

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«Витебский государственный технологический университет»

**ЭРГОНОМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ОРГАНИЗАЦИИ РАБОЧИХ МЕСТ**

Методические указания к практическим занятиям
для слушателей специальности переподготовки 1-59 01 06 «Охрана труда
в отраслях непромышленной сферы»

Витебск
2016

УДК 331(075.8)

Эргономические основы организации рабочих мест: методические указания к практическим занятиям для слушателей специальности переподготовки 1-59 01 06 «Охрана труда в отраслях непромышленной сферы»

Витебск : Министерство образования Республики Беларусь, УО «ВГТУ», 2016.

Составители: к.т.н., доц. Сысоев И.П.,
к.т.н., доц. Скворцов В.А.

Методические указания являются руководством для проведения практических занятий по дисциплине и содержат вопросы обсуждения по темам излагаемой дисциплины, практические задания и методические указания к их выполнению.

Одобрено кафедрой менеджмента УО «ВГТУ»
Протокол № 10 от 20 апреля 2016 г.

Рецензент: к.т.н., доц. Суворов А.П.
Редактор: ст. препод. Снетков А.П.

Рекомендовано к опубликованию редакционно-издательским советом
УО «ВГТУ». Протокол № 4 от 29 апреля 2016 г.

Ответственный за выпуск: Данилевич Т.А.

Учреждение образования
«Витебский государственный технологический университет»

Подписано к печати 17.10.16. Формат 60x90 1/16. Уч.-изд. лист. 1,6.
Печать ризографическая. Тираж 35 экз. Заказ № 317.

Отпечатано на ризографе учреждения образования «Витебский государственный технологический университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/172 от 12 февраля 2014 г.
210035, г. Витебск, Московский пр., 72.

СОДЕРЖАНИЕ

Психофизиологическая сущность и структура трудовой деятельности в системе «машина – человек – среда»	4
Практическое занятие № 1. Система «человек – машина – среда»	12
Методика изучения эргономической системы	13
Практическое занятие № 2. Взаимная адаптация человека и техники	24
Список используемой литературы	26

Витебский государственный технологический университет

1 ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ СУЩНОСТЬ И СТРУКТУРА ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СИСТЕМЕ «МАШИНА – ЧЕЛОВЕК – СРЕДА»

Теория вопроса

Эргономика занимается комплексным изучением и проектированием трудовой деятельности с целью оптимизации орудий, условий и процесса труда, а также профессионального мастерства.

Ее предметом является трудовая деятельность, а объектом исследования - системы «человек – орудие труда – предмет труда – производственная среда».

Эргономика относится к тем наукам, которые можно различать по предмету и специфическому сочетанию методов, применяемых в них. Она в значительной мере использует методы исследований, сложившиеся в психологии, физиологии и гигиене труда. Проблема состоит в координации различных методических приемов при решении той или иной эргономической задачи, в последующем обобщении и синтезировании полученных с их помощью результатов. В ряде случаев этот процесс приводит к созданию новых методов исследований в эргономике, отличных от методов тех дисциплин, на которые она возникла.

Термин «эргономика» (греч. *ergon* – работа + *nomos* – закон) был принят в Англии в 1949г., когда группа английских ученых положили начало организации Эргономического исследовательского общества. В СССР в 20-е годы предлагался термин «эргология», а в настоящее время принят английский термин.

В некоторых странах эта научная дисциплина имеет иные названия: в США – «исследование человеческих факторов», в ФРГ – «антропотехника» и другие.

Эргономика, так или иначе, связана со всеми науками, предметом исследования которых является человек как субъект труда, познания и общения. Ближайшей для неё отраслью психологии является инженерная психология, задачей которой является изучение и проектирование внешних средств и внутренних способов трудовой деятельности операторов. Эргономика не может абстрагироваться от проблем взаимосвязи личности с условиями, процессом и орудиями труда, которые являются предметом изучения психологии труда. Она тесно связана с физиологией труда, которая является специальным разделом физиологии, посвященным изучению изменений функционального состояния организма человека под влиянием его рабочей деятельности и физиологическому обоснованию научной организации его трудового процесса, способствующей длительному поддержанию работоспособности человека на высоком уровне. Эргономика использует данные гигиены труда, которая является разделом гигиены, изучающей влияние производственной среды и трудовой деятельности на организм человека и разрабатывающей санитарно-гигиенические мероприятия по созданию здоровых условий труда. Эргономика по природе своей занимается

профилактикой охраны труда, под которой подразумевается комплекс правовых, организационных, технических, экономических и санитарно-гигиенических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности труда и сохранение здоровья работающих.

Эргономический подход к изучению трудовой деятельности не дублирует исследований, проводимых в сфере психологии, физиологии и гигиены труда, но опирается на них и дополняет их.

Комплексный подход, характерный для эргономики, позволяет получить всестороннее представление о трудовом процессе и тем самым открывает широкие возможности его совершенствования. Именно эта сторона эргономических исследований представляет особую ценность для научной организации труда, при которой практическому внедрению конкретных мероприятий предшествует тщательный научный анализ трудовых процессов и условий их выполнения, а сами практические меры базируются на достижения современной науки и передовой практики.

Эргономика решает также ряд проблем, поставленных в системотехнике: оценка надежности, точности и стабильности работы оператора, исследование влияния психологической напряженности, утомления, эмоциональных факторов и особенностей нервно-психической организации оператора на эффективность его деятельности в системе «человек–машина–среда», изучение приспособительных и творческих возможностей человека. В практическом отношении проблема взаимоотношения эргономики и системотехники – это проблема организации всестороннего и профессионального учета эргономических факторов на различных этапах создания систем (проектирования, изготовления, испытаний, внедрения) и их эксплуатации.

Эргономика не может эффективно решать стоящие перед ней задачи вне тесных связей с промышленной социологией и социальной психологией и другими общественными науками. Вне этих связей эргономика не может ни полноценно развиваться, ни правильно прогнозировать социальный эффект от внедрения разрабатываемых ею рекомендаций. Данная группа наук в определенном отношении опосредствует взаимосвязь эргономики с экономикой.

Внедрение результатов эргономических исследований в практику дает ощутимый социально-экономический эффект. Как отечественный, так и зарубежный опыт внедрения эргономических требований свидетельствует о том, что приводит к существенному повышению производительности труда. При этом грамотный учет человеческого фактора представляет собой не разовый источник повышения, а постоянный резерв увеличения эффективности общественного производства.

Психофизиологическая сущность и структура трудовой деятельности. С позиций эргономики трудовая деятельность рассматривается как процесс преобразования информации и энергии, происходящей в системе «человек – орудие труда – предмет труда – окружающая среда». Следовательно, эргономические исследования рекомендации должны основываться на

выяснении закономерностей психических и физиологических процессов, лежащих в основе определенных видов трудовой деятельности, с предметом труда и окружающей физико-химической и психологической средой.

В последние годы много новых идей возникло в связи с рассмотрением трудовой деятельности как процесса взаимодействия человека с машиной и более сложными системами управления. Некоторые из этих идей конструктивны в смысле перехода от качественных к структурно-количественным представлениям в разработке теории деятельности. Значительный вклад в понимание психофизиологического содержания трудовой деятельности внесли исследования по физиологии труда.

