

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Санкт-Петербургский государственный
технологический университет
растительных полимеров»

П.Г. Алексеев

ОСНОВЫ ЭРГНОМИКИ В ДИЗАЙНЕ

Учебно-методическое пособие

Санкт-Петербург

2010

ББК 72 (075)

А 471

УДК 331.101.1

Алексеев П.Г. Основы эргономики в дизайне: учебно-методическое пособие. ГОУ ВПО СПбГТУРП. – СПб., 2010. 69 с.: ил. 34.

Рассмотрены структура и задачи эргономики, принципы и рекомендации необходимые в проектной практике конструкторов, дизайнеров и инженеров. Представлены основные антропометрические данные, необходимые при проектировании сложных объектов.

Настоящая работа может быть использована в качестве учебно-методического пособия для студентов факультетов промышленного дизайна по специальности 070601 «Дизайн», изучающих дисциплину «Эргономика» по 64-часовой учебной программе.

Учебно-методическое пособие может быть полезно инженерно-техническим и научным работникам – специалистам в области проектирования промышленного оборудования ЦБП и промышленных изделий.

Рецензенты: кандидат искусствоведения, член союза дизайнеров России В.И. Черняев; доцент кафедры «Промышленный дизайн» СПбГТУРП, член союза дизайнеров России О.В. Ильина.

Подготовлено и рекомендовано к печати кафедрой промышленного дизайна ГОУ ВПО СПбГТУРП (протокол № 3 от 05.11.2009 г.).

Утверждено к изданию методической комиссией гуманитарного факультета ГОУ ВПО СПбГТУРП (протокол № 3 от 04.12.2009 г.).

Редактор и корректор Н.П. Новикова

Техн. редактор Л.Я. Титова

Темплан 2010 г., поз. 1

Подп. к печати 29.01.10. Формат 60 x 84/16. Бумага тип. № 1. Печать офсетная. 4,5 усл. печ. л.; 4,5 уч.-изд. л. Тираж 100 экз. Изд. № 1. Цена «С». Заказ №

Ризограф ГОУВПО Санкт-Петербургского государственного технологического университета растительных полимеров, 198095., СПб., ул. Ивана Черных, 4.

© П. Г. Алексеев, 2010

© ГОУ ВПО Санкт-Петербургский

государственный технологический

университет растительных полимеров, 2010

ПРЕДИСЛОВИЕ

Зачем дизайнеру необходимы базовые знания эргономики? Поскольку эргономика изучает процессы взаимодействия человека с техническими системами в быту, на производстве, в системах управления, а также параметры окружающей среды и ее влияние на человека, то дизайнеру, как проектировщику компонентов этой среды, необходимо знать и постоянно пользоваться справочными материалами и рекомендациями, представленными в специальных изданиях, как отечественных, так и зарубежных авторов.

Учет эргономических рекомендаций и требований при проектировании компонентов функционально-пространственной среды позволяет избежать ряда ошибок и субъективизма, особенно в тех моментах, которые относятся к размерным параметрам объектов проектирования и психофизиологическому воздействию факторов окружающей среды на человека. Требования и рекомендации эргономики не ограничивают творческих поисков дизайнера на этапе эскизного проектирования и поиска необходимых решений, но они могут стать необходимыми на этапе окончательного формирования размерных, формальных признаков и параметров объектов проектирования. Существует особый класс объектов, где учет эргономических требований и рекомендаций при проектировании является важнейшим условием. К таким объектам относятся системы группового и индивидуального управления энергетическими комплексами, различные транспортные средства, объекты оборонного характера и вооружения, обитаемые космические станции и корабли, инструменты и технические средства производства, системы отображения больших информационных потоков и аварийных сигналов, системы визуальных коммуникаций в городской среде и ряд других объектов подобного типа.

Настоящие методические материалы составлены на основе научных публикаций отечественных и зарубежных специалистов и представляют собой дайджест курса «Основы эргономики в дизайне». Цель курса – познакомить слушателей со структурой, методами и задачами эргономики, основным кругом проблем, спецификой эргономических исследований. Курс «Эргономика» является одной из базовых дисциплин социально-гуманитарного знания блока Федерального государственного стандарта высшего образования. Студент, прослушавший курс эргономики, должен уметь применять в проектной практике основные принципы и рекомендации, уметь пользоваться справочными таблицами по антропометрии, инженерной психологии и моторному полю человека. Методические материалы не предоставляют исчерпывающие знания, но лишь вводят читателя в круг проблем по данной тематике и помогают ориентироваться в них.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Принятые в тексте сокращения и аббревиатуры.....	5
1.Предмет исследования, история, структура и задачи эргономики	6
2.Система «человек – среда жизнедеятельности»	7
2.1. Параметры факторов среды воздействия на человека	8
2.2. Среда производственная	10
2.3. Среда бытовая	12
2.4. Среда социально-общественная.....	13
3. Психофизиологический аспект эргономики.....	13
3.1. Связь человека и техники на психологическом уровне	14
3.2. Анализаторы	14
3.3. Зрение	15
3.4. Звук и слух	22
3.5. Тактильные и другие анализаторы	25
4. Система «человек – машина» ..	26
4.1 Информационные системы	34
4.2. Способы представления визуальной информации	35
4.3. Технические средства отображения информации	35
4.4. Органы управления	37
4.5. Эргономические требования к техническим средствам ввода-вывода информации	42
5. Анатомический аспект эргономики	46
5.1. Антропометрия и соматография	46
5.2. Моторное поле человека	51
5.3. Размерные характеристики пространственных зон, необходимых человеку	54
6. Антропоструктурные модульные системы	59
6.1. «Модуль» Ле Корбюзье	59
6.2. АСМОС В.А.Пахомова	62
7.Термины и определения.....	66
Библиографический список	67
Приложение	69

ПРИНЯТЫЕ В ТЕКСТЕ АББРЕВИАТУРЫ И СОКРАЩЕНИЯ

АМС – антропоструктурные модульные системы.

АСМОС – антропоструктурная модульная система В. А. Пахомова.

ВВУ – вводно-выводные устройства.

ВМС – военно-морские силы.

ВНИИТЭ – Всесоюзный научно-исследовательский институт технической эстетики.

ЖКИ – жидкокристаллические индикаторы.

ИПП – инженерно-психологическое проектирование.

КЧМ – критическая частота мельканий.

ЛФ ВНИИТЭ – Ленинградский филиал ВНИИТЭ.

МГУ – Московский государственный университет.

ОУ – органы управления.

ПДК – предельно допустимые концентрации.

РМ – рабочее место.

РМО – рабочее место оператора.

РЭА – радиоэлектронная аппаратура.

СОИ – средства отображения информации.

СЧМ – система «человек – машина».

ТС – технические средства.

ФПС – функционально-предметная среда.

ЭМП – электромагнитные поля.

ЭТ – эргономические требования.

1. ПРЕДМЕТ ИССЛЕДОВАНИЯ, ИСТОРИЯ, СТРУКТУРА И ЗАДАЧИ ЭРГОНОМИКИ

Эргономика как наука о труде сформировалась в 20-х – 30-х годах XX века, когда стало очевидным, что необходимы научные знания об участии в трудовых процессах человека как важнейшего звена системы «человек – машина». Это было обусловлено бурным развитием промышленности и технического прогресса в целом. Анализ аварий на промышленных объектах, на транспорте и в других сферах взаимодействия человека с техническими средствами и объектами выявил несоответствие этих технических объектов психологическим, физиологическим и анатомическим особенностям человека. Для того, чтобы избежать материальных и людских потерь в результате неадекватного взаимодействия человека с техническими средствами понадобились исследования процессов этого взаимодействия, алгоритмов деятельности и поведения человека. На основе таких исследований стало возможным проектирование и приведение технических средств в соответствие с психологическими, физиологическими, анатомическими особенностями и возможностями человека, что стало называться учет «человеческого фактора».

Термин «эргономика», существующий сегодня (ERGONOMICS) был принят в Англии в 1949 г. и происходит от греческих слов *ergon* – труд и *nomos* – закон. В Германии был принят термин «антропотехника», во Франции – «технопсихология».

В 1930 г. академик В.М.Бехтерев и профессор В.Н.Мяснищев предложили термин «эргология» для комплексной науки о труде. В середине XX века, в связи с появлением сложных технических устройств и систем, с которыми должен работать человек, на первый план выдвинулись психологические проблемы взаимодействия человека с техникой. Вопрос согласования технических устройств с характеристиками человека приобрел ярко выраженную психологическую направленность. Примерно в 1911 г. американский исследователь Фрэнк Гилберт определил показатели, связанные с анатомией, физиологией и психологией человека, которые составили основу эргономики системы «человек – инструмент - задание». Глубокие исследования в области инженерной психологии проводились в США, особенно после Второй мировой войны, там этот термин приобрел название HUMAN ENGINEERING. Первоначально исследования в области инженерной психологии проводились в авиации и ВМС США по заказу военных, а затем распространились и на другие сферы человеческой деятельности. Эти исследования проводились в Калифорнийском университете, Университете Джона Гопкинса, в научно-исследовательском центре ВМС и других университетах США. В нашей стране такие исследования проводились в МГУ, Всесоюзном научно-исследовательском институте технической эстетики (ВНИИТЭ), в научно-исследовательских центрах космической медицины, НИИ гигиены труда во второй половине

XX века. Среди российских ученых и специалистов в области эргономики, инженерной психологии значительный вклад внесли в развитие науки и прикладных исследований Венда В.Ф., Зинченко В.П., Ломов Б.Ф., Мунипов В.М., Ошанин Д.А., Пушкин В.Н. и ряд других специалистов.

Инженерная психология разрабатывает специальную систему нормативов для оценки технических средств и систем с точки зрения «психологического удобства» для человека. Более важной задачей инженерной психологии является проектирование деятельности человека во взаимодействии с техническими средствами на основе системного анализа, структурирования форм и блоков поведения, алгоритмов деятельности.

Инженерная психология является основной частью эргономики. Вторым наиболее важным для дизайнера блоком эргономики является антропометрия и соматография. Эргономика - прикладная наука, комплексно изучающая особенности и функциональные возможности человека в трудовых процессах с целью их оптимизации. Эргономика возникла на стыке технических наук и ряда естественно-научных дисциплин – психологии, физиологии человека, биофизики, хиротехники, токсикологии, акустики, цветоведения и экологии. Эргономические требования и рекомендации имеют важное прикладное значение в системном подходе к проектированию объектов дизайна.

2. СИСТЕМА «ЧЕЛОВЕК – СРЕДА ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ»

Человек живет в пространстве и во времени и всегда ощущает это. Среду обитания можно условно разделить на три основные сферы его жизнедеятельности – производственную, бытовую и социально-общественную. По мере развития технического прогресса человек создает, формирует среду своей жизнедеятельности. К началу XXI века он создал, не всегда задумываясь о последствиях, новую форму среды обитания и жизнедеятельности, так называемую техносферу, в это понятие включаются все созданные им артефакты, мегаполисы и города, промышленные комплексы, транспортные системы, системы коммуникаций, информационные и энергетические системы и множество других продуктов этой деятельности.

Создавая техносферу, человек нарушил экологическое равновесие в природе, он вырубил и уничтожил леса на значительной территории планеты, сократил запасы питьевой воды, усиленно загрязняет атмосферу, воду и почву промышленными отходами, тепловыми выбросами изменил климат на планете. Теперь внешняя среда его обитания и жизнедеятельности начинает отрицательно влиять на его поведение, здоровье и трудоспособность. Эргономическими исследованиями были

установлены предельно допустимые нормы воздействия факторов внешней среды на человека (рис.1., табл.1.).



Рис. 1. Допустимые частотные характеристики воздействия на органы чувств

2.1. ПАРАМЕТРЫ ФАКТОРОВ СРЕДЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЧЕЛОВЕКА

Таблица 1

Факторы среды, влияющие на человека	Зона комфортных значений	Зона допустимых значений	Граница не допустимых для жизни значений
1	2	3	4
Тепло Холод	+18 ÷ +24°C +18°C	+24 ÷ +40°C +18 ÷ +1°C	+43°C -1°C
Ускорение	0	0,1 g	1 g
Наклон человека вперед и назад	0	5°	20°
Давление в помещении, соотв. высоте в м	0	3000	6000
Постепенное изменение давления	0,5 м/с	1 м/с	5 м/с

Окончание табл. 1

1	2	3	4
Влажность	60 ÷ 20 %	10 %	сухость
Шум в дБ	70 ÷ 80 дБ	85 ÷ 120 дБ	свыше 120 дБ
Концентрация CO ₂ при давлении 660 мм рт. ст.	0	0,5 ÷ 10 %	свыше 10 %
Концентрация CO (окись углерода)	0	0,01 ÷ 0.03 %	свыше 0.03 %
Вибрация амплитуда	0	0,2 ÷ 1,3 мм	свыше 1,3 мм
Потребление тепла на 1 чел., Вт	550	250	менее 250
Вентиляция дм ³ /ч на 1 человека	34	22 психологическая граница	8,5 физиологическая граница
Ионизирующее излучение, бэр/год	0	0,2	15

2. 2. СРЕДА ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ

Факторы производственной среды, влияющие на здоровье, производительность человека, работающего в системе «человек – машина».

Таблица 2. Физические и химические факторы воздействия на человека

Физические воздействия	Химические воздействия
<ol style="list-style-type: none">1. Метеорологические (температура, влажность, скорость движения воздуха)2. Светотехнические (освещенность, цветоритмы)3. Баро-акустические (атмосферное давление, шумы)4. Механические (ускорение, вибрации)5. Электромагнитные (электрические и магнитные поля, контактная разность потенциалов, атмосферное электричество)6. Радиационные (радиационное и ионизирующее излучение, тепловое излучение)	<ol style="list-style-type: none">1. Естественный состав воздуха, примеси в воздухе2. Пары, газы, аэрозоли

Главными факторами воздействия, влияющими на работоспособность, являются освещенность и цветовой климат, акустические шумы, вибрации, температура и влажность воздуха (табл. 2).

Для различного рода работ нормы освещенности находятся в пределах от 5 до 1000 лк, для работы операторов РЭА в помещениях – 100 лк при применении ламп накаливания, и 400 лк при люминесцентном и комбинированном освещении. Длительное воздействие красного цвета повышает частоту пульса и артериальное давление крови. Холодные светло-серые цвета действуют успокаивающе.

Воздействие шумов и вибраций на психику и работоспособность очень велико. Шум и вибрации снижают производительность труда и

увеличивают травматизм на производственных участках. Физиологическое действие шума снижает остроту зрения и замедляет реакции на внешние раздражители. Допустимый уровень производственных шумов $40 \div 50$ фон (0 фон равен 0 дБ на 1000 Гц), в лабораториях 80 – 90 фон.

При кратковременном воздействии ($1 \div 2$ мин) $120 \div 130$ фон. Потеря слуха появляется сначала в диапазоне частот $4000 \div 6000$ Гц, а затем распространяется при продолжительном воздействии звуков в диапазоны более высоких и низких частот. Средствами защиты уха от шумов являются защитные приспособления – заглушки, ушные пробки, наушники, специальные шлемы [14].

Человек не воспринимает вибрации амплитудой 0,001 мм на 60 Гц, 0,01 мм на 4 Гц, 0,02 мм на 2 Гц, 0,2 мм на 1 Гц. При увеличении вибрации в 10 раз (амплитуда) затрудняется работа. Собственная резонансная частота тела человека лежит в пределах $6 \div 9$ Гц.

Для большинства людей изменение атмосферного давления от 800 до 600 мм рт. ст. (высота около 2000 м) происходит безболезненно. Переход из среды с атмосферным давлением 760 мм (уровень моря) к высоте $4000 \div 5000$ м (давление $400 \div 450$ мм рт. ст.) требует, как правило, известной акклиматизации. Для любого человека очень быстрый переход в среду с другим атмосферным давлением вызывает различные нарушения (кессонная болезнь и т.п.).

Наиболее значительным физическим фактором является микроклимат, особенно температура и влажность воздуха. Высокая температура в сочетании с высокой влажностью оказывают большое влияние на работу операторов. Резко увеличивается время сенсорных и моторных реакций, нарушается координация движений, увеличивается количество ошибок. Высокая температура отрицательно сказывается на ряде психологических функций человека. Уменьшается объем оперативной памяти, суживается способность к ассоциациям, ухудшается протекание группировочных и счетных операций, понижается внимание.

Организм человека защищенного легкой одеждой, нормально функционирует в очень узких областях изменения температур. Тепловой баланс при температуре окружающего воздуха $21 \div 27$ °С и относительной влажности 45 % является наиболее оптимальным для большинства людей. Если терморегуляционный механизм тела не в состоянии справиться с поддержанием нормальной температуры и запас тепла в теле увеличивается, то человек может стать нетрудоспособным. Испытываемая тепловая перегрузка может привести к тепловому удару и является главным образом результатом неспособности тела обеспечить достаточно высокую степень испарения влаги за счет потоотделения. Чтобы поддержать тепловой баланс в условиях холода, нужно найти оптимальное сочетание теплоизоляционных свойств одежды и физической работы (производство тепла).

К неблагоприятным факторам производственной среды относятся электромагнитные поля (ЭМП) высокой частоты. Их воздействие на

организм приводит к быстрой утомляемости, головным болям, нарушениям сна, раздражительности, утомлению зрения и т.п.

Важнейшим способом борьбы с неблагоприятным воздействием на человека химических факторов является соблюдение их предельно допустимых концентраций (ПДК) в производственных помещениях. ПДК считаются такие максимальные концентрации вредных веществ, которые при ежедневной работе не могут вызывать у работающих заболевания, или отклонения в состоянии здоровья. ПДК считаются: для аммиака 20 мг/м³, анилина – 3 мг/м³, ацетона – 200 мг/м³, бензола – 5 мг/м³, бензина – 100 мг/м³, серной кислоты – 1 мг/м³ и т.д.

Все загрязняющие воздух вещества токсичны, если попадают в организм в количествах превышающих некоторую пороговую величину (ПДК), но даже в количествах, не превышающих пороговой величины, они токсичны, если находятся в организме продолжительное время. Большинство загрязняющих воздух веществ вырабатываются промышленными предприятиями или транспортными средствами. Углекислый газ (двуокись углерода) - при превышении ПДК ухудшается работоспособность (нарушение кислотно-щелочного баланса в организме при дыхании). Угарный газ (окись углерода) – продукт неполного сгорания топлива - не имеет запаха и не может быть обнаружен органами человека. СО легко воспринимается организмом, но очень медленно удаляется из него. СО уменьшает насыщение кислородом артериальной крови, что уменьшает наличие кислорода, необходимого для обменных процессов организма. Вероятность отравления СО высока, так как его активность с гемоглобином в 210 раз превышает его активность с кислородом, может привести к тяжелому поражению организма и летальному исходу [7].

2.3. СРЕДА БЫТОВАЯ

Современная бытовая среда городского и сельского типа представляет собой различные пространства, насыщенные комплексами средств для обеспечения комфортной жизнедеятельности человека. К этим средствам следует отнести приборы для приготовления пищи, микроволновые печи, приборы обеспечения чистоты жилища и личной гигиены человека, аудиовизуальные комплексы, компьютеры, домашний инструмент и т.д. Из этого следует, что современная бытовая среда имеет высокую энергетическую и электрическую насыщенность. Статистика травм в быту свидетельствует о высокой травматической опасности труда домашних хозяек. Занятия спортом часто сопряжены с взаимодействием человека с техническими средствами. Таким образом, внешние факторы среды воздействия на человека в быту точно такие же, как и в производственной среде. Учет «человеческого фактора» при проектировании бытовой техники, защищенность человека имеет такое же значение, как и при проектировании объектов производственной среды.

2.4. СРЕДА СОЦИАЛЬНО-ОБЩЕСТВЕННАЯ

Социально-общественная среда, в отличие от бытовой, обладает другими размерными параметрами в сторону увеличения. Примерами социально-общественных объектов являются здания и комплексы, где функционируют значительные группы людей (стадионы, театры, библиотеки, учебные заведения, административные учреждения, рестораны, вокзалы, аэропорты и т. д.). Социально-общественная среда также обладает высокой степенью энергетической насыщенности, коммуникационными и информационными системами различной степени сложности.

Городская среда, включающая в себя транспортные системы и коммуникации, информационные потоки рекламного характера, информационные системы, предписывающие поведение, цветовой климат - все это внешние компоненты и факторы психологического и физиологического воздействия на человека. В социально-общественной среде для функционирования человека существуют соответствующие нормативы пространственных параметров, необходимых для индивидуальной и групповой деятельности, ПДК вредных компонентов в воздухе. Факторы физического и химического воздействия на человека в социально-общественной среде те же, что и в производственной среде. Особое значение для дизайна объектов социально общественной среды имеют эргономические нормативы для «нестандартных» групп населения – инвалидов, детей, лиц пожилого возраста. Дизайнерам, проектирующим транспортные средства, транспортные потоки, общественные здания, необходимо помнить и учитывать в своих проектах потребности этой социальной группы.

3. ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ЭРГОНОМИКИ

Совокупность знаний об учете психофизиологических характеристик человека в практике конструирования является научной основой для подхода к проблемам разработки и создания ТС, направленного на то, чтобы работа с ТС совершалась более эффективно, с минимальным количеством ошибок. При этом ставится цель сделать их более удобными в эксплуатации, исключить возможность их ошибочного применения, снизить до минимума отрицательное воздействие на нервную систему человека и его работоспособность. Специалисты – эргономисты, психофизиологи работают над тем, чтобы глубоко изучить особенности реакций и поведения человека в процессе его взаимодействия со сложными системами и ТС. Информация о «человеческом факторе», которую они накопили, должна осмысливаться и использоваться конструкторами, дизайнерами в своих проектных разработках.

Спектр применения знаний и рекомендаций в этой области не должен быть ограничен такими объектами, как диспетчерские пункты управления воздушным движением, энергетическими системами, кабины самолетов и т.п., но также эти знания должны использоваться при проектировании общественных зданий, бытового оборудования и приборов, игрушек и спортивного инвентаря и т.д.

3.1. СВЯЗЬ ЧЕЛОВЕКА И ТЕХНИКИ НА ПСИХОЛОГИЧЕСКОМ УРОВНЕ

Когда рассматриваются психофизиологические характеристики человека, на которого рассчитывается проектируемое изделие, необходимо помнить, что они зависят от разнообразных факторов. Так, при одной и той же интенсивности света лампа кажется более яркой ночью, чем днем. Сложное задание легче выполнить в комнате, в которой никто не мешает, чем в шумной, переполненной людьми.

Надежность функционирования системы «человек – машина» зависит не только от надежности ТС, но также от надежности звена «человек». Это подтверждает анализ многих авиационных, автомобильных и других аварий, происшедших по вине «человеческого фактора». Поэтому при подготовке таких ответственных профессий как пилот, космонавт, судоводитель, контингент проходит проверку по ряду психологических тестов (скорость реакции на внешние раздражители, психологическая устойчивость в стрессовых ситуациях, умение адекватно оценивать обстановку, скорость принятия решений, психологическая совместимость и коммуникабельность при работе в группе и ряду других показателей). Профессиональный отбор и подготовка контингента – важное звено надежности СЧМ.

3.2. АНАЛИЗАТОРЫ

Всю информацию о внешней среде, об окружающем мире человек получает с помощью органов чувств и физиологических систем, помогающих ему ориентироваться в этом мире. Зрение, слух, осязание, мышечные нагрузки, вестибулярный аппарат – все эти системы позволяют познавать и оценивать пространственно-временные и качественные характеристики компонентов ФПС. Поэтому их принято называть анализаторами. Отсутствие или потеря одного из них значительно снижают возможности адекватной оценки состояния окружающей среды. С помощью анализаторов у человека формируется образ объекта восприятия. Свойства этих анализаторов носят индивидуальный характер, некоторые люди обладают великолепным зрением или идеальным слухом, способны

различать множество оттенков цвета, другие наоборот – имеют пониженное зрение и т.д. С помощью анализаторов человек может не только ощущать тот или иной сигнал, но и различать сигналы. Для характеристики различения вводится понятие дифференциального порога различения, под которым понимается минимальное различие между раздражителями (сигналами), либо между двумя раздражителями (сигналами), либо между двумя состояниями одного раздражителя, вызывающее едва заметное различие ощущений.

