

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Технологическое оборудование»

А. И. Кочергин
Т. Н. Бабак

ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА ОПЕРАТОРА

Практикум
для студентов специальности
1-36 01 03 «Технологическое оборудование
машиностроительного производства»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию
в области машиностроительного оборудования и технологий*

Минск
БНТУ
2019

УДК 331.101.1

ББК 30.17

К75

Р е ц е н з е н т ы:

Заведующий кафедрой «Основы научных исследований и проектирования» АМФ БГАТУ, канд. техн. наук,
доцент *П. В. Авраменко*;
Заместитель генерального конструктора по новому проектированию
ОАО «МЗОР» *И. И. Шумский*

Кочергин, А. И.

К75 Эргономическое проектирование рабочего места оператора:
практикум для студентов специальности 1-36 01 03 «Технологиче-
ское оборудование машиностроительного производства» / А. И. Ко-
чергин, Т. Н. Бабак. – Минск: БНТУ, 2019. – 27 с.
ISBN 978-985-583-129-8.

В практикуме приводятся этапы проектирования пространственной компоновки рабочего места и основные принципы его эргономичной организации, а также требования к расположению средств отображения информации и органов управления.

УДК 331.101.1
ББК 30.17

ISBN 978-985-583-129-8

© Кочергин А. И., Бабак Т. Н., 2019
© Белорусский национальный
технический университет, 2019

Практическая работа

Тема: Эргономическое проектирование рабочего места оператора.

Цель работы:

- систематизировать знания основных принципов эргономической организации рабочего места оператора;
- изучить существующие антропометрические методы проектирования рабочего места;
- выполнить эргономический анализ рабочего места;
- спроектировать рабочее место с учетом требований эргономики.

Теоретические сведения

Производственная среда промышленного предприятия делится на три функциональные сферы:

рабочее место – зона трудовой деятельности, куда входит основное и вспомогательное производственное оборудование (производственная мебель, оргтехоснастка, инструменты и т. д.), необходимое для осуществления производственного процесса, управления им и контроля над ним;

производственные помещения (интерьеры цехов), куда кроме архитектурно-строительных элементов зданий включаются инженерные системы – вентиляции, водоснабжения, отопления, освещения. Особую группу составляют средства информации по безопасности труда, технологического назначения и т. п.;

комплекс бытового обеспечения производственных процессов (бытовые помещения) и территория промышленного предприятия с элементами благоустройства и озеленения, площадками для отдыха и пр.

С позиций организации производственной среды все три сферы следует рассматривать в органическом единстве, учитывая, однако иерархию этих сфер по отношению к производственному процессу. Сфера рабочих мест с этой точки

зрения – главная. Ее состояние и уровень эргономической проработки элементов оказывает большое влияние на результаты производственной деятельности работника.

При организации рабочих мест все средства и орудия труда (машины, инструменты приборы и пр.) рассматриваются в единстве с человеком, оперирующим ими. Это единство определяется как система «человек – машина – среда» (СЧМС). Результативность работы этой системы зависят от того, насколько параметры элементов рабочего места и окружающей среды соответствуют возможностям работающего. Ряд возможностей человека ограничивается анатомической структурой тела, пределами амплитуд движений туловища, рук и ног, пределами скорости и силы этих движений. Проектировщик обязан учитывать антропометрические данные при проектировании производственного оборудования и организации производственной среды.

При планировке рабочего места исходят из рационального размещения на нем средств труда и средств его обеспечения в пространстве (по вертикали и по горизонтали).

Элементами оснащения рабочих мест являются основное и вспомогательное оборудование, технологическая и организационная оснастка.

Расположение средств и предметов труда определяет трудовые движения, их количественные и качественные характеристики, площадь рабочего места. Совершенствование планировки рабочего места должно быть направлено на устранение лишних и нерациональных трудовых движений, максимальное сокращение перемещения рабочего и материальных элементов трудового процесса, а следовательно – на повышение эффективности труда и снижение утомляемости рабочего.

Рациональная планировка рабочего места должна предусматривать четкий порядок и постоянство в размещении инструментов и приспособлений, документации, деталей как в процессе работы, так и при их хранении и обеспечивать удобную рабочую

позу, выполнение трудовых процессов с максимальной экономией движений рабочего, а также полную безопасность труда.

В зависимости от принятых форм организации труда и числа исполнителей рабочие места бывают индивидуальные и коллективные или групповые. На первом занят один работник, на втором – группа исполнителей, выполняющих одну работу или операцию. Рабочие места также подразделяются по таким признакам, как

профессия исполнителей – станочное, слесарное и т. п.;

тип производства – единичное, серийное, массовое;

вид производственных процессов – основное, вспомогательное;

степень специализации – универсальное, специальное;

уровень механизации – автоматизированное, механизированное, ручное;

количество технологического оборудования – одностаночное, многостаночное;

место нахождения – в помещении, на открытом воздухе, под землей;

по условиям работы – нормальные, неблагоприятные и др.

Антропометрическое проектирование рабочего места

Существующие антропометрические методы проектирования направлены на учет антропометрических признаков через схематическое изображение человека – оператора. Пространственно-антропометрическая совместимость (ПАС) оператора с элементами рабочего места (оборудования) достигается при проектировании пространств и поверхностей, где размещаются тело оператора, органы управления, а также средства отображения информации на основе моторных полей и полей зрения с установлением регулировочных параметров.