Деятельность – это реализация личностных свойств человека. Эти свойства имеют также определенную структуру, рассматриваемую в теориях личности. Окружающая среда и сама деятельность могут приводить к изменению состояния человека. Процесс длительности регулируется не только внутренними, но и внешними факторами, к которым относятся взаимодействующий субъект (или коллектив) и сам предмет труда. В качестве взаимодействующего компонента деятельности может выступать и орудие труда, если оно относится к классу автоматических устройств.

В более формализованном виде трудовую деятельность можно представить как динамическую структуру, осуществляющую преобразование информации и энергии.

Работающий человек имеет трудовую цель, т. е. субъективную модель состояния предмета труда, в которое необходимо перевести этот предмет из исходного состояния посредством трудовых – информационных и энергетических воздействий. Эти воздействия человек может осуществлять непосредственно на предмет труда или через промежуточное устройство – орудие труда. При этом человек воспринимает информацию через сигналы от предмета труда, промежуточного устройства и среды. Цель труда у человека формируется на основе мотивов, потребностей, установок (своих или получаемых извне).

Воспринимаемая и извлекаемая из памяти информация преобразуется по одному из тех типов переработки информации человеком: прямого замыкания (прямая, закреплённая ассоциативная связь, автоматизированное действие), репродуктивного мышления (принятие решения путем пошагового преобразования информации по известным правилам), Продуктивного (или творческого) мышления. С помощью этих преобразований формируется прогнозируемый результат трудового воздействия и программа (план, стратегия) действий для его достижения.

Существенное влияние на характер протекания процессов, восприятия, мышления, воспроизведения сведений (онаграм) в памяти оказывают активационные воздействия, обусловленные уровнем бодрствования, эмоциональным и волевым напряжениям, функцией внимания. В основе информационных и энергетических преобразований, представляющих собой суть трудового воздействия на предмет труда, лежат физико-логические

процессы. В целом вся описанная функциональная структура представляет собой систему «человек – орудие труда – среда».

Предметом труда не обязательно может быть объект внешнего мира. Человек способен осуществлять преобразования информации, имеющие смысл трудового воздействия, целиком в сфере субъективного отражения, создавая «духовный продукт». Деятельность, направленную на объекты внешнего мира, называют предметной, или экстериозированной, а направленную на преобразование и формирование собственных энграмм (т. е. представлений, образов, понятий, планов) – интериозированной. В чистом виде эти типы деятельности практически не встречаются. Речь может идти только лишь о существенном преобладании одного из них.

Специфика взаимоотношений человека с предметом труда через промежуточное устройство определяется главным образом тем, какие свои функции как преобразователя информации и энергии человек передал этому устройству. Различают два типа систем «человек – орудие труда – среда»: с промежуточными устройствами в виде простых орудий труда; в виде машин.

При работе с простыми орудиями труда весь поток информации, необходимый для управления воздействием на предмет труда, преобразует человек и он, таким образом, во всех отношениях и в любой момент осуществляет и контролирует процесс воздействия. Машина в интересующем нас аспекте является преобразователем информации, а не только энергии, т.е. она частично без участия человека формирует командные сигналы и регулирует воздействие. В результате принципиальная особенность работы человека с машиной заключается в неполном контроле с его стороны за протекающим процессом воздействия на предмет труда.

Первый тип систем, которые можно называть системами «человек – инструмент», делится на четыре класса в зависимости от того, какую функцию человека реализует орудие труда.

1. С эффективными орудиями (инструментами). Психофизиологическая особенность этого класса заключается в изменении характера воздействия на предмет труда по сравнению с естественными двигательными реакциями человека.

2. С афферентными орудиями. С помощью таких орудий естественный образ предмета труда превращается в измененный образ, который можно рассматривать как простейшую информационную модель предмета. Эта модель структуроподобная объекту. Искусственного кода здесь нет, а есть изменение масштаба, ракурса, выпадение отдельных признаков и появление новых (например, при работе с микроскопом). В результате человек должен в процессе обучения выработать специальный (отличный от жизненного опыта) набор анаграмм – эталонов, необходимых для восприятия.

3. С орудиями памяти (например, чертеж, фотография, запись). В этом случае используется искусственный код. Перекодирование как специфический психический процесс становится важным компонентом деятельности человека.

4. С орудиями преобразования информации (счеты, логарифмическая линейка). В результате использования таких орудий происходит изменение психологической структуры принятия решений. Ряд операций продуктивного мышления человек может превратить в простые операции прямого замыкания, высвобождая тем самым свой мозг для творческого мышления.

Второй тип систем, или систем «человек – машина», делится на три класса:

1. С простой машиной, в которой совершается преобразование информации по элементарной линейной программе (передача то человека части реакций прямого замыкания). Обратная информация от предмета труда поступает почти полностью к человеку, и он сам вносит коррективы в программу машины.

2. С репродуктивно – преобразующей машиной (обычные ЭВМ). В этом классе характерным является существенное, почти полное отчуждение человека от предмета труда и его преобразования. Если человеку понадобится включиться в рабочий процесс, он должен будет по искусственному коду реконструировать как состояние предмета труда, так и процессы, которыми управляет машина.

3. С продуктивно – преобразующей машиной (самоорганизующиеся кибернетические устройства). Взаимодействие человека с такой машиной уже носит характер информационного обмена между относительно замкнутыми системами информации.

Человека, работающего с помощью машины, будем называть оператором. Ввиду того что именно этот тип деятельности является основным предметом эргономического исследования, рассмотрим его психофизиологическую сущность более подробно.

Наиболее характерной чертой деятельности оператора является то, что он лишен возможности непосредственно наблюдать за управляемыми объектами и вынужден пользоваться информацией, которая поступает к нему по каналам связи. Деятельность человека, совершаемая не с реальными объектами, а с их заместителями или имитирующими их образами, называют деятельностью с информационными моделями реальных объектов.

Информационная модель – совокупность информации о состоянии и функционировании объекта управления и внешней среды. Она является для оператора своеобразным имитатором, отражающим все существенно важные для управления свойства реальных объектов, т. е. тех источников информации, на основе которого он формирует образ реальной обстановки, производит анализ и оценку сложившейся ситуации, планирует управляющие воздействия, принимает решения обеспечивающие правильную работу системы и выполнение возложенных на нее задач, а также наблюдает и оценивает результаты их реализации.

Объем информации, включенной в модель, и правила ее организации должны соответствовать задачам и способам управления. Физически информационная модель реализуется с помощью устройств отображения

информации. Наиболее существенной особенностью деятельности человека с информационной моделью является необходимость соотнесения сведений, получаемых с помощью приборов, экранов, табло, как между собой, так и с реальными управляемыми объектами. Именно на основании соотнесения этих сведений строится вся деятельность оператора. Рассмотрим основные этапы деятельности оператора при решении определенной технологической задачи или выполнении операции система – человек – машина (СЧМ).

Первый этап – восприятие информации – процесс, включающий следующие качественно различные операции: обнаружение объекта восприятия; выделение в объекте отдельных признаков, отвечающих стоящей перед оператором задаче; ознакомление с выделенными признаками и опознавание объекта восприятия.

Различия между операциями обнаружения и выделения информативных признаков определяются тем, что явления, связанные с обнаружением объекта восприятия, протекают на уровне рецепторных полей воспринимающих систем, в то время как способность к выделению информативного содержания формируется на основе прошлого опыта и требует специального обучения.

