки	1370	55	1281	52
Высота линии талии	1035	47	976	43
Наибольший сагиттальный диаметр	300	-	300	-
Рост сидя (от пола)	1310	43	1211	45
Высота глаз (сидя)	1180	43	1100	42
Локтевая ширина	488	32	452	44
Наибольший диаметр бедер	344	21	388	31
Рост сидя (от стула)	887	31	841	30
Высота глаз над сиденьем	770	30	725	28
Высота лопаток над сиденьем	435	27	426	23
Высота локтя над сиденьем	232	25	235	25
Высота колена	506	24	467	24
Длина предплечья и кисти	465	20	427	18
Длина бедра редуцированная	490	22	472	22
Длина бедра	590	27	568	28
Длина ноги	1040	48	983	47
Диаметр бедра	135	12	143	13
Длина ступни	260	18	240	18

Для другого контингента эти признаки находятся путем пересчета. Рассчитываются коэффициент верхнего отклонения K_1 и коэффициент нижнего отклонения K_2 по формулам:

где M_{cp} и σ_T - соответственно средний рост жителей Московской области и среднее квадратическое отклонение. Значение любого антропометрического признака определяется по формулам:

где X_{max} и X_{min} - соответственно максимальное и минимальное значения любого признака;

M_T и σ_T - среднее значение этого признака и среднее квадратическое отклонение для жителей Московской области.

Полученные антропометрические признаки заносятся в табл. 3.3

Антропометрическая оценка позволяет оценить зоны досягаемости моторного поля рабочего места, углы, наклона тела человека при манипулировании органами управления и удобство рабочей позы, т.е. наличие пространства для ног, высоту рабочей поверхности – закрепление детали и т.д.

2. При эргономической оценке СОИ необходимо ответить на следующие вопросы:

1. Наименование и назначение прибора.

2. Временной режим использования.
 3. Форма шкалы.
 4. Нулевой показатель.
 5. Направление сдвигов.
 6. Размер прибора в линейных и угловых единицах
 7. Расстояние наблюдения за прибором, плоскость расположения лицевой поверхности.
 8. Оформление прибора - цвет циферблата; цвет надписей; яркостный контраст; разметка шкалы и оцифровка; цена деления; расстояние между делениями; толщина основных меток; толщина неоцифрованных отметок; форма; размер; ширина цифр; толщина обводки; отношение высоты цифры к ее ширине; соотношение высоты и толщины цифры; соотношение высоты цифры и расстояния, с которого они будут считываться; форма, цвет, размер кончика стрелки; расположение стрелки по отношению к отметкам шкалы; расстояние между цифрами; частота обращения к прибору; время считывания показаний; поток информации от прибора и соответствие его пропускной способности оператора.
3. При оценке ОУ необходимо ответить на вопросы теоретической части.
 4. Оценка компоновки СОИ и ОУ проводится согласно требованиям, изложенным в теоретической части.

Для определения соответствия СОИ и их компоновки эргономическим требованиям производится расчет меры сложности информационного поля. Оптимальная мера сложности информационного поля находится в пределах 5-10 бит/с.

Мера сложности информационного поля (бит/с) рассчитывается по следующей эмпирической формуле:

где I_{Π} - полное количество информации, поступающей к оператору от всех СОИ, бит/с;
 t - время поступления информации;
 ε - мера обзора поля в условных единицах;
 q - коэффициент числа позиций;
 h - выбор прибора в единицу времени, бит/с.

Данные для расчета $Z_{СОИ}$ содержатся в задании, а также их получают в результате оценки компоновки СОИ и ОУ.

Определение I_{Π} осуществляется следующим образом.

1. Определяют среднее количество информации на сигнал для каждого прибора. В случае равновероятного поступления сигналов используют формулу:

где N - число положений стрелки i -го прибора. В случае равновероятного поступления сигналов:

где n - число положений стрелки 1-го прибора;
 P_f - вероятность нахождения стрелки в f -м положении.