Анализатор состоит из трех частей: рецептора, проводящих нервных путей и мозгового центра в коре больших полушарий головного мозга. Анализаторы:

1. Зрительный (80 % всей информации).
2. Слуховой (частота, амплитуда, направление звука, бинауральность).
3. Вестибулярный (отолитовый аппарат).
4. Двигательный (мышечно-суставное чувство).
5. Осязательный (тактильный, кожные рецепторы).
6. Температурный (рецепторы кожные и на слизистых оболочках).
7. Вкусовой и обонятельный (рецепторы языка, полости рта и носа).

Время прохождения сигнала от рецептора по нерву в кору головного мозга называется латентным периодом. Получение сигнала на сетчатке глаза называется сенсорным входом.

Общими свойствами органов чувств являются: чувствительность, адаптация (приспособление), сенсбилизация – повышение чувствительности к данному виду раздражения, явление контраста и компенсации (переход от изменения внешнего сигнала).

3.3. ЗРЕНИЕ

Самым важным анализатором, воспринимающим внешнюю информацию, является зрительный анализатор. Зрительный анализатор помогает человеку ориентироваться в пространстве, получать качественную и количественную информацию о компонентах функционально-пространственной среды, о векторах и скоростях перемещения объектов. Но необходимо также помнить, что эта информация часто носит субъективный характер, что в свою очередь связано с условиями наблюдения, состоянием зрительного анализатора, физическим и эмоциональным состоянием субъекта.

Зрительные ощущения зависят от воспринимающего рецептора – глаза. Посредством зрения мы имеем возможность воспринимать форму, цвет, яркость и движение.

Глазные мышцы фиксируют глаз на рассматриваемом объекте и двигают глазное яблоко вверх или вниз, вправо или влево (рис. 2).

Хрусталик фиксирует изображение. Он становится более плоским или более выпуклым, в зависимости от того, требуется ли сфокусировать изображение удаленных или близко расположенных предметов.

В глазу имеется два вида нервных клеток. Палочки принадлежат к системе, которая воспринимает только черный, белый и оттенки серого цвета. Колбочки позволяют воспринимать хроматические цвета при условии достаточной освещенности для восприятия цвета. Фовеа (центральная ямка) содержит только колбочки.

Зрачок – отверстие в радужной оболочке, размеры которого зависят от количества поступающего в глаз света. Он сужается, закрывая доступ излишнему свету, когда интенсивность света возрастает, и расширяется, когда интенсивность света уменьшается.

Сетчатка (ретина) – принимает свет, отраженный от объекта, этот свет, преломленный хрусталиком, образует на сетчатке перевернутое изображение. Перевернутое изображение преобразуется в нервные импульсы и по зрительному нерву они передаются в соответствующий зрительный центр мозга, который переворачивает изображение (на основе опыта) в реальное [4].

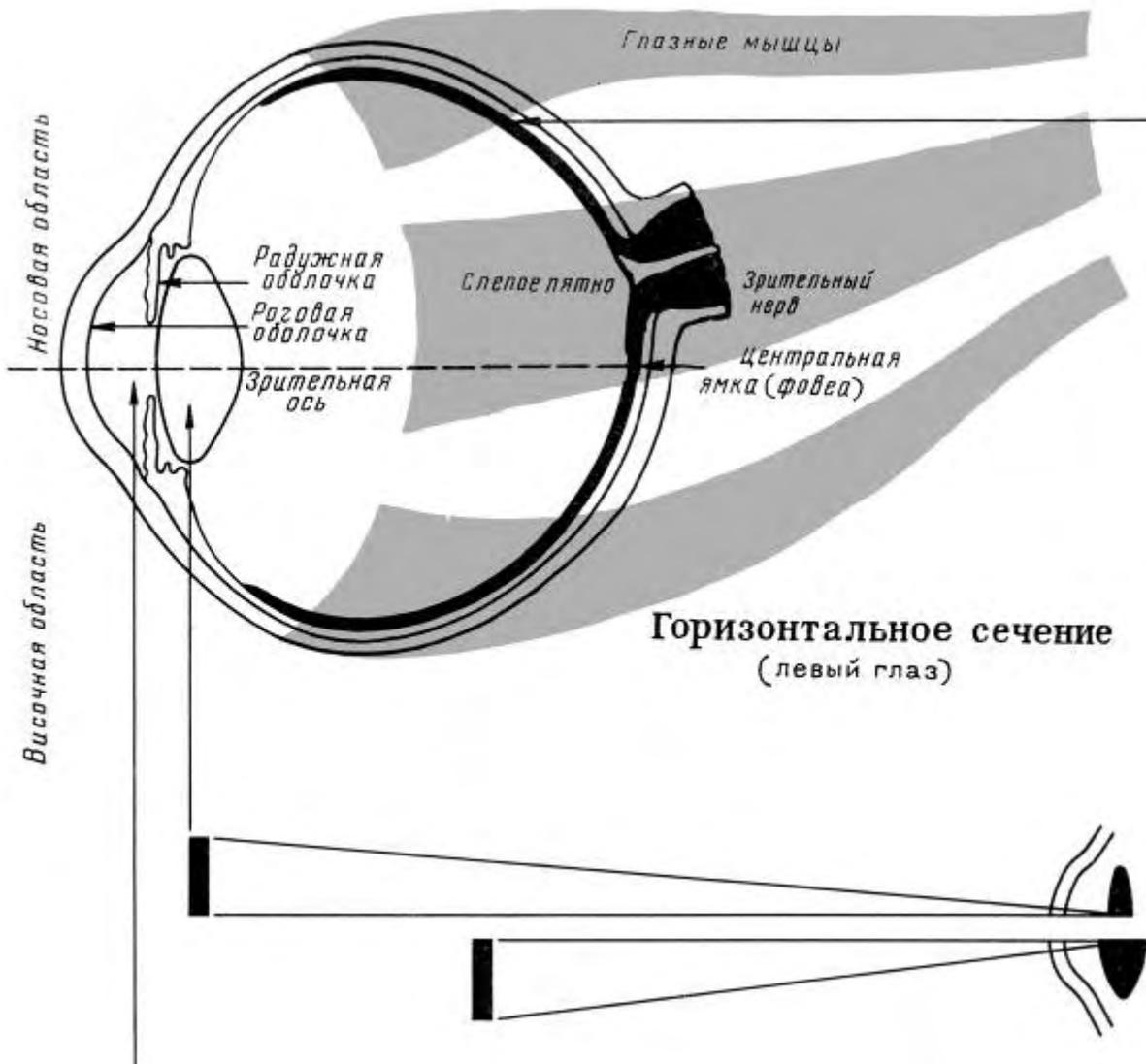


Рис. 2. Схема устройства глаза

Острота зрения будет максимальной, если время наблюдения больше 0,5 с, при меньшем времени она резко падает.

Аккомодация – процесс фокусирования хрусталика на близких или дальних предметах. У ребенка минимальное расстояние – 60 мм, у взрослого после 40 лет – 150 мм. Аккомодация с возрастом (после 40 лет) снижается.

Конвергенция – нацеливание обоих глаз на одну точку, является функцией глазных мышц и хрусталика. Время нацеливания и фокусировки на новую точку составляет 165 мс. Эти действия называются фиксацией и рефиксацией.

Саккадические движения глаз – это простые сопряженные движения обоих глаз, не связанные с конвергенцией (сканирование). При чтении на расстоянии 350 мм время движения составляет $15 \div 20$ мс. (табл.3).

Таблица. 3. Саккадические движения глаз
(по Вудворту)

Амплитуда движения глаз в градусах.	Время движения мс	Прямой и обратный контраст	
10	40		
20	55		
30	80		
40	100		

Абсолютный порог зрения. Минимальная интенсивность света, воспринимаемая после полной темновой адаптации. Для появления зрительного ощущения достаточно минимального количества света равного всего лишь 10^{-9} ламберта.

Контрастное отношение, или яркостный контраст - это отношение интенсивности сигнала яркости фона, минимальное отношение яркости, при котором световой сигнал может быть воспринят, соответствует порогу яркостного контраста.

Порогом различения называется разница между двумя интенсивностями, величина этого порога зависит от длины волны сравниваемых источников, но в большей степени от интенсивности эталонного источника. В обычных условиях контрастная чувствительность улучшается при повышении интенсивности сигналов.

Частота слияния мельканий – частота, при которой последовательные вспышки света воспринимаются как постоянное свечение. При высоких интенсивностях свечения она достигает $50 \div 60$ колебаний в секунду. Если длительность вспышек равна длительности пауз, то при частоте 10

мельканий в секунду мигающий свет воспринимается вдвое более ярким, чем непрерывный свет той же интенсивности.

Острота зрения – разрешающая способность глаза, свойство глаза различать малые объекты и детали. Острота зрения сильно меняется в зависимости от объекта, спектрального распределения энергии излучения, освещенности фона, контраста между фоном и объектом. Острота зрения – особенность индивидуальная («Левша, подковавший блоху»). При низких интенсивностях света глаз может увидеть линию, толщина которой соответствует углу зрения 10 мин, при высоких интенсивностях человек способен различить линию, толщина которой воспринимается под углом в 1 с. Диапазон чувствительности зрительного анализатора весьма велик: он простирается от 10^{-6} до 10^6 нит. (Единицей яркости является кандела на 1 м^2 согласно ГОСТ 7932 – 56 «Световые единицы», эта величина ранее называлась также 1 нит).

В поле зрения оператора могут попадать предметы с различной яркостью, в инженерной психологии вводится понятие адаптирующей яркости. Под ней понимается яркость, на которую адаптирован (настроен) в данный момент времени зрительный анализатор. Приблизительно можно считать, что для изображений с прямым контрастом адаптирующая яркость равна яркости фона, а для изображений с обратным контрастом – яркости предмета. [10]. Размеры поля зрения меняются при различных наклонах головы в горизонтальной и вертикальной плоскости (рис.3 - 5).

Скорость узнавания и различения объектов возрастает с возрастанием интенсивности освещенности. Лампы накаливания дают теплый оттенок спектра, люминесцентные лампы «дневного света» дают холодный оттенок спектра – розовый или голубой. Тот или иной источник света следует выбирать в зависимости от характера работы оператора и рабочей среды (интерьера), времени пребывания на рабочем месте. Люминесцентные источники света при длительном воздействии приводят к утомлению оператора и снижению остроты зрения, это связано с частотой мелькания ламп.

Свет можно определить как энергию электромагнитного излучения определенного диапазона. Глаз чувствителен к относительно узкому участку электромагнитного спектра с длиной волны от 400 до 720 мкм (миллимикрон). Солнце содержит все видимые длины волн. Физические тела избирательно поглощают это излучение, так что энергия которую они поглощают или отражают, имеет уже другое распределение по длине волны. Это изменение и обуславливает возможность цветового зрения.

Глаз не разлагает свет на компоненты различной длины волны, как это делает стеклянная призма. Нервная система просто классифицирует импульсы, исходящие от групп волн, различает длины и на основании опыта обозначает их как тот или иной цвет.

Цвет – это психологическая характеристика, он не является свойством электромагнитной энергии, которую мы воспринимаем как цвет, он представляет собой ощущения человека, вызываемые этой энергией.

Нормальное цветовое зрение называется трихроматическим, потому что любой из 160 и более оттенков цветовых тонов можно получить в виде смеси трех первичных цветов – красного, зеленого, синего (КЗС). Не следует путать смешение цветов со смешением красок.

Если лучи желтого и синего света попадают на экран в соответствующей пропорции, их смесь оказывается белой, поэтому желтый и синий цвета называют дополнительными.

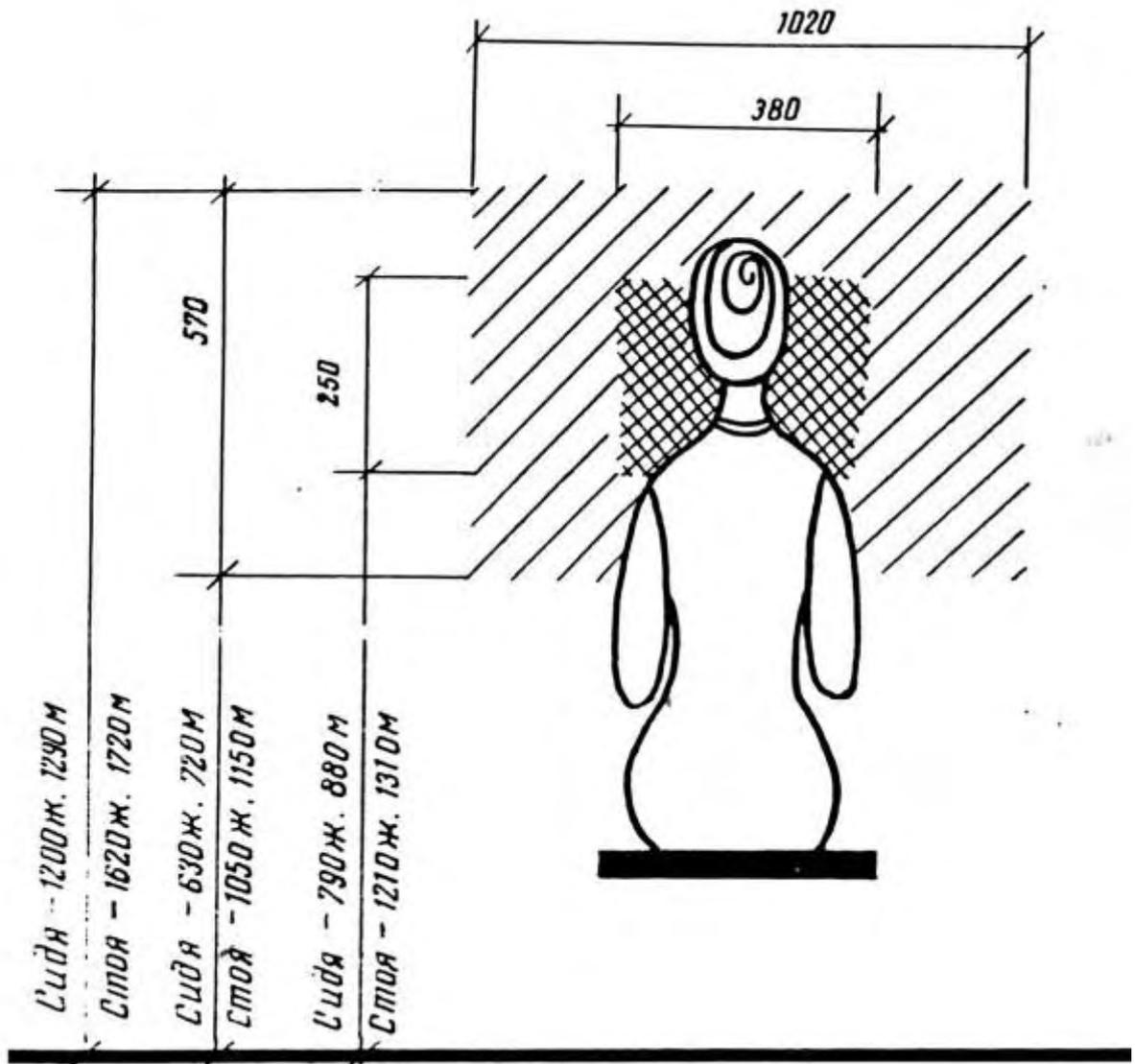


Рис.3. Оптимальные зоны видения в вертикальной плоскости (размеры в мм)

Любой заданный цвет можно получить путем смешения трех произвольно выбранных излучений. Характеристикам цвета может быть дана точная количественная формулировка, позволяющая сравнивать цвета между собой.

Проблема разгрузки зрительного анализатора является частью общей проблемы выбора модальности (характер сигналов) и рационального распределения поступающей информации между разными анализаторами.

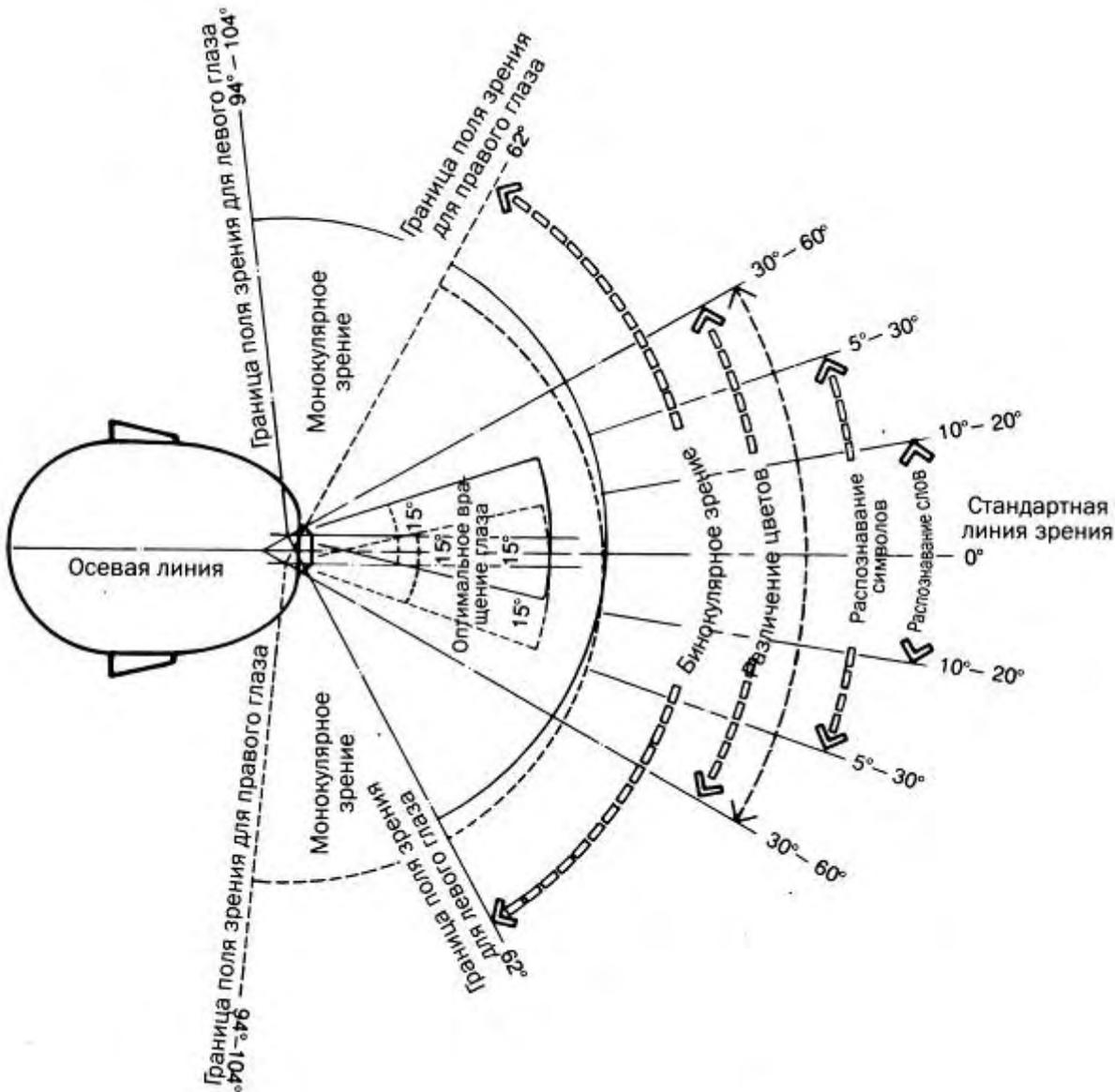


Рис.4. Поле зрения в горизонтальной плоскости

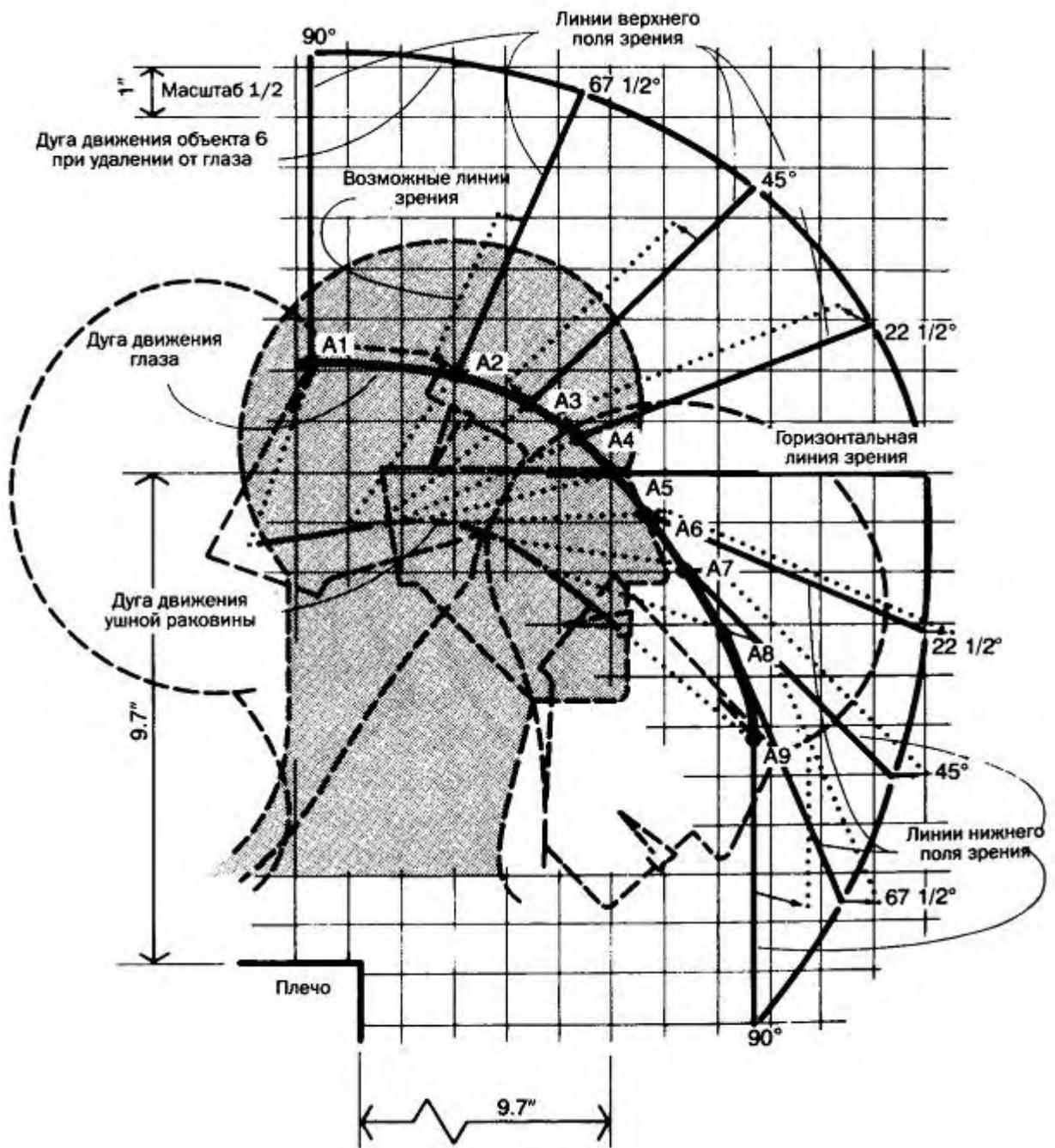


Рис. 5. Поле зрения при наклонах головы

3.4. ЗВУК И СЛУХ

Слуховой анализатор – второй по значимости после зрительного (рис.6). Звук (термин) применяется для обозначения физического явления, действующего на ухо - звуковых колебаний и реакции человека на эти колебания. Слух дает некоторые преимущества при приеме непрерывных сигналов (гетеродинный металлоискатель работает на принципе изменения постоянной высоты тона звука при обнаружении металла).

