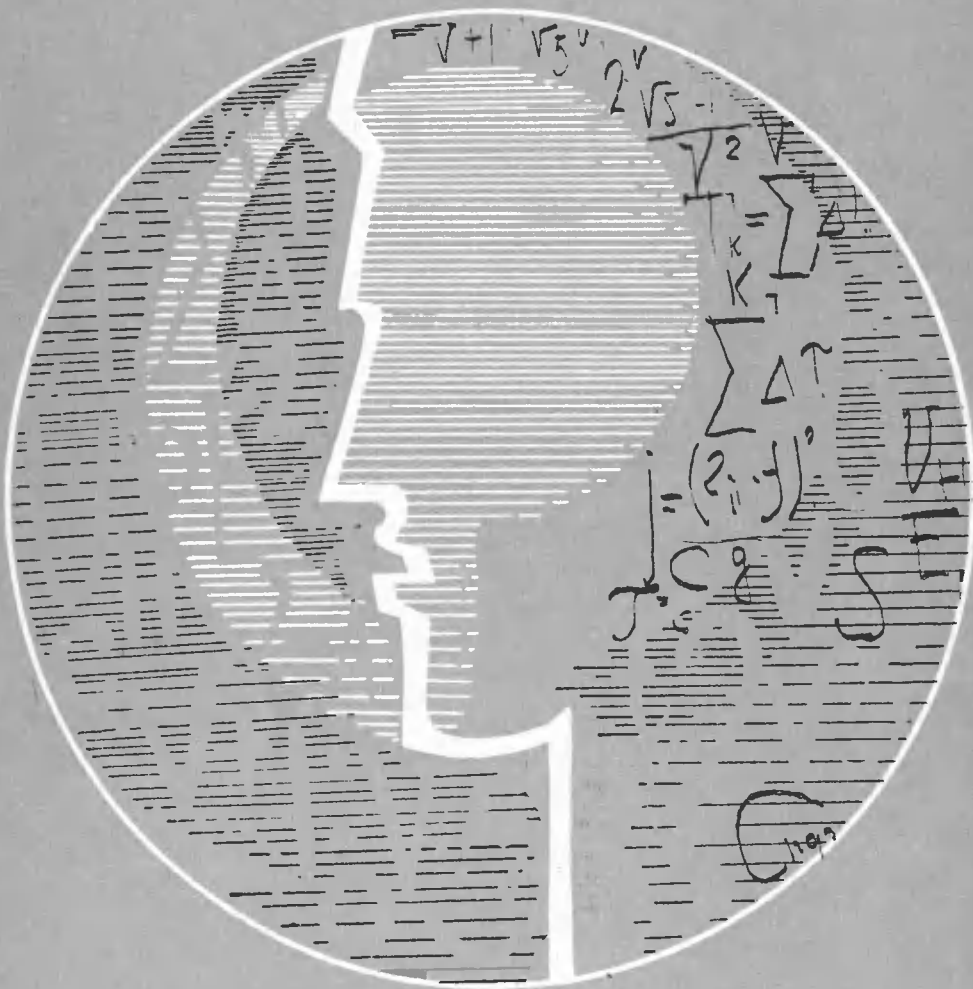


Р. Г.  
ВАРЛАМОВ  
ОСНОВЫ  
ХУДОЖЕСТВЕННОГО  
КОНСТРУИРОВАНИЯ  
РАДИО И ЭЛЕКТРОННОЙ  
АППАРАТУРЫ  
ИЗДАТЕЛЬСТВО  
«СОВЕТСКОЕ  
РАДИО»  
МОСКВА  
1967

Р. Г.  
ВАРЛАМОВ  
ОСНОВЫ  
ХУДОЖЕСТВЕННОГО  
КОНСТРУИРОВАНИЯ  
РАДИО И ЭЛЕКТРОННОЙ  
АППАРАТУРЫ  
ИЗДАТЕЛЬСТВО  
«СОВЕТСКОЕ  
РАДИО»  
МОСКВА  
1967

Р. Г.  
ВАРЛАМОВ  
ОСНОВЫ  
ХУДОЖЕСТВЕННОГО  
КОНСТРУИРОВАНИЯ  
РАДИО И ЭЛЕКТРОННОЙ  
АППАРАТУРЫ  
ИЗДАТЕЛЬСТВО  
«СОВЕТСКОЕ  
РАДИО»  
МОСКВА  
1967



$$= \sqrt{1 + \sqrt{5}} \cdot 2^{\sqrt{5}-1}$$

$$T^k = \sum_{K_T} \Delta^k$$

$$\sum \Delta T$$

$$j = (2i - 1)^{\circ}$$

$$T_{\text{C}} = 2 \quad S$$

Chen



**Р. Г. ВАРЛАМОВ**

**ОСНОВЫ  
ХУДОЖЕСТВЕННОГО  
КОНСТРУИРОВАНИЯ  
РАДИО И ЭЛЕКТРОННОЙ  
АППАРАТУРЫ**

**В книге даны  
основные сведения  
по художественному  
конструированию  
радио- и электронной  
аппаратуры.  
Излагаются задачи  
художественного  
конструирования,  
приводятся  
основные сведения  
о методах  
художественного  
конструирования.  
Книга рассчитана  
на широкий круг читателей:  
студентов высших и средних  
технических  
учебных заведений,  
инженеров и художников,  
желающих ознакомиться  
с художественным  
конструированием  
радио- и электронной  
аппаратуры.**

В настоящее время в Советском Союзе  
вопросам художественного конструирования  
уделяется большое внимание:  
организованы специальные  
художественно-конструкторские бюро,  
создан Всесоюзный научно-исследовательский  
институт технической эстетики,  
открыты факультеты по подготовке  
художников-конструкторов  
в художественно-промышленных училищах.  
Художественное конструирование  
позволяет получать изделия с совершенно  
новыми качествами,

изделия, в которых органически связаны функциональные,  
утилитарные и эстетические свойства.

Несмотря на то, что художественное конструирование  
уже сформировалось в виде самостоятельной дисциплины,  
литературы по вопросам художественного конструирования  
пока еще мало.

Это побудило автора написать данную книгу,  
целиком посвященную вопросам  
основ художественного конструирования РЭА.  
Она не претендует на полноту изложения  
всех проблем художественного конструирования РЭА,  
однако, по мнению автора, может сплунить  
своеобразным введением в эти вопросы  
и позволит читателю в дальнейшем перейти к изучению  
специальной периодической литературы.

Большинство положений может быть использовано при ознакомлении с проблемами художественного конструирования других видов промышленных изделий.

Книга содержит шесть глав.

В первой излагаются задачи художественного конструирования РЭА, во второй и третьей

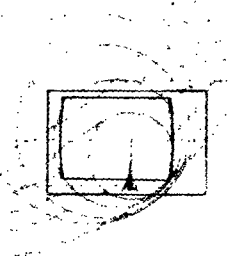
даны основы инженерной психологии и эргономики, в четвертой — основы формообразования, в пятой — основы цветоведения.