2. Определяют поток информации от прибора:

где I_i - среднее количество информации на сигнал от прибора;
 a_i - число обращений оператора к i -му прибору за время t .

3. Определяют количество информации от всех приборов:

где n – число приборов.

4. Определяют меру обзора поля в условных единицах (ε).

За условную единицу меры обзора поля принято центральное поле зрения (оптимальная зона информационного поля), ограниченное угловыми размерами по горизонтали и вертикали в $\pm 15^\circ$.

Каждое последующее увеличение информационного поля на $\pm 15^\circ$ по горизонтали и вертикали приводит к увеличению ε на 1; ε выражается в целых числах натурального ряда.

Перевод линейных размеров информационного поля в угловые производится по формуле:

где S - линейные размеры; l – расстояние от глаз оператора до приборов.

5. Определяют коэффициент числа позиций q по следующей эмпирической формуле:

где n – число стрелочных приборов на информационном поле;

ε' - число прибавок сверх полного обзора по горизонтали и вертикали в условных единицах. Если угловые размеры информационного поля не превышают значений $\pm 90^\circ$ по горизонтали или $\pm 70^\circ$ по вертикали, то $\varepsilon'=0$. Превышение этих значений ведет к увеличению ε' , которое рассчитывается аналогично ε ;

r - число рубежей расположения приборов или перееккомодации глаз за счет увеличения расстояния от глаз оператора до объекта наблюдения более чем на $l+15$ см за время работы за пультом управления.

6. Определяют меру выбора прибора в единицу времени:

где n – число СОИ на информационном поле;

l' – число запрещенных при γ -м “шаге”;

m – число “шагов” (перевод взгляда оператора от одного СОИ к другому в соответствии с маршрутом просмотра СОИ) в течение одного цикла просмотра СОИ;

t' – время одного цикла просмотра приборов.

К запрещенным СОИ относятся конструктивно отличные от того, к которому обращен взгляд оператора.

4. Задание на работу

1. По заданному контингенту операторов найти в табл. 3.1 $M_{ср}$ и σ .
2. Определить доверительный интервал.
3. В зависимости от рабочей позы (сидя, стоя) выбрать соответствующие размеры из табл. 3.3.
4. В случае другого контингента (не жители Московской области) рассчитать коэффициенты K_1 и K_2 .
5. Рассчитать все размеры для X_{max} и X_{min} .
6. Сделать выводы о соответствии станка анатомо- физиологическим особенностям тела оператора и ответить на следующие вопросы:
7. является ли рабочее место достаточно просторным; что является причиной недостатка производственной площади (использование этой площади другими работниками; малое расстояние между станками; выступающие части станков);
8. удобно ли положение станочника при работе; что является причиной неудобств;
9. возможна ли работа сидя (хотя бы периодически);
10. находится ли рабочая плоскость на удобной высоте с учетом положения работающего и расстояния до глаз;
11. не возникают ли статические напряжения из-за неудобного расположения органов управления;
12. размещены ли органы управления в пределах досягаемости с учетом положения тела при работе?
13. Дать эргономическую оценку средствами отображения информации (СОИ), органам управления (ОУ), их расположению на щите управления и взаиморасположения.
14. Рассчитать поток информации от прибора, сравнить его с пропускной способностью оператора.
15. Оценить надписи к приборам.
16. Рассчитать меру сложности СОИ ($Z_{сои}$) и сравнить ее с пропускной способностью оператора.
17. Полученные от преподавателя характеристики условий труда сравнить с нормативными требованиями и сделать соответствующие выводы.
18. Дать обоснованную эргономическую оценку станка психофизиологическим возможностям оператора.