В процессе ознакомления с выделенными признаками оператор устанавливает связи между отдельными свойствами объекта восприятия, формирует собственные системы эталонов, на основании которых он может впоследствии опознать объект или ситуацию. Процессам ознакомления и опознавания сопутствуют обычно укрупнение признаков, объединяющих их в структуры, которые затем выступают как единые оперативные единицы восприятия.

Оперативная единица восприятия – это семантически целостное образование, формирующееся в результате рецептивного обучения и создающее возможность практически одномоментного, симультанного и целостного восприятия объектов внешнего мира, независимо от числа содержащихся в них признаков. Формирование оперативных единиц восприятия обеспечивает не только целостность и предметность восприятия, но и возможность в дальнейшем мысленного реконструирования ряда особенностей объекта, не нашедших непосредственного отражения в информации, предъявленной оператору, равно как и возможность выделения полезной информации в помехах.

Второй этап – оценка информации, ее анализ и обобщение на основе заранее заданных или сформированных критериях оценки. Оценка производится на основе сопоставления воспринятой информационной модели со сложившейся у оператора внутренней образно-концептуальной моделью обстановки (системы управления). Концептуальная модель представляет собой продукт осмысливания оператором сложившейся ситуации с учетом стоящих перед ним задач. В отличие от информационной модели она относится к внутренним психологическим способам – средствам деятельности оператора.

Большое значение при анализе и оценке СЧМ имеют эргономические показатели. Они учитывают совокупность специфических свойств системы

«человек – машина», обеспечивающих возможность осуществления в ней деятельности человека (группы людей). Эргономические показатели представляют собой иерархическую структуру, включающую в себя целостную эргономическую характеристику (эргономичность СЧМ), комплексные (управляемость, обслуживаемость, осваиваемость и обитаемость СЧМ), групповые (социально-психологические, психологические, физиологические, антропометрические, гигиенические) и единичные показатели.

Любая СЧМ призвана удовлетворять те или иные потребности человека и общества. Для этого она должна обладать определенными свойствами, которые закладываются при проектировании СЧМ и реализуются в процессе эксплуатации. Количественная характеристика того или иного свойства системы носит название показателя качества СЧМ.

Рассмотрим те показатели качества СЧМ, которые влияют на деятельность человека в СЧМ или зависят от результатов его деятельности.

Быстродействие – определяется временем прохождения информации по контуру «человек – машина»:

$$T_n = \sum_{i=1}^k t_i,$$

где T_n – время обработки информации в i -м звене СЧМ; k – число последовательно соединенных звеньев СЧМ, в качестве которых могут выступать как технические звенья, так и операторы.

Надежность – правильность решения стоящих перед СЧМ задач. оценивается вероятностью правильного решения задачи, которая определяется отношением

$$P_{np} = 1 - \frac{m_{осн.}}{N},$$

где $m_{осн.}$ и N – соответственно число ошибочно решенных и общее число решаемых задач.

Точность работы. На этой характеристике следует остановиться особо, ибо в ряде случаев происходит некоторое смешивание ее с надежностью.

Под точностью работы оператора следует понимать степень отклонения некоторого параметра, измеряемого, устанавливаемого или регулируемого оператором, от своего истинного, заданного или номинального значения.

Количественно точность работы оператора оценивается величиной погрешности, с которой оператор измеряет, устанавливает или регулирует данный параметр:

$$y = I_n - I_{он.}$$

где I_n – номинальное значение параметра; $I_{он.}$ – фактически измеряемое или регулируемое оператором значение этого параметра.

Величина погрешности может иметь как положительный, так и отрицательный знак. **Понятия ошибки (в формуле надежности) и погрешности не тождественны между собой: не всякая погрешность является ошибкой.** До тех пор, пока величина погрешности не выходит за допустимые пределы, она не является ошибкой, и только в противном случае ее следует считать ошибкой и учитывать также при оценке надежности.

Своевременность решения задачи СЧМ. Оценивается вероятностью того, что стоящая перед СЧМ задача будет решена за время, не превышающее допустимое:

$$P_{св.} = 1 - \frac{m_{нс.}}{N},$$

где $m_{нс.}$ – число несвоевременно решенных СЧМ задач.

Поскольку большинство СЧМ работают в рамках определенных временных ограничений, то несвоевременное решение задачи приводит к недостижению цели, стоящей перед СЧМ.

Безопасность труда человека в СЧМ оценивается вероятностью безопасной работы

$$P_{бт.} = 1 - \sum_{i=1}^n P_{воз.i} P_{ош.i}$$

где $P_{воз.i}$ – вероятность возникновения опасной или вредной для человека производственной ситуации i -го типа; $P_{ош.i}$ – вероятность неправильных действий оператора в i -й ситуации; n – число возможных травмоопасных ситуаций.

Опасные и вредные ситуации могут создаваться как техническими причинами (неисправность машины, аварийная ситуация, неисправность защитных сооружений), так и нарушениями правил и мер безопасности со стороны людей. При этом, в условиях автоматизированного производства, когда контакт человека с рабочими частями машин и оборудования сравнительно невелик, большая роль в возникновении опасных и вредных для человека ситуаций принадлежит психофизическим факторам.

Степень автоматизации СЧМ характеризует относительное количество информации, перерабатываемой автоматическими устройствами. Эта величина определяется по формуле

$$K_a = 1 - \frac{H_{он}}{H_{СЧМ}},$$

где $H_{он}$ – количество информации, перерабатываемой оператором; $H_{СЧМ}$ – общее количество информации, циркулирующей в системе «человек – машина».

По мере перехода к комплексной автоматизации производства возрастает роль человека как субъекта труда и управления. Человек несет ответственность

за эффективную работу всей технической системы и допущенная им ошибка может привести в некоторых случаях к очень тяжелым последствиям.

Изучение и проектирование таких систем создали необходимые предпосылки для объединения технических дисциплин и наук о человеке и его трудовой деятельности, обусловили появление новых исследовательских задач. Во-первых, это задачи, связанные с описанием характеристик человека как компонента автоматизированной системы. Речь идет о процессах восприятия информации, памяти, принятия решений, исследованиях движений и других эффекторных процессах, проблемах мотивации, готовности к деятельности, стресса, коллективной деятельности операторов. С точки зрения обеспечения эффективности деятельности человека, важное значение имеют такие факторы, как утомление, монотонность операций, перцептивная и интеллектуальная нагрузка, условия работы, физические факторы окружающей среды, биомеханические и физиологические факторы. Во-вторых, это задачи проектирования новых средств деятельности, относящихся преимущественно к обеспечению взаимодействия человека и машины. К таким средствам относят визуальные и слуховые индикаторы, органы управления, специальные входные системы ЭВМ, новые инструменты и приборы. В-третьих, это задачи системного характера, связанные с распределением функций между оператором и машиной, с организацией рабочего процесса, а также задачи подготовки, тренировки и отбора операторов.

Практическое занятие № 1. Система «человек – машина – среда» (СЧМС)

Цели занятия:

1. Сформировать понятия СЧМС, изучить их разновидности.
2. Рассмотреть особенности операторской деятельности в СЧМС.
3. Изучить основные характеристики СЧМС и оценки их эффективности.
4. Рассмотреть перспективы развития СЧМС.