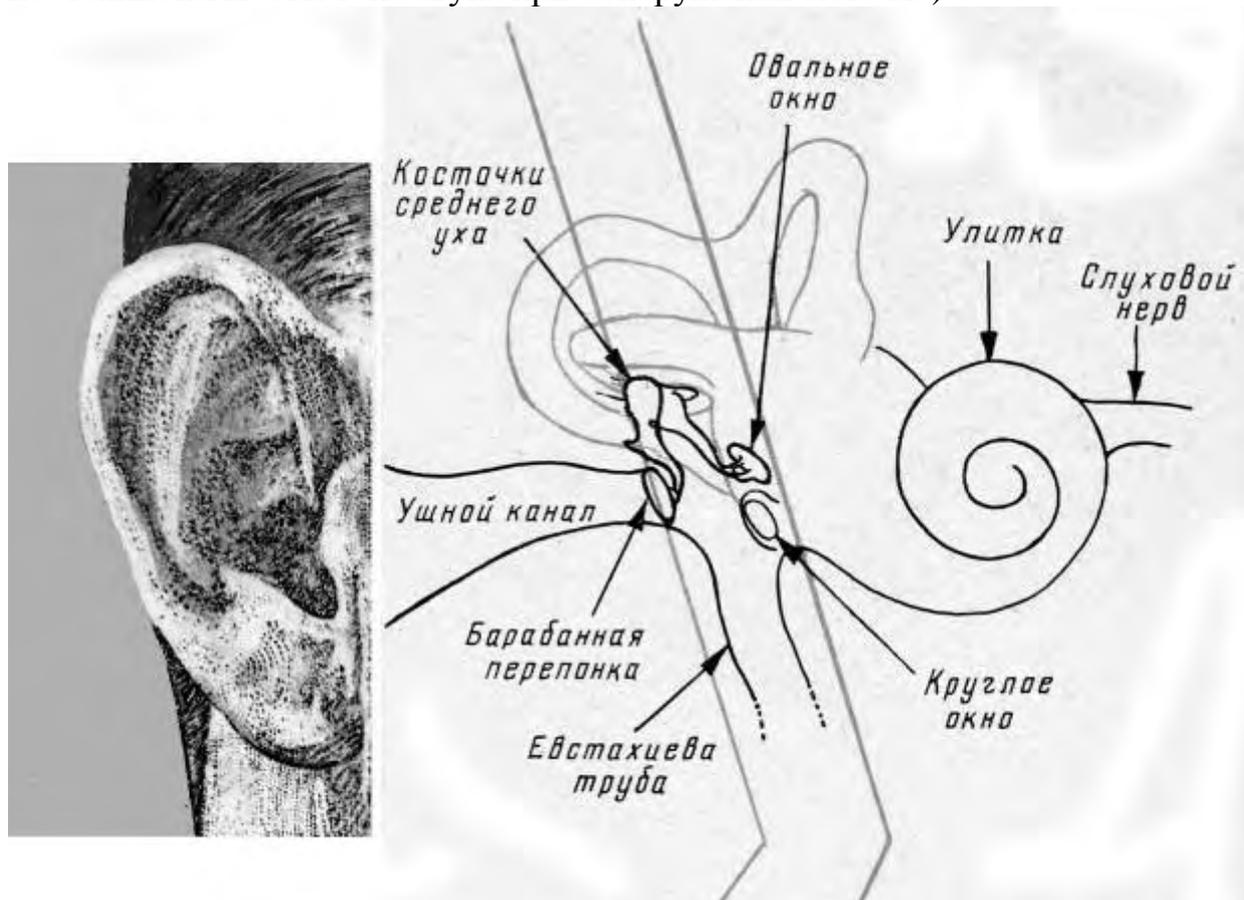


Рис.6. Устройство слухового анализатора

Рассмотрим две системы – объективную (физическую) и субъективную (психофизиологическую), это необходимо, так как то, что мы слышим как звук, не всегда связано с физическим воздействием. Слуховые ощущения могут возникать и без физического воздействия, и вместе с тем физическое воздействие может не вызывать слуховых ощущений.

Физический звук – это результат колебаний источника – столба воздуха, струны, металлического стержня и т.д., которые в окружающей среде вызывают изменения давления. Скорость изменения и распространения изменения давления зависит от среды, в которой распространяются колебания. Для колебаний характерна периодичность – сжатие и разрежение, составляющие один цикл (период). Звук, производимый серией таких циклов,

имеет три физических характеристики – частоту, интенсивность и длительность.

Частота измеряется в герцах, или циклах в секунду. 1 Гц – есть частота звукового колебания, период которого равен 1 с.

Интервал между звуками, частоты которых относятся как 2 : 1, называется октавой.

Октава делится на 12 равных логарифмических интервалов называемых полутонами. Полутоны делятся на 100 равных логарифмических интервалов, называемых сотыми долями. Частотный ряд, употребляемый в акустических измерениях и расчетах, состоит из частот 128, 256, 512, 1024, 2048, 4096 Гц.

Частота 256 Гц соответствует ноте «ДО» первой октавы на фортепиано.

Все колебания делятся на простые и сложные. Простые – равные периоды и одна частота, все остальные – сложные. Нерегулируемые звуковые колебания – шум. Белый шум – звук содержит все слышимые частоты).

Характеристики звуковой информации.

Основными качествами слуховых ощущений являются громкость, высота и длительность. Каждое из этих качеств отражает определенную сторону физической природы звука – частоту, интенсивность и продолжительность действия. Наиболее тонкая дифференциация всех качеств звука имеет место в диапазоне от 40 до 90 дБ, 500 ÷ 3000 Гц. При интенсивности выше 30 дБ и более 1000 Гц слуховое ощущение возникает при длительности сигнала с 1мс. При уменьшении длительности (или частоты) временной порог увеличивается до 50 мс.

Оценки характеристик частоты, интенсивности и длительности звукового сигнала тесно связаны между собой. Однако способность человека к распознаванию этих качеств различна: лучше всего распознается частота звукового сигнала, хуже всего – его длительность.

Сила звука может быть измерена в единицах звукового давления ($\text{Н} / \text{м}^2$) или в единицах звуковой энергии ($\text{Вт} / \text{см}^2$).

Под звуковым давлением понимается среднеквадратичная величина разности давления между наиболее высокой и наиболее низкой точками в цикле изменения давления. Обычно более важно знать отношение интенсивности двух звуков, а не их абсолютные значения, потому что диапазон воспринимаемых органом слуха интенсивностей звуков очень широк.

Самый громкий звук, воспринимаемый ухом у болевого порога в несколько миллиардов раз большей интенсивности, чем самый слабый звук у порога слышимости. Разность двух интенсивностей выражается в «белах» через десятичный логарифм отношения этих интенсивностей. На практике вместо «бела» применяется в 10 раз более мелкая единица «децибел» (дБ). Децибел определяется как 10-я часть десятичного логарифма отношений двух интенсивностей (E), или 20-я часть отношения двух давлений (P). Интенсивность звука уменьшается обратно пропорционально квадрату расстояния (в воздухе), при условии, что не происходит интерференция или

отражение звука и что на звук не влияют такие факторы как ветер, перепад температур. В идеальных условиях интенсивность при удвоении расстояния снижается на 6 дб.

Границы чувствительности слухового анализатора человека лежат в пределах $20 \div 20000$ Гц. Параметры, определяющие физический звук, недостаточны для описания слухового ощущения, потому что зависимость между этими факторами не является линейной. Поэтому для описания слухового ощущения необходимы специальные единицы и параметры. Высота, громкость и длительность – являются субъективными аналогами физических параметров – частоты, интенсивности и длительности звука. Хотя субъективные характеристики не могут быть точно измерены, как физические, тем не менее, они важны для иллюстрации нелинейной связи между звуком и слуховым ощущением (рис.7). Крайне опасны для здоровья человека ультразвуки и инфразвуки (интенсивные низкочастотные звуковые колебания). Даже непродолжительное воздействие инфразвука на человека может привести к серьезным нарушениям психики, чувству паники и ужаса и даже летальному исходу.

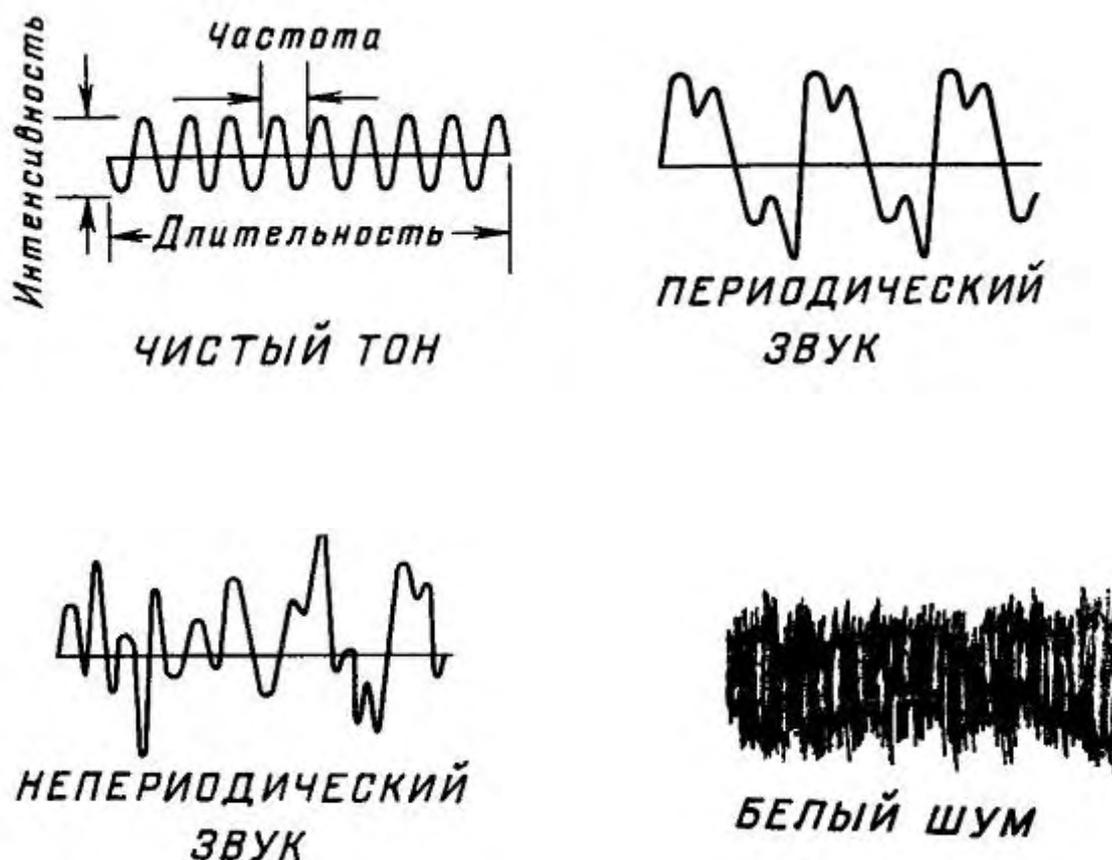


Рис.7. Простые и сложные звуки (частотные характеристики)

Предупреждающие и аварийные сигналы должны быть прерывистыми. Несущая частота предупреждающих звуковых сигналов должна быть

200 ÷ 600 Гц при длительности сигналов и интервалов между ними 1 ÷ 2 с. Уровень звукового давления должен быть не выше 80 ÷ 90 дБ.

Несущая частота аварийных сигналов должна быть 800 ÷ 2000 Гц при длительности интервалов 0,2 ÷ 0,8 с. Уровень звукового давления не должен превышать 100 дБ. Длительность звучания интенсивных звуковых сигналов не должна превышать 10 с.

3.5. ТАКТИЛЬНЫЕ И ДРУГИЕ АНАЛИЗАТОРЫ

Информацию о таких свойствах ФПС и объектов как тепло, холод, температура поверхности, ее гладкость или шероховатость и других человек получает благодаря рецепторам, находящимся в кожном покрове рук, ног и других частей тела. Человек на ощупь может различить поверхность дерева или металла, сухую или влажную (на основе имеющегося опыта). Тактильно можно различить и форму предмета (шар, куб, цилиндр и т.д.), экспериментально доказано, что осязательный образ формируется на основе синтеза массы тактильных и кинетических сигналов (рис.8). Наиболее четко воспринимается раздражение прикосновения (тактильные раздражения) кончиками пальцев. Временной порог тактильной чувствительности равен 130 мс [10].

Вестибулярный аппарат человека информирует о его положении в пространстве, об отклонении от вертикали или горизонтали на определенную величину, ускорении при вращении и прямолинейном движении.

Рецепторы, расположенные на слизистой оболочке полости носа и рта, сообщают информацию о запахах, состоянии окружающей атмосферы, о вкусовых особенностях пищевых продуктов.

Кинестетический анализатор. Физические нагрузки и усилия в различных группах мышц сигнализируют о весовых характеристиках поднимаемых предметов или прилагаемых усилиях при физической работе, спортивных упражнениях.

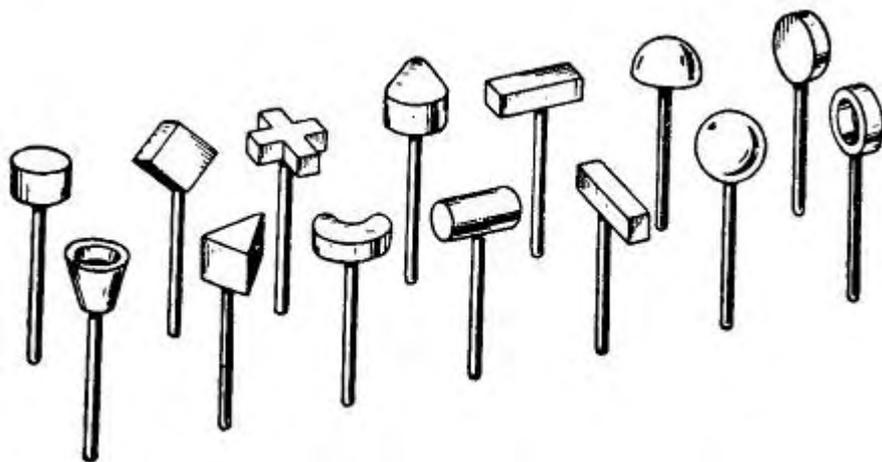


Рис.8. Формы рукояток, различимые на ощупь

4. СИСТЕМА «ЧЕЛОВЕК – МАШИНА»

В понятие система «человек – машина» включается любое взаимодействие человека с ТС (рис.9, 10), это понятие обобщенное и расширительное, оно применимо как к взаимодействию космонавтов при управлении космическими кораблями, так и к человеку, пользующемуся мобильным телефоном. Инженерная психология охватывает три группы проблем:

1. Анализ места человека–оператора в сложном комплексе «РЭА – человек – объект». Выбор оптимальной структурной схемы всего сложного ТС с обязательным учетом точности, скорости и надежности работы оператора. Решение вопроса о распределении функций управления между человеком-оператором и необходимыми автоматами системы.

2. Определение возможного объема и характера информации, которую может и должен переработать человек-оператор в единицу времени (так называемый «сенсорный вход» человека). Эта группа факторов определяет параметры различных устройств контроля.

3. Выбор необходимых устройств управления и их параметров (так называемый «моторный выход» человека). К этой группе факторов для удобства рассмотрения отнесем также те, которые определяют нормальные условия жизнедеятельности человека-оператора [3].

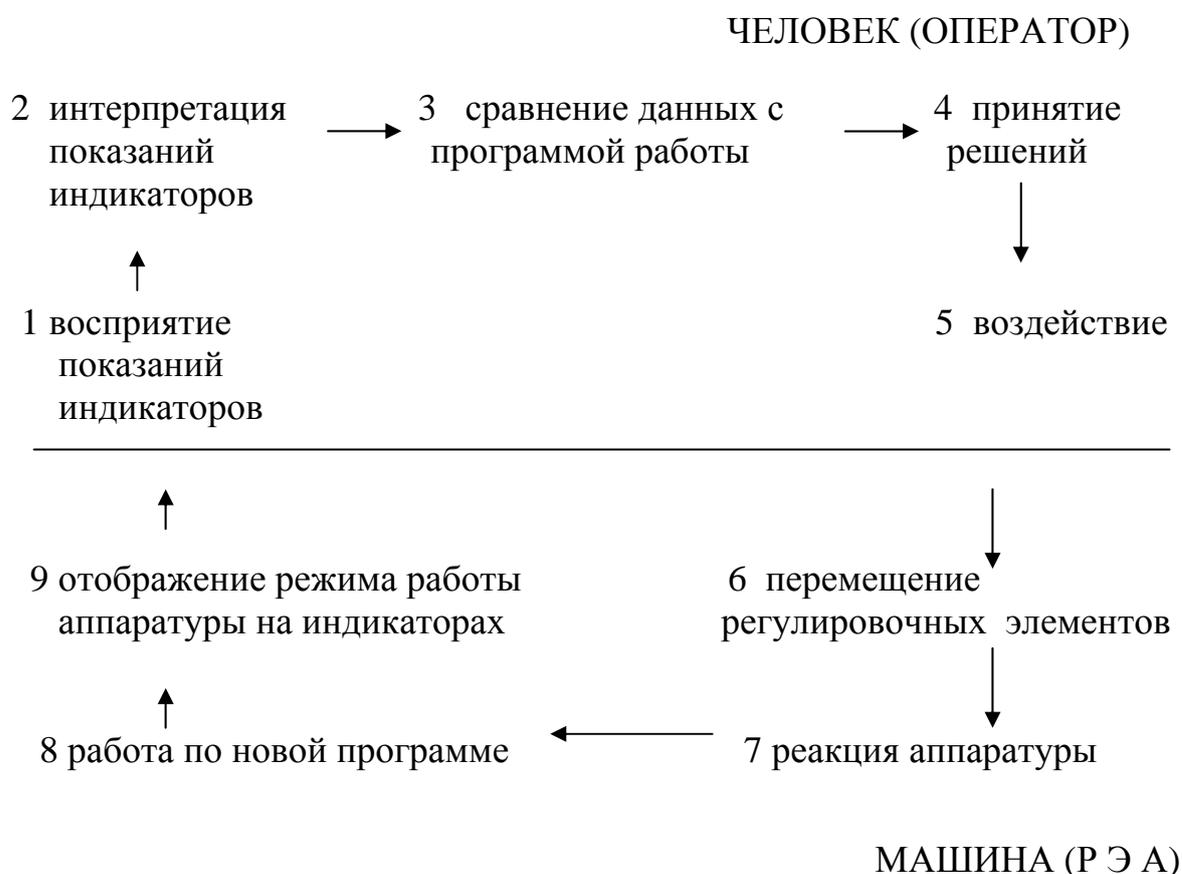


Рис.9. Взаимосвязи действий оператора и машины (по Р.Г. Варламову)

Таким образом, инженерная психология решает весь сложный комплекс проблем, связанный с приспособлением, оптимизацией конструкции органов управления и их параметров к соответствующим параметрам органов чувств и двигательного аппарата человека (а не наоборот). При этом за человеком остается творческое начало в анализе получаемой информации, а время выполнения и трудоемкость значительно сокращаются за счет быстрой выработки автоматизма в выполнении заданных функций управления.

ЧЕЛОВЕК (ОПЕРАТОР)

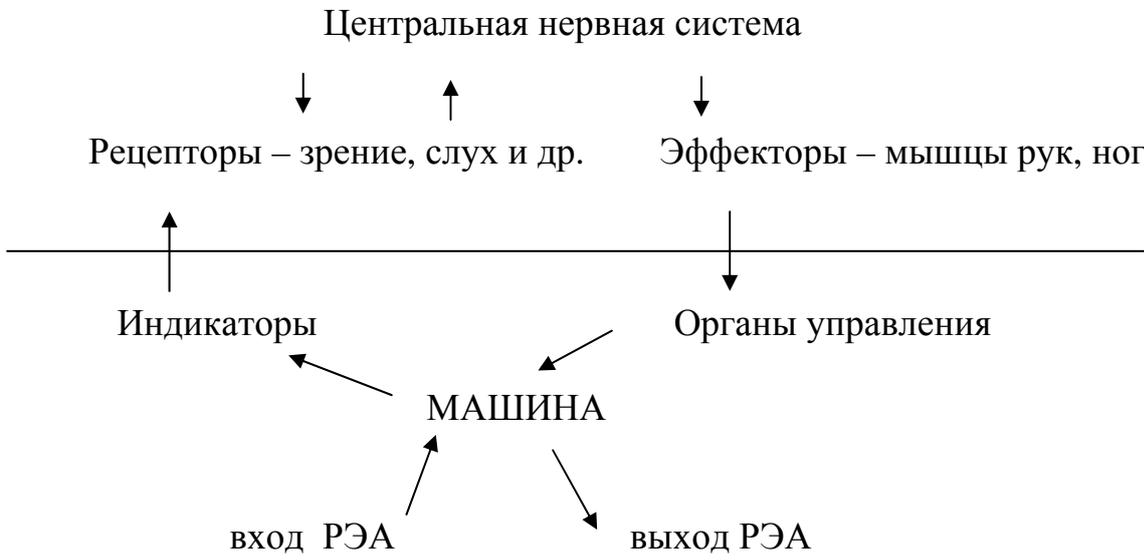


Рис. 10. Схема взаимодействий человека и машины (по Р.Г. Варламову)

Деятельность оператора по управлению начинается с приема осведомительной информации об объекте управления. Основными психическими процессами, участвующими в приеме информации, являются ощущение, восприятие, представление и мышление. Анализ этих процессов, раскрытие их природы и закономерностей необходимы для решения задачи оптимального построения информационной модели реальной обстановки. Прием информации человеком-оператором необходимо рассматривать как процесс формирования перцептивного (чувственного) образа. Под ним понимается субъективное отражение в сознании человека свойств действующего на него объекта. Исследования, проведенные в психологии, показывают, что формирование перцептивного образа является фазовым процессом, оно включает несколько стадий: обнаружение, опознание и различение.

Предельная способность оператора по приему информации 50 бит/с (единица двоичного кода). Необходимо время на осмысление информации, чтобы снизить количество ошибок, для тренированного оператора большая часть задач обрабатывается автоматически, он может обрабатывать поток 30 ÷ 40 бит/с, выбирая основные сигналы, пропуская остальной поток без детального анализа. При перегрузке информацией оператор пропускает входные сигналы, или искажает их (при увеличении потока информации на 4 ÷ 7 бит/с). Другая крайность – уменьшение потока информации, монотонность приводят к снижению внимания, большей утомляемости оператора [3].

Ценность информации для оператора является относительной величиной, которая определяется способностью оператора понять данную информацию и использовать ее в дальнейшей работе по управлению системой или объектом.

Для оптимального функционирования СЧМ необходим системотехнический подход к проектированию комплекса «человек – машина», где человек рассматривается как неотъемлемая часть этого комплекса, и где необходимо проектирование его деятельности. Проектирование при таком подходе состоит из трех основных частей: технического проектирования, художественного (дизайн) и инженерно-психологического (ИПП). Проектирование начинается с анализа задач, которые должна решать система. Для этого проводится анализ статистических и динамических характеристик объекта управления, анализ потоков циркулирующей в системе информации. В общих чертах оцениваются возможности человека и техники по решению стоящих перед системой задач (табл.4).

После того как определены исполнители (человек или техника) для каждой из задач, проводится проектирование групповой деятельности – распределение функций между отдельными операторами. Необходимо стремиться к максимально возможному упрощению структуры группы и связей между операторами. При этом нужно иметь в виду, что упрощение структуры группы может привести к недопустимой информационной перегрузке отдельных операторов. На этом этапе должны быть решены две задачи: определены типы и количество рабочих мест, решаемые на каждом из них задачи, необходимые информационные связи между отдельными операторами. Этот этап ИПП можно условно разделить на две фазы: проектирование внутренних средств и деятельности оператора и проектирование ТС его деятельности. Рассмотрение этого этапа ИПП в виде двух отдельных фаз является чисто условным.