Результаты оценки станка оформляются в виде отчета, в котором должно быть отражено следующее:

1. Краткая характеристика назначения станка, описание технологического процесса, осуществляемого на нем.
2. Основные задачи оператора по управлению технологическим процессом:
 - a. прием информации - зрительный, слуховой канал (приборы, их количество, краткая характеристика);
 - b. принятие решения - достаточность информации (количество и качество ее, дефицит времени, нервно-эмоциональное напряжение);
 - c. характеристика управляющих действий (рабочая поза - стоя, сидя, траектория движения, скорость, точность, усилия, прилагаемые к органам управления).
3. Контингент операторов:

- a. пол;
 - b. возраст;
 - c. средний рост;
 - d. среднее квадратическое отклонение;
 - e. заданный процент охвата;
 - f. доверительный интервал
 - g. K1 K2;
 - h. масштаб плоскостного манекена.
4. Зоны досягаемости - оптимальная, максимальная. Рекомендации по изменению расположения пульта управления станком по данным антропометрической оценки.
 5. Оценка СОИ, ОУ, их компоновки и взаимокомпоновки: а) вид пульта, б) размеры пульта (по вертикали, по горизонтали, расстояние от глаз оператора до пульта, углы обзора пульта в градусах - вертикальный, горизонтальный; отклонения и рекомендации; в) результаты оценки отдельных средств отображения информации заносятся в табл. 5.1 и 5.2; г) оценка расположения СОИ на пульте управления станком с учетом их важности, частоты обращения, последовательности считывания, функциональных связей; д) расчет потоков информации от приборов и меры сложности СОИ, сравнение с пропускной способностью, отклонения; е) общее заключение по СОИ и их компоновке; ж) рекомендации; з) результаты оценки ОУ заносятся в табл. 5.3; и) оценка расположения органов управления; к) рекомендации; л) оценка условий труда проводится согласно табл. 2.9; м) общее заключение и рекомендации по станку в целом.

Таблица 5.1

№ п/п	Тип прибора	Название прибора	Размер по вертикали, мм	Угловой размер, град	Диаметр шкалы, мм	Отклонение от норматива угловых размеров

6. Таблица 5.2

№ п/п	Характеристика	Величина		
		Нормативная	Фактическая	Отклонения
1.	Цвет циферблата			
2.	Цвет надписей			
3.	Яркостный контраст			
4.	Цена деления и т.д.			

7. Таблица 5.3

№ п/п	Название ОУ	Характеристика	Величина		Отклонение
			Нормативная	Фактическая	
1.	Кнопка	Форма Размер Усилие И т.д.			

6. Контрольные вопросы

1. Каковы задачи эргономической оценки проектируемого станка?
2. Каковы этапы эргономической оценки станка?
3. Каковы задачи антропометрической оценки станка?
4. Чем определяется выбор тех или иных антропометрических данных?
5. Что представляют собой зоны досягаемости моторного поля? Как их определить на чертеже и в реальных условиях эксплуатации?
6. Каковы назначение средств отображения информации (СОИ) и требования к ним в системе "человек-машина".
7. Назовите требования, которым должны отвечать счетчики.
8. Назовите характеристики стрелочных приборов, влияющих на безошибочность считывания показаний,
9. Напишите формулу расчета потока информации от прибора, его соотношение с пропускной способностью оператора.
10. Назовите требования, которым должно соответствовать расположение СОИ на пульте.
11. Напишите формулу расчета меры сложности СОИ, расшифруйте получение каждой составляющей.
12. Назовите требования, предъявляемые к органам управления (ОУ) и их расположению на рабочем месте.

Литература

1. В.Д. Балин, Ю.Т. Ковалев, А.А. Кривлов и др. Эргономика. Учебник для вузов. М., 2001, 225 с.
2. Эргономика. Учебник для вузов. Под ред. А.А. Крылова, Г.В. Суходольского, Л., Изд-во ЛГУ, Изд. 2-е, перераб. и дополн., 2001.
3. Зинченко В.П., Мунипов В.М. Основы эргономики. Учебн. пособие. М., Изд-во МГУ, 2000, 343 с.