План проведения занятия:

1. Обсуждение вопросов, разрабатываемых в управляемой самостоятельной работе.
 - 1.1 Понятие СЧМС, ее структурная схема (назначение, состав элементов, их характеристика).
 - 1.2 Виды (классификация СЧМС).
 - 1.3 Функции, выполняемые человеком-оператором в СЧМС.
 - 1.4 Распределение функций между человеком и машиной в СЧМС.
 - 1.5 Основные характеристики СЧМС, возможности их определения расчетным путем.
 - 1.6 Оценка эффективности СЧМС.
 - 1.7 Перспективы дальнейшего изучения и развития СЧМС.
2. Подведение итогов занятия.

2 МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ ЭРГОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Теория вопроса

Эргономика занимается комплексным изучением и проектированием трудовой деятельности человека с целью оптимизации орудий, условий и самого процесса труда. Объектом изучения являются следующие звенья эргономической системы: человек – орудие труда – производственная среда.

Методы эргономических исследований, с одной стороны, должны быть направлены на изучение психофизиологических нагрузок на человека в условиях производства и разработку требований к конструированию технических устройств, вытекающих из особенностей человеческого организма. С другой стороны, эргономика изучает особенности конструкций машин, пультов управления, производственных процессов, алгоритмов с учетом психофизиологических особенностей человека. Все это обуславливает использование общепринятых гигиенических, физиологических и психологических методов исследований. Кроме этого, эргономика располагает специфическими методами исследования, среди которых наиболее распространенными являются метод антропометрического исследования, определение количества, скорости и траекторий рабочих движений, оценка рабочей позы, рабочих мест и процессов информационного взаимодействия.

Антропометрическое исследование. Насчитывается около 300 различных антропометрических показателей, которые характеризуют анатомические размеры тела человека. С учетом антропометрических данных конструируют производственное оборудование, пульты управления, рабочую мебель. С этой целью лабораторией эргономики Московского НИИГТ и ПЗ АМН СССР разработан стандарт на антропометрические показатели, в котором предусматривается 28 антропометрических показателей для туловища, 6 – для кисти, 10 – для головы (всего 44 показателя) [1]. Величины этих показателей приведены в таблице 1.

Для проведения антропометрического исследования и измерения линейных и угловых размеров рабочей позы, оборудования и мебели используют антропометр Мартина, угломеры, ростомеры, сантиметровые линейки и ленты.

Методы оценки рабочей позы и организации рабочего места. При оценке рабочей позы и организации рабочего места необходимо руководствоваться ГОСТ 12.2.032–78 «ССБТ». Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» и ГОСТ 12.2.033–78 «ССБТ». Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.

Кроме того, разработаны ГОСТы по системе стандартов безопасности труда на определенные виды производственного оборудования (станки металлообрабатывающие, машины ручные электрические, оборудование технологическое для легкой, деревообрабатывающей, полиграфической промышленности и других производств).

Согласно указанным официальным документам, рабочее место должно соответствовать физиолого-гигиеническим требованиям. Так, рабочее место сидя организуют при выполнении работ легкой и средней тяжести, не требующих свободного передвижения работающего, а также в случаях, обусловленных особенностями технологического процесса.

Таблица 1 – Величины антропометрических показателей и их применение в эргономике для определения высоты станка при работе в позе стоя, высоты рабочего помещения

Поза	Антропометрический показатель, м	Мужчины $X \pm s$	Женщины $X \pm s$
С т о я	Длина тела (рост)	1,678±5,8	1,567±5,7
Длина тела с вытянутой вверх рукой	2,13±8,4	1,98±7,6	Для определения зоны досягаемости по вертикали с целью размещения органов управления
Дельтовидная ширина плеч	0,446±2,2	0,418±2,4	Для определения размеров рабочего места
Длина руки, вытянутой вперед	0,642±3,3	0,593±3,1	Для определения зон досягаемости по глубине
Длина руки, вытянутой в сторону	0,622±3,3	0,568±3,0	То же
Длина плеча	0,327±1,7	0,302±1,6	Для определения высоты расположения органов управления и высоты рабочей поверхности
Длина ноги	0,901±4,3	0,835±4,1	То же
Высота глаз стоя	1,559±5,8	1,458±5,5	Для определения высоты рабочей поверхности и размещения средств индикации, зон обзора
Высота плечевой точки	1,374±5,5	1,281 ±5,2	Для определения высоты рабочей поверхности и высоты расположения органов управления
Высота ладонной точки	0,518±3,5	0,483±3,6	Для определения зоны захвата

Таблица 2 – Величины антропометрических показателей и их применение в эргономике для станочных и других работ (сидя), выбора высоты кабины и другое

Поза	Антропометрический показатель, м	Мужчины $X \pm s$	Женщины $X \pm s$
Сидя	Длина тела	1,309±4,3	1,211±4,5
Высота глаз над полом	1,180±4,3	1,095±4,2	Для определения высоты рабочей поверхности, размещения сигнализации, средств индикации
Высота плеча над полом	1,008±4,2	0,929±4,1	Для определения высоты рабочей поверхности, зоны управления рычагами
Высота локтя над полом	0,654±3,3	0,605±3,5	То же
Высота колен	0,506±2,4	0,467±2,4	Для оценки высоты сиденья
Длина тела над сиденьем	0,887±3,1	0,841 ±3,0	Для оценки высоты станка, органов управления, средств индикации
Высота глаз над сиденьем	0,769±3,0	0,725±2,8	Для размещения органов управления, средств индикации, высоты рабочей поверхности
Высота плеча над сиденьем	0,586±2,7	0,560±2,7	Для размещения органов управления, определения высоты рабочей поверхности
Высота локтя над сиденьем	0,232±2,5	0,235±2,5	Для размещения подлокотников, определения высоты рабочего места
Длина предплечья (редуцированная)	0,364±2,0	0,334±1,8	Для определения зоны досягаемости по глубине, размеров рабочего места
Длина вытянутой руки	1,042±4,8	0,983±4,7	Для размещения органов ручного управления
Длина бедра	0,590±2,7	0,568±2,8	Для определения размеров сиденья

Рабочее место для выполнения работ стоя организуют при физической работе средней тяжести и тяжелой, а также при технологически обусловленной величине рабочей зоны, превышающей её параметры при работе сидя. Категория работ определяется согласно ГОСТ 12.1.005–76.

Конструкция рабочего места и расположение всех его элементов (сиденья, органов управления, средств отображения информации и др.) должны соответствовать антропометрическим, физиолого-гигиеническим и психологическим особенностям работающего, а также характеру работы. Рациональная конструкция рабочего места должна обеспечивать выполнение трудовых операций в пределах зоны досягаемости моторного поля. Зоны досягаемости моторного поля в вертикальной и горизонтальной плоскости для средних размеров тела человека при выполнении работ сидя приведены на рисунке 1, а, б, а при выполнении работ стоя – на рисунке 2, а, б.