Антропометрические характеристики определяют размеры тела человека и его отдельных частей. Они могут быть статические и динамические.

Статические антропометрические характеристики – это размеры тела человека, соответствующие его статическому положению, сохраняющего при измерениях одну и ту же позу. В прил. 1 на рис. П1 указаны эти размеры, в табл. П1 даны средние значения.

Динамические антропометрические характеристики – это углы вращения в суставах, данные по зонам досягаемости, приросты (эффекты движения) в виде максимального увеличения или уменьшения одного и того же размера при перемещении части тела в пространстве (например, изменение длины руки в различных ее положениях). В прил. 2 на рис. П2 показаны зоны досягаемости рук человека, а в табл. П2 размеры этих зон для человека, имеющего базовые антропометрические показатели, т. е. средние значения размеров.

Моторное пространство, зоны досягаемости

Моторное поле рабочего места – рабочее пространство оператора, ограниченное дугами, описываемыми максимально вытянутыми руками при движении их в плечевом суставе. **Зона легкой досягаемости** моторного поля ограничена дугами, описываемыми расслабленными руками оператора при движении их в плечевом суставе. **Оптимальная зона** моторного поля ограничена описываемыми дугами предплечий рук оператора при движении их в локтевых суставах.

Как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях наиболее удобной, т. е. оптимальной, является зона 1 (рис. 1 и 2). В пределах этой зоны могут выполняться наиболее точные и частые движения и размещаться наиболее важные и очень часто используемые органы управления.

В зоне 2 – зона легкой досягаемости – могут выполняться достаточно точные и частые движения и размещаться важные и часто используемые органы управления.

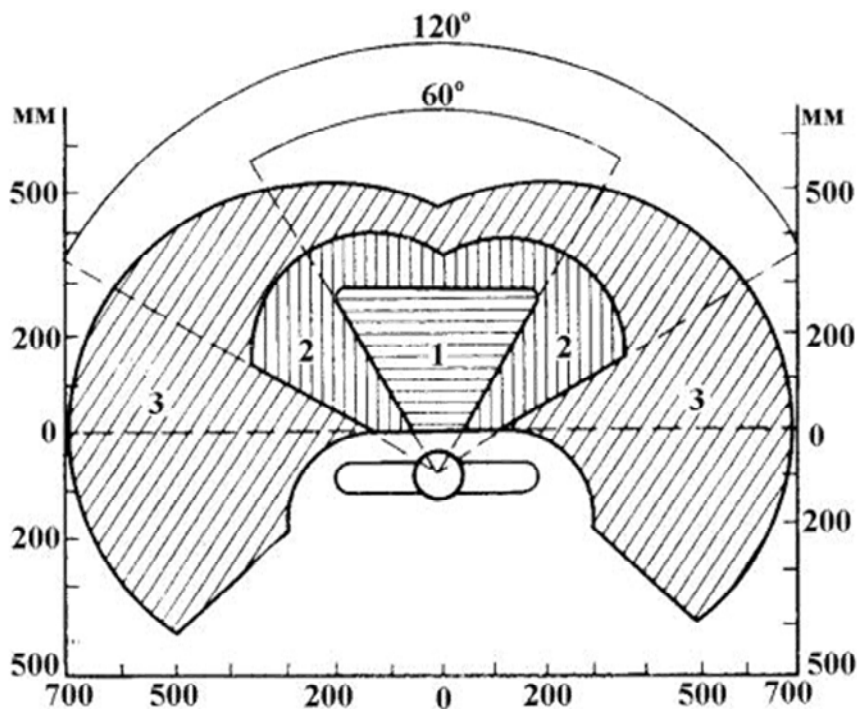


Рис. 1. Зоны досягаемости моторного поля
в горизонтальной плоскости

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

Наиболее редкими должны быть движения рук назад от нулевой линии (рис. 1), требующие поворота туловища.

Решение задачи ПАС антропометрическими методами включает четыре этапа:

- разработка антропометрической модели человека оператора на основе антропометрических данных;

- определение границ моторных полей рук, ног и полей зрения для нормативных поз;
- формирование оптимальной рабочей зоны;
- разработка компоновочной схемы, т. е. формирование тех поверхностей, где размещаются оператор, органы управления, средства отображения информации с установлением регулировочных параметров.