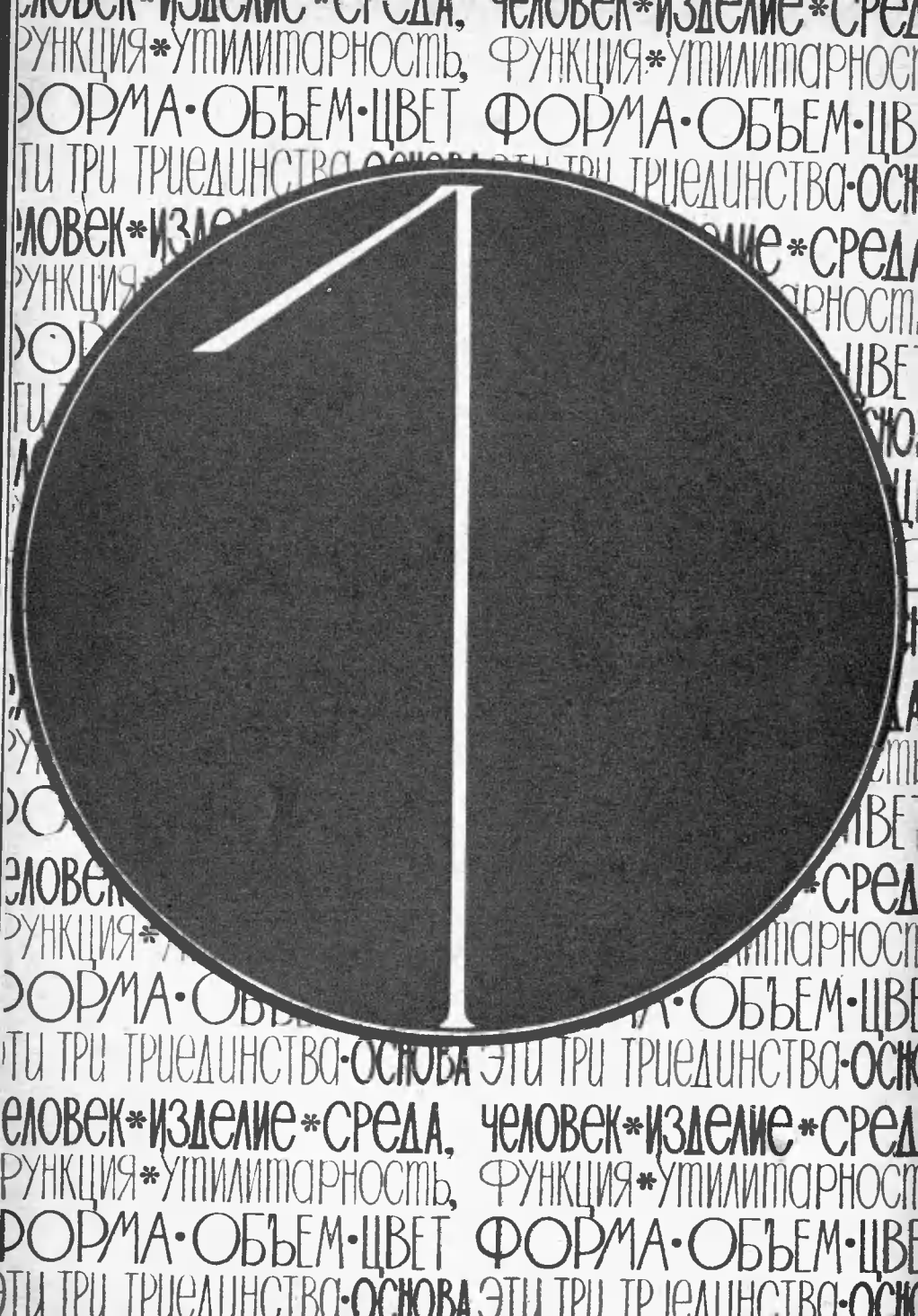
В заключительной шестой главе даны примеры выполнения современной РЭА различных типов, затронуты вопросы моделирования, упаковки и исполнения товарных знаков.

В конце книги дан краткий словарь основных терминов художественного конструирования.

Автор выражает свою благодарность проф. Крюкову Г. В., проф. Свистову Н. К. и Терехову Д. Ф. за советы и критические замечания, высказанные ими при рецензировании.

Все отзывы и пожелания по книге просим направлять в издательство «Советское радио» по адресу: Москва, Главпочтамт, п/я 693.







# **ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ХУДОЖЕСТВЕННОГО КОНСТРУИРОВАНИЯ РЭА**



**1.1. Задачи художественного конструирования.** Рассматривая любое промышленное изделие, мы всегда можем выделить в нем три группы факторов: функциональные, утилитарные и эстетические. Для РЭА функциональными факторами являются характеристики тех сигналов и их преобразований, которые определяются, в основном, принципиальной схемой устройства. Утилитарными (эксплуатационными) факторами будут те, которые характеризуют удобство управления и наблюдения, рабочую позу, характер деятельности оператора и т. п. факторы. Эстетические факторы будут определяться композиционным решением, формой изделия, его цветом и т. д., гармонически связывающими изделия с интерьером (окружающей средой), с утилитарными и функциональными факторами.

Функциональные и часть утилитарных факторов удовлетворительно решаются инженером. Художник-конструктор РЭА должен решать вопросы эстетики и частично — утилитарности. Согласованное решение всех трех групп факторов — главная задача художественного конструирования: задача конструирования красивых изделий, красота которых заключена в логичности, целесообразности и органичности их построения, в пропорциях и гармонии целого и частей, их взаимного соответствия друг другу.

К сожалению, еще до сих пор художественное конструирование иногда понимают как своеобразное «украшательство» выполненного изделия: художника-конструктора представляют в виде своеобразного «портного», шьющего новую «художественную» одежду для промышленных изделий. Задачи художественного конструирования намного глубже и сложнее примитивного «украшательства». При художественном конструировании сложных комплексов РЭА грамотное и полное решение возникающих проблем требует участия больших коллективов разработчиков: инженеров, технологов, конструкторов, психологов, социологов, экономистов и т. п., среди которых особое место отводится художнику-конструктору.

Необходимость выделения художественного конструирования и его своеобразного «противопоставления» обычным методам конструирования — явление временное. Можно предполагать, что уже в недалеком будущем все конструирование будет только художественным. Необходимость этого определяется всем ходом развития общества, ибо использование художественного конструирования промышленных изделий не только создает впечатление прекрасного, не только воспитывает определенные эстетические нормы, но и повышает общую культуру человека, способствует повышению производительности труда, создает оптималь-

ные условия работы человеку, превращает его труд в радость.

Художественное конструирование базируется на теоретических положениях технической эстетики, использует опыт промышленного искусства и эргономики. Сущность этих понятий следующая.

Техническая эстетика — наука, занимающаяся изучением эстетических закономерностей, возникающих в сфере промышленного производства. Ее специфическими проблемами являются художественные возможности современного промышленного искусства, художественные особенности материала (изделия), общественная роль промышленного искусства, методы художественного конструирования, законы промышленного формирования, средства выразительности технической формы и другие вопросы, отражающие теорию промышленного искусства и его отношение к человеку и обществу в целом.

Промышленное искусство — весь предметный мир, создаваемый человеком средствами промышленной техники по законам красоты и функциональности. Промышленное искусство зародилось в 30-х годах XX века как новый вид художественного творчества в промышленности. Художественное творчество в промышленном искусстве состоит в создании нового типа изделия, отвечающего новой общественной потребности. Это достигается обеспечением выполнения заданных функций при одновременном выборе утилитарной формы и функциональной окраски, обладающих определенной эстетической выразительностью.

Художественное конструирование — метод практического осуществления задач промышленного искусства. При художественном конструировании РЭА практическое осуществление задач промышленного искусства будет состоять в использовании методов и приемов, обеспечивающих согласование соответствующих входных и выходных «параметров» сложного комплекса человек — РЭА по законам красоты и гармонии. Под этими параметрами понимаются: модальность (характер) сигнала и количество информации в нем (в единицах двоичного кода — битах или других параметрах), особенности восприятия сигналов с учетом геометрического и цветового решения изделия и окружающего ин-

терьера, а также вопросы рационального выполнения пульта управления.

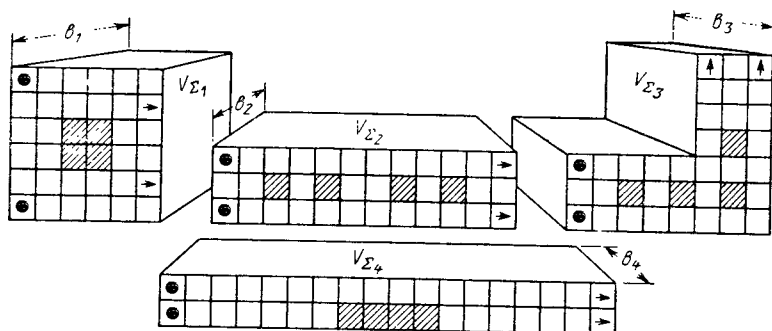
Эргономика — наука, изучающая функциональные возможности человека в трудовых процессах с целью создания для него оптимальных условий труда, обеспечения необходимых удобств в работе, сохранения сил, здоровья и работоспособности при высокой производительности и качестве труда. Это наука возникла на стыке технических наук, психологии, физиологии и гигиены труда с использованием ряда данных анатомии, антропометрии и других наук.

Хиротехника пока еще не получила таких прав гражданства, как эргономика, однако этот термин часто используется для характеристики науки (или раздела эргономики), изучающей и рекомендующей оптимальные формы различных ручек, штурвалов, рукояток и других приспособлений для управления руками.