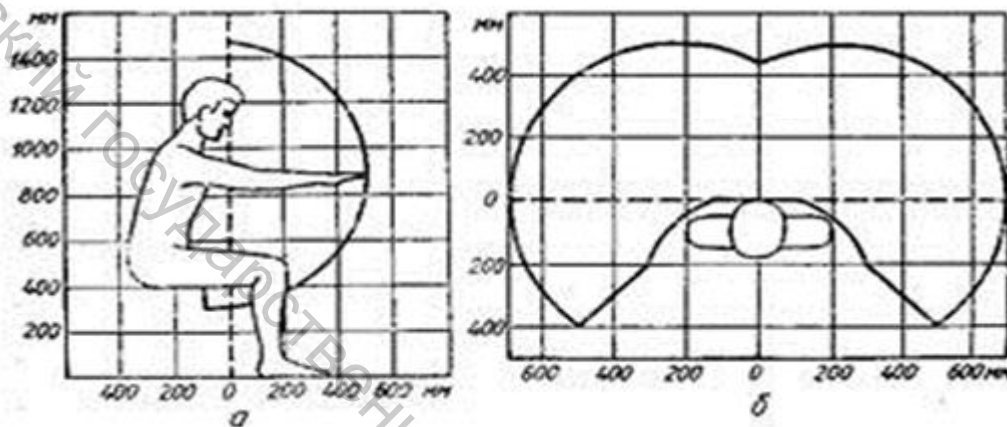


Рисунок 1 – Зона досягаемости моторного поля при выполнении работ сидя в вертикальной (а) и горизонтальной (б) плоскостях; — — — край рабочей поверхности

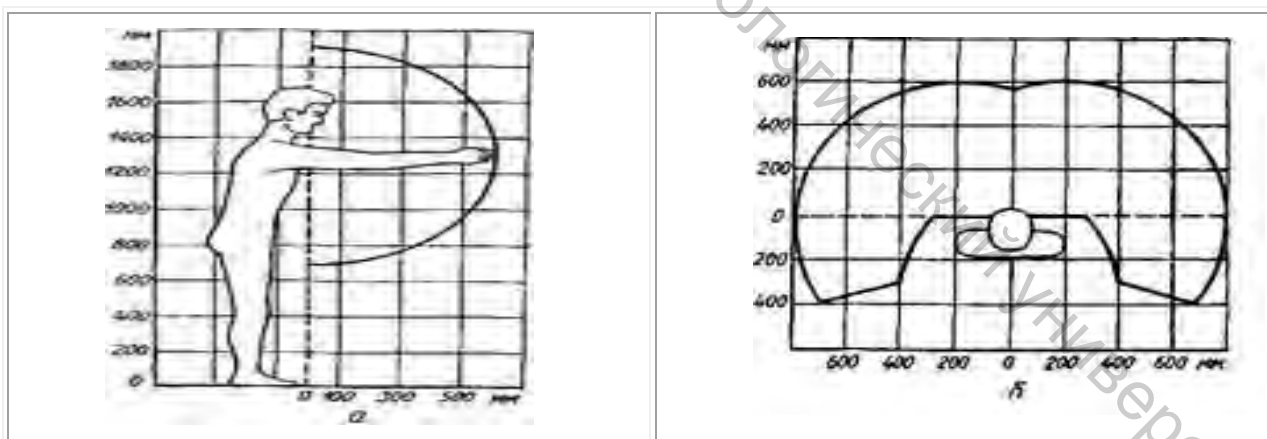


Рисунок 2 – Зона досягаемости моторного поля при выполнении работ стоя в вертикальной (а) и горизонтальной (б) плоскостях; — — — край рабочей поверхности

Трудовые операции «часто» и «очень часто» должны выполняться при работах сидя и стоя в пределах зоны легкой досягаемости и оптимальной зоны моторного поля (рисунок 3, а, б, в). Различают следующие варианты выполнения операций: очень часто – две и более операций в 1 минуту, часто –

менее двух операций в 1 минуту, но более двух операций в 1 час, редко – не более двух операций в 1 час.

При проектировании оборудования и организации рабочего места следует учитывать антропометрические показатели женщин (если работают только женщины) и мужчин (если работают только мужчины); если оборудование обслуживают женщины и мужчины – средние показатели женщин и мужчин.

Конструкцией производственного оборудования и рабочего места должна быть обеспечена оптимальная поза работающего, которая достигается регулированием высоты рабочей поверхности оборудования, сиденья и пространства для ног, определяющимися с помощью номограммы (смотреть рисунок 4, а) и высоты рабочего сиденья и подставки для ног (при нерегулируемой высоте рабочей поверхности и выполнении работ сидя). При выполнении работ стоя оптимальная поза работающего достигается регулированием высоты рабочей поверхности оборудования, определяющейся в зависимости от тяжести труда и роста работающего по номограмме, приведенной на рисунке 4, б и подставки для ног (при нерегулируемой высоте рабочей поверхности).

В этом случае высоту рабочей поверхности устанавливают по номограмме для работающего ростом 1800 мм. Оптимальная рабочая поза для работающих более низкого роста при выполнении работ сидя достигается за счет увеличения высоты рабочего сиденья и подставки для ног (смотреть рисунок 4, а) на величину равную разности между высотой рабочей поверхности для работающего ростом 1800 мм и высотой рабочей поверхности, оптимальной для роста данного работающего. Конструкция регулируемого кресла оператора должна полностью соответствовать требованиям ГОСТ 21889 – 76 «Система «человек – машина». Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования».

Оптимальная рабочая поза, при выполнении работ стоя (смотреть рисунок 4, б) достигается за счет увеличения высоты подставки для ног на величину такую же, как и при работе сидя. Организация рабочего места и конструкция оборудования при работе стоя должны обеспечивать прямое положение корпуса тела работающего или наклон его вперед не более чем на 15°.

В тех случаях, когда невозможно осуществить регулирование высоты рабочей поверхности и подставки для ног, допускается проектирование оборудования с нерегулируемыми параметрами рабочего места. Числовые значения их при выполнении работ сидя определяют по таблице 3, при работах стоя – по таблице 4.

Форму рабочей поверхности оборудования при работе сидя следует устанавливать с учетом характера выполняемой работы. Она может быть прямоугольной, иметь вырез для корпуса, работающего или углубление для настольных машин и т. д. При необходимости на рабочую поверхность следует устанавливать подлокотники. Подставка для ног должна быть регулируемой по высоте, ширина ее – не менее 300 мм, длина – не менее 400 мм. Поверхность

подставки должна быть рифленой, по переднему краю ее предусматривается бортик высотой 10 мм. Для обеспечения удобного и близкого подхода к столу, станку или машине при работе стоя должно предусматриваться пространство для стоп размером не менее 150 мм по глубине, 150 мм по высоте и 530 мм по ширине.

Размещение органов управления нормируется общими требованиями к размещению органов управления – ГОСТ 22269–76 «Система «человек – машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования».

При работе двумя руками органы управления размещают с таким расчетом, чтобы не было перекрещивания рук.