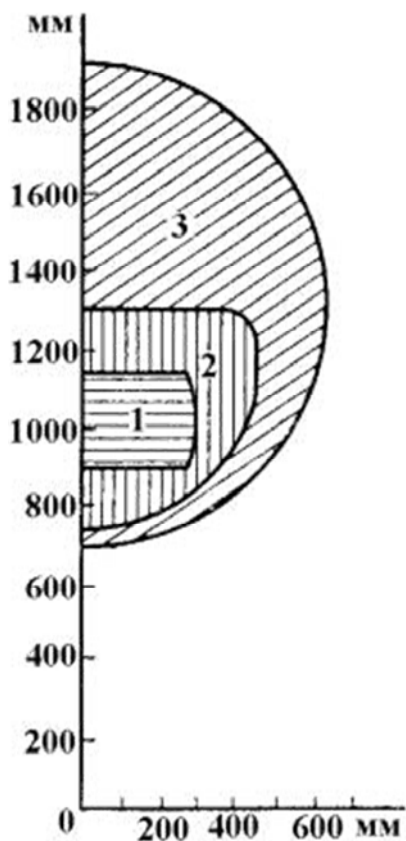


Рис. 2. Зоны досягаемости в вертикальной плоскости

Проектирование рабочего места офисного сотрудника

Основные принципы эргономичной организации рабочего места – комфорт и минимизация нагрузок. Среди столов наиболее эргономичной признана криволинейная угловая форма. За счет вогнутости большая часть их площади оказывается используемой, поскольку попадает в зону охвата руками человека, равную 35–40 см. Площадь столешницы стола не может быть меньше 1 м². Все виды работ с документами обеспечиваются рабочей плоскостью с размерами 750 мм по фронту и 600 мм в глубину. При наличии оргтехники минимальную площадь рабочей поверхности увеличивают на величину пространства, обеспечивающего удобство пользования этой техникой.

Высота от пола до столешницы, как правило, должна равняться рекомендованным европейскими нормами 74 см. Для полноценной работы офисного сотрудника также необходимы разного рода надстройки, лотки, подставки, а также прочие функциональные аксессуары. Но важно не загромождать ими стол. Лучше воспользоваться навесными полками или тумбочками на колесах, которые помогут организовать рабочее место по принципу «все под рукой», когда необходимые для ежедневной работы полки, тумбы, шкафы находятся на расстоянии вытянутой руки.

Относительно расположения окна в кабинете планируется размещение рабочего стола. Свет из окна на рабочий стол должен падать слева. Солнечные лучи, не должны попадать на монитор.

На табуретке или обычном стуле без вреда для здоровья можно провести не более 15 минут в день. Основные параметры, делающие кресло наиболее комфортным и пригодным для длительного в нем нахождения – оптимальная высота спинки, длинна подушки сидения, регулировка наклона спинки и сидения, наличие удобных регулируемых подлокотников, ортопедически правильная форма и жесткость сидения и спинки, возможность поворота кресла и перемещения вдоль стола, возможность регулировки высоты сидения.

Как сидеть эргономично

Чтобы сидеть правильно, с точки зрения эргономики, следует соблюдать несколько простых правил (рис. 3):

1. Ваши ноги должны удобно располагаться на полу. Поверхность стопы должна сформировать угол в 90° с икрой. Это возможно, путем регулировки высоты рабочего места, чтобы подобрать лучшее сидячее положение для людей разного роста.

2. Чтобы кровоток был свободным, колени должны сформировать тупой угол с телом. Такое положение возможно благодаря особенному механизму регулировки высоты.

3. Приспосабливаемые к различной высоте подлокотники должны сформировать тупой угол между предплечьем и рукой.

4. Спинка должна быть немного отклонена назад, чтобы обеспечить нормальное функционирование внутренних органов.

5. Чтобы предотвратить онемение ног и давление на поверхность бедра, вы должны использовать всю глубину сидения.

6. Спина должна плотно прилегать к спинке всегда, помогая поддержать естественный изгиб позвоночника.

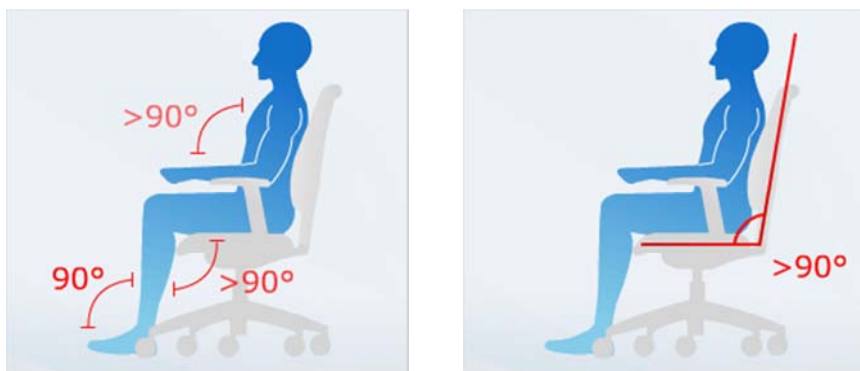


Рис. 3. Правильная посадка



Рис. 3. Правильная посадка (продолжение)

Эргономика рабочего места, оснащенного компьютером

Рабочее место пользователя ПК считается спроектированным правильно, если соблюдены следующие условия:

- Монитор расположен таким образом, чтобы на нем не было бликов, и чтобы пользователь мог охватить взглядом всю его рабочую поверхность, не двигая головой.
- Плечи пользователя расслаблены, запястье и рука на одной линии.
- Клавиатура должна иметь возможность свободного перемещения и располагаться на расстоянии 10–30 см от края столешницы.
- Расстояние для свободной посадки за стол должно быть не менее 70–80 см от переднего края столешницы.

Рабочее место должно иметь местную подсветку.

Проектирование рабочего пространства станочника

Рабочее место станочника организуют в соответствии с характером выполняемой работы. Отсутствие на рабочем месте удобного вспомогательного оборудования и приспособлений или нерациональное его расположение создают условия для возникновения травматизма.

Конструкция станка должна быть такой, чтобы физическая нагрузка при работе не вызывала к концу смены чрезмерного утомления.

Энергозатраты работающего на протяжении смены в соответствии с требованиями ГОСТ 12.2.049-80 не должна превышать 1046,7 кДж/ч (250 ккал/ч).