## **1.2. Особенности художественного конструирования РЭА.**

Можно выделить следующие основные особенности радиоэлектронной аппаратуры, позволяющие обособленно рассматривать вопросы ее художественного конструирования: большое количество равнозначных элементов, выдача выходных данных (результатов работы) в виде сигналов (а не изделий), возможность выполнения автономных постов управления и контроля, сильное влияние окружающей среды (объекта) на формообразование и функциональные параметры.

РЭА выполняется из большого количества равнозначных элементов либо в виде деталей (резисторов, конденсаторов, катушек, электровакуумных и полупроводниковых приборов и т. п.), либо в виде функциональных узлов (усилителей, триггеров, мультивибраторов и др.). Конструкция может быть самой различной: от обычных объемных элементов вещательной аппаратуры до пленочных и твердых схем для аппаратуры специального назначения. Равнозначность этих элементов позволяет выполнять их компоновку при почти произвольных геометрических формах и размерах тел за-



— вход
 
→
 — выход
  — органы управления и контроля

$$V_{\Sigma 1} = V_{\Sigma 2} = V_{\Sigma 3} = V_{\Sigma 4} = \text{const}, \quad \theta_1 = \theta_2 = \theta_3 = \theta_4 = \text{const}$$

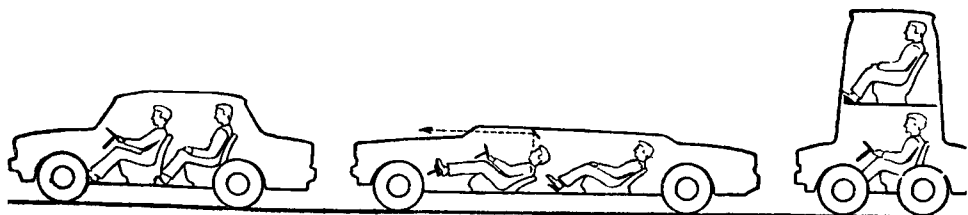
### 1.1. Возможные варианты компоновки РЭА при одинаковых значениях $V_{\Sigma}$ и глубины всех блоков.

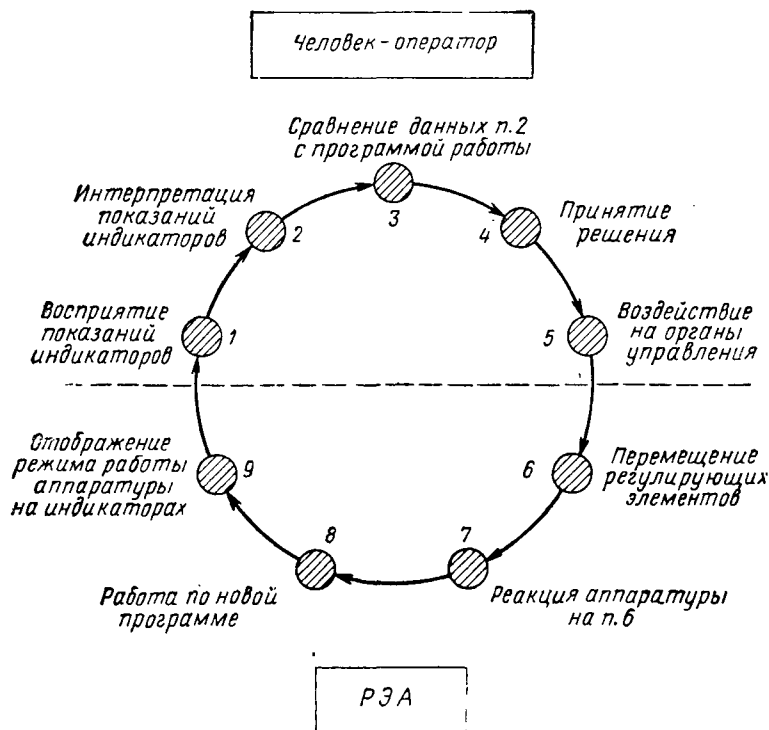
данного общего объема ( $V_{\Sigma}$ ). Это свойство проявляется тем сильнее, чем больше отдельных элементов используется в данной системе. На рис. 1.1 показаны примеры такого рода. Это объясняется линейной или сетчатой структурой принципиальных схем РЭА, позволяющих «сворачивать», «вытягивать», «разрезать» и «разносить» в пространстве их отдельные элементы в самых разнообразных вариантах и пропорциях. Достаточно выполнить по аналогии с рис. 1.1 компоновочную схему автомобиля (рис. 1.2), чтобы убедиться в принципиальных различиях возможных компоновочных схем РЭА и других изделий. Таким образом, можно считать, что в известных пределах компоновочные схемы РЭА обладают большой гибкостью внутренней (функциональной) компоновки.

В отличие от различных станков, средств транспорта, домашней утвари и т. п. изделий, которые являются как

бы своеобразным «продолжением» рук и ног человека, РЭА является своеобразным «продолжением» наших органов чувств. РЭА не только повышает их чувствительность, но и позволяет производить первичную обработку получаемой информации. Поэтому важной принципиальной особенностью РЭА является тесная связь ее параметров с сознательной деятельностью человека. При этом сигналы, определяющие работу РЭА и связанных с ней устройств, должны быть выданы в форме, доступной рецепторному (воспринимающему) аппарату человека, а управление РЭА должно выполняться приспособлениями, соответствующими эффекторному (двигательному) аппарату человека. Это хорошо видно из рис. 1.3. Получив соответствующие сигналы от индикаторных устройств 1, человек-оператор выполняет интерпретацию их показаний 2, сравнивает полученные данные с программой работы или необходимыми результатами 3 и принимает соответствующее решение 4. Заключительным этапом будет воздействие на органы управления 5 в необходимой последовательности регулирующих элементов в РЭА 6, которые изменяют режим работы. После отработки полученных управляющих сигналов 7 аппаратура начнет работать по новой программе 8, результаты которой получат отражение на индикаторах 9, и цикл повторится. Если информация, поступающая от РЭА к человеку, не будет восприниматься полностью, то человек-оператор не сможет

1.2. Компонировочные схемы автомобилей, выполненные аналогично рис. 1.1.

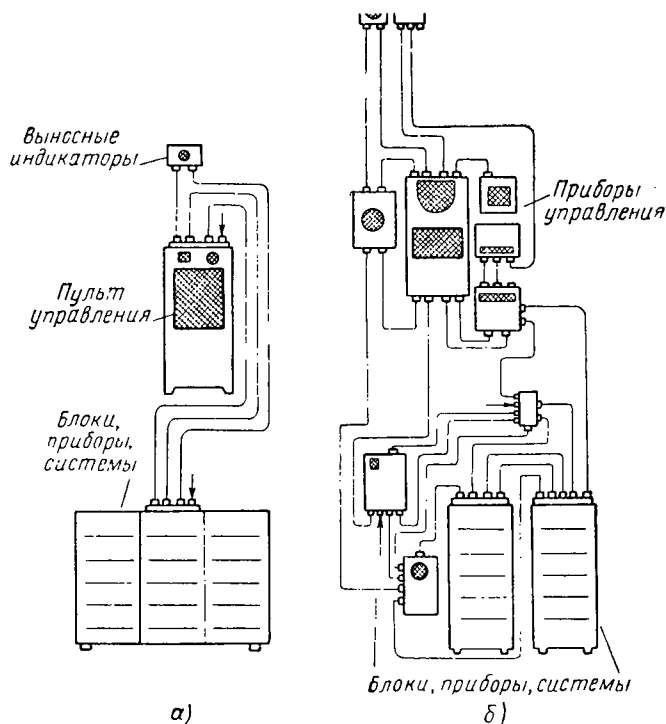




### 1.3. Последовательность операций управления.

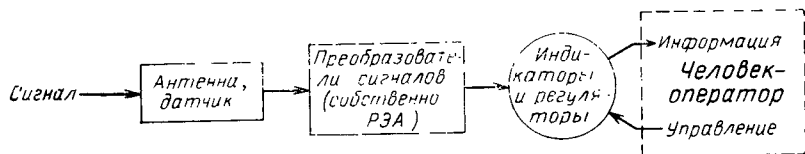
принять решение, соответствующее требуемой ситуации. Если воздействие на органы управления не дает соответствующего перемещения регулирующих элементов, то процесс регулировки также не будет соответствовать требуемому изменению. Из изложенного видно, что рассогласование в контуре управления нарушает работу комплекса человек — РЭА. Нормальная работа возможна только при