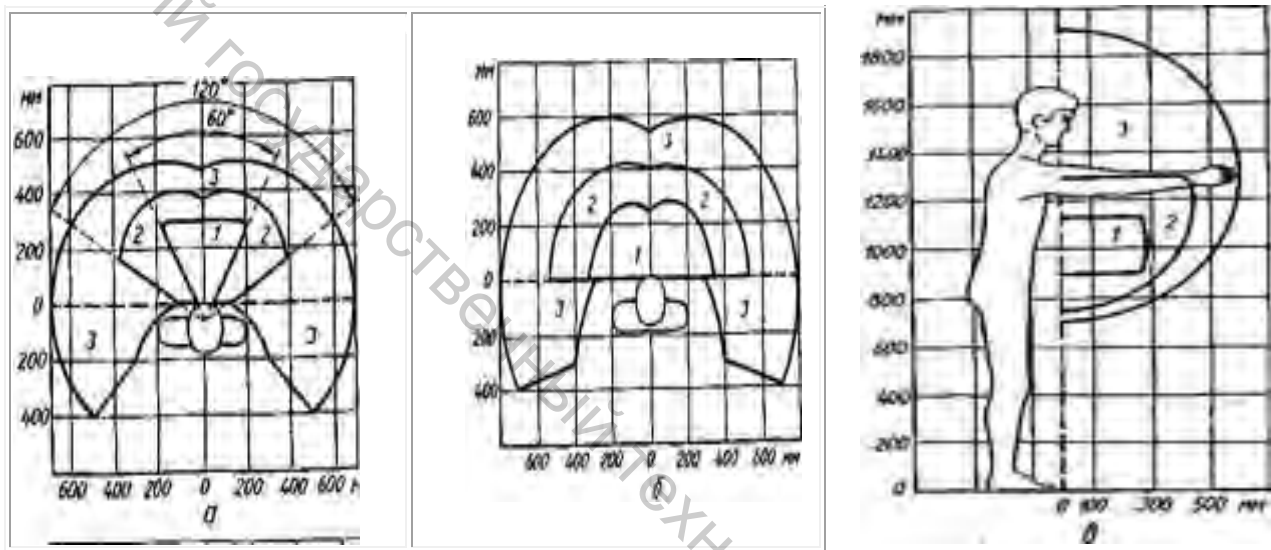


Рисунок 3 – Зоны выполнения ручных операций и размещения органов управления при выполнении работ сидя (а), стоя в горизонтальной (б) и вертикальной (в) плоскостях: 1 – оптимальная зона моторного поля; 2 – зона легкой досягаемости моторного поля; 3 – зона досягаемости моторного поля; – – – край рабочей поверхности.

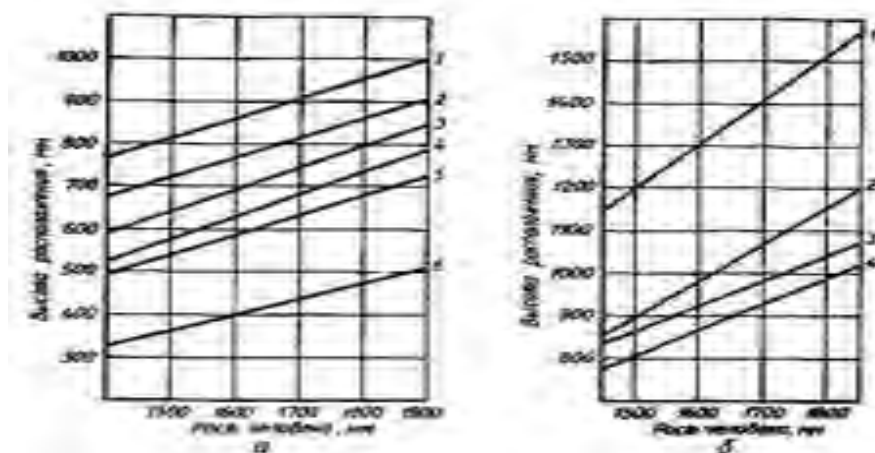


Рисунок 4 – Номограмма зависимости параметров рабочего места от характера работы и роста человека: а – при выполнении работ сидя (4 – высота

рабочей поверхности для разных видов работ; 5 – пространство для ног; в – высота рабочего сиденья); б – при выполнении работ стоя (1 – высота расположения средств отображения информации; 2 – 4 высота рабочей поверхности при легкой, средней и тяжелой работе)

Таблица 3 – Высота рабочей поверхности оборудования при выполнении работ сидя

Наименование работы	Высота рабочей поверхности, мм при организации рабочего места		
	для женщин	для мужчин	для женщин и мужчин
Очень тонкие зрительные работы (сборка часов, гравировка, картография, сборка очень мелких деталей и др.)	930	1020	975
Тонкие зрительные работы (монтаж мелких деталей, станочные работы, требующие высокой точности и др.)	835	905	870
Легкие зрительные работы (монтаж более крупных деталей, конторская работа, станочные работы, не требующие высокой точности и др.)	700	750	725
Печатание на машинке, типографских станках, перфораторах, легкая сборочная работа более крупных деталей и др.	630	680	655

Таблица 4 – Высота рабочей поверхности при выполнении работы стоя

Категория работы	Высота рабочей поверхности, мм при организации рабочего места		
	для женщин	для мужчин	для женщин и мужчин
Легкая	900	1060	1025
Средняя	930	980	955
Тяжелая	870	925	895

Органы управления на рабочей поверхности оборудования в горизонтальной плоскости необходимо размещать с учетом следующих требований: очень часто используемые и наиболее важные органы управления при выполнении работ сидя и стоя должны быть расположены в зоне 1 (смотреть рисунок 3, а, б); часто используемые и менее важные органы управления не допускается располагать за пределами зоны 2, а при выполнении тяжелой работы стоя – выше 1000 мм от площадки, на которой стоит рабочий; редко используемые органы управления должны располагаться в зоне 3.

Органы управления, используемые до 5-ти раз в смену, допускается располагать за пределами зоны досягаемости моторного поля.

При размещении органов управления в вертикальной плоскости следует руководствоваться данными, приведенными в таблице 2, 3 и на рисунке 3, в. Выше 1100 мм органы управления допускается размещать в случае, если по техническим причинам расположить их до указанного уровня невозможно. Такие органы управления должны использоваться редко.

Аварийные органы управления следует располагать в зоне досягаемости моторного поля. При этом необходимо предусмотреть специальные средства опознавания и предотвращения их непроизвольного и самопроизвольного включения в соответствии с ГОСТ 12.2.003–74 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности».

При необходимости освобождения рук операции, не требующие точности и быстроты выполнения, могут производиться органами управления для ног.

Размещение средств отображения информации должно соответствовать следующим требованиям. Очень часто используемые средства отображения информации, требующие точного и быстрого считывания показаний при выполнении работ сидя, следует располагать в вертикальной плоскости под углом $\pm 15^\circ$ к нормальной линии взгляда, а в горизонтальной – под углом $\pm 15^\circ$ к сагиттальной плоскости (рисунок 5, а, б).

Часто используемые средства отображения информации, требующие менее точного и быстрого считывания показаний, допускается располагать в вертикальной плоскости под углом $\pm 30^\circ$ к нормальной линии взгляда, а в горизонтальной – под углом $\pm 30^\circ$ к сагиттальной плоскости.