Необходимость решения первой задачи определяет принципиальное отличие системного подхода от традиционного технического проектирования. В результате определяется структура и алгоритмы деятельности оператора в различных режимах работы СЧМ, способы выполнения этой деятельности, требования к психофизиологическим характеристикам человека (объем памяти и внимания, скорость реакции,

эмоциональная устойчивость и др.), производится проверка выполнения предельно допустимых норм деятельности оператора. Вторая задача – проектирование ТС, с которыми взаимодействует оператор в процессе работы. При этом осуществляется разработка СОИ, органов управления, производится общая компоновка рабочего места. Последний этап проектирования – инженерно-психологическая оценка проекта и сравнение полученных результатов с требуемым техническим заданием на систему. Оценке подлежат основные характеристики СЧМ (надежность, быстрдействие, стоимость и др.).

Инженерно-психологические исследования начинаются с анализа реально существующих СЧМ. Здесь основными методами являются наблюдения, дополняемые специальными измерениями (освещенности рабочих помещений, расстояние контрольно-измерительных приборов от оператора и т.п.), беседы с операторами, анкетирование [10].

Особое внимание уделяется анализу ошибок, допускаемых оператором, несчастных случаев и аварий. В процессе наблюдения формулируются вопросы, требующие специального изучения, при проведении которого основным становится эксперимент (лабораторный или естественный). Широко используется моделирование СЧМ. Заканчивается инженерно-психологическое исследование конкретными рекомендациями, направленными на повышение эффективности и надежности СЧМ.

Основные задачи инженерной психологии (по Б.Ф. Ломову):

1. Анализ функций человека в СЧМ, изучение структуры и классификация деятельности оператора.
2. Изучение процессов преобразования информации человеком-оператором. Преобразование информации человеком включает четыре основных этапа: прием информации, переработка принятой информации, принятие решения, осуществление управляющих воздействий.
3. Разработка принципов построения рабочих мест операторов.
4. Изучение влияния психологических факторов на эффективность СЧМ.
5. Разработка принципов и методов профессиональной подготовки операторов СЧМ. Профессиональная подготовка операторов включает: профессиональный отбор, обучение, формирование коллектива, тренировку.
6. Инженерно-психологическое проектирование и оценка СЧМ. Эта задача является обобщающей, при ее решении используются результаты, полученные при решении всех предыдущих задач.
7. Определение экономического эффекта инженерно-психологических разработок.

Таблица 4. Структура инженерно-психологического проектирования
(по Б.Ф. Ломову)

1. Анализ характеристик объекта управления	Анализ статистических характеристик
	Анализ динамических характеристик
	Определение целей и задач системы
2. Распределение функций между человеком и ТС	Анализ возможностей человека и техники
	Определение критерия эффективности системы
	Определение ограничивающих условий
	Оптимизация критерия эффективности
3. Распределения функций между операторами	Выбор структуры группы
	Определение числа рабочих мест
	Определение задач на каждом рабочем месте
	Организация связи между операторами
4. Проектирование деятельности оператора	Определение структуры и алгоритма деятельности
	Определение требований к характеристике человека
	Определение требований к обученности
	Определение допустимых норм деятельности
5. Проектирование ТС деятельности оператора	Синтез информационных моделей
	Конструирование органов управления
	Общая компоновка рабочего места
6. Оценка системы «человек – техника – среда»	Оценка РМ и условий деятельности
	Оценка характеристик деятельности оператора
	Оценка эффективности системы

Наиболее важным объектом проектирования с учетом эргономических требований и рекомендаций являются РМО. В понятие рабочее место оператора включается ряд объектов типа: кабина самолета, место водителя автомобиля, рулевого морского судна, рабочее место авиадиспетчера, пульта управления и связи, пульта управления технологическими процессами и т.д. Каждый из этих объектов состоит из ряда подсистем, таких как панель индикации, органы управления, сиденье оператора, зоны обзора, зоны досягаемости и ряда других подсистем, определяемых спецификой РМО.

При проектировании таких объектов надо помнить, что многие пространственные и размерные характеристики должны быть настраиваемыми и регулируемые (высота рабочей плоскости, расстояние до панели управления, высота сидения и угол наклона). Механизм регулирования положения в направлении вперед – назад должен иметь стопоры, фиксирующие его в нужных точках (рис.11, 12). Все ручки регулирования сиденья должны помещаться в таких местах, которые допускают пользование ими при выбранном оператором оптимальном положении тела. Сиденье оператора не должно ограничивать свободу движений. Эти меры направлены на повышение комфорта и безопасности работы оператора.

Габариты РМО, размеры и взаиморасположение его элементов должны соответствовать антропометрическим характеристикам пользователей ТС. При использовании антропометрических данных должны учитываться особенности половых, национальных и возрастных различий в размерах тела. Диапазон изменчивости антропометрического признака в пределах 5-го ÷ 95-го перцентиля учитывает размах изменчивости признака для 90 % группы пользователей. Неизменяемые высотные размеры оборудования, связанные с вертикальной досягаемостью в нижних зонах, при работе на нем мужчин и женщин целесообразно рассчитывать исходя из значения антропометрического признака, соответствующего 95-му перцентилю мужской группы; в верхних зонах - 5-му перцентилю мужской группы. При проектировании оборудования с изменяемыми параметрами при работе на нем мужчин и женщин, пределы изменений должны удовлетворять 5-му перцентилю женской группы (нижняя граница диапазона) и 95-му перцентилю мужской группы (верхняя граница диапазона).

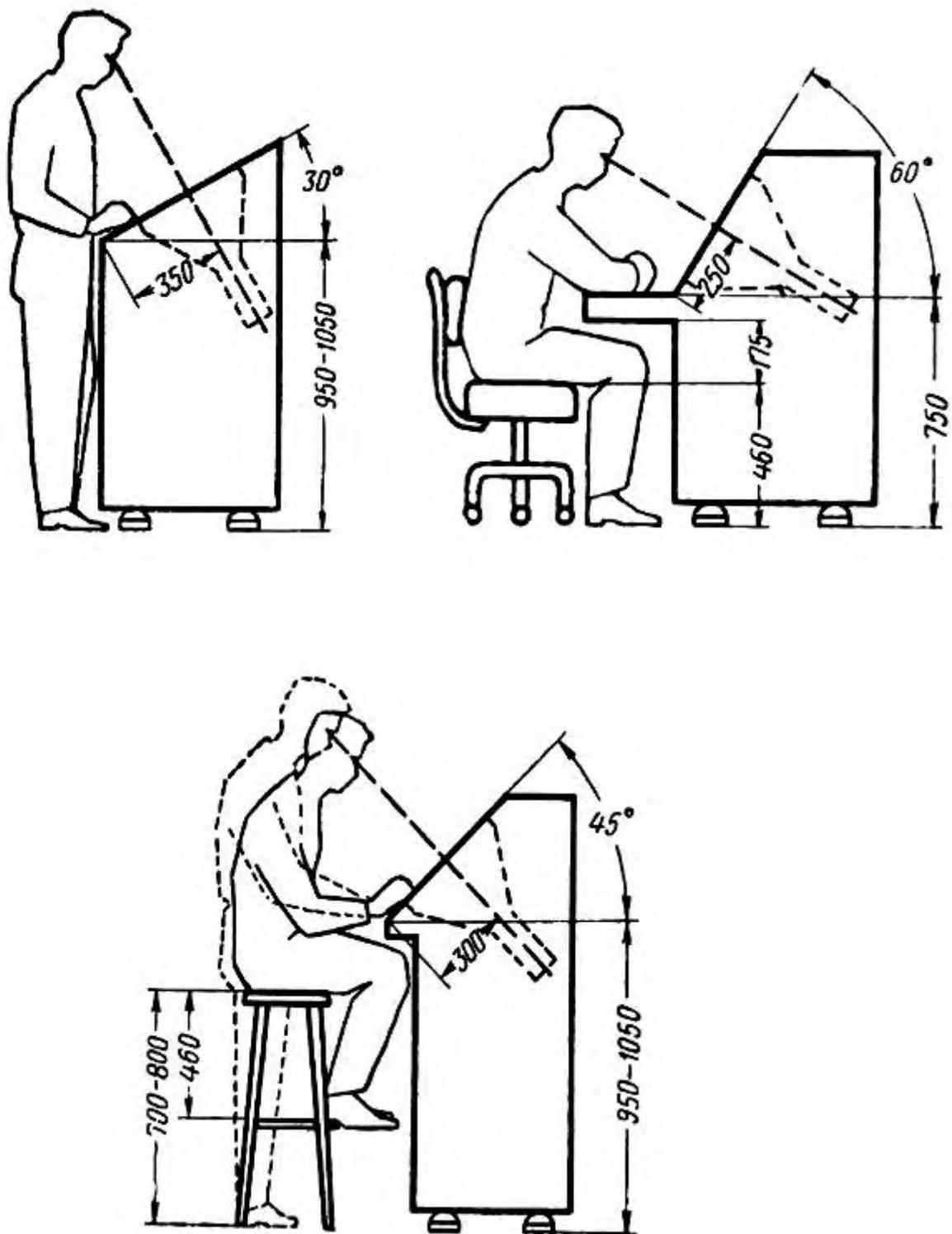


Рис.11 Рабочее место оператора в режимах «стоя», «сидя», «сидя-стоя»



Зона для установки средств отображения и органов управления



Оптимальная зона для размещения средств отображения и органов управления

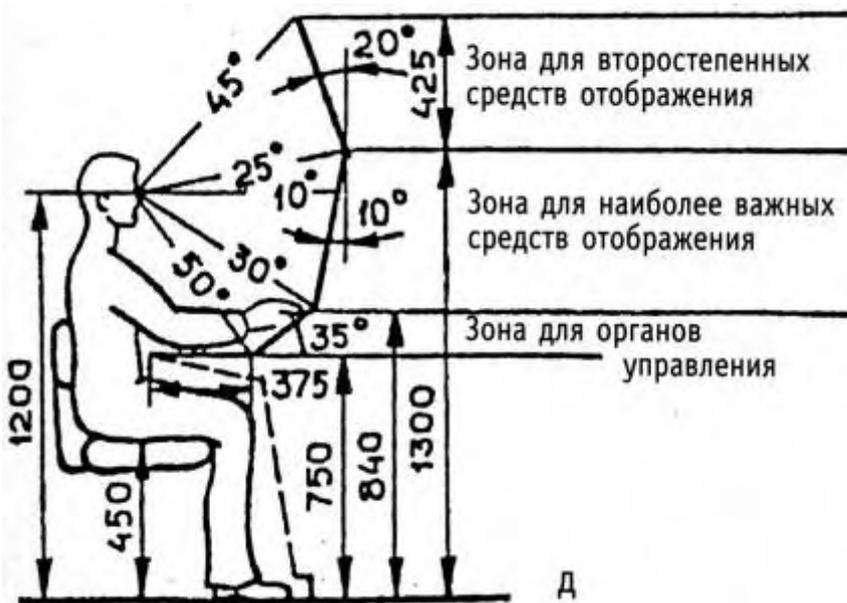


Рис.12. Типы пультов оператора а – д. Различаются размерами зоны СОИ, органов управления

4.1. ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Человек может целенаправленно осуществлять деятельность лишь на основе информации получаемой из внешней среды и воспринимаемой органами чувств (анализаторами, рецепторами). Наибольшее количество получаемой извне информации приходится на зрительный анализатор (табл.5) (от 80 до 90 %), на остальные (слуховой, тактильный и др.) приходится около 20 %. Визуально воспринимаемая информация имеет следующие основные формы: цветосветовой сигнал (светофор), вербальная форма (тексты на носителях), пиктографическая (дорожные знаки, пиктограммы), иконическая (реалистический портрет, пейзаж, фотография), а также различные сочетания этих форм. Визуально воспринимаемая информация может носить статический характер (плакат, рекламный баннер и т.п.) или динамический характер (видеофильм, бегущая строка, постоянно изменяемые показания приборов и др.).

Информационными системами различного уровня можно считать комплексы визуальных форм, представленных на носителях и выполняющих определенную функцию (предупреждение, запрещение, качественные и количественные показатели, инициирование различных действий и т.д.). Информационные системы, как правило, являются подсистемами СЧМ (индикаторы на пультах управления), но могут выполнять и самостоятельную функцию (транспортные схемы, чертежи, карты и др.). Примером простейшей информационной системы можно считать инструкцию по использованию огнетушителя, выполненную методом сеткографии на корпусе, включающую текст, пиктографические, или упрощенные изображения, иницирующие действия в определенной последовательности.

Таблица 5. Потоки информации от различных источников
(по Р.Г. Варламову)

Характеристики источника информации или способа ее восприятия	Поток информации бит / с
Осмотр	10^{10}
Прослушивание	$10^4 \div 10^5$
Чтение.....	$100 \div 150$
Телетайп	50
Разговор	$24 \div 54$
Сознательное понимание потока информации	$15 \div 25$

4.2. СПОСОБЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

Визуальная информация, необходимая оператору для работы с ТС, может быть представлена ему в виде: текстов (буквенно-цифровая форма), графиков, диаграмм, схем, слайд-проекций, чертежей, таблиц, рисунков, статических или динамических видеоизображений экранного предъявления, светоцветовых сигналов и других визуальных форм. Представление количественных данных более предпочтительно в виде таблиц, чем в виде графиков и шкал. Исключения составляют случаи, когда необходимо отобразить общий характер функциональной зависимости. Графики, шкалы и схемы примерно равноценны по читаемости, графики и тексты должны взаимно дополнять друг друга. Использование цвета в слайд-проекциях (как и других графических материалах) может повысить их эффективность. Следует, однако, остерегаться понижения их читаемости и разборчивости плохим подбором цветовых сочетаний. Снижение контраста между основным изображением и фоном сильно ухудшает условия восприятия при проекции на экран. Иногда желательно улучшить условия зрительного восприятия информации, повысив ее понятность для оператора, увеличить надежность приема информации путем одновременного применения сигналов другой модальности (звуковых), создающих «гарантию» сообщения ему необходимой информации. Для приема таких подкрепляющих сигналов можно использовать любой из человеческих рецепторов, наиболее удобно использовать органы слуха и осязания.

Наибольшее применение в деятельности оператора имеет зрительная (визуальная) индикация, поэтому далее целесообразно уделить этому виду отображения информации наибольшее внимание.

Некоторые сигналы больше подходят для предъявления в слуховой, чем в зрительной форме, и наоборот. Выбор формы предъявления сигнала зависит от природы сигнала, условий его восприятия и характеристик лица, воспринимающего сигнал [7].

4.3. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

По функции выдаваемой информации СОИ делятся на целевые (командные) и ситуационные (табл.7). Первые отображают цель управления (конечную точку, которая должна быть достигнута) и дают сведения о необходимых действиях [10]. Средства отображения информации являются технической основой для построения информационной модели процесса управления, с которой оператор работает в ходе своей деятельности. В качестве элементов индикации могут использоваться: лампочки накаливания, стрелочные измерительные приборы, оптико-механические проекционные приборы, газоразрядные и электролюминесцентные

индикаторы, электроннолучевые трубки, светодиоды, ЖКИ, экраны мониторов и др.

Звуковые сигналы служат для предупреждения оператора о грозящей опасности,стораживают его на возможность перехода системы или оборудования в критическое состояние. Источниками звуковых сигналов могут быть: гудки, сирены, свистки, зуммеры, генераторы звуковых колебаний.

Речевые сигналы имеют предпочтение перед звуковыми в случаях, когда: сообщение сложное, необходимо опознать источник сообщения, оператор специально не натренирован понимать значение закодированных сигналов.

Речевые сигналы часто используются в качестве сигналов предупреждения. В последнее время, в связи с успехами в создании устройств синтеза речи, такие сигналы начинают находить применение для представления различной информации оператору (табл.6).

Таблица 6. Рекомендации по использованию слуховой или зрительной информации [7]

Используйте слуховую информацию, если	Используйте зрительную информацию, если
<ul style="list-style-type: none"> 1) сообщение простое 2) сообщение короткое 3) сообщение не будет связано с последующими сообщениями 4) в сообщении идет речь о событиях, совершающихся во времени 5) сообщение требует немедленного действия 6) зрительная система оператора перегружена 7) пункт получения сообщения слишком ярко освещен или необходима полная темновая адаптация 8) работа оператора требует, чтобы он постоянно передвигался 	<ul style="list-style-type: none"> 1) сообщение сложное 2) сообщение длинное 3) сообщение будет связано с последующими сообщениями 4) в сообщении речь идет о положении в пространстве. 5) сообщение не требует немедленной реакции 6) слуховая система оператора перегружена 7) на пункте получения сообщения слишком шумно 8) работа позволяет оператору оставаться на одном месте

Таблица 7. Классификация СОИ (по Б.Ф. Ломову)

По модальности	ВИЗУАЛЬНЫЕ
	АКУСТИЧЕСКИЕ
	ТАКТИЛЬНЫЕ
По функции выдаваемой информации	КОМАНДНЫЕ
	СИТУАЦИОННЫЕ
По способу использования показаний	ДЛЯ КОНТРОЛЬНОГО ЧТЕНИЯ
	ДЛЯ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ЧТЕНИЯ
	ДЛЯ КАЧЕСТВЕННОГО ЧТЕНИЯ
По форме сигнала	АБСТРАКТНЫЕ
	ИЗОБРАЗИТЕЛЬНЫЕ
По степени детализации	ИНТЕГРАЛЬНЫЕ
	ДЕТАЛЬНЫЕ

4.4. ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ

С помощью органов управления оператор СЧМ осуществляет исполнительные (управляющие) воздействия. Типы органов управления следует выбирать с учетом особенностей движений человека, характера его функций, последовательности и важности операций, требуемой точности и скорости работы [10].

Органы управления, требующие движений включения, выключения или переключения (нажатие кнопки, перемещение рычага, поворот ручки). Движения в этом случае простые, хотя двигательный акт складывается из значительного количества микродвижений пальцев.

Органы управления, требующие повторяющихся движений (работа на клавиатуре, передача и кодирование информации). Значительную роль здесь

играет темп движений. Установлено, что максимальный темп вращения для ведущей руки составляет 4,83 оборота в секунду, для не ведущей – 4, 0 оборота в секунду.

Органы управления, требующие точных дозированных движений для настройки и нацеленной установки параметров, движения в них дозируются по силовым, пространственным и временным параметрам (рис.13 – 18). По характеру перемещения органы управления могут быть линейными, вращающимися или смешанными (табл.8, 9).

По назначению и характеру использования органы управления разделяются на следующие группы: оперативные (основные), используемые постоянно, для программного управления, установки режимов, длительного регулирования параметров, ввода управляющей и командной информации. Используемые периодически – это вспомогательные органы управления для включения и выключения аппаратуры, периодического контроля ее работоспособности.

По форме органы управления должны быть хорошо различимы на ощупь, так как оператору иногда приходится работать при слабом освещении или в темноте (рис.8).

По способу введения и передачи команды и конструктивному исполнению органы управления условно можно разделить на несколько групп: введение руками, введение ногами, совместное введение, голосом, проводятся опыты по мысленному введению команд.

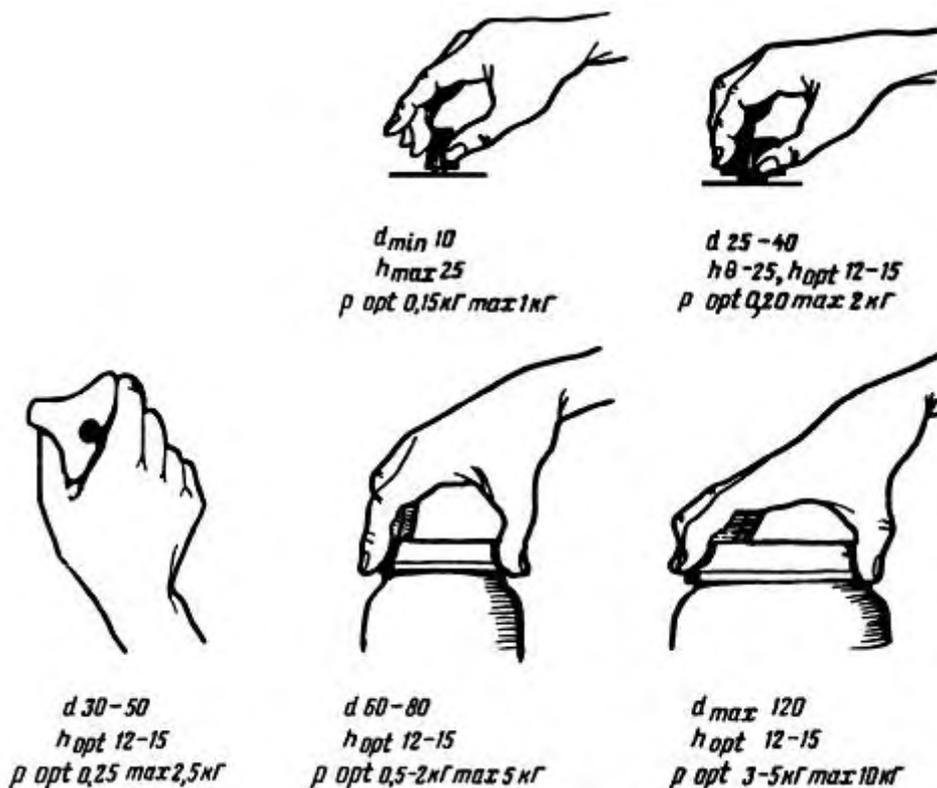


Рис.13. Способы захвата органов управления при вращении (размеры в мм)

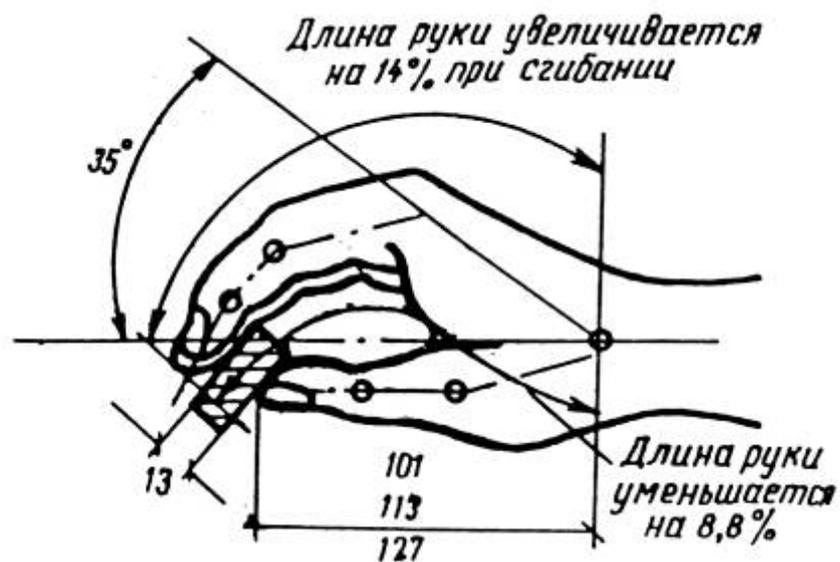


Рис.14. Оптимальные размеры детали при захвате пальцами (мм)

Таблица 8. Классификация органов управления (по Б.Ф. Ломову)

1. По назначению	Для ввода информации
	Для установки режимов
	Для регулировки
2. По характеру движений	Требующие движений включения
	Требующие повторяющихся движений
	Требующие дозированных движений
3. По характеру использования	Оперативные (основные)
	Используемые периодически
	Используемые эпизодически
4. По конструктивному исполнению	Кнопки
	Гумблеры
	Переключатели
	Штурвалы
5. По значению	Главные
	Вспомогательные