При проектировании рабочего пространства должно предусматриваться рациональное расположение оборудования и оснастки, наиболее эффективное использование производственных площадей, продуманное расположение вспомогательного оборудования, инструментов, заготовок, деталей, что создает безопасные условия труда. Основное и вспомогательное оборудование должно быть размещено таким образом, чтобы был обеспечен свободный доступ к местам профилактических осмотров, ремонта и наладки.

Все предметы, органы управления оборудованием должны располагаться в пределах досягаемости вытянутых рук рабочего, чтобы не делать лишних наклонов, поворотов, приседаний, вызывающих дополнительные затраты времени и ускоряющих утомление рабочего.

В горизонтальной плоскости определяются наиболее удобная (оптимальная) зона досягаемости, максимальная зона досягаемости – без наклона корпуса и с наклоном под углом не более 30° для рабочего среднего роста. Расположение предметов дальше указанных пределов повлечет за собой ненужные движения, большие наклоны корпуса, что вызовет дополнительные затраты времени, увеличит утомляемость и снизит производительность труда.

В вертикальной плоскости указывают зоны досягаемости, которые дают возможность определить наиболее выгодное расположение всех предметов по отношению к росту работающего (прил. 4). Руководствуясь зонами, следует определить, на какой высоте от пола должны находиться материалы, заготовки, детали и пр., чтобы рабочему не приходилось низко наклоняться.

При проектировании рабочего пространства станочника методом плоских манекенов необходимо учитывать **маскирующие антропометрические признаки**. К ним относятся:

- высота фундамента оборудования над уровнем пола, которая может достигать 100–120 мм;
- уменьшение (увеличение) роста оператора на 40–50 мм вследствие расслабления (легкого поднятия) тела;
- легкий наклон корпуса без напряжения на 2–10° вперед и в сторону или перенос центра тяжести с одной ступни на другую, что позволяет уменьшить расстояние до боковых элементов управления на 150–250 мм;
- расстояние между оператором и передней плоскостью станины, которое обычно составляет 150–250 мм;
- высота деревянных решеток, подкладываемых под ноги, которая может составлять 50–80 мм.

Требования к расположению средств отображения информации (СОИ) и органов управления

Средства отображения информации и органы управления должны располагаться на панелях пультов согласно рисункам прил. 5.

При расположении средств отображения информации и органов управления на панелях пульта следует учитывать следующие факторы:

- приоритет;
- группировки в логические блоки;
- взаимосвязь между органами управления и средствами отображения информации.

При установлении приоритета на место расположения необходимо учитывать, как тот или иной орган управления или СОИ используется оператором и каково его воздействие на работу системы. При этом определяются следующие параметры:

- частота и степень использования;

- точность и скорость считывания показаний;
- влияние ошибки считывания или запаздывания в выполнении операций на надежность работы системы;
- легкость манипулирования отдельными органами управления (определяется по точности, скорости, усилиям) в разных местах расположения.

При размещении индикаторов и органов управления на панели применяют два способа их группировки:

функциональный – когда объединяются индикаторы и органы управления, идентично по функциям или совместно используемые при выполнении одной задачи, а также относящиеся к одному компоненту оборудования;

последовательный – расположение в порядке последовательности использования.

Средства отображения информации и органы управления на панелях пульта должны быть расположены следующим образом:

- важные и наиболее часто используемые средства отображения информации и органы управления – в пределах оптимальной зоны;
- аварийные – в легко доступных местах, но не в оптимальной зоне;
- второстепенные, периодически используемые СОВ и органы управления – не в оптимальных зонах, при этом руководствуются в основном правилами группировки и взаимосвязи между ними.

При компоновке СОВ необходимо обеспечивать:

- обзор и видимость с рабочего места;
- возможность легкого опознания нужного индикатора;
- объединение СОВ в последовательные или функциональные группы;
- учет взаимосвязи индикаторов с органами управления, которые влияют на показания этих индикаторов.

При компоновке органов управления все они располагаются в зоне досягаемости, причем часто используемые – на высоте

600–1000 мм для работы в положении сидя и 1000–1400 мм для работы в положении стоя. Функционально однородные органы управления располагают единообразно на всех панелях пультов данной системы. Необходимо исключить возможность их случайного переключения.

Контрольные вопросы

1. Что определяют антропометрические характеристики?
2. С какой целью обеспечивают пространственно-антропометрическую совместимость оператора с элементами рабочего места?
3. Что называют моторным полем рабочего места, зоной легкой досягаемости, оптимальной зоной моторного поля?
4. Назовите требования к организации рабочего места, оснащенного компьютером.
5. Как должен располагаться монитор по отношению к источникам естественного и искусственного освещения?
6. Какие требования предъявляются к рабочему сидению?
7. Назовите требования к организации рабочего места станочника.
8. Какие требования предъявляют к расположению вспомогательного оборудования на рабочем месте?
9. Какие факторы учитывают в первую очередь при расположении средств отображения информации и органов управления на панелях пульта?

Порядок выполнения работы

Проектирование пространственной компоновки рабочего места складывается из двух этапов: подготовительного и основного.