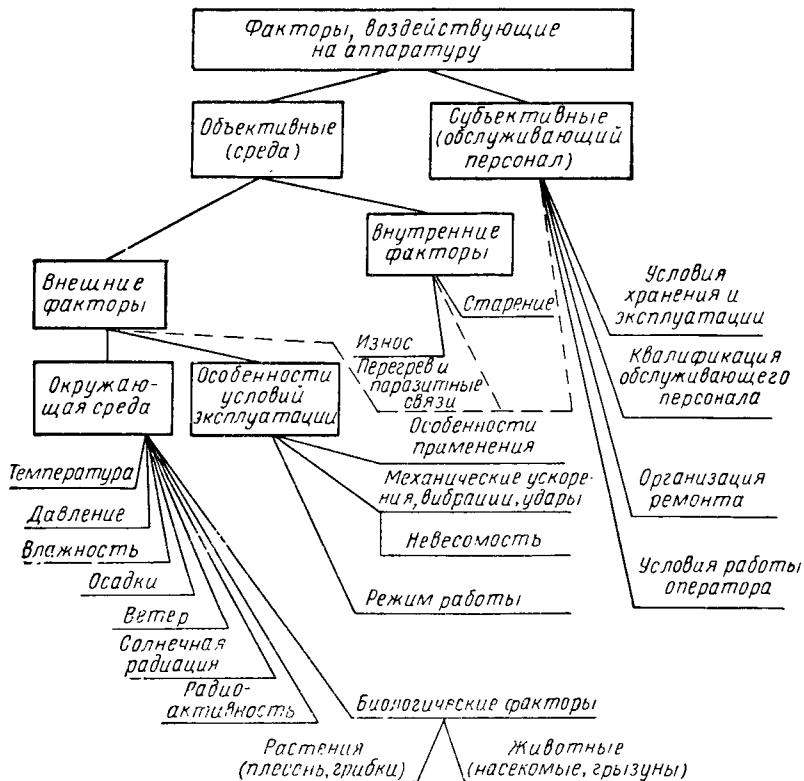


1.4. Централизованная (а) и децентрализованная (б) схемы компоновки РЭА.

полном согласовании индикаторных устройств рецепторному, а управляющих устройств РЭА — эффекторному аппаратам человека-оператора. Примером этому может служить развитие телевидения. Принципиальная возможность передачи сигналов такого рода была осуществлена еще в 30-е годы. Однако четкость передаваемых изображений была всего 30 или 60 строк, что намного меньше возможностей зри-



### 1.5. Три специфические части РЭА.



### 1.6. Схема связи дестабилизирующих факторов, воздействующих на РЭА.

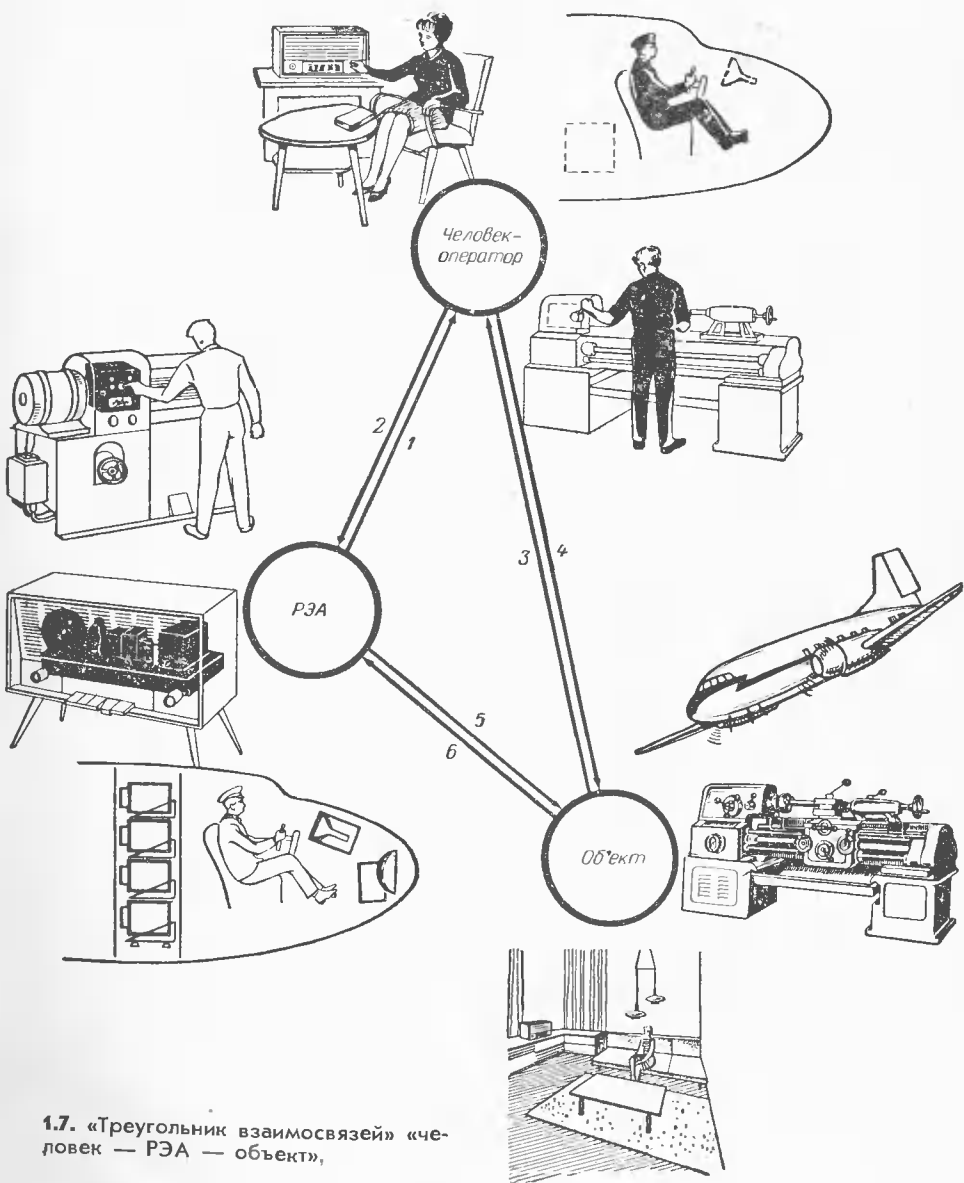
тельного анализатора. Только освоение электронно-лучевых трубок, обеспечивающих четкость 600—800 и более строк, превратило телевидение в массовый вид связи, ибо в этом случае четкость изображения одного порядка с возможностями зрения.

Количество и значимость органов управления и контроля в РЭА часто столь велики, что по условиям эксплуатации их целесообразно выполнять в виде отдельных устройств — пультов управления. Кроме удобства при эксплуатации такая система часто позволяет сократить число линий связи между отдельными частями сложной системы, что приводит к повышению надежности ее работы. Поэтому РЭА чаще всего стремятся выполнять по так называемой централизованной схеме (рис. 1.4, а), в отличие от децентрализованной (рис. 1. 4, б), в которой индикаторы и приборы управления расположены на передних панелях многих приборов. При большом количестве индикаторов они могут даже занимать две-три стены в специальном помещении. В этом случае аппаратура располагается обычно в другом месте. Весьма специфическими элементами РЭА являются различные антенны и датчики. Все это позволяет представить РЭА в виде трех автономных частей, требования к которым различны (рис. 1.5). Знание особенностей их компоновки необходимо при художественном конструировании.

Влияние окружающей среды объясняется тем, что диапазон ее воздействий очень широк: комнатные условия для вещательной и телевизионной аппаратуры, расположенной в жилых помещениях, проникающая радиация в контрольной аппаратуре атомных реакторов, безвоздушное пространство и невесомость на космических объектах. Эти факторы можно представить в виде схемы (рис. 1.6). Уже одно простое перечисление указывает на большое количество дестабилизирующих факторов, которые влияют не только на функциональные связи РЭА, но и на психику оператора.