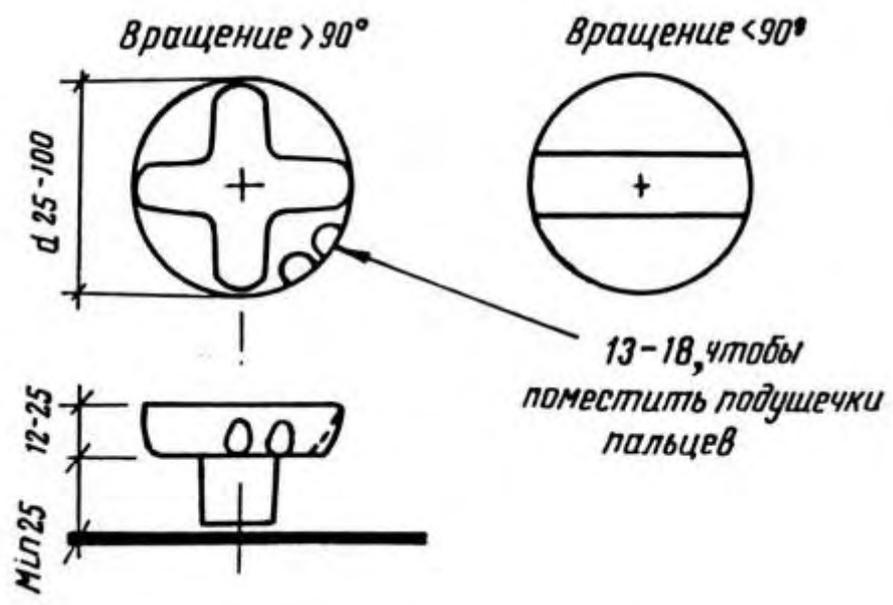


Рис.15. Форма ручек для бесступенчатого поворота (размеры в мм)

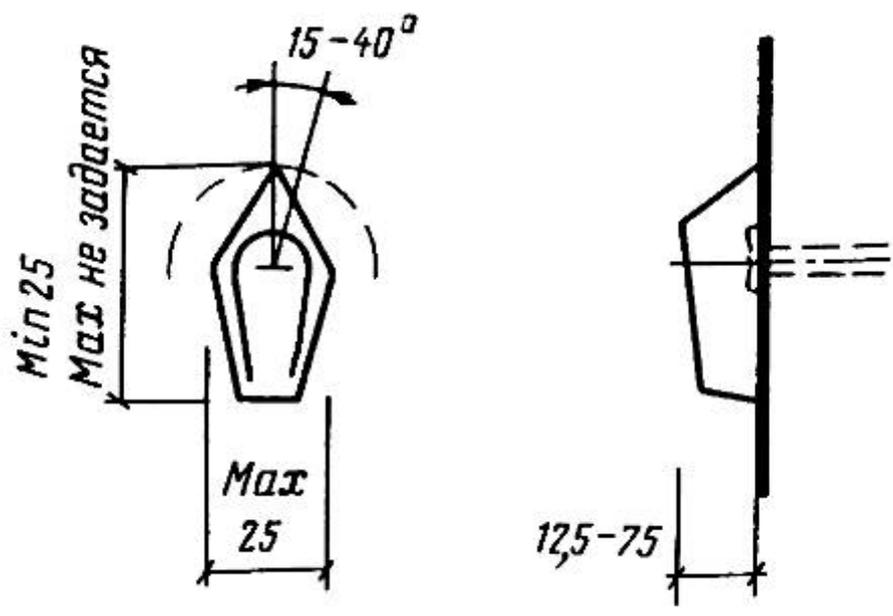


Рис.16. Форма ручек для ступенчатого поворота меньше чем на 360° (размеры в мм)

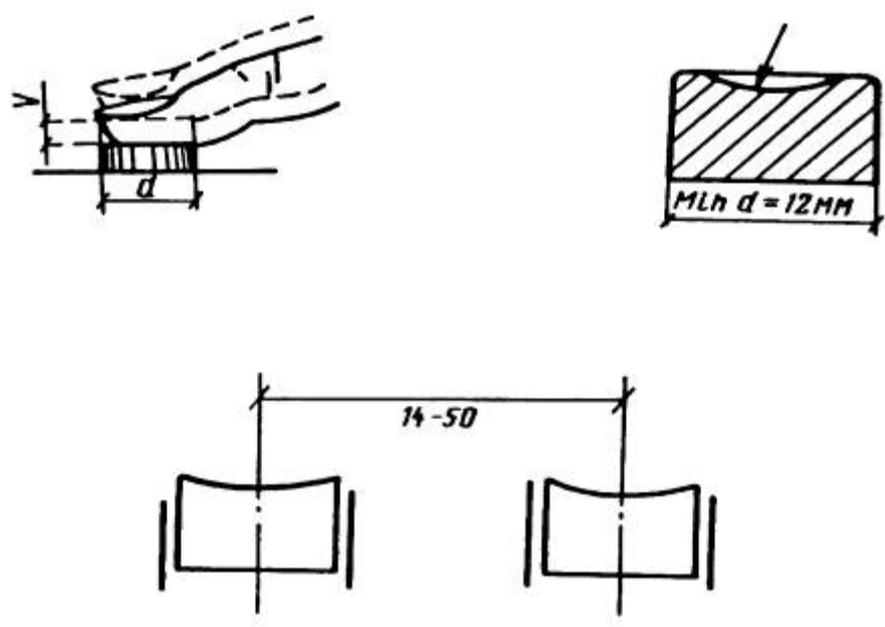


Рис.17. Оптимальная форма кнопки для нажатия пальцем

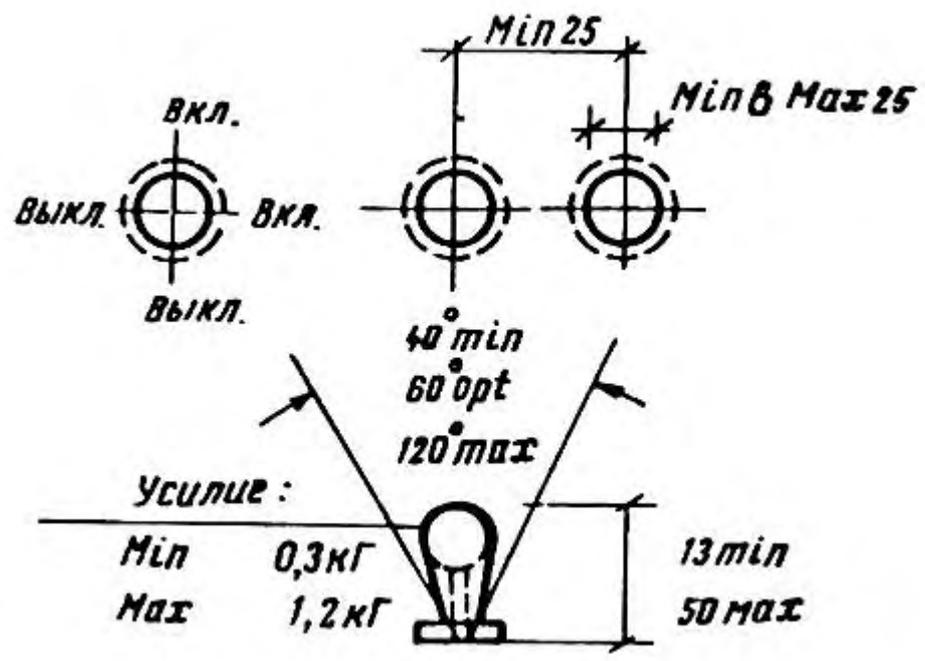


Рис.18. Размеры ручки для дискретного переключения (мм)

Таблица 9. Способы введения команд и регулирования режимов управления в СЧМ

Введение команды	Конструктивное исполнение	Регулирование режима	Органы управления
ручное	механические	плавное, дискретное	рычаги, штурвалы, маховики
	электро-механические	дискретное, плавное	тумблеры, переключатели, кнопки нажимные, ручки потенциометров
	электронные	плавное, дискретное	компьютерные системы
ножное	механические	плавное, дискретное	педали, рычаги
голосовое	электронные	плавное, дискретное	компьютерные системы

4.5. ЭРГОНОМИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНИЧЕСКИМ СРЕДСТВАМ ВВОДА-ВЫВОДА ИНФОРМАЦИИ

Как всякая система, эргономические требования (ЭТ) должны обладать определенной структурой. Структурные особенности ЭТ вытекают прежде всего из особенностей ТС как специфических средств ввода-вывода информации и целевого назначения этих требований быть руководством для проектировщиков.

ТС ввода-вывода информации представляют собой набор СООИ и набор средств управления информацией, т.е. выступают основой информационной модели, в которой можно выделить 4 слоя ее организации: технический, физический, семиотический и исполнительский. Каждый слой имеет свою характеристику.

Технический слой включает в себя ТС, с помощью которых обеспечивается введение и отображение информации (дисплеи, принтеры, графопостроители и т.п.), т.е. материальная часть рабочего места оператора.

Физический слой включает в себя физические параметры различных сигналов, направленных человеку (яркость, контраст, размер, положение в поле зрения, время воздействия и т.п.).

Семиотический слой включает в себя условную знаковую индикацию, построенную по определенным принципам и способам кодирования, обеспечивающую принятие решений.

Исполнительский слой включает в себя органы управления, отражающие информацию о возможных управляющих воздействиях на систему и обеспечивает реализацию действий по управлению потоком информации.

Каждый слой находится в структурном единстве с другими слоями, имеет свое назначение в многослойной структуре, создавая этим целостность и единство ЭТ.

Объекты оптимизации.

Технический слой: зрительная зона, моторная зона, сервисная зона, рабочая поза, форма и компоновка индивидуального пульта, условия окружающей среды.

Физический слой: условия работы, анализаторные системы человека.

Семиотический слой: знаки, их смысл и назначение, понимание их человеком.

Исполнительский слой: условия обеспечения воздействий по управлению средствами вывода и потоком информации.

Направления оптимизации.

Физический слой: оптимизация параметров входящих сигналов в соответствие с физиологическими и психологическими параметрами человека.

Технический слой: обеспечение удобства рабочей позы, обзорности информационного поля, оптимальная компоновка РМО, обеспечение оптимальных условий окружающей среды.

Семиотический слой: оптимизация предъявляемой знаковой информации с точки зрения кодирования, значимости и смысловой нагрузки сообщений. Оптимизация построения текстов, сопряжение языков программирования, входящей документации, обозначений на пультах.

Исполнительский слой: оптимальная организация исполнительских действий по управлению средствами ввода-вывода информации (простота

обслуживания и устранения отказов, контроль ошибок, гибкость управления системой ВВУ).

Исполнительская деятельность характеризуется размерами моторного поля, формами и траекториями движения, скоростью его осуществления, силовыми параметрами, качеством регуляции усилий в процессе движения, точностью движения, энергетическими затратами. Характер, последовательность, темп и ритм рабочих движений во многом задаются формой и конструкцией органов управления, а также организацией рабочих мест.

Принципы оптимизации органов управления в пространстве РМО.

При оптимизации исполнительской деятельности следует соблюдать ряд правил и принципов, определяющих выбор конструкции и размещения органов управления (ОУ) в пространстве РМО.

Основные принципы:

Принцип минимальности операций. Рабочие функции следует выполнять посредством минимального числа операций.

Принцип распределения ОУ между правой и левой рукой с преобладанием праворукости. ОУ следует располагать так, чтобы работу можно было распределять между правой и левой рукой, а правой выполнять наиболее ответственные операции, требующие высокой точности.

Принцип минимизации моторных маршрутов. Количество и траектория рабочих движений при выполнении каждой операции должны быть сокращены до минимума.

Дополнительные правила:

Органы управления рекомендуется размещать таким образом, чтобы рабочие движения свести к движениям предплечья, кисти, пальцев рук.

Основные ОУ следует располагать в оптимальной зоне моторного поля.

Траектория рабочих движений не должна выходить за пределы досягаемости моторного поля РМО и осуществляться (по возможности) в зоне зрительного контроля.

Необходимо учитывать следующие характеристики движений:

- 1- в горизонтальной плоскости скорость рук быстрее, чем в вертикальном направлении;
- 2- наибольшая скорость движения сверху вниз, наименьшая – снизу вверх;
- 3- скорость движения правой руки больше, чем левой;
- 4- вращательные движения быстрее, чем поступательные;
- 5- максимальный темп нажимных движений для ведущей руки – 6, 6 нажима в секунду, для не ведущей – 5,3 нажима в секунду;
- 6- точные движения лучше выполнять сидя, чем стоя;
- 7- наибольшая точность движений достигается в горизонтальной плоскости в зоне, расположенной на расстоянии 15 ÷ 35 см от средней линии тела, при амплитуде движения в локтевом суставе 50° ÷ 60°;
- 8- при движении в вертикальной плоскости ошибки меньше, чем в горизонтальной.

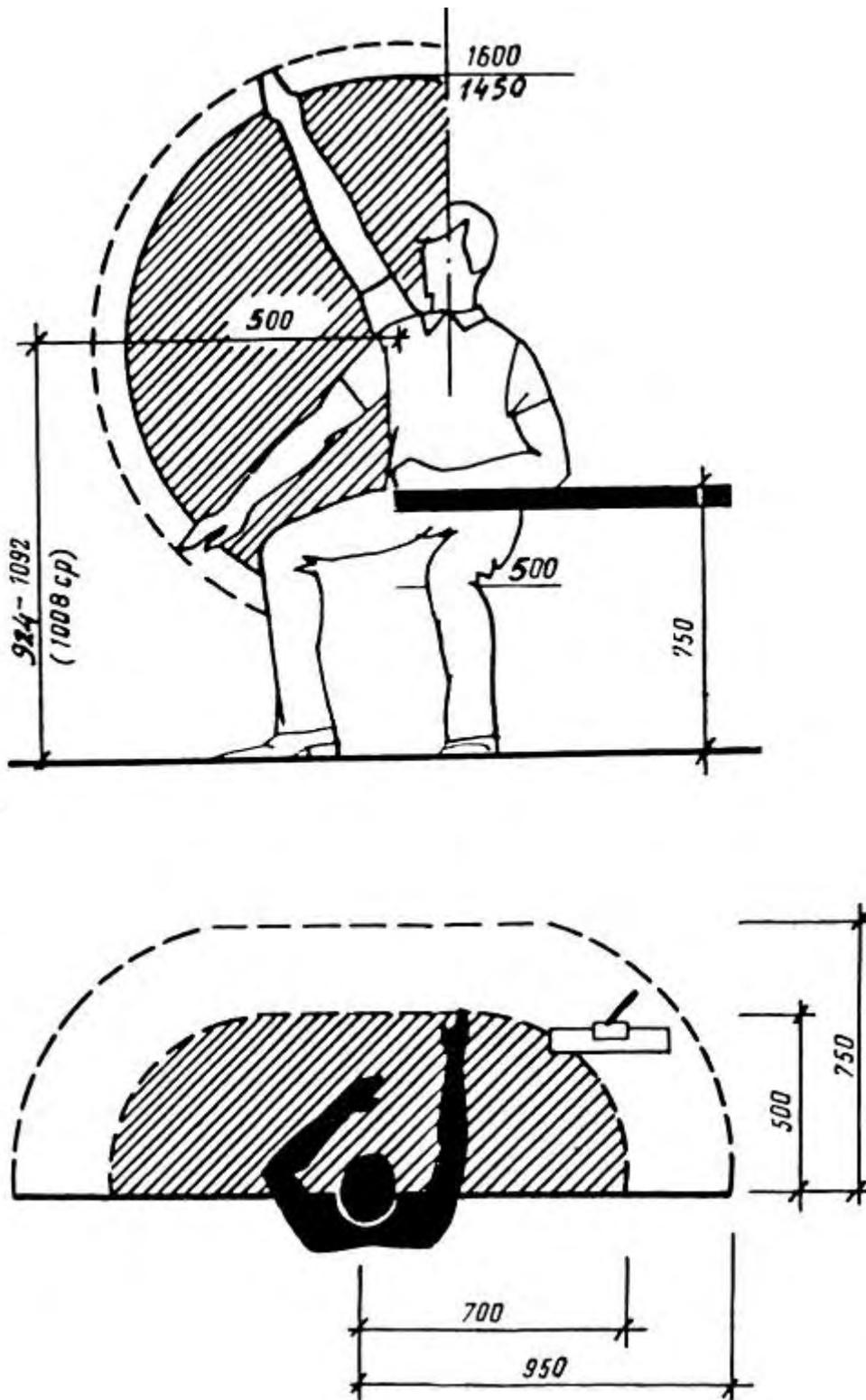


Рис.19. Схема досягаемости руки сидящего за столом: темная зона – в спокойном положении; светлая зона – нагнувшись (мм)

5. АНАТОМИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ЭРГОНОМИКИ

Учитывая то, что дизайнер, проектирующий системы и объекты для человека (пользователя, оператора, рабочего, эксплуатационника и т.д.) должен учитывать физические и анатомические характеристики человека, его проектная деятельность носит антропоцентрический характер.

Антропология – наука о морфологии и эволюции человека, всесторонне изучающая его физическую и биологическую природу, антропометрия – статистическая отрасль антропологии, дающая представление о пропорциях и размерах тела нормального физически развитого человека в различных положениях и в движении.

5.1. АНТРОПОМЕТРИЯ И СОМАТОГРАФИЯ

Антропометрия, как всякая наука, имеет свой понятийный аппарат и соответствующую терминологию. Она позволяет систематизированно описать, классифицировать антропометрические признаки. Антропометрия оперирует абсолютными различиями между размерами тела (антропометрические признаки) – национальными, половыми, возрастными и средними арифметическими значениями этих данных, статистическими показателями (рис.19,27,28). Среди антропометрических признаков различают классические и эргономические. Первые – широко используются для сравнительной морфологической характеристики различных групп населения, вторые – используются в конструировании и называются производственными, или прикладными [13].

Соматометрия – метод измерения тела и его частей, определения веса и силы мышц человека. Среди эргономических различают габаритные (основные) и размеры отдельных звеньев тела, а среди последних – линейные, периметровые и угловые – фиксирующие перемещение измеряемой части тела в пространстве. Линейные – подразделяются на проекционные и прямые (сквозные). Последние представляют собой кратчайшее расстояние между двумя точками тела независимо от очертаний участка тела, лежащего между ними. Кроме того, линейные делятся на продольные, поперечные и передне-задние, а среди продольных выделяют производные («парциальные») размеры отдельных частей тела, полученные путем вычитания одних из других, а не путем непосредственных измерений.

Среди габаритных величин значения также получают арифметически, путем сложения продольных размеров (вертикальная досягаемость, размах рук и локтей). Различают статические и динамические признаки. Статические – результат однократного измерения при статичном положении испытуемого стоя или сидя (в позе, имитирующей рабочую). Именно они приводятся в атласах и справочных таблицах, применяются при создании математических моделей фигуры человека и в проектной практике, включая конструирование

манекенов. Динамические признаки характеризуют совокупность физиологических и психологических явлений двигательного порядка («моторика»), а соответствующее оперативное пространство – моторным полем. Оно определяется биомеханическими возможностями человека, особенностями его моторики [13].

Соматография – графический метод определения рациональности структуры объекта в отношении его эксплуатации, основанный на технико-антропометрических изучениях позы и измерения положения тела оператора. Соматография предусматривает масштабное выполнение необходимых изображений в трех проекциях с использованием приемов черчения, а также изготовления и применения соответствующих моделей-шаблонов. При построении последних в проектной практике используется шкала масштабов: М – 1:1; М – 1:2,5 ; М – 1:5 ; М -1:10. Соматографический метод чаще всего используется при проектировании рабочих мест операторов (РМО) персональных и групповых. Соматографический метод с использованием плоских шаблонов М – 1:1 в проектировании РМО впервые применил американский дизайнер и эргономист Генри Дрейфус [25].

Антропометрические данные обычно получают, измеряя тело человека в статическом положении. Эти данные не отражают динамических свойств человеческого тела, способного вытягиваться, сгибаться, поворачиваться и расслабляться [4].

Размеры определяются для особых статистических групп, называемых перцентилями. Если 100 человек расположить в порядке возрастания какого-либо параметра, то они распределяются от 1-го до 100-го перцентиля. Учет антропометрических данных для мужчины 2,5-го перцентиля при проектировании означает, что такой системой смогут воспользоваться лишь 2,5 % мужчин. Система, созданная на основе данных для человека 50-го перцентиля (среднего человека), подойдет для 50 % людей. При проектировании сиденья автомобиля расчет ведут для людей в интервале от 2,5-го до 97,5-го перцентилей [18]. Обычно при проектировании не учитываются первые и последние 10 % антропометрических данных.

Измерения человеческого тела проводятся по следующим признакам:
АНТРОПОМЕТРИЧЕСКАЯ ШИРИНА ПЛЕЧ. Расстояние между акромиальными точками лопаток (Рис. 20).
САГИТТАЛЬНЫЙ ДИАМЕТР ГРУДИ. Расстояние между грудиной и позвоночником в горизонтальном направлении.
ШИРИНА ТАЗА. Максимальное расстояние между гребнями подвздошных костей (в положении стоя, с сомкнутыми пятками).
ЛОКТЕВАЯ ШИРИНА. Расстояние между наружной частью локтевых суставов, когда человек сидит с вертикально прижатыми к туловищу руками.
НАИБОЛЬШИЙ ДИАМЕТР БЕДЕР. Максимальное расстояние между внешними краями ягодиц, когда человек сидит прямо, с сомкнутыми коленями.

ВЫСОТА ГРУДИНЫ НАД ПОЛОМ. вертикальное расстояние от нижнего края грудины до пола в положении стоя.

ВЫСОТА НИЖНЕГО РЕБРА НАД ПОЛОМ. Вертикальное расстояние от края нижнего ребра до пола в положении стоя.

ВЫСОТА ПУПОЧНОЙ ТОЧКИ НАД ПОЛОМ. Вертикальное расстояние от центра пупка до пола в положении стоя.

ВЫСОТА ТАЗА НАД ПОЛОМ. Вертикальное расстояние от гребня подвздошной кости до пола в положении стоя.

ВЫСОТА ЛОБКА НАД ПОЛОМ. Вертикальное расстояние от лобковой кости до пола в положении стоя.

ВЫСОТА КОЛЕНА НАД ПОЛОМ. Вертикальное расстояние от вершины коленной чашечки до пола в положении стоя.

ШИРИНА КОЛЕН. Расстояние между наружными частями коленных суставов (размер берется в положении сидя с сомкнутыми коленями и ступнями).

ВЫСОТА ВНЕШНЕЙ ЛОДЫЖКИ НАД ПОЛОМ. Вертикальное расстояние от нижнего края малой берцовой кости до пола.

ВЫСОТА ВНУТРЕННЕЙ ЛОДЫЖКИ. Вертикальное расстояние от нижнего конца большой берцовой кости до пола.

ШИРИНА ЛОДЫЖКИ. Ширина сустава, измеряемая у нижних концов большой и малой берцовых костей.

ТОЛЩИНА ЛОДЫЖКИ. Расстояние, измеряемое перпендикулярно ширине лодыжки.

РОСТ. Расстояние от пола до верхней точки головы, измеряемое спереди или сзади (человек стоит, сомкнув пятки, с выпрямленной спиной, голова во франкфуртской горизонтали).

ДЕЛЬТОВИДНАЯ ШИРИНА ПЛЕЧ. Максимальное контактное расстояние между дельтовидными мышцами плеча (руки, согнутые в локтях, направлены вперед, локти прижаты к туловищу).

ПОПЕРЕЧНЫЙ ДИАМЕТР ГРУДИ. Ширина груди на уровне сосков.

ПРОДОЛЬНЫЙ ДИАМЕТР ГРУДИ. Максимальное расстояние спереди назад.

ДЛИНА ШАГА. Вертикальное расстояние от нижней паховой точки до пола в положении стоя.

ДЛИНА СТОПЫ. Расстояние от пятки до самого длинного пальца левой ноги (человек стоит, равномерно опираясь на обе ноги).

ОБХВАТ ГРУДИ. Горизонтальный обхват груди под сосками при спокойном дыхании.

ОБХВАТ ПЛЕЧА. Горизонтальный обхват на уровне наибольшего объема бицепса.

ОБХВАТ ПРЕДПЛЕЧЬЯ. Размер берется в средней части предплечья.

ОБХВАТ БЕДРА. Размер берется в средней части бедра в положении стоя.

ОБХВАТ ГОЛЕНИ. Среднее из трех измерений в области наибольшего развития икроножной мышцы (размер берется горизонтально в положении стоя, вес равномерно распределен на обе ноги).

ВЫСОТА ЛОКТЯ ДО СИДЕНЬЯ. Берется между уровнем сиденья и вершиной локтя (человек сидит выпрямившись, плечо в вертикальном, а предплечье в горизонтальном положении).

РОСТ СИДЯ. Вертикальное расстояние (измеряемое по спине) от верхней поверхности сиденья до верхней точки головы (человек сидит выпрямившись, ось бедра параллельна сидению, подколенные впадины не касаются сиденья, ноги свободно касаются пола, голова во франкфуртской горизонтали).