На подготовительном этапе необходимо провести **анализ** рабочего места:

- определить тип рабочего места согласно предлагаемой ГОСТ классификации;

- составить номенклатуру средств труда на рабочем месте, выделить основные и вспомогательные средства труда;
- определить параметры предметов труда;
- обосновать потребность во вспомогательном оборудовании;
- составить перечень технологической и организационной оснастки;
- определить требуемое количество персонала на проектируемом рабочем месте;
- составить перечень всех органов управления в порядке важности и частоты использования;
- разделить органы управления на группы согласно предлагаемой классификации:
 - 1) органы ручного и ножного управления;
 - 2) органы управления постоянного, периодического или эпизодического действия;
- составить перечень средств контроля;
- проанализировать содержание и технологию выполняемой работы с учетом продолжительности и частоты повторения отдельных действий;
- определить зоны сенсорной и моторной активности.

Основным этапом проектирования рабочего места является его планировка, которая заключается в разработке схемы рационального размещения всех элементов на конкретном рабочем месте. Схемы планировок рабочего места обычно составляются в масштабе 1:10. Планировка производится в следующей последовательности:

- определяется (или уточняется) общее местоположение на участке в соответствии со специализацией данного рабочего места и характером выполняемых работ, а также с учетом технологических и транспортных потоков;
- уточняется размещение основного оборудования в зоне рабочего места относительно технологического и транспортного потока, источника света, электроснабжения и т. д.;

- уточняются параметры производственного пространства, в котором предполагается разместить проектируемое рабочее место (размер и конфигурацию площади, наличие проходов);
- наносятся на схему условные изображения основного оборудования с учетом его размеров и требуемых расстояний;
- выбирается основная рабочая поза исполнителя исходя из конструкции оборудования и прилагаемых усилий, создается плоский манекен (рис. 4);
- проводится планировка рабочей зоны, уточняется схема расположения оборудования, рабочего и предметов труда;
- выполняется схема расположения вспомогательного оборудования и организационной оснастки;
- анализируются маршруты движения предметов труда и перемещения рабочего в процессе выполнения работы;
- рассчитывается необходимая производственная площадь для организации рабочего места;
- уточняется привязка всех элементов рабочего места и корректируются принятые проектные решения.

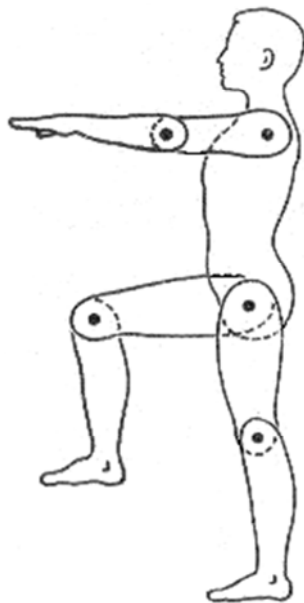


Рис. 4. Плоский манекен

Оформление отчета

Вычертите эскиз рабочего места в двух проекциях (вид сверху, слева).

На эскизах изобразите работающего и все элементы рабочего места, с которыми он взаимодействует в процессе труда.

Нанесите на эскиз габаритные и компоновочные параметры рабочего места.

Расчеты и измерения компоновочных параметров рабочего места следует проводить в ортогональной системе координат с внешней относительно тела человека базой отсчета. Для построения плоского манекена необходимо определить ряд антропометрических размеров (высоту глаз, длину руки, ноги и пр.) в зависимости от рабочего положения (см. прил. 1).

Манекен изготавливают из ватмана в масштабе 1:10.

С помощью плоского манекена определить зоны досягаемости моторного поля работающего, углы наклона тела человека при манипулировании органами управления и удобство рабочей позы, т. е. наличие пространства для ног, высоту рабочей поверхности и т. д. Определить границы моторных полей рук, ног и полей зрения для нормативных поз.

В выводе о выполненной работе описать номенклатуру основного и вспомогательного оборудования, удобство рабочей позы, возможные движения и позы, приводящие к утомлению работника.

Список использованных источников

1. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем: справочник – учебник: в 3 т. / А. С. Проников [и др.]; под общ. ред. А. С. Проникова. – М.: Машиностроение, 1994. – Т.1: Проектирование станков. – 44 с.: ил.
2. Система «ЧЕЛОВЕК-МАШИНА». Пульты управления. Общие эргономические требования: ГОСТ 23000-78.
3. Устинов, А. Г. Эстетика труда и производства: методическое пособие / А. Г. Устинов, И. П. Юров. – М.: Высш. шк., 1988. – 119 с.