Уделяя основное внимание в своей работе субъективным факторам, художник-конструктор должен помнить и о объективных, которые требуют специфических решений при выборе формы, цветового (колористского) решения и отделочных материалов. С учетом этого художник-конструк-

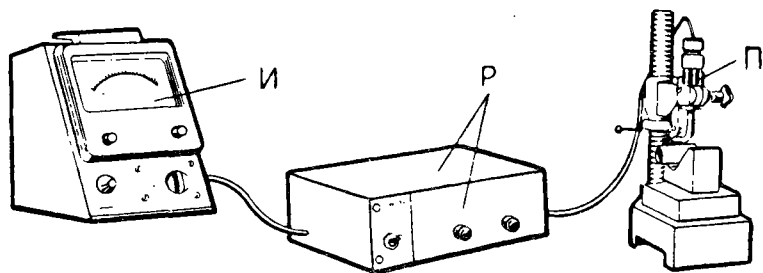
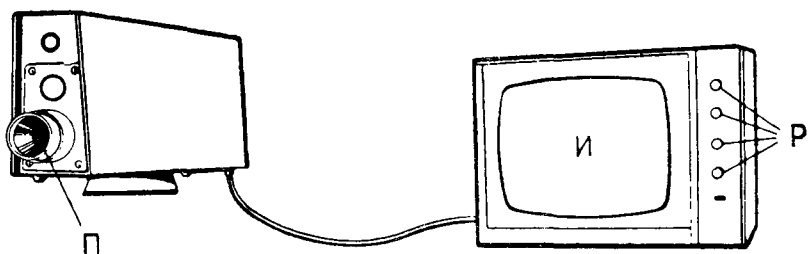
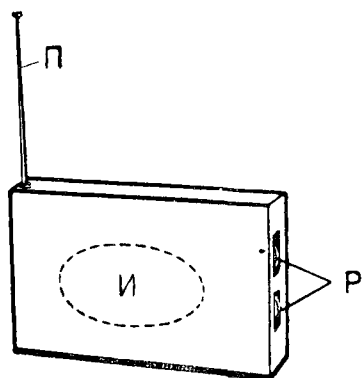
тор должен рассматривать полную систему, главными звеньями которой являются человек-оператор, радиоэлектронная аппаратура с датчиками и устройствами управления и контроля, объект или среда, где находится изделие. Эти звенья можно представить в виде своеобразного «треугольника взаимосвязей», показанного на рис. 1.7. Человек-оператор изображен в данном случае как радиослушатель, пилот самолета и рабочий. Основное требование радиослушателя к РЭА — максимальное приближение качества звучания к естественному. Основное требование пилота — получение минимума четкой и надежной информации о трассе полета. Основное требование рабочего — обеспечение надежной и высокопроизводительной работы станка. Сам объект (среда) в виде помещения, самолета или станка должен быть, с одной стороны, согласован с антропометрическими данными человека, а с другой стороны, объект (среда) «предъявляет» определенные требования к профессиональной выучке оператора (например, работа радиста на корабле или в самолете). РЭА также должна быть согласована по своим параметрам и с объектом и с человеком-оператором. Все эти связи носят и прямой и обратный характер. Выходные устройства РЭА выдают информацию человеку-оператору в виде различных сигналов 1; геометрические размеры, форма, потребляемая энергия и антенны (датчики) «предъявляют» определенные требования к объекту, его форме и размещению в нем изделия 5. В свою очередь человек-оператор связан посредством эффекторного аппарата с регулирующими приспособлениями РЭА 2 и требует от объекта выполнения определенных условий для своего нормального функционирования: кабины в самолете, рациональной компоновки элементов управления станком, соответствующего интерьера 4. Объект «заставляет» человека приобретать определенные навыки по управлению самолетом или станком или по умению жить в помещении 3. К РЭА в этом случае также предъявляется ряд требований как по геометрии, функциональности и защите от дестабилизирующих факторов среды, так и по эстетическим критериям 6. Из краткого рассмотрения видно, что связи внутри треугольника взаимосвязей сложны и неразрывны. Наличие рассогласования в какой-нибудь одной це-



пи либо значительно ухудшает работу комплекса «человек — РЭА — объект», либо делает вообще невозможной его нормальную работу.

**1.3. Последовательность художественного конструирования РЭА.** Процесс разработки и изготовления радио- и электронной аппаратуры в настоящее время принято чаще всего делить на следующие четыре этапа: предварительный, эскизный, технический и этап изготовления изделия. Вместе с художником-конструктором в этой работе принимают участие разработчик принципиальной схемы изделия, конструктор-механик, технолог и другие специалисты. Особенности художественного конструирования РЭА требуют следующей последовательности разработки изделия: анализ технического задания, эскизная компоновка органов управления и контроля, формообразование изделия, колористское решение, художественно-конструкторский макет. Если РЭА имеет малое количество органов управления и контроля, то последовательность этапов может измениться: сначала будет выполнено формообразование изделия и выбрано колористское решение, а только после этого будет выполняться эскизная компоновка органов управления и контроля.

При анализе технического задания на проектирование в первую очередь выбирают или определяют те потоки информации, которые могут поступить к оператору. Они делятся на полный поток информации (обязательный или достаточный), вспомогательный, дополнительный и аварийный. После этого определяют, какое количество информации и какого характера (модальности) необходимо обработать в единицу времени в нормальных и аварийных условиях; решают вопрос о количестве операторов, возможности и необходимости их совместной работы. При этом следует учитывать влияние объекта (среды) и выполнение других задач оператора на его работу. Одновременно с этим выбирается оптимальная модальность сигналов, по которой определяются типы соответствующих индикаторов и регуляторов. Этот круг вопросов решается на предварительном этапе. Квалифицированное решение его требует обязательного участия специалиста по инженерной психологии, разработчика схемы, а в



**1.8.** Характерные схемы деления РЭА: П — приемник сигналов; И — индикатор (выходное устройство); Р — регуляторы.

ряде случаев заказчика, технолога, конструктора, производственника и экономиста.

Прежде чем приступать к эскизной компоновке органов управления и контроля, необходимо решить, по какой схеме будет выполняться компоновка. Принципиальное деление РЭА на децентрализованную и централизованную схемы может дать такие варианты: приемник информации, преобразователи, регуляторы и выходные устройства в виде одного изделия; приемники информации отдельно, остальные устройства вместе; отдельно все части. Типичные примеры такого рода показаны на рис. 1.8: переносный транзисторный приемник, промышленная телевизионная установка, измерительный комплекс. Принципы деления поясняются соответствующими схемами. После выбора схемы по антропометрическим характеристикам оператора выполняют пространственную компоновку (в виде эскиза) органов управления и контроля, не связывая ее пока ни с какими геометрическими размерами изделия, а учитывая только потоки и характер информации и рабочее положение оператора (стоя, сидя и т. п.). Этот круг вопросов решают на начальной стадии эскизного проектирования. Кроме художника-конструктора на этой стадии необходимо участие разработчика принципиальной схемы изделия и заказчика. Другие специалисты могут привлекаться в качестве консультантов.

Параллельно с этими работами художника-конструктора разработчик схемы определяет компоновочные характеристики комплекса: общий объем, допускаемое дробление его на части, вариации формы, вес и другие параметры. На основе этих данных художник-конструктор приступает к разработке эскизов формообразования изделий, выполняя одновременную привязку их к пространственному расположению органов управления и контроля и к компоновочным характеристикам изделия. При выполнении этих работ очень важно учитывать воздействие среды (объекта) и интерьера помещения.

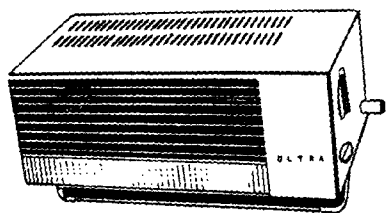
После первых эскизных вариантов формообразования изделия следует сразу же приступить к выбору колористского решения. Это решение должно не только соответствовать требованиям по функциональности окраски изделия и его час-



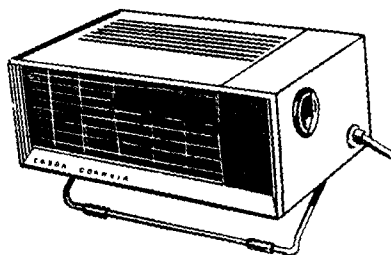
тей, а также интерьера, но и сглаживать нежелательное воздействие условий эксплуатации (тепло, холод) и дефекты формы, которые невозможно устранить по принципиальным соображениям (например, за счет формы ЭЛТ, паразитных связей и т. п.).

Все эти вопросы решаются на заключительных стадиях эскизного проектирования, и первенство в их решении принадлежит художнику-конструктору. От того, насколько глубоко он смог вникнуть в работу на предварительном этапе и начальных стадиях эскизного этапа, насколько ясно он разобрался в функциональном назначении изделия, и будет зависеть успех его работы по созданию полноценного художественно-конструкторского произведения в дальнейшем. Здесь главными консультантами художника-конструктора будут технолог и конструктор-механик. Их творческое содружество позволит учесть особенности применяемых материалов, требования механической прочности и промышленного производства.