ДЛИНА ТУЛОВИЩА В ПОЛОЖЕНИИ СИДЯ. Вертикальное расстояние (измеряемое спереди) от верхней поверхности сиденья до верхнего края грудины (человек в таком же положении, как и при измерении роста сидя).

ДЛИНА БЕДРА В ПОЛОЖЕНИИ СИДЯ. Горизонтальное расстояние между ягодицей и коленной чашечкой (человек в том же положении, как и в двух предыдущих случаях).

ВЫСОТА КОЛЕНА НАД ПОЛОМ, вертикальное расстояние от пола (или основания пятки) до вершины колена (человек в положении сидя) [4].

ОБЩИЙ РАЗМАХ РУК. Расстояние между концами средних пальцев (руки в стороны на уровне плеч без напряжения).

ДЛИНА РУКИ. Расстояние от конца ключицы до кончика среднего пальца; рука опущена вдоль туловища.

ДЛИНА ПЛЕЧА ПРИ СОГНУТОЙ РУКЕ. Расстояние от акромиальной точки до локтя (человек сидит выпрямившись, плечо вертикально, предплечье горизонтально).

ДЛИНА ПРЕДПЛЕЧЬЯ ПРИ СОГНУТОЙ РУКЕ. Расстояние от локтя до кончика среднего пальца.

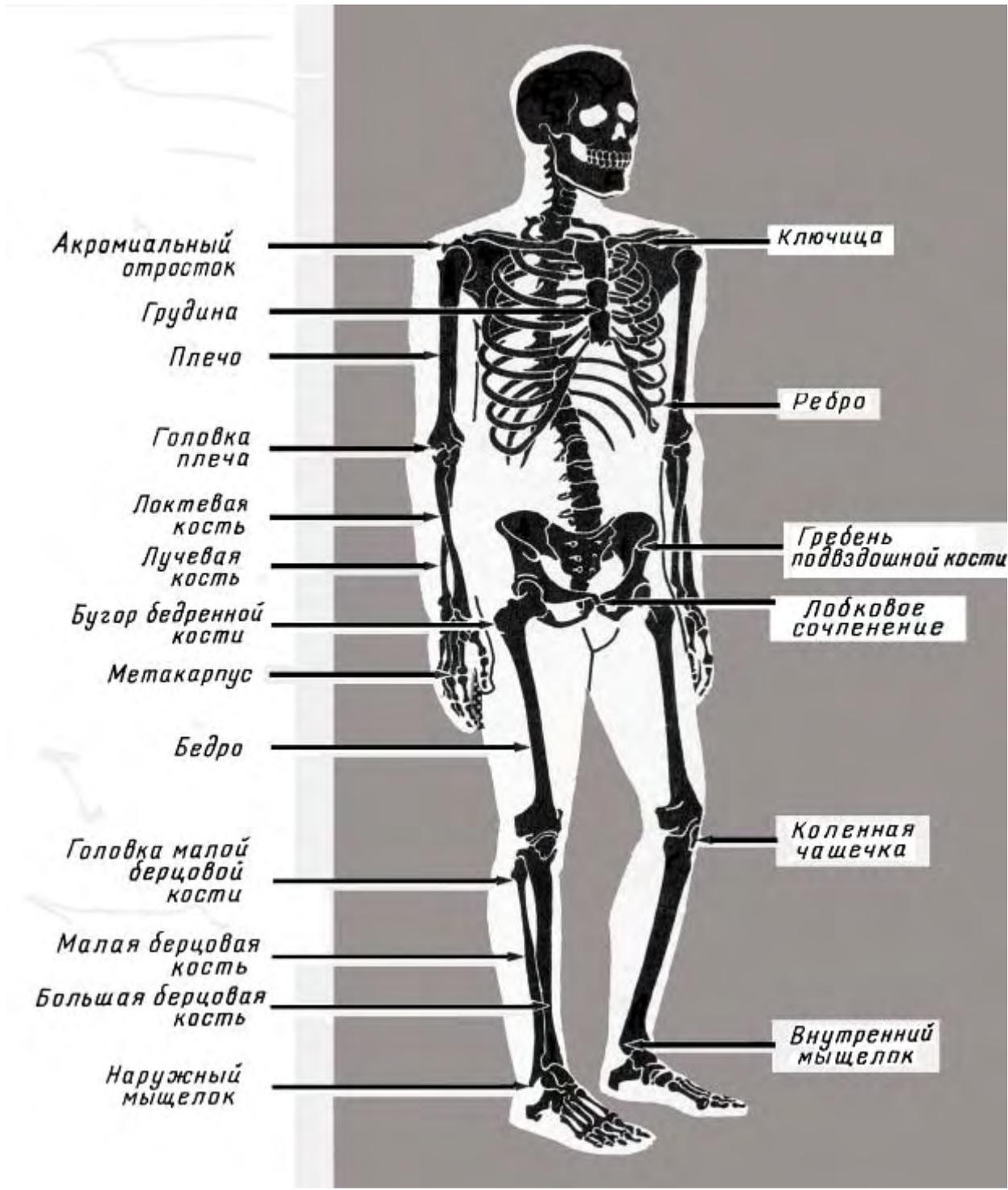


Рис.20 Основные антропометрические данные (части тела), используемые в соматографии

5.2. МОТОРНОЕ ПОЛЕ ЧЕЛОВЕКА

Нормально развитый физически человек – «система» динамическая. Основу двигательного аппарата, обеспечивающего все необходимые движения, составляет костно-мышечная система с шарнирными сочленениями (суставами). Совокупность физиологических и психологических явлений двигательного порядка называют «моторикой», а соответствующее оперативное пространство – «моторным полем». Оператор за пультом управления, рабочий у станка способны менять позы, поворачиваться, расслабляться, дотягиваться до органов управления, передвигаться в пределах рабочей зоны [13].

Динамические возможности человека необходимо учитывать при проектировании РМО, транспортных средств и различных средств производства. Моторное поле, зоны досягаемости, зоны обзора можно просчитать при проектировании с помощью плоских или объемных манекенов, выполненных в определенном масштабе, а также в 3D программах. Окончательные коррекции размеров РМО следует проводить на «посадочных» макетах или опытных образцах, выполненных в натуральную величину.

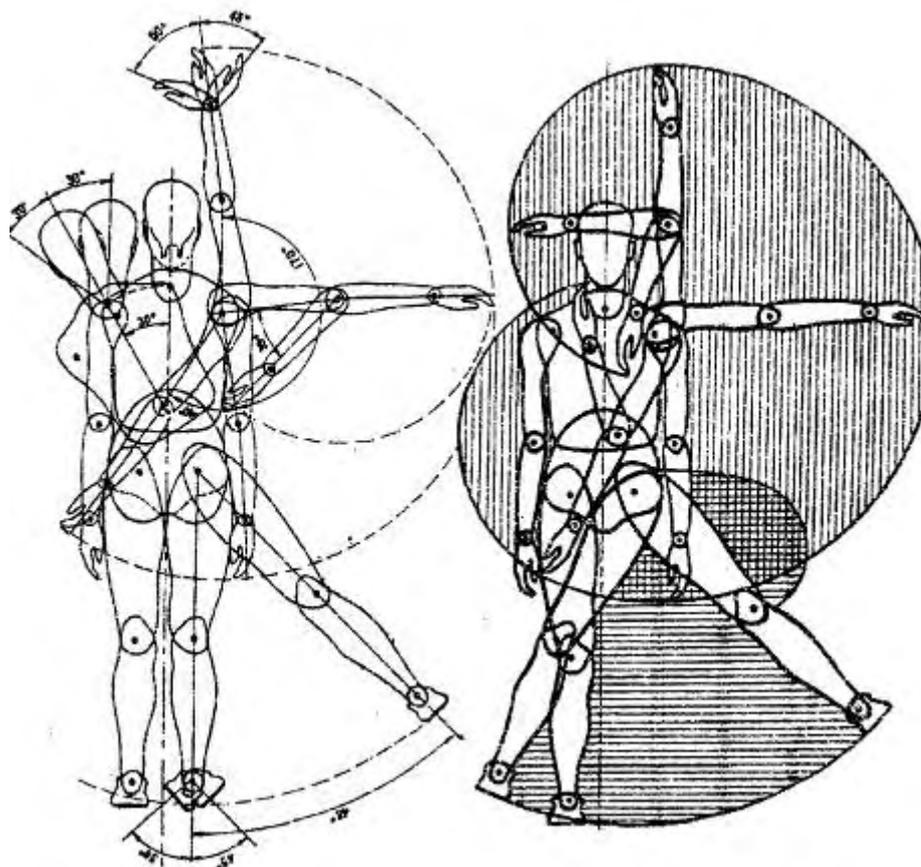


Рис.21. Схема моторного поля человека во фронтальной проекции (рисунок выполнен с помощью плоского шаблона)

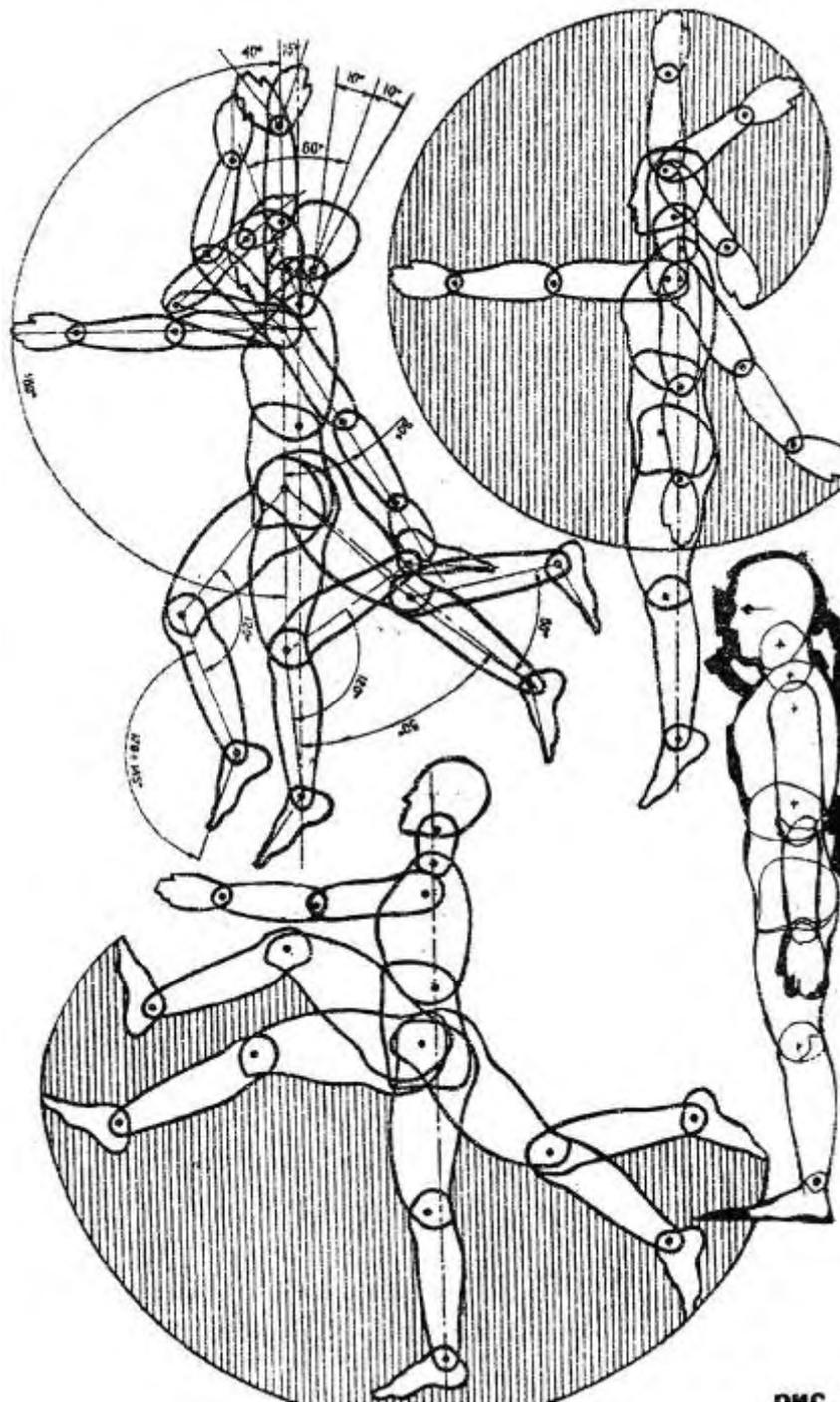


Рис.22. Схема моторного поля человека в боковой проекции (рисунок выполнен с помощью плоского шаблона)

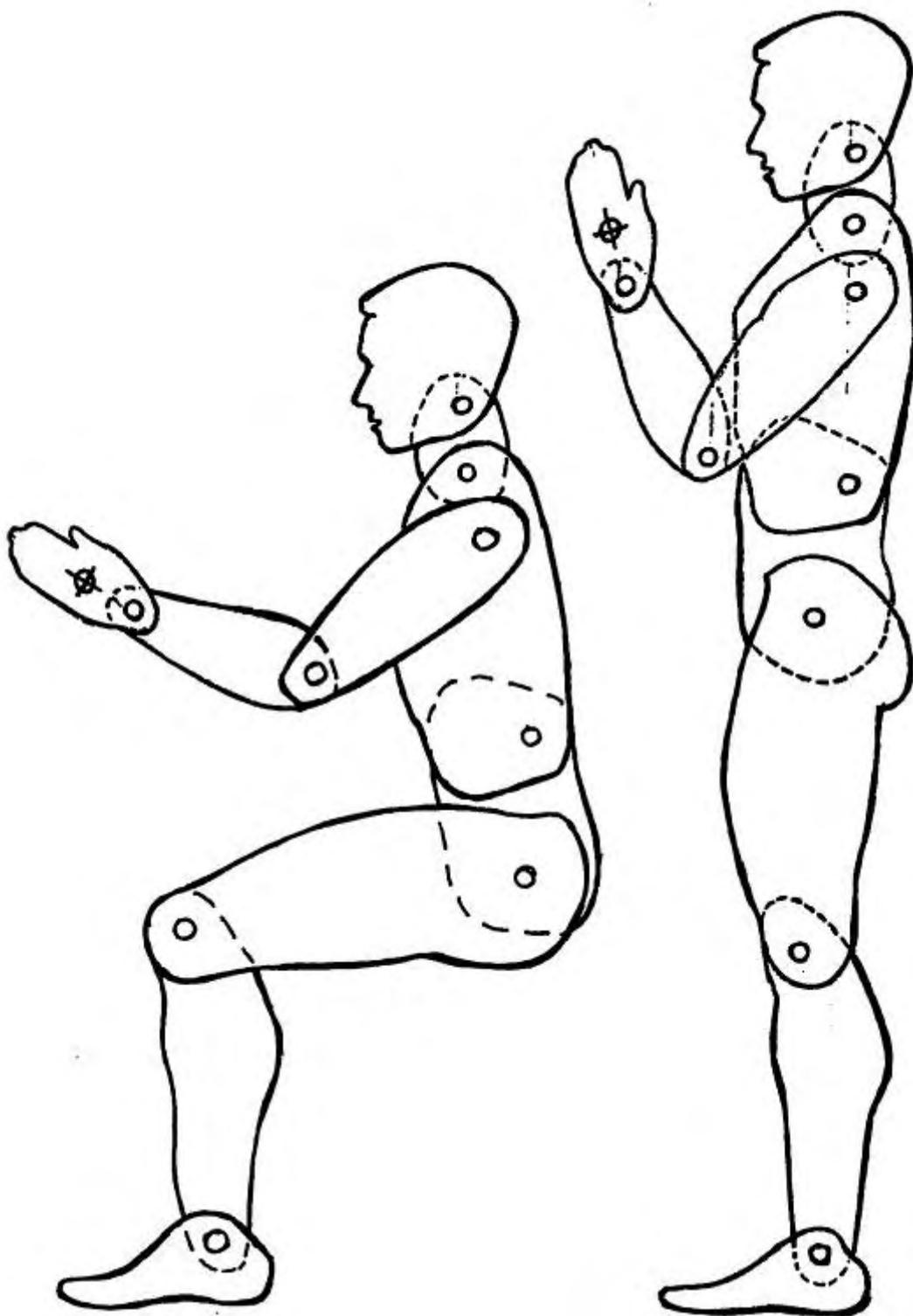


Рис. 23. Плоский шаблон фигуры человека, употребляемый в эргономических схемах РМО

5.3. РАЗМЕРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЗОН, НЕОБХОДИМЫХ ЧЕЛОВЕКУ

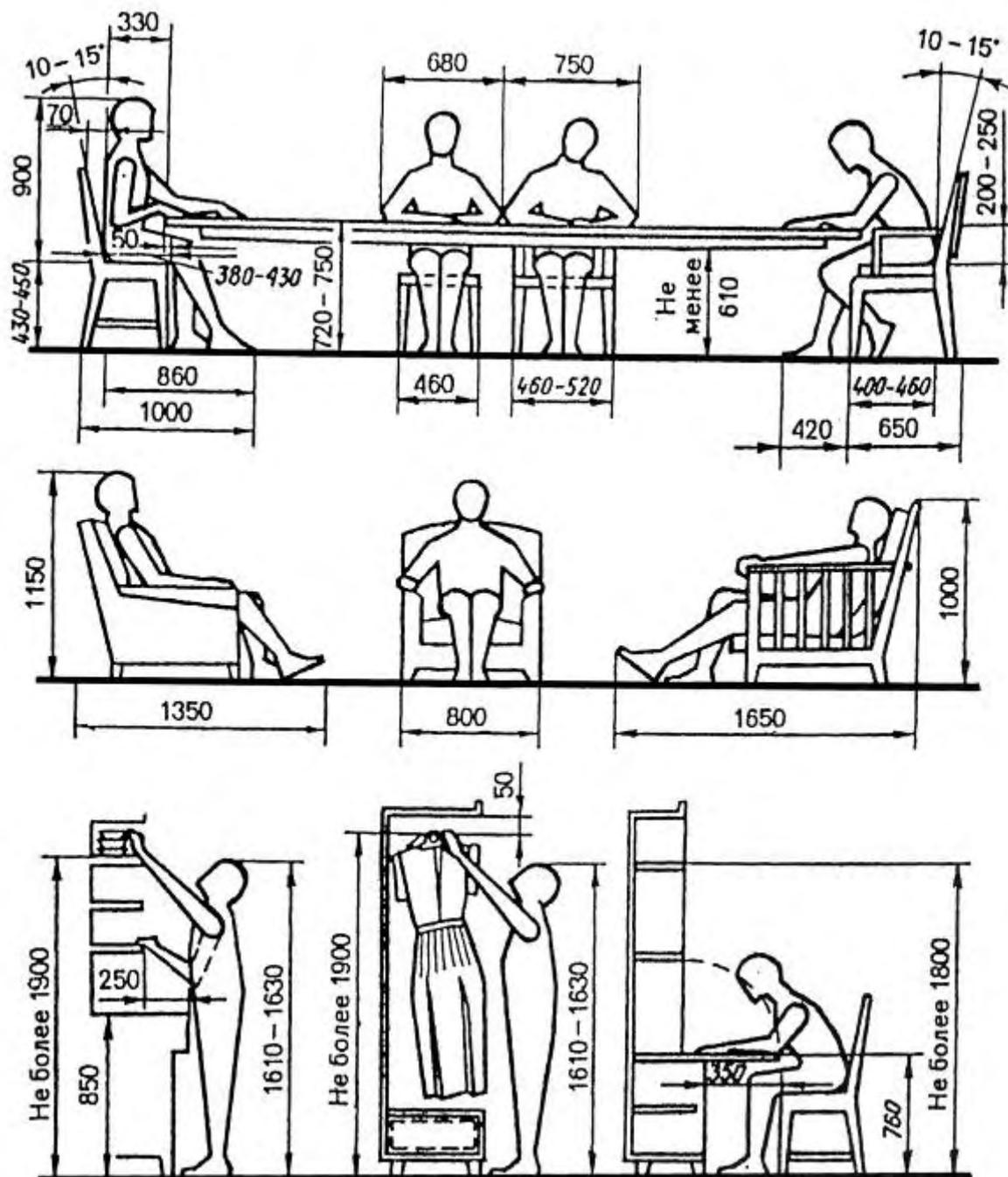
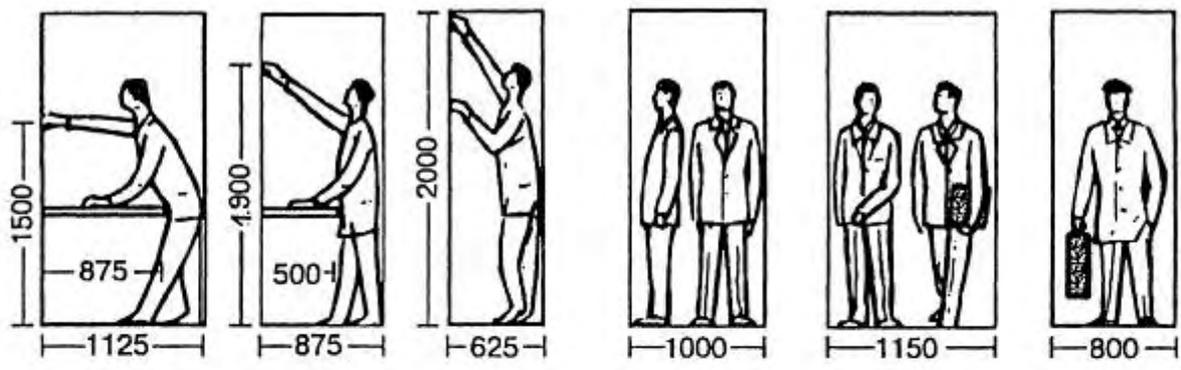
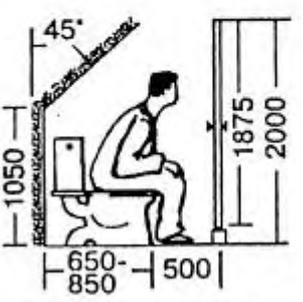
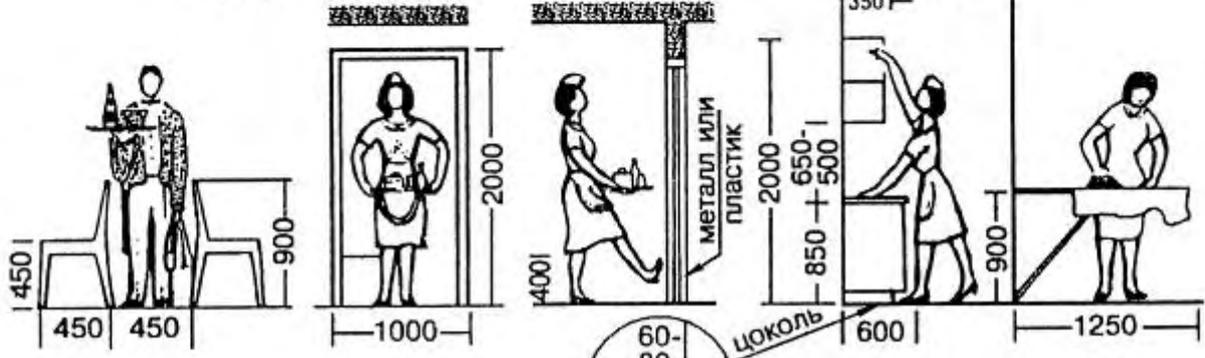


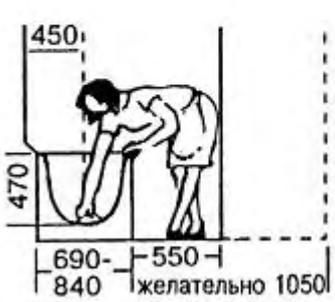
Рис.24. Некоторые пространственные параметры необходимые человеку в бытовой среде (размеры в мм)