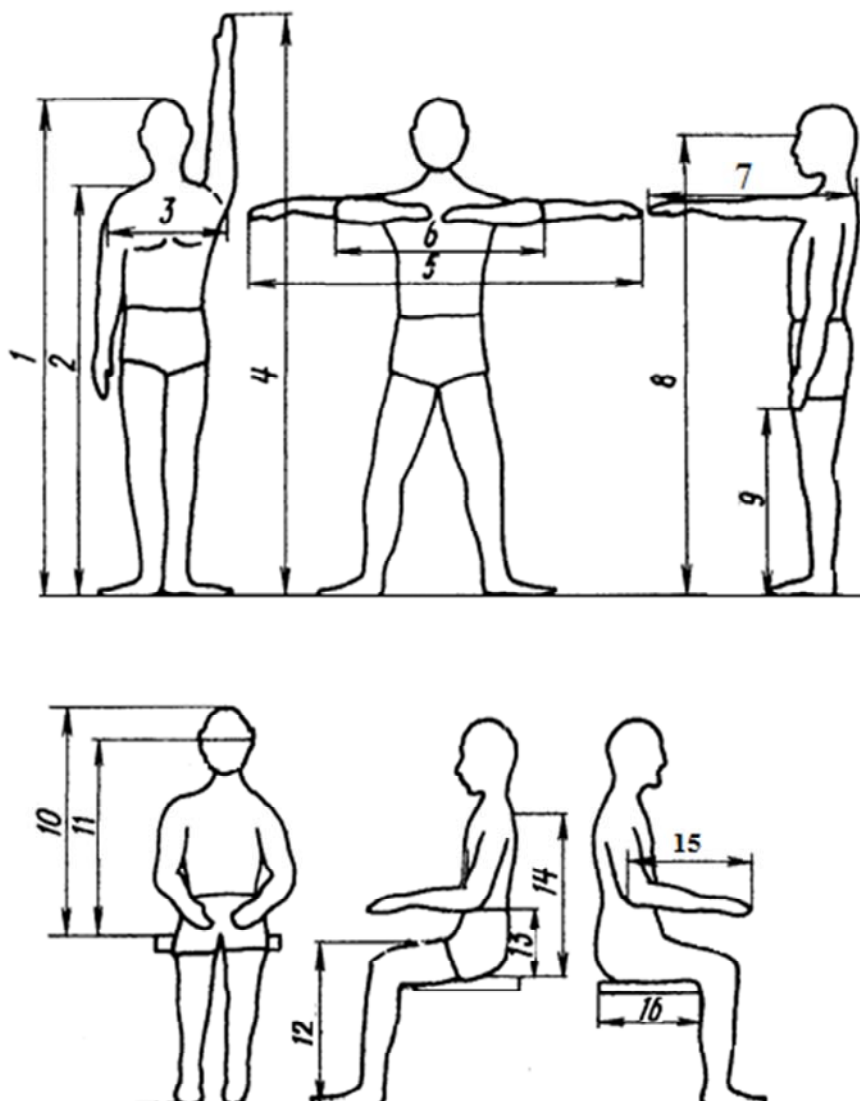


Рис. П1. Основные размеры тела человека

Таблица П.1

Статические антропометрические характеристики

№ на рис. П2	Характеристика	Основные размеры, см				Область применения
		мужчины		женщины		
		М _{ср}	σ _т	М _{ср}	σ _т	
В положении стоя						
1	Рост	172,3	6,6	159,5	5,2	Определение высоты оборудования
2	Высота плеча	142,8	6,2	131,8	5,0	Определение высоты рабочей поверхности
3	Ширина плеч	45,7	2,1	40,8	2,4	Определение размеров рабочего места
4	Длина тела с вытянутой вверх рукой	220,3	9,56	201,8	6,95	Определение зоны досягаемости по вертикали
5	Размах руки	179,0	8,2	163,2	6,5	Определение зон досягаемости по фронту
6	Размах рук, согнутых в локтях	94,2	4,6	86,6	3,7	Определение зон досягаемости по фронту
7	Передняя досягаемость руки	84,2	4,5	77,1	3,6	Определение зон досягаемости по глубине
8	Высота глаз над полом	159,7	6,3	147,8	5,1	Определение высоты рабочей поверхности
9	Высота над полом пальцевой III точки	63,5	3,5	59,5	3,1	Определение зон досягаемости по вертикали

Окончание табл. П.1

№ на рис. П2	Характеристика	Основные размеры, см				Область применения
		мужчины		женщины		
		М _{ср}	σ _т	М _{ср}	σ _т	
В положении сидя						
10	Высота над сиденьем верхушечной точки	90,5		85,6	2,7	Оценка высоты оборудования, размеров зон расположения ОУ
11	Высота глаз над сиденьем	77,4		73,4	2,6	Оценка размещения органов управления
12	Высота коленей над полом	56,5		52,0	2,1	Определение высоты сиденья
13	Высота локтя над сиденьем	22,8		22,2	2,4	Для размещения подлокотников
14	Высота плеча над сиденьем	60,0		56,6	2,5	Определение высоты рабочей поверхности
15	Длина предплечья с кистью	48,1		43,9	1,7	Для определения зоны досягаемости по глубине
16	Расстояние от спинки сиденья до подколенного угла	51,0		48,1	2,8	Для определения размеров сиденья