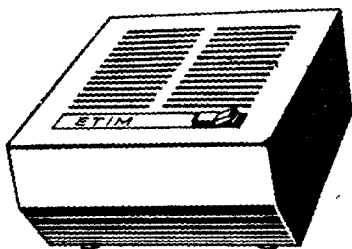
При положительных результатах этой работы конструктор-механик может приступить к окончательной разработке чертежей, а технолог — к разработке технологического процесса. Окончательное решение по работе художника-конструктора в начале этапа технического проектирования будет приниматься после обсуждения художественно-конструкторского макета. Он может быть выполнен в виде посадочного макета рабочего места оператора, выполненного в натуральную величину, или в виде уменьшенных моделей. Краткое перечисление проблем, которые приходится решать при художественном конструировании, показывает, что выполнить их одному человеку (художнику-конструктору) невозможно. Процесс художественного конструирования РЭА, как и процесс разработки большинства современных сложных изделий, — труд коллектива специалистов. Работа художника-конструктора в этом коллективе важная, но не самая главная. Если изделие не будет соответствовать предъявляемым функциональным требованиям, пользоваться им нельзя, какое бы прекрасное художественное решение не было принято. Вопросы технологичности можно грамотно решить только с технологом, вопросы разумной



а)



б)



1.9. Примеры однообразной стилизации  
различных изделий:  
а — вентилятор;  
б — стабилизатор напряжения.

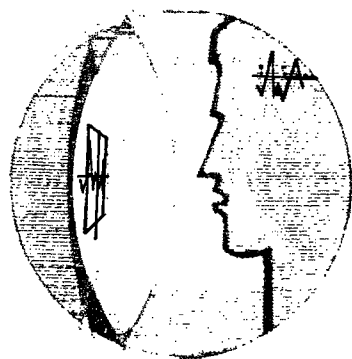
конструкции — с конструктором-механиком, переработки информации — с психологом и т. д.

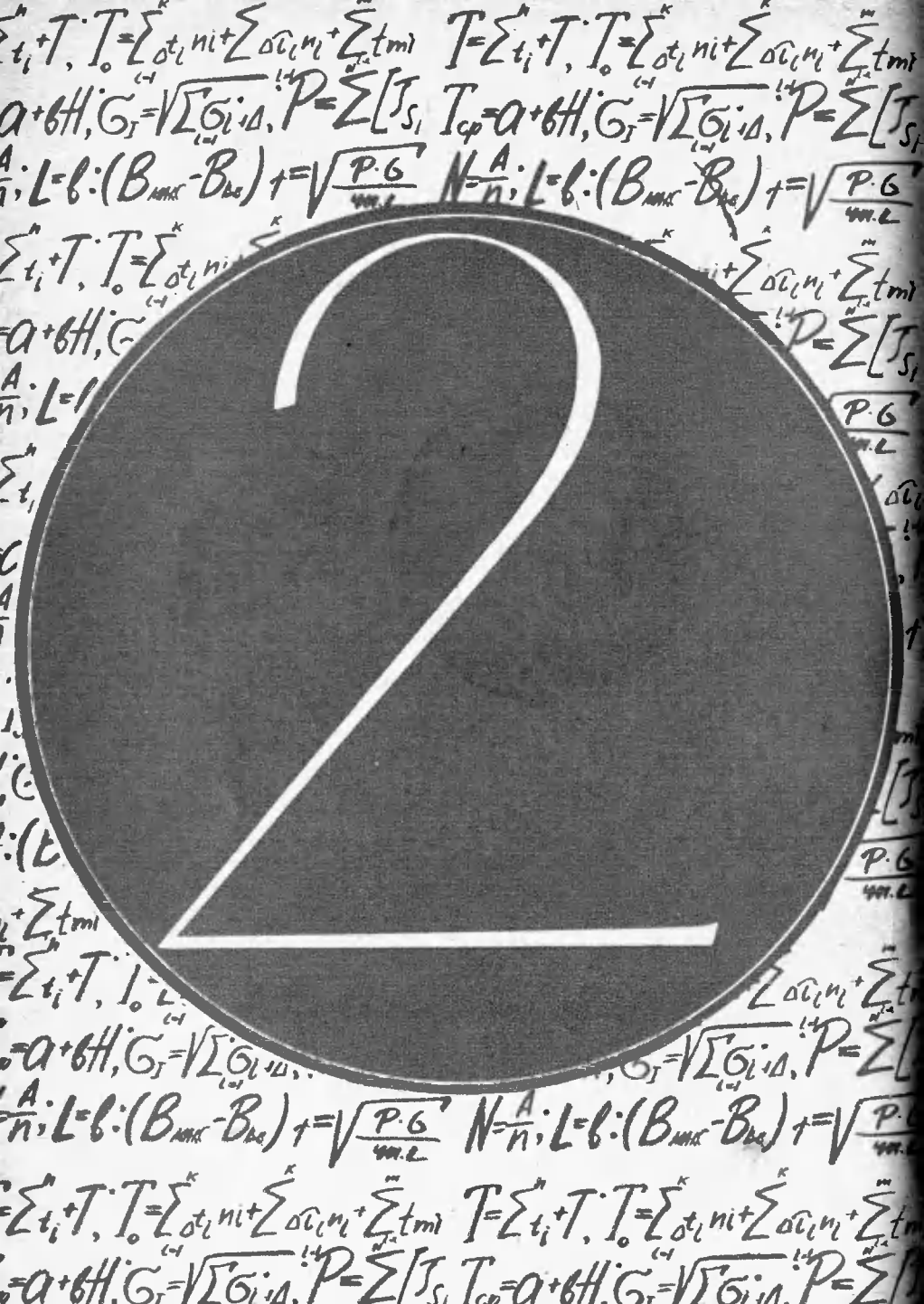
Пренебрежение хотя бы к части этих вопросов приводит либо к стилизации различных изделий, либо к дилетантству в их исполнении, либо и к тому и другому вместе. По внешнему виду изделий (рис. 1.9) невозможно определить их функциональные особенности, хотя формообразование выполнено довольно тщательно.

Больших успехов в своей творческой работе художник-конструктор может достичь при непрерывном углублении своих знаний в определенной области промышленного искусства и при совместной работе с коллективом других специалистов, разрабатывающих данное изделие.

## Литература

1. Жадова Л. О терминологии и понятиях в сфере промышленного искусства. «Техническая эстетика», 1964, № 7.
2. Крюков Г. В. Основные принципы и закономерности художественного конструирования изделий промышленного производства. Изд. МВХПУ, 1964.
3. Флеров А. В. Техника и закономерности ее развития. Изд. МВХПУ, 1964.
4. Bowen H. M. Rational Design. Industrial Design, 1964, v. 11, № 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8.





**ЧЕЛОВЕК-ОПЕРАТОР  
КАК ЗВЕНО СЛОЖНОЙ СИСТЕМЫ  
„ЧЕЛОВЕК — МАШИНА“**





**2.1. Человек-оператор и РЭА.** Человек-оператор и РЭА представляют собой две части комплекса, для нормальной работы которого необходимо соответствующее их согласование. Так как между ними всегда имеется целая система технических устройств, передающих информацию от РЭА к оператору и наоборот, то надо уметь раскодировать или закодировать эту информацию наиболее выгодным образом. Для этого необходимо дать ответы на следующие вопросы: какое количество информации человек-оператор может принять, переработать или передать в единицу времени; какова его «пропускная способность» и предельные скорости различных реакций, точность восприятия и выдача различных сигналов; каково время «задержки» (обработки) сигнала оператором; какова надежность его работы. Все эти вопросы должны решаться под углом зрения «подгонки» машины под человека (а не наоборот).

Сложность решения этих вопросов объясняется тем, что прием и переработка информации человеком-оператором — процессы познавательные, складывающиеся из ощущения, восприятия, представления и мышления. В настоящее время опубликован целый ряд численных рекомендаций по количеству принимаемой и передаваемой человеком-оператором информации. Их использование позволяет очень наглядно представить реальные ограничения в этой области и избежать грубых ошибок, хотя эти рекомендации являются только первым шагом на пути решения проблемы сочетания «человек — машина».

Человек-оператор может выступать в роли «приемника» осведомительной информации, «ретранслятора» информации от одного звена к другому, «анализатора» информации и исполнителя принятого решения, а также выполнять программирование работы РЭА, контроль за ее состоянием или быть только исполнителем команд. Во всех этих случаях основными показателями его работы будут время полного цикла регулирования, точность и надежность работы.