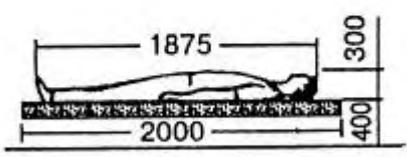
В различных позах



Ширина туалета 800, высота – 2200



Длина ванны 172–188, высота с ножками – 640, без ножек – 510



Ширина кровати: односпальной – 800, 900, 1000, двухспальной – 1500, 1600

Рис.25. Некоторые пространственные параметры элементов бытовой среды (размеры в мм)

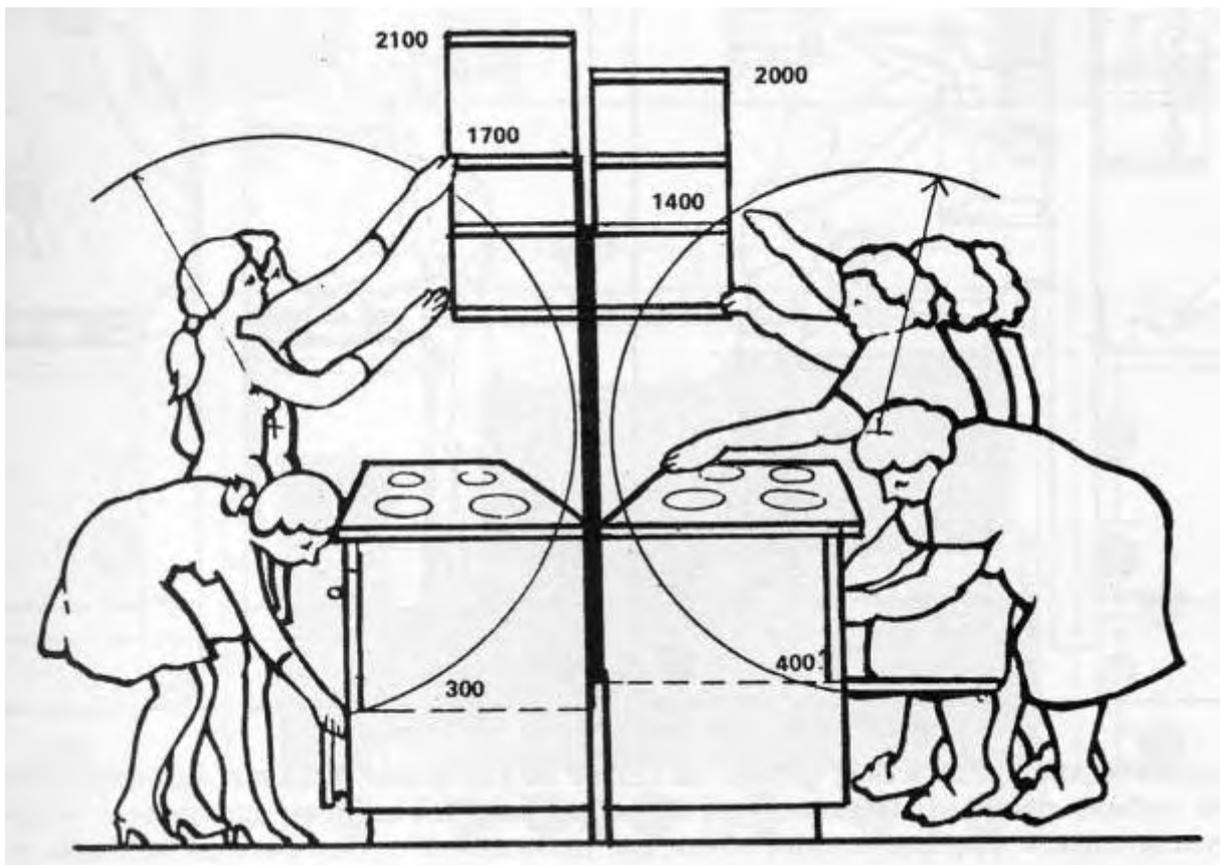
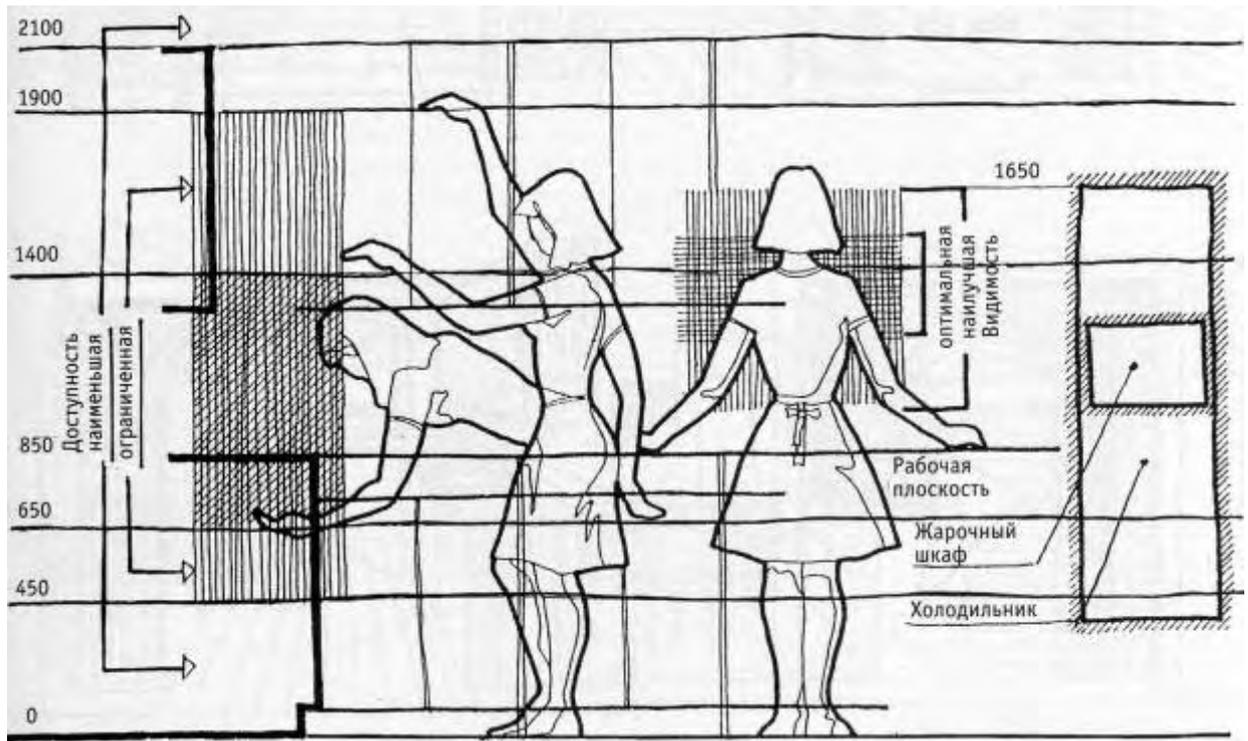


Рис.26. Зоны досягаемости на кухне (размеры в мм)

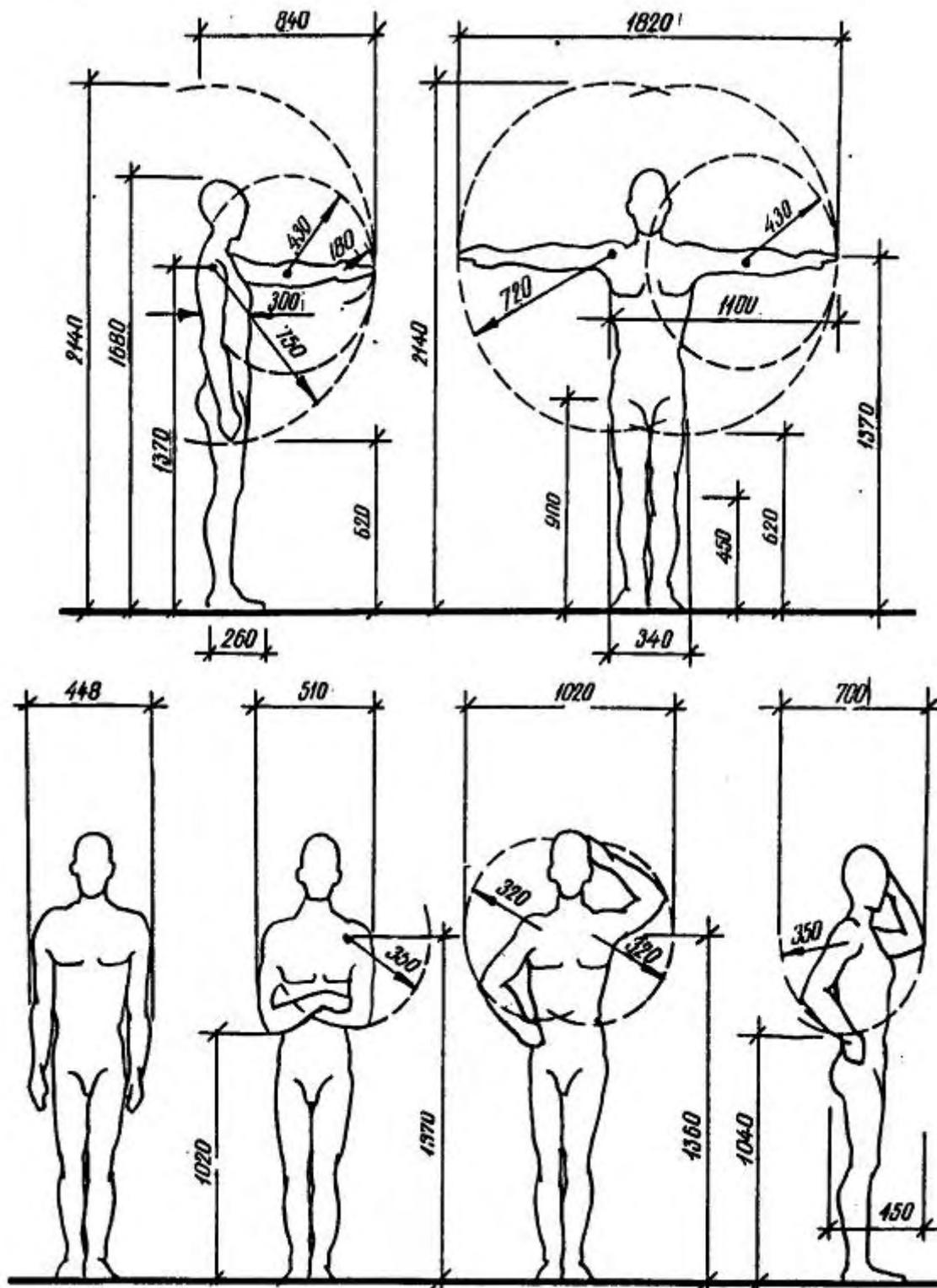


Рис.27. Основные размеры человека (мужчины) в положении стоя (мм).
Данные ВНИИТЭ.

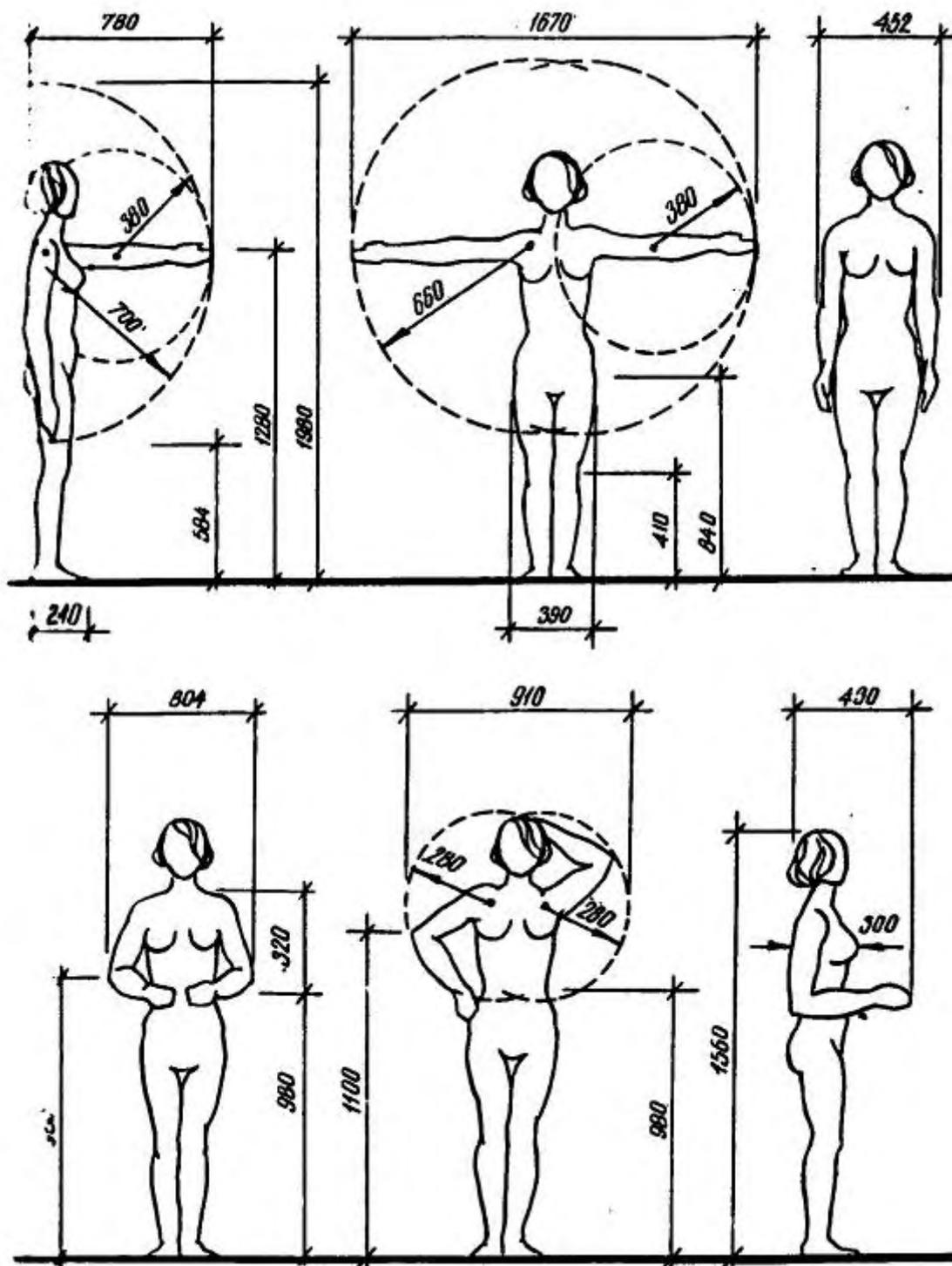


Рис.28. Основные размеры человека (женщины) в положении стоя (мм).
Данные ВНИИТЭ.

6. АНТРОПОСТРУКТУРНЫЕ МОДУЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

Дизайн, как деятельность направленная на гармонизацию ФПС, обладает целым рядом инструментальных методов. Одним из них является применение в проектной практике антропометрических модульных систем. Ценность таких систем состоит в том, что в них с помощью математического аппарата взаимосвязаны эстетические, эргономические и технические характеристики объектов проектирования в части их размерных параметров. Агрегатно-блочный принцип проектирования производственного и бытового оборудования, сложных технических систем, предполагает систематизацию, стандартизацию и взаимное увязывание их размерных параметров. Идеи антропоморфизма предметной среды высказывались еще в Древней Греции Протагором: «Человек – есть мера всех вещей» [15].

Теоретические основы антропоструктурных модульных систем (АМС) были сформулированы во второй половине XX века, вначале крупнейшим французским теоретиком и мастером архитектуры - Ле Корбюзье в работе «Модульор» (1948), а затем ленинградским дизайнером В. А. Пахомовым в работе «Модульная координация в художественном конструировании» (1972) и созданной им антропоструктурной модульной системе АСМОС. Все последующие работы в области создания и АМС базируются на «Модульоре» Ле Корбюзье и АСМОС В. А. Пахомова.

Системы модульной координации размерных параметров объектов ФПС целесообразно применять при проектировании больших массивов промышленной продукции, фирменного стиля предприятия или целой отрасли, что в результате дает не только экономический эффект, но также улучшает эстетические характеристики продукции, выводит их на более высокий качественный уровень. Практическая ценность систем модульной координации размерных параметров была подтверждена при проектировании целого ряда фирменных стилей для различных промышленных отраслей дизайнерами Ленинградского филиала ВНИИТЭ (А.А. Мещанинов, Д.А. Кочугов) в начале 90-х гг. XX века.

6.1. «МОДУЛОР» ЛЕ КОРБЮЗЬЕ

«Модульор» - система пропорций, координации линейно-геометрических параметров архитектурных объектов, основанная на антропометрии, математической гармонии (золотое сечение, ряд Фибоначчи, удвоение числового ряда). В результате 8 лет работы Ле Корбюзье и его сотрудниками была создана измерительная шкала (в метрической и футо-дюймовой системах). По авторскому определению «гармоническая мера человеческого масштаба, универсально применяемая к архитектуре и к механике» [9].

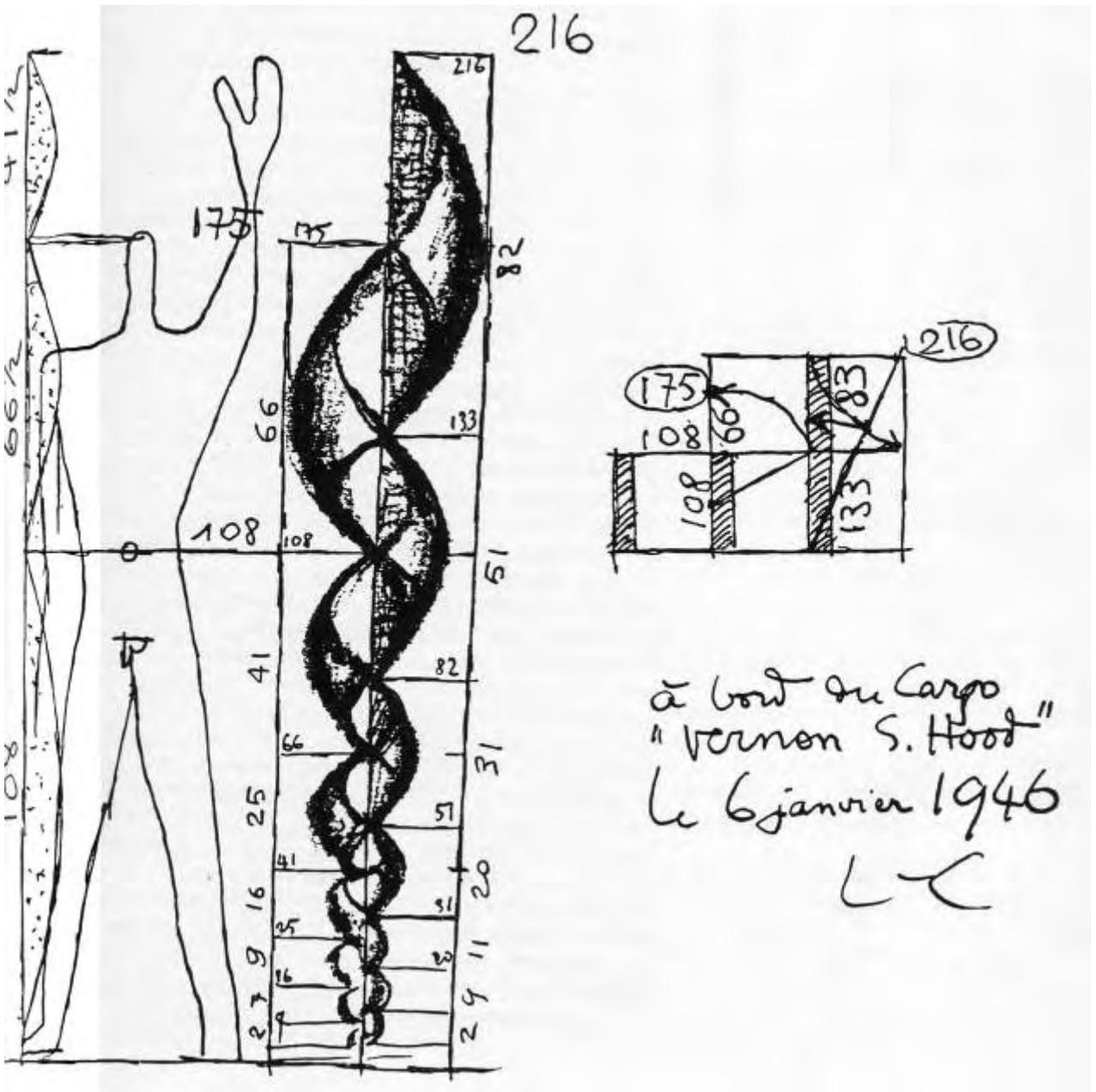


Рис. 29. MOD1. Рисунок Ле Корбюзье

Ле Корбюзье создал два варианта «Модулора». Первый вариант базировался на основе роста человека 175 см и высоте поднятой руки 216 см (рис.29). Величина 216 см одновременно производная от удвоения величины 108 см (высота срединной линии). Второй вариант базировался на основе роста человека 183 см (почти 6 футов – 182,88 см) и высоте кончиков пальцев поднятой руки 226 см (удвоение размера 113 см).

Следует отметить, что рост человека 183 см (рис.30), принятый Ле Корбюзье за базовую величину, значительно превышает средние статистические значения роста европейцев и тем более ряда этнических групп Азии, он не соответствует основным антропометрическим показателям

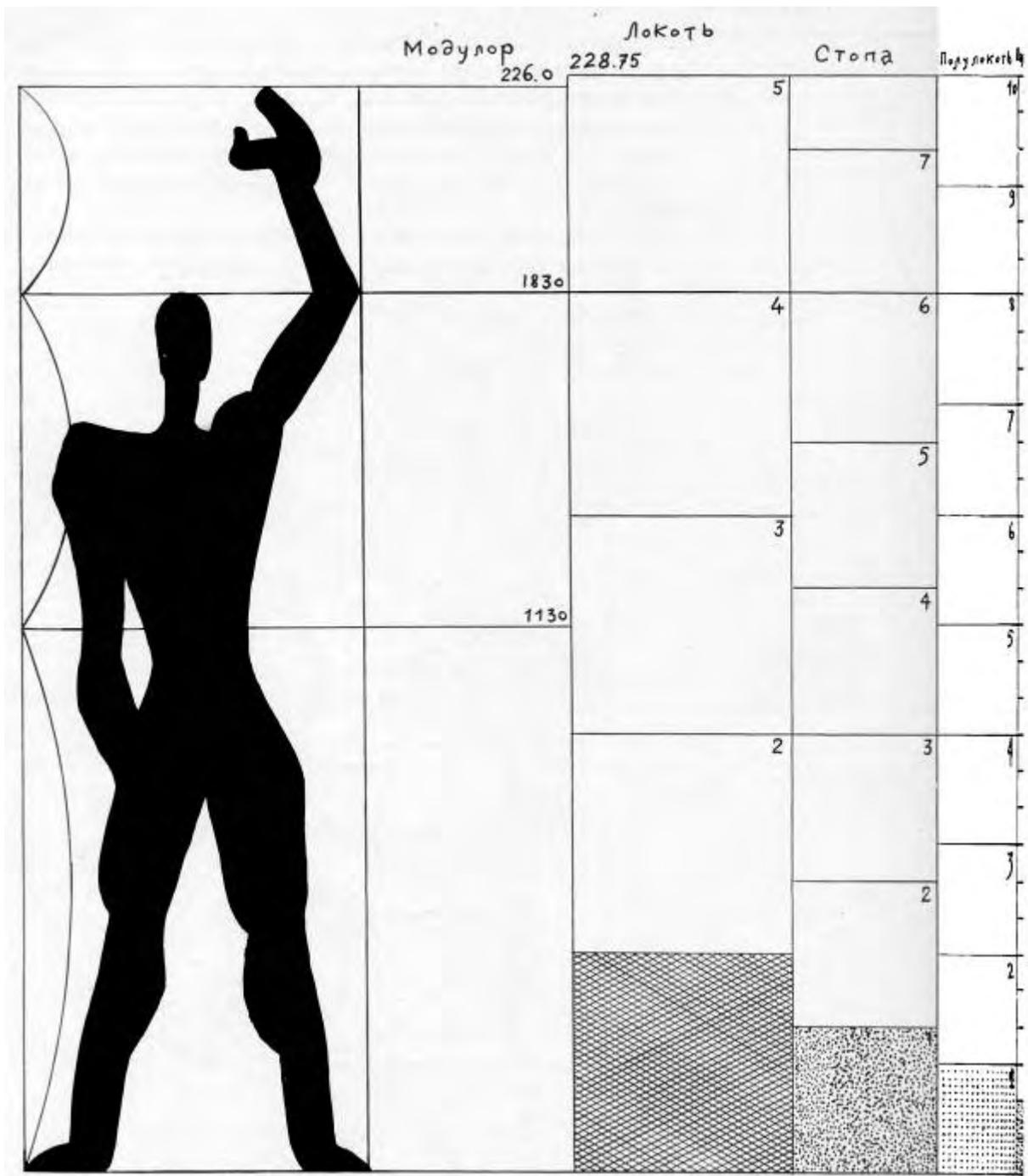


Рис.30. MOD2. Рисунок Ле Корбюзье

MOD2 – это попытка Ле Корбюзье «соединить» метрическую и футоймовую системы внутри одной измерительной шкалы, созданной им для строителей и архитекторов. При проектировании административного комплекса в Чандигархе (Индия) Ле Корбюзье применил шкалу MOD2 и затем ушло почти 1,5 года на переделку проектной документации – MOD2 не «сработал». «Масштабы дворца оказались преувеличенными! Мы спроектировали в расчете на великанов!» [9]. После чего Ле Корбюзье рекомендовал «округлять» числовые значения. Тем не менее, значение «Модулора» Ле Корбюзье необычайно велико, поскольку он нашел метод

гармонизации модульных величин и его основные принципы были использованы в дальнейшем. Знаменитый физик Альберт Эйнштейн высоко оценил «Модульор» как «систему пропорций, мешающую делать плохо и помогающую делать хорошо» (рис. 31).