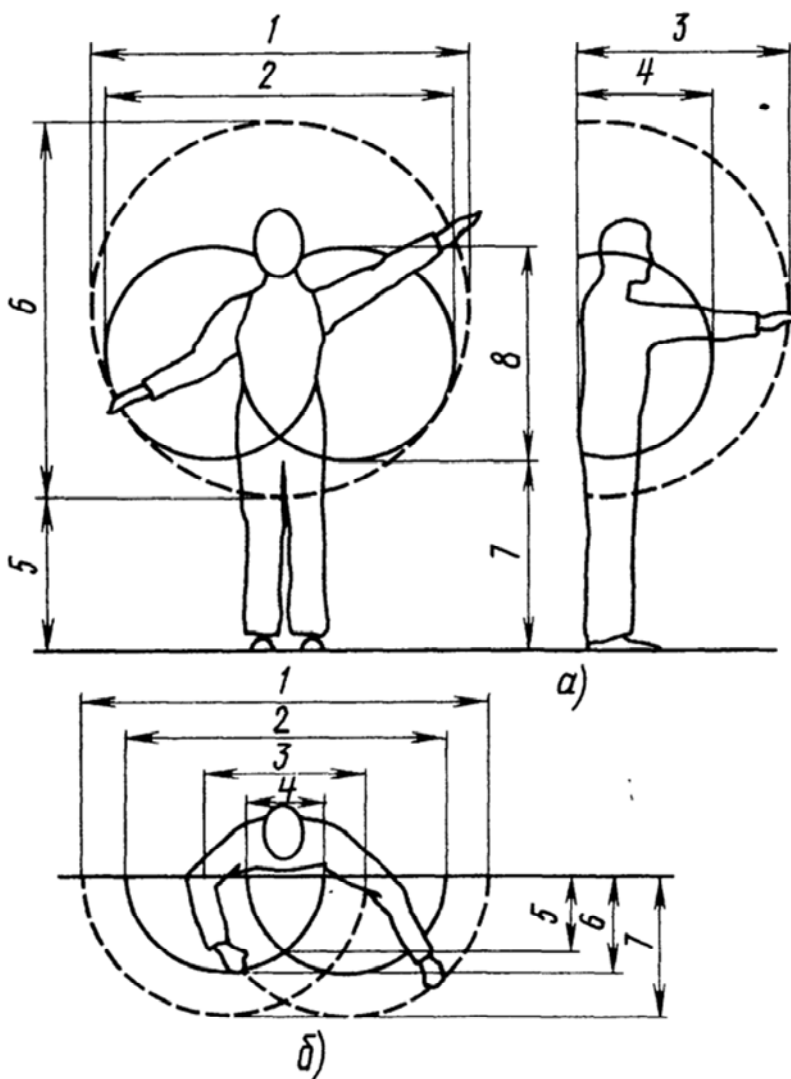


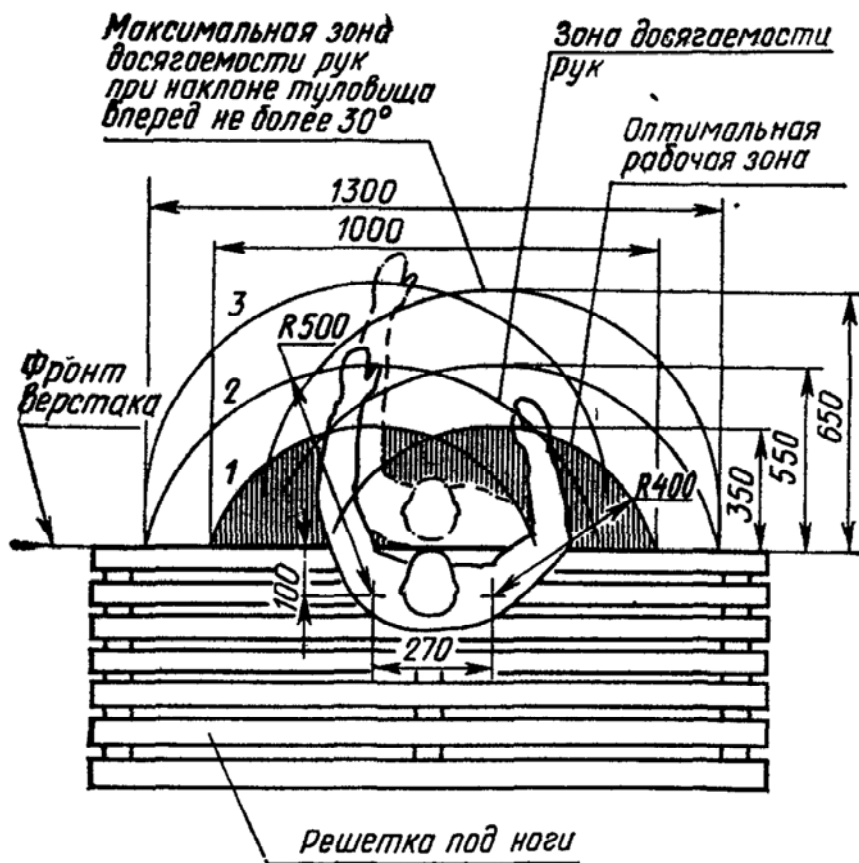
Рис. П2. Зоны досягаемости оператора в положениях стоя (а) и сидя (б); сплошная линия – оптимальные, штриховая – максимальные зоны досягаемости