Время полного цикла регулирования (оборота сигнала по контуру «человек — РЭА») можно представить в виде суммы

$$T = \sum_{i=1}^n t_i + T_0,$$

где  $t_i$  — время задержки сигнала в  $i$ -м звене системы;

$n$  — общее количество звеньев;

$T_0$  — время задержки сигнала оператором (от момента поступления сигнала до ответа на него действием).

Величина  $T_0$  лежит в пределах 100—500 мсек и более, в то время как  $\sum t_i$  обычно на 2—3 порядка меньше.

Длительность латентного периода (времени от момента появления сигнала до начала движения) зависит от модальности ощущения, которая определяется возбуждаемым анализатором. Значения этих величин для возбуждений средней интенсивности лежат в следующих пределах:

тактильный анализатор	90—220 мсек,
слуховой анализатор	120—180 мсек,
зрительный анализатор	150—220 мсек,
обонятельный анализатор	310—390 мсек,
болевой анализатор	130—890 мсек.

Поэтому общее время, затрачиваемое оператором на получение информации от ряда приборов и на выполнение ответных действий  $T_0$ , можно представить в виде

$$T_0 = \sum_{i=1}^k \Delta t_i n_i + \sum_{i=1}^k \Delta \tau_i n_i + t_c + \sum_{i=1}^m t_{m_i} n_i,$$

где  $k$  — количество приборов (стрелок, знаков);

$\Delta t_i$  — время, необходимое для полной оценки показаний  $i$ -го прибора (стрелки, знака);

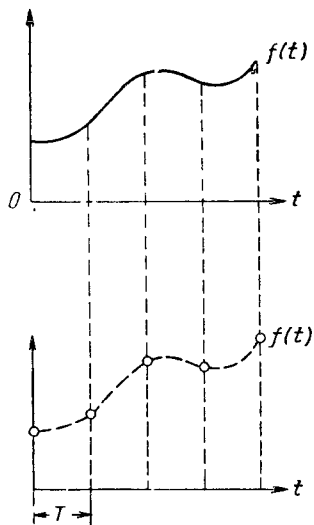
$\Delta \tau_i$  — время перевода глаза с одного прибора на другой (полный цикл заканчивается в исходной точке);

$t_c$  — длительность времени спонтанной (самопроизвольной) отвлекаемости оператора;

$t_{m_i}$  — время выполнения моторных действий по управлению  $i$ -м регулятором РЭА;

$m$  — количество регуляторов РЭА;

$n_i$  — количество однотипных приборов или периодичность контроля (число наблюдений или регулировок).



2.1. Связь между функцией  $f(t)$  и периодом наблюдения  $T$ .

При этом минимальная частота обращения к приборам определяется периодом дискретности наблюдения  $T$  (рис. 2.1). Так как кривая изменения наблюдаемого параметра представляет собой функцию с ограниченным спектром (теорема Котельникова) и может быть построена при использовании конечного числа точек, то значение  $T$  будет связано с наивысшей частотой  $F$  рассматриваемой функции следующим выражением:  $T = 1 : 2F$ .

Если оператор может определить скорость изменения параметра (первую производную) или ускорение (вторую производную по времени), то в этом случае предыдущее выражение записывается так:

$$T = (K + 1) : 2F,$$

где  $K$  — порядок высшей производной.

При этом дискретность наблюдения возрастает, что позволяет уменьшить  $T_0$ . Изменение времени  $T_0$  можно получить и за счет разной значимости сигналов. В простых (сенсомоторных) реакциях человек-оператор должен выполнять то или иное наперед заданное действие по полученному сигналу. В этом случае время задержки складывается из длительности латентного периода и времени моторного компонента (длительности ответного движения). Длительность латентного периода простых сенсомоторных реакций является нелинейной функцией раздражения. Чем важнее раздражитель, тем короче латентный период (хотя интенсивность возбуждения может быть и небольшой). Эффект возрастает при увеличении контраста сигнала. В этом случае среднее время реакции  $T_{cp}$  можно представить так:

$$T_{cp} = a + bH,$$

где  $a$  и  $b$  — константы;

$H$  — количество информации, приходящееся на сигнал в среднем;

$T_{cp}$  — среднее время реакции на сигнал.

Зависимость  $T_{cp}$  от количества и важности информации носит характер прямых с разным углом наклона (рис. 2.2). Эффект тем больше, чем более значащая информация поступает к оператору. Дополнительное уменьшение  $T_{cp}$  может иметь место при болевом «подкреплении» аварийного сигнала.

Более сложные дизъюнктивные реакции (реакции выбора) характеризуются необходимостью отвечать действием только на некоторые из сигналов. Длительность латентного периода таких реакций больше, чем у простых сенсомоторных реакций, и при равной вероятности сигналов пропорциональна логарифму их альтернативных выборов. Дизъюнктивные реакции являются наиболее характерными для работы оператора РЭА. Создание автоматов для таких случаев — задача очень сложная, в противовес замене человека-оператора автоматом при простых сенсомоторных

реакциях, когда эффективность и простота автомата могут быть решающим фактором при анализе альтернативы: человек или машина?

Суммарные погрешности комплекса «человек — РЭА» в инженерной психологии принято суммировать так:

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sigma_i^2 + \Delta^2},$$

где  $\sigma_{\Sigma}$  — суммарная погрешность;

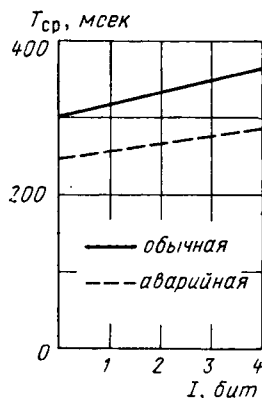
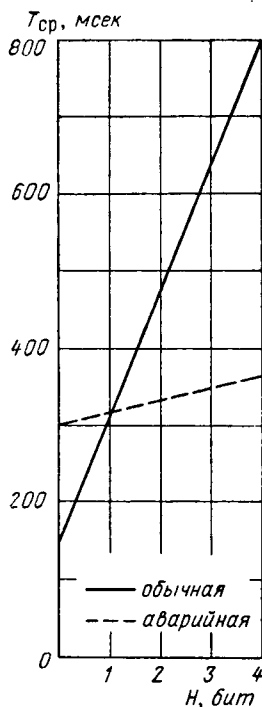
$\sigma_i$  — погрешность  $i$ -го звена РЭА;

$n$  — число звеньев;

$\Delta$  — суммарная погрешность работы оператора.

Здесь, как и ранее, величина суммарной погрешности работы оператора в несколько раз выше  $\Sigma \sigma_i$ . Поэтому самым радикальным путем уменьшения ошибок работы комплекса является уменьшение  $\Delta$ . Максимальная точность работы оператора соответствует некоторому оптимальному темпу работы, уменьшение или увели-

**2.2. Влияние количества и важности информации на среднее время ( $T_{\text{ср}}$ ) реакции на сигнал;**  $H$  — средняя информация (количество информации, приходящееся на сигнал в среднем);  $I$  — индивидуальная информация (количество информации, содержащейся в отдельном сигнале).



чение которого приводит к возрастанию числа и величины ошибок.

Очень эффективным средством повышения точности работы является введение дополнительных контуров управления, которые дают информацию о показателях, сопутствующих выходному параметру системы (конечному результату). Это позволяет предвидеть изменения конечного результата работы заранее и обеспечить более высокую точность и скорость регулировки.

Одновременное повышение точности и надежности работы может быть получено при параллельной работе двух операторов. В этом случае в контур управления вводится устройство, которое пропускает управляющие сигналы в систему только при их полной идентичности. Ошибка управления возможна только при одновременном появлении ее в двух каналах (у обоих операторов). Вероятность допущения ошибки на выходе  $P$  будет следующей:

$$P = \sum_{s=1}^N \left[ \tau_s \sum_{i=1}^n (P_{1i} P_{2i}) \right],$$

где  $P_{1i}$  и  $P_{2i}$  — вероятности того, что первый или второй оператор сделает ошибку типа  $i$  при выполнении операции  $s$ ;

$\tau_s$  — доля времени, необходимая для выполнения операции  $s$ ;

$N$  — число операций;

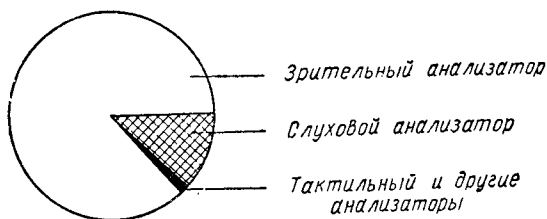
$n$  — число ошибок.