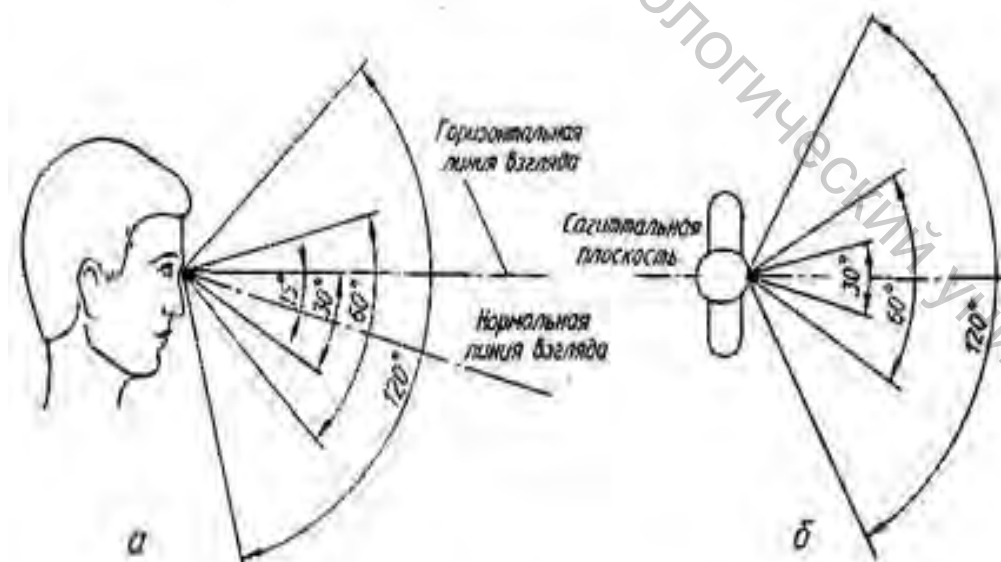


Рисунок 5 – Зоны зрительного наблюдения в вертикальной (а) и горизонтальной (б) плоскостях

Редко используемые средства отображения информации располагаются в вертикальной плоскости под углом $\pm 60^\circ$ к нормальной линии взгляда, в

горизонтальной – под углом $\pm 60^\circ$ к сагиттальной плоскости (при движении глаз и повороте головы).

Средняя высота расположения средств отображения информации при выполнении работ стоя должна соответствовать значениям, приведенным в таблице 5.

Наиболее важные органы управления следует располагать спереди и справа от оператора в зоне досягаемости правой руки. Максимальные размеры зоны досягаемости обеих рук составляют обычно 700–1100 мм. Размер зоны досягаемости по ширине (1100 мм) может быть увеличен в некоторых случаях на 200 – 300 мм за счет наклонов корпуса и перемещения кресла на катках вдоль стола.

Глубина рабочей панели не должна превышать 800 мм. Высота пульта управления, предназначенного для работы сидя и стоя, должна быть в пределах 750 – 850 мм, а угол наклона его панели к горизонтальной плоскости – в пределах $10 - 20^\circ$.

Место на пульте для ведения записей, размещения регистрационных журналов и технической документации должно быть расположено непосредственно перед оператором. Его минимальные размеры – 1000 мм в ширину и 300 – 400 мм в глубину.

Таблица 5 – Величины антропометрических показателей и их применение в эргономике для определения высоты станка при работе в позе стоя, высоты рабочего помещения

Рабочая поза	Антропометрический показатель	Мужчины $X_{ст} \pm \sigma$	Женщины $X_{ст} \pm \sigma$
Стоя	Рост, см	$167,8 \pm 5,8$	$156,7 \pm 5,7$
Длина руки вытянутой вперёд, см	$64,2 \pm 3,3$	$59,3 \pm 3,1$	Для определения зон досягаемости по глубине
Размах рук, см	$169,0 \pm 8,8$	$155,4 \pm 8,4$	То же

Таблица 6 – Величины антропометрических показателей и их применение в эргономике для оценки высоты сиденья (сидя)

Рабочая поза	Антропометрический показатель	Мужчины $X_{ст} \pm \sigma$	Женщины $X_{ст} \pm \sigma$
Сидя	Длина голени, см	$50,6 \pm 2,4$	$46,7 \pm 2,4$
Длина тела над сиденьем (рост сидя), см	$88,7 \pm 3,1$	$84,1 \pm 3,0$	Для оценки высоты станка, органов управления, средств индикации
Высота глаз над плоскостью сиденья, см	$76,9 \pm 3,0$	$72,5 \pm 2,8$	Для размещения органов управления, средств индикации, высоты рабочей поверхности

Таблица 7 – Величины антропометрических показателей и их применение в эргономике для проектирования органов управления

Рабочая поза	Антропометрический показатель	Мужчины $X_{ст} \pm \sigma$	Женщины $X_{ст} \pm \sigma$
Стоя	Сила левой кисти, кгс	$46 \pm 3,2$	$33 \pm 6,3$ Для проектирования органов управления
	Сила правой кисти, кгс	$49 \pm 3,1$	$37 \pm 6,1$ Для проектирования органов управления
	Вес тела, кг	$68 \pm 4,5$	$57 \pm 5,5$, Для проектирования рабочего места

Индивидуальные антропометрические параметры – это размеры тела конкретного человека, для которого рассчитываются эргономические параметры рабочего места.

Физиологические параметры человека – это дистанция ясного видения, сила кистей рук и другие параметры жизнедеятельности.

Эргономические параметры производственного оборудования и рабочих мест – это такие их размеры, которые должны соответствовать антропометрическим и физиологическим параметрам человека-оператора.

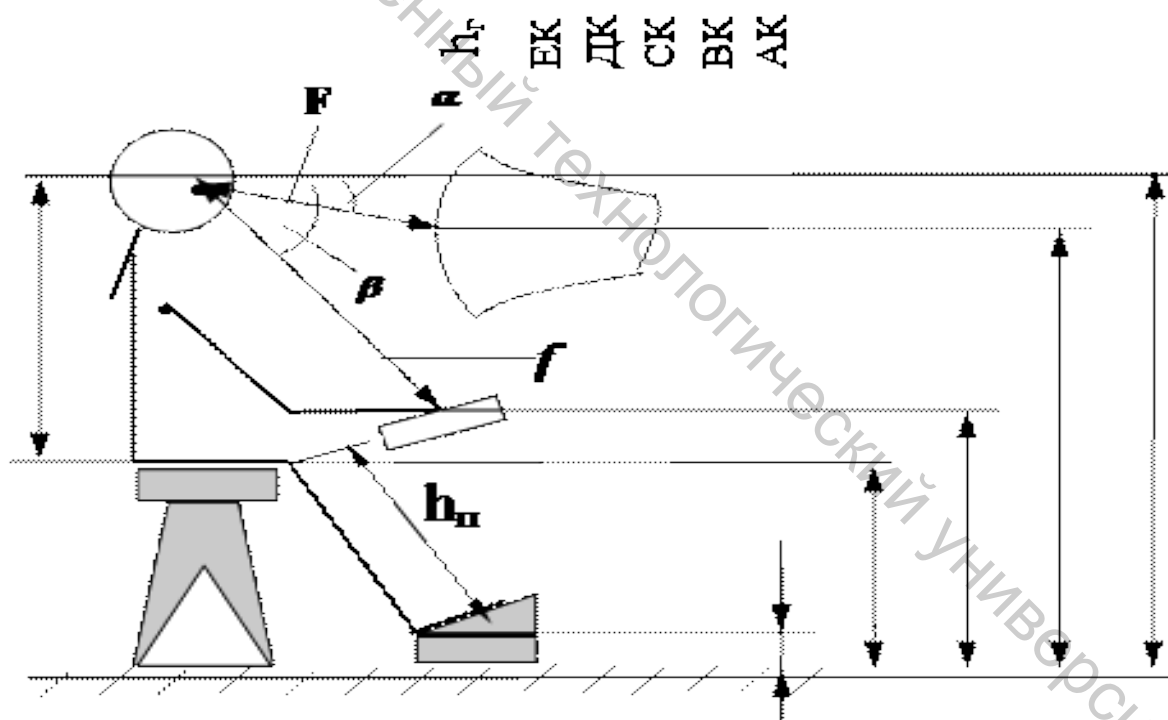


Рисунок 6 – Основные параметры оператора и элементов его рабочего места (на примере пользователя ЭВМ):

F и f – дистанция обзора; a и b – углы обзора; $ВГ$ и $ДГ$ – параметры исследуемого оператора; $ВК$ – высота экрана дисплея над полом; $СК$, $ДК$, $ЕК$ – высота над полом клавиатуры, плоскости сидения и подставки для ног.