Таблица П2

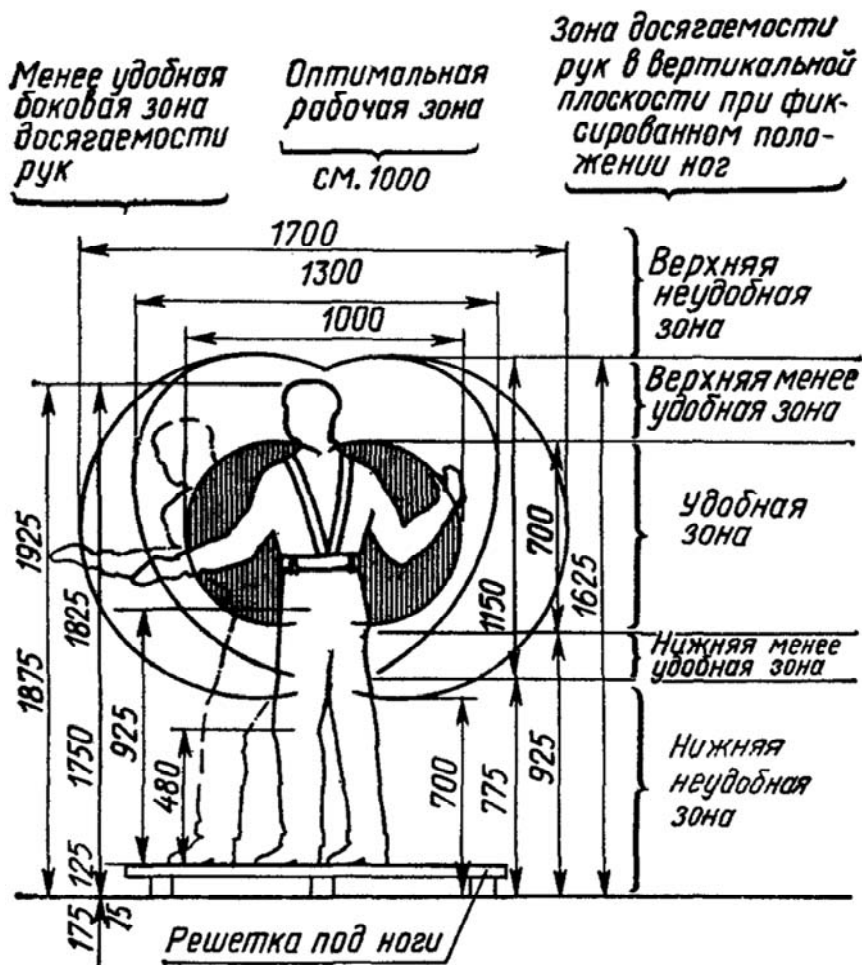
Размеры зон досягаемости рук человека

№ поз. на рис. П2	Размеры зон досягаемости, мм, в плоскости			
	вертикальной		горизонтальной	
	для муж- чин	для жен- щин	для муж- чин	для жен- щин
1	1550	1400	1550	1370
2	1350	1100	1350	1100
3	800	730	720	660
4	500	430	240	200
5	700	630	240	200
6	1400	1260	335	300
7	770	680	550	480
8	800	720	—	—

Пример оформления рабочего пространства
в горизонтальной плоскости



Пример оформления рабочего пространства
в вертикальной плоскости



Приложение 5

Зоны расположения средств отображения информации и органов управления на панелях пульта в горизонтальной плоскости для работы в положении сидя

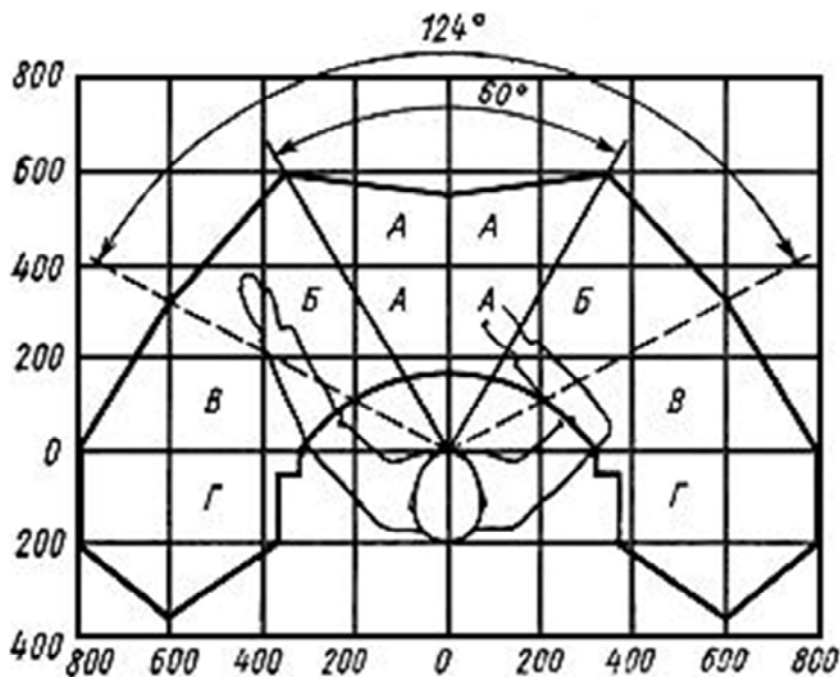


Рис. ПЗ. А – наиболее важные и часто используемые органы управления и средства отображения информации;
 Б – нечасто используемые органы управления и средства отображения информации (в пределах досягаемости и обзора);
 В – редко используемые органы управления (в пределах максимальной досягаемости, обзор только при движении глаз и головы);
 Г – вспомогательные органы управления (вне пределов досягаемости и обзора из исходного рабочего положения)

Учебное издание

КОЧЕРГИН Анатолий Иванович
БАБАК Татьяна Николаевна

ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА ОПЕРАТОРА

Практикум
для студентов специальности
1-36 01 03 «Технологическое оборудование
машиностроительного производства»

Редактор *В. И. Акуленок*
Компьютерная верстка *Е. А. Беспанской*

Подписано в печать 16.10.2019. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 1,63. Уч.-изд. л. 1,27. Тираж 100. Заказ 876.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.