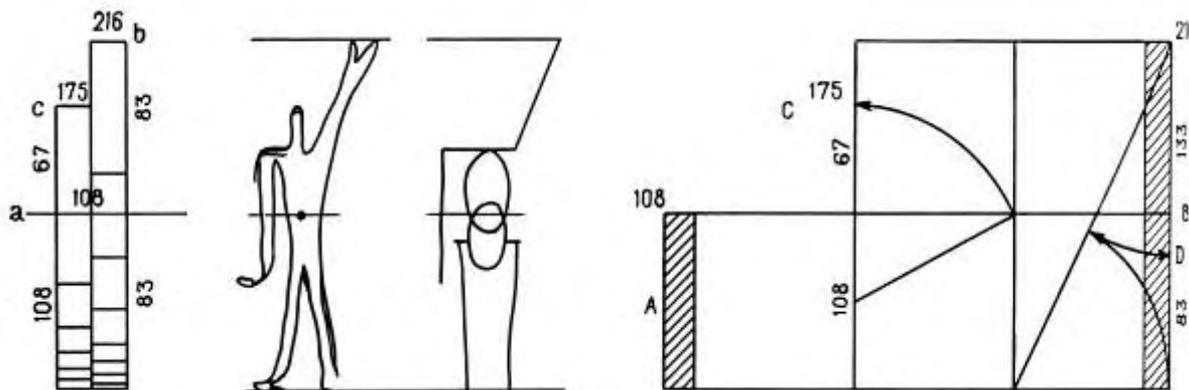


Рис.31. Система пропорций MOD 1. Рисунок Ле Корбюзье

«Модульор» Ле Корбюзье не получил достаточно широкого применения по целому ряду причин. К ним относятся: дробность величин; нарушение принципов аддитивности и удвоения величин (результат их округления в пределах ± 7 мм); несоответствие исходного роста человека, принятого за основу расчета мер (182,9 см), среднему росту европейцев (особенно росту женщин); несоответствие требованиям общепринятых ограничительных стандартов на размеры, основанные на рядах Ренара, служащих основой для разработки рядов на типоразмеры, применяемые при проектировании промышленных изделий (ГОСТ 8032-56, ГОСТ 6636-60) [15].

6.2. АСМОС В. А. ПАХОМОВА

Большинство работ, посвященных модульной координации (А. Бемис, Л. Серк, В. Вольнов, Д. Хазанов, А. Гай, Г. Борисовский и др.) направлены на решение проблемы координации размеров в строительстве. В дизайне промышленной продукции и технических систем, в приборостроении и машиностроении серьезных работ связанных с модульной координацией до 60-х – 70-х гг. XX в. не существовало.

Системный подход к проектированию продукции приборостроения и машиностроения, разработка фирменных стилей для целых отраслей промышленности, проводимая во ВНИИТЭ и ЛФ ВНИИТЭ в 70-х – 80-х гг. XX в., вызвал необходимость планомерного и глубокого изучения проблемы модульной координации в дизайне. Эту задачу выполнил ленинградский дизайнер В. А. Пахомов в ЛФ ВНИИТЭ.

Сущность модульной координации размеров заключается в привязке объемно-пространственной структуры изделий и самих изделий к пространственной прямоугольной системе модульных плоскостей, линий их пересечения (модульных линий) и точек их пересечения (модульных точек). При этом подразумевается, что расстояния между смежными плоскостями в каждом из трех измерений для изделия в целом и для отдельных его частей должны приниматься равными или кратными основному модулю или одному из производных модулей. Под модулем понимается установленный исходный размер модуля, являющийся основой координации размеров. Производный модуль – кратный основному или составляющий часть основного модуля.

Антропоструктурная модульная система с основным модулем 5 см характеризуется тем, что ее величины соответствуют требованиям ограничительного ГОСТ 8032-56 «Предельные числа», а также ГОСТ 6636-60 «Нормальные линейные размеры». Другие модули такого соответствия не дают [15]. Основной модуль АСМОС равен половине основного модуля, принятого в строительстве, это позволяет согласовывать размеры элементов ФПС с планировочными параметрами зданий.

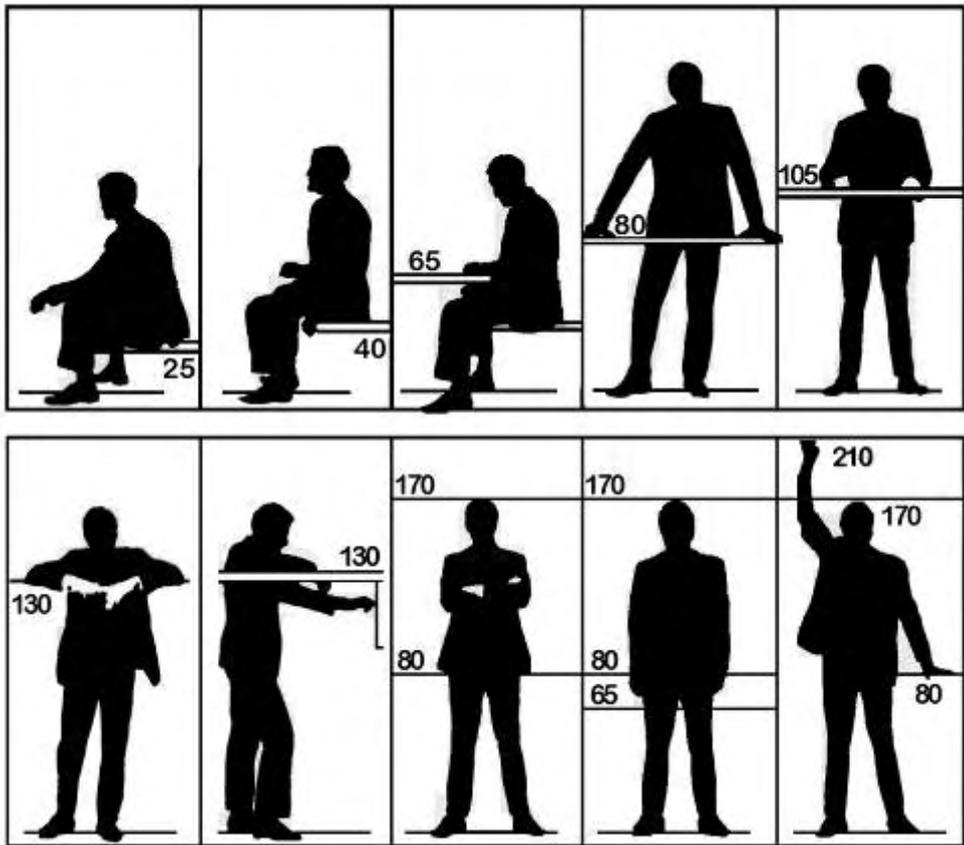


Рис.32. Модульное выражение основных пространственных опорных плоскостей и точек. Рисунок В.А. Пахомова

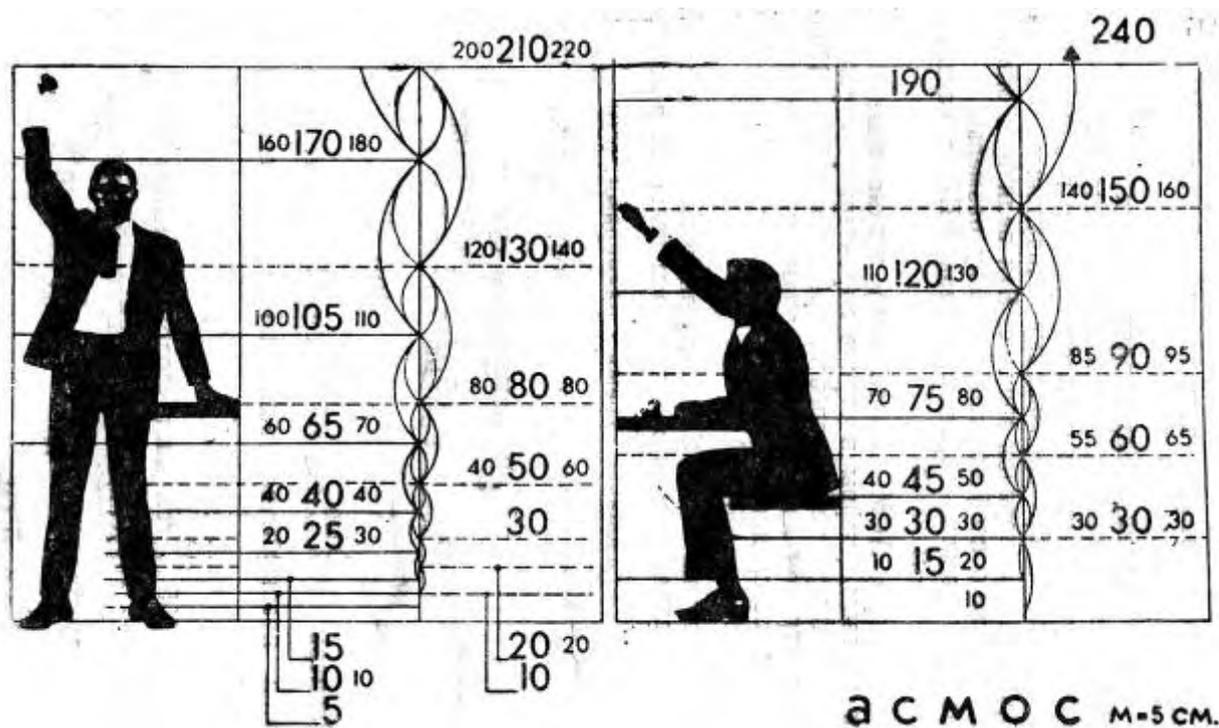
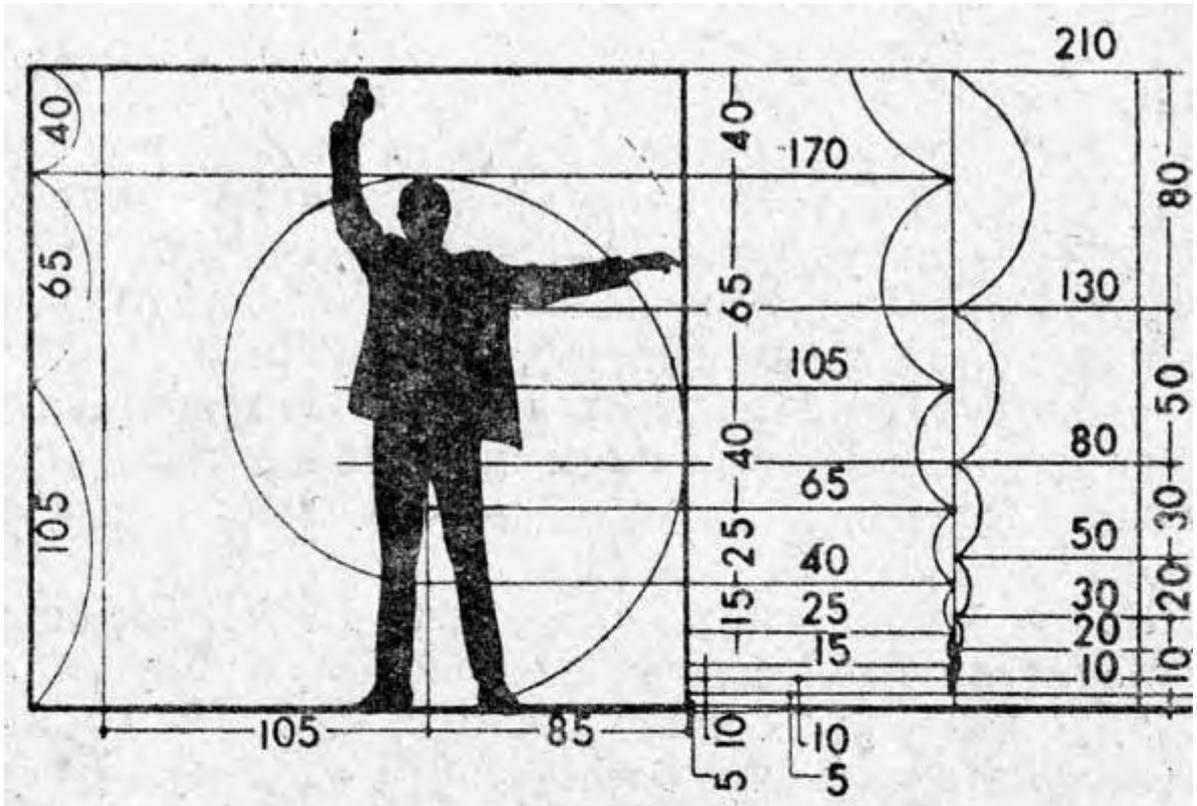


Рис.33. Система АСМОС. Рисунок В.А Пахомова.

АСМОС включает в себя основной и укрупненные строительные модули 10 см, 20 см, 30 см, 60 см, 120 см и 150 см..

Для проектирования оборудования малых размеров и детальной проработки некоторых элементов (органы управления и индикации) вводится дробный модуль $m = M/10$, производные модульные величины будут на порядок меньше. Модульные величины АСМОС – 160 см, 170 см, 180 см характеризуют рост человека в приемлемых пределах статистических антропометрических значений. Это делает АСМОС удобной гибкой системой для проектных задач дизайнеров и дает определенный простор для «маневрирования». Назначение АСМОС заключается в одновременном служении техническим, эргономическим и эстетическим целям. АСМОС способствует установлению соразмерности элементов ФПС и устранению произвола и беспорядка в назначении размеров (рис. 32 – 34).

Ряд комплексных системных дизайн-проектов, выполненных в ЛФ ВНИИТЭ в 80-х гг. XX в., подтвердил практическую ценность АСМОС и возможность реализации заложенных в ней принципов для дизайна промышленной продукции [16].



малая функция				ОСНОВНОМ М.Д.	большая функция					
$\sqrt{5}$	$\sqrt{4}$	$\sqrt{3}$	$\sqrt{2}$		$\sqrt{2}$	$\sqrt{3}$	$\sqrt{4}$	$\sqrt{5}$	$\sqrt{5-1}$	$\sqrt{5-1}$
75	85	100	120	170	240	300	340	380	210	550
45	55	60	75	105	150	185	210	235	130	340
30	35	40	45	65	95	115	130	145	80	210
	20	25	30	40	55	70	80	90	50	130
			20	25	35	45	50	55	30	80
				15		25	30	35	20	50
				10			20			
				5			10			

Рис.34. Математическое выражение АСМОС с основным модулем 5 см (5 мм) [16]

7. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Антропология – наука о морфологии и эволюции человека.

Антропометрия – статистическая отрасль антропологии, дающая представление о пропорциях и размерах человеческого тела нормального, физически развитого человека в различных положениях и движениях.

Видимость – отношение видимого контраста объекта с фоном к его пороговому значению (измеряется числом порогов).

Информационное поле – пространство РМО с размещенными средствами отображения информации (СОИ) и другими источниками сведений, используемых в процессе деятельности.

Кодирование – процесс преобразования сообщений, выраженного с помощью одной системы символов через другую систему символов.

Критическая частота мельканий (КЧМ) – величина, определяющая границу ощущения прерывистого стимула.

Моторное поле – пространство ограниченное «рамками» оптимальной физиологической подвижности конечностей человека.

Оптимальная зона моторного поля – часть моторного поля РМО, ограниченная дугами, описываемыми максимально вытянутыми руками при движении их в плечевом суставе.

Оптимальная зона информационного поля – часть информационного поля РМО, в которой обеспечено наилучшее восприятие информации.

Острота зрения минимального разделения – минимальный угол обнаружения зазора между линиями (составляет приблизительно одну угловую минуту).

Перцентиль (процентиль) – сотая доля измерений совокупности людей, которой соответствует определенное значение антропометрического признака.

Поле зрения – пространство, видимое глазом при фиксированном взоре и неподвижной голове наблюдателя.

Порог ощущения – минимальная величина раздражителя, которая вызывает ощущение этого раздражителя. Пороги могут быть абсолютными, дифференциальными и оперативными. Именно оперативные пороги характеризуют оптимальные величины сигналов.

Рабочее место человека-оператора (РМО) – зона, оснащенная средствами отображения информации, органами управления и вспомогательным оборудованием, где осуществляется трудовая деятельность оператора.

Угловой размер объекта (знака) – угол между лучами, направленными от глаза наблюдателя к крайним точкам наблюдаемого объекта.

Франкфуртская горизонталь – такая ориентировка головы, когда линия, соединяющая край глаза и точку трагион (козелок уха), параллельна горизонтальной плоскости.

Цветность – оттенки основных цветов. Глаз различает 7 основных цветов и около 150 их оттенков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антропометрический атлас. Методические рекомендации / под ред. А.А. Гладышева и др.- М.: Изд -во ВНИИТЭ, 1977.
2. Белов А.А., Янов В.В. Художественное конструирование мебели - М.: Лесная промышленность. 1985.
3. Варламов Р. Г. Компоновка радио и электронной аппаратуры. - М.: Советское радио, 1966.
4. Вудсон У., Коновер Д. Справочник по инженерной психологии для инженеров и художников-конструкторов / пер. с англ. - М.: Мир, 1968.
5. Зинченко В. П., Мунипов В.М., Смолян Г.В. Эргономические основы организации труда. - М.: Экономика, 1974.
6. Клиффорд Т. Морган, Чапанис Альфонс, Джесси С. Кук, Макс У. Ланд. Инженерная психология в применении к проектированию оборудования / пер. с англ. - М.: Машиностроение, 1971.
7. Лазарев Е. Н. Программа курса «Эргономика» (специальность 2230 «Промышленное искусство»). Приложение, «Техническая эстетика и инженерная психология»: сборник. трудов - Л.: Изд-во ЛВХПУ, 1972.
8. Ле Корбюзье. Модульор./ пер. с франц.- М.: Стройиздат, 1976.
9. Ломов Б. Ф. Основы инженерной психологии - М.: Высшая школа, 1977.
10. Мунипов В. М. Эргономика на службе производства – М.: Знание, 1970.
11. Нейферт Э. Строительное проектирование / пер. с нем. – М.: Стройиздат, 1965. Т.1. 2
12. Новиков Н. В. Антропометрия и соматография в Академическом дизайне. – СПб.: СПбГХПА, 1997.
13. Орлова Т.А. Проблемы борьбы с шумом. - М.: Стройиздат ,1965.
14. Пахомов В. А. К вопросу о модульной координации геометрических параметров изделий - Л.: Изд-во ЛДНТП, 1969.
15. Пахомов В. А. Введение в теорию антропометрических модульных систем: сборник. трудов «Техническая эстетика и инженерная психология» - Л.: Изд-во ЛВХПУ, 1972.
16. Панеро Джулиус, Зельник Мартин. Основы эргономики. Человек, пространство, интерьер. - М.: Изд-во Астрель. АСТ, 2006
17. Пахомов В. А. Единая модульная координация в проектировании промышленных изделий, Техническая эстетика, 1973, № 9.
18. Хилл П. Наука и искусство проектирования /пер. англ.- М.: Изд -во «Мир», 1973.
19. Рунге В., Манусевич Ю. Эргономика в дизайне среды. – М.: Изд -во Архитектура-С, 2007.
20. ГОСТ 21033 – 75. Система «человек – машина». Основные понятия. Термины и определения.
21. ГОСТ 21035 – 75. Система «человек – машина». Рабочая среда рабочего места человека-оператора. Термины и определения.

22. ГОСТ 21034 – 75. Система «человек – машина». Рабочее место человека-оператора. Термины и определения.
23. ГОСТ 12.0.003 – 74. ССБТ Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
24. ОСТ 4.ГО.070.205. ЕС ЭВМ. Техническая эстетика и эргономика. Методика формообразования изделий.
25. Dreyfuss H. Measure of man. Whitney Publications. N.Y.C, 1961.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Примерные вопросы к экзамену.*

*Примечание: вопросы составлены в том порядке, в котором они могут находиться в экзаменационных билетах – по два вопроса в каждом билете.

- 1.1. Предмет изучения эргономики. Составные части. Практическое применение в промышленном дизайне.
- 1.2. Параметры среды, учитываемые в проектировании объектов дизайна.

- 2.1. Процесс восприятия объектов в пространстве. Физиологические и психологические аспекты. Анализаторы, рецепторы, процесс передачи сигналов.
- 2.2. Антропометрия. Предмет исследования. Основные размерные параметры человека, учитываемые при проектировании в дизайне.

- 3.1. Устройство зрительного анализатора. Угловые размеры Зрительного поля.
- 3.2. Четыре наиболее характерных типа пультов оператора (нарисовать схемы).

- 4.1. Шум. Предельно допустимые нормы воздействия звука на слуховой анализатор.
- 4.2. Размерные характеристики человека в позе «сидя» (работа, отдых), учитываемые в проектировании (нарисовать схемы).

- 5.1. Вибрация. Предельно допустимые нормы воздействия на человека.
- 5.2. Ширина проходов в жилых, общественных зданиях для одного, двух, трех человек, учитываемая при проектировании.

- 6.1. Размерные системы, применяемые в проектировании объектов дизайна.
- 6.2. Модуль Ле Корбюзье. Основные принципы системы. Модуль 1, Модуль 2.

- 7.1. Цвет. Физическая основа цвета. Восприятие человеком цвета. Субъективный характер восприятия цвета. Психологическое воздействие цвета на человека.
- 7.2. Использование цветового кодирования в проектных проблемах дизайнеров.

- 8.1. Антропоструктурная модульная система АСМОС
В.А. Пахомова.
Основные отличия АСМОС от Модуля Ле Корбюзье.
- 8.2. Типология в антропометрии детского и взрослого населения.

- 9.1. Система «человек – машина». Основные блоки деятельности. Информационное поле.
- 9.2. Визуальная информация. Формы и способы передачи визуальной информации.

- 10.1. Моторное поле человека.
- 10.2. Типология носителей информации. Формы представления визуальной информации

- 11.1. Перцентили. Разброс размерных параметров в этносах.
- 11.2. Соматографический метод проектирования в дизайне рабочих мест оператора (нарисовать простейшие схемы).

- 12.1. Световой и цветовой климат, его влияние на человека.
- 12.2. Экологический аспект эргономики. Антропогенные и технические факторы. Аварийные сигналы. Способы воспроизведения.