Основная задача эргономических расчетов параметров рабочего места сводится к установлению такого расположения экрана дисплея, клавиатуры, плоскости сидения и подставки для ног, чтобы обеспечить:

- 1) дистанцию ясного видения ($F = 60 \text{ см}$);
- 2) дистанцию периферического обзора ($f = 70 \text{ см}$);
- 3) угол обзора рабочего объекта ($a = 18^\circ$);
- 4) угол периферического обзора ($b = 38^\circ$).

Данное задание выполняется в аудитории. При выполнении занятия каждый студент проводит измерения 9 собственных параметров, затем определяются стандартные их величины с учетом пола и возраста человека (таблица 7), производится оценка гармоничности полученных измерений по методу «сигмальных» отклонений.

Эти расчеты иллюстрируются в отчете на эскизе рисунка 6 и в протоколе занятия.

При проведении измерений используются: ростомер, линейка, весы, динамометр (для измерения силы кистей рук).

Оценка фактических замеров выполняется по их отношению к стандарту по методу «сигмальных» отклонений:

$$S_i = \frac{\bar{x}_i - x_{ст}}{I\sigma I}$$

где x_i – величина i -го параметра исследуемого человека; $x_{ст}$ – стандартные величины измеряемых параметров (заданы в таблице 5); s – среднеквадратическое отклонение данной стандартной величины параметра.

Шкала оценок:

- 1) $S_i = \{+1 \dots -1\}$ – параметр соответствует стандарту;
- 2) $S_i = \{+1 \dots +2\}$ и $\{+2 \dots +3\}$ – превышает стандарт «сильно» и «очень сильно»;
- 3) $S_i = \{-1 \dots -2\}$ и $\{-2 \dots -3\}$ – меньше стандарта «значительно» и «очень значительно».

Результаты расчета по формуле (1) следует привести в виде графика «Профиль физической гармонии» (рисунок 7).

+6									
+5									
+4									
+3									
+2									
+1									
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-1									
-2									
-3									
-4									
-5									
-6									

Рисунок 7 – Профиль физической гармонии студентов

Выводы по оценке антропометрических параметров:

1. Развита «весьма гармонично», если нет отклонения по параметрам.
2. Развита «гармонично» – отклонение по одному параметру.
3. Развита «негармонично» – отклонения двух и более параметров.

Практическое занятие № 2. Взаимная адаптация человека и техники

Цель занятия: освоить методику оценки антропометрических характеристик человека с целью использования их при проектировании рабочих мест.

План проведения занятия:

1. Практическое использование антропометрических характеристик человека при проектировании рабочих мест

При проектировании рабочих мест учитываются особенности профессии, вид деятельности, положение работающего (рабочая поза) и т.д.

В качестве примера выполняются расчеты рабочего места оператора ЭВМ по личным фактическим параметрам.

1. Определяется высота глаз над уровнем сидения h_G , в позе сидя (рисунок 6, таблица 5; параметр «6»).

2. Определяется длина голени h_{II} , в позе сидя, нога перпендикулярна полу, замер производится от пятки до подколенной чашечки (рисунок 6, таблица 5; параметр «4»).

$$AK = AD + DK,$$

где $AD = h_G$; $DK = h_{II}$;

где h_G – высота глаз над плоскостью сидения; h_{II} – длина голени.

3. Определяется высота центра экрана дисплея над уровнем пола:

$$BK = AK - AB,$$

где AB – расположение центра экрана относительно линии глаз, принимается по стандарту: $AB = 60 \cdot \sin 18^\circ = 18,5 \text{ см}$.

4. Определяется высота расположения клавиатуры над уровнем пола:

$$CK = AK - AC,$$

где AC – расположение клавиатуры относительно линии глаз, принимается по стандарту: $AC = 70 \cdot \sin 38^\circ = 43,4 \text{ см}$

5. Определяется высота подставки для ног EK :

$$EK = DK - h_{II}.$$

2. Обсуждение вопросов, разрабатываемых в управляемой самостоятельной работе

- 2.1. Основные задачи эргономики как науки.
 - 2.2. Охарактеризуйте понятие «антропометрический стандарт».
 - 2.3. Охарактеризуйте понятие «эргонометрический параметр».
 - 2.4. Охарактеризуйте метод «сигмальных» отклонений.
 - 2.5. Перечислите физические «эргонометрические параметры».
 - 2.6. Перечислите физиологические «эргонометрические параметры».
 - 2.7. Какие требования предъявляются к организации рабочего места «сидя»?
 - 2.8. Какие требования предъявляются к организации рабочего места «стоя»?
3. Подведение итогов занятия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адамчук, В. В. Эргономика. Учеб. пособие для вузов // Под ред. В. В. Адамчука. Москва: ЮНИТИ-ДАНА, 1999.
2. Вайнштейн, Л. А. Эргономика: курс лекций / Л. А. Вайнштейн. – Минск, БГУ, 2009. – 215 с.
3. Громов, Ф. А. Эргономика. Учеб. пособие. / Ф. А. Громов. – ЛФЭИ, Ленинград, 1989.
4. Душков, Б. А. Основы инженерной психологии: учеб. Для студентов вузов / Б. А. Душков, А. В. Королев, Б. А. Смирнов. – Москва: Академический проект; Екатеринбург: Деловая книга, 2002. – 576 с.
5. Дружинин, В. Н. Психология: учебник для техн. вузов / под общ. ред. В. Н. Дружинина. – Санкт-Петербург: Питер, 2000.
6. Душков, Б. А. Лабораторный практикум по основам инженерной психологии / под ред. Б. А. Душкова. – М.; 1983.
7. Зинченко, В. П. Основы эргономики: учеб. пособие / В. П. Зинченко, В. М. Мунипов. – Москва: МГУ, 1979.
8. Кавецкий, И. Т. Инженерная психология и психология труда: учебно-метод. комплекс, 2 изд, стереотип. / авт. сост. И. Т. Кавецкий, Т. В., Рыжковская. – Минск: Изд-во МИУ, 2010. – 176 с.
9. Климов, Е. А. Введение в психологию труда: учеб. пособие / Е .А. Климов.– М.: 1998.
10. Мунипов, В. М. Эргономика: человекоориентированное проектирование техники, программных средств и среды: учебник / В. М. Мунипов. – Москва, 2001.
11. Сысоев, И. П. Эргономические основы организации рабочих мест: курс лекций / И. П. Сысоев. – Витебск, УО «ВГТУ», 2016. – 80с.