В этом случае можно сократить число ошибок, проникающих в систему, в сотни раз. На стадии проектирования существенное повышение надежности дает учет психофизиологических факторов оператора, создание ему нормальных условий жизнедеятельности и выполнение РЭА так, чтобы грубые ошибки не могли пройти в систему. Очень важна

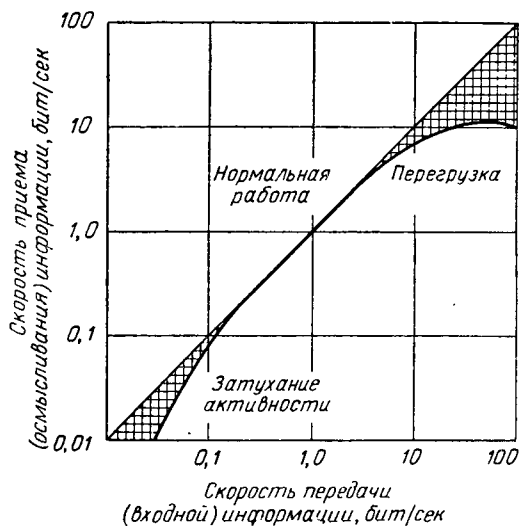
правильная тренировка оператора, предоставление ему возможности смены способов выполнения работы, а также ликвидация различных помех (эхо-сигналы, шумы, вибрации, световые блики и т. п.).

Краткое рассмотрение вопросов обработки сигнала оператором, его точностных «характеристик» и надежности работы показывает, сколь сложные проблемы возникают при «стыковке» человека-оператора с РЭА. При их решении приходится учитывать большое число разнообразных факторов, главенствующими из которых является необходимость сохранения за человеком-оператором творческого начала. Учет этих факторов позволяет создавать сложные системы РЭА, качественно отличающиеся от тех, при которых система «человек — РЭА» рассматривалась разомкнутой.

**2.2. Человек-оператор как «машина» по переработке информации.** Для того чтобы принять какое-либо решение, человек-оператор должен иметь достаточное количество информации от РЭА. Эту информацию он может получить за счет зрительного, слухового, тактильного и обонятельного анализаторов. Примерное количество такой информации показано на рис. 2.3. Для дальнейшего анализа человека-оператора как звена комплекса целесообразно «смоделировать» его в виде своеобразной «машины» по переработке информации, никогда не упуская из виду то, что схема «человек — машина» всегда эквивалентна схеме «субъект труда — объект труда». Значимость этой оговорки возрастает из-за того, что человек-оператор является интегральным звеном, относительная роль которого в системе управления все время возрастает. Для приближенных оценок способностей оператора к переработке информации можно воспользоваться графиком рис. 2.4, где показана зависимость между количеством информации, поступающей на рецепторный вход человека, и скоростью ее осмысливания (обработки). Из рассмотрения этой зависимости видно, что оптимальное количество информации лежит в пределах

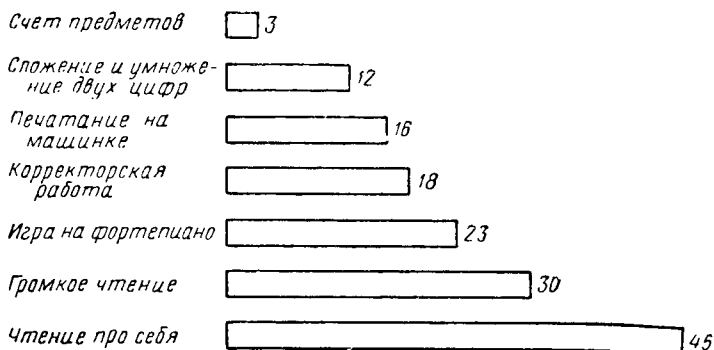


**2.3.** Относительная доля информации, воспринимаемой различными анализаторами.

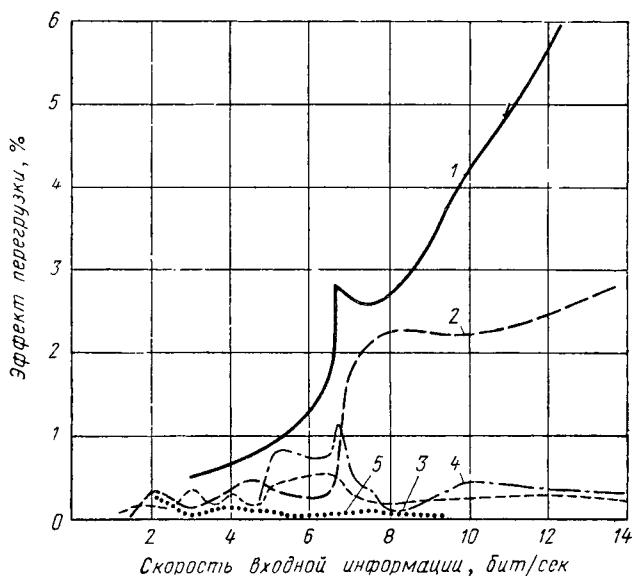


**2.4.** Амплитудная характеристика человека-оператора.





## 2.5. Влияние характера информации на скорость ее обработки.



2.6. Относительная доля погрешностей при перегрузке оператора: 1 — пропуск сигналов; 2 — искажение сигналов; 3 — задержка в передаче сигналов; 4 — фильтрация потока информации с выбором определенных, «нужных» сигналов; 5 — снижение полноты в различении сигналов (пропуск некоторых признаков сигналов).

от 0,1 до 5,5 бит/сек. Уменьшение количества информации вызывает затухание активности оператора, а увеличение — уменьшает скорость приема информации. Максимальное количество информации, которую может принимать человек-оператор в течение длительного времени, равно 8 бит/сек.

На количество воспринимаемой информации влияет характер самой информации. Некоторое представление об этом дает рис. 2.5. Следует иметь в виду, что приведенные на нем данные требуют учета особенностей вида деятельности, ибо, например при чтении, единицей восприятия часто является не буква или слог, а целое слово или даже строка. Максимальная пропускная способность зрительной системы при опознании предметов равна 50—70 бит/сек. Минимальное время экспозиции при этом равно 0,06—0,09 сек. При увеличении скорости входной информации количество ошибок в работе оператора возрастает. При этом относительная доля составляющих будет различной, что видно из рис. 2.6, где приведены различные эффекты перегрузки (приближенные) входной информацией. При дальнейшем увеличении потока информации оператор может вообще отказаться от решения поставленной задачи. Для уменьшения ошибок при перегрузке человека-оператора необходимо включать дополнительные каналы для приема информации.

Когда сигнал поступает в виде изображения, то задачи опознания сигнала и опознания объекта как бы сливаются, благодаря чему повышается скорость приема информации. Очень большое значение имеет полнота изображения, влияние которой на длительность латентного периода показано в табл. 2.1. Сигнал в виде изображения целесообразно использовать для передачи большой по объему информации о пространственных, временных, энергетических и других параметрах объекта. Однако точность при этом невелика. Такой вид сигналов целесообразно использовать для получения общего представления о процессе. Если объем передаваемой информации мал, а требуемая точность высока, то лучшие результаты дают сигналы-символы в виде букв, цифр, положения стрелки и т. п.

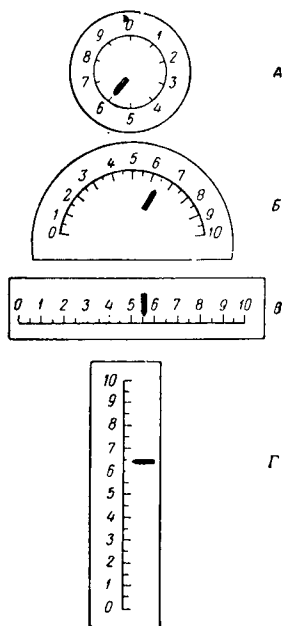
Таблица 2.1.

Степень полноты изображения	Латентный период, сек	Величина реакции, %
Предмет в натуре	0,4	100
Цветной рисунок	0,9	76,5
Светотеневой рисунок	1,2	55,1
Контурный рисунок	1,5	27,5
Слово	2,8	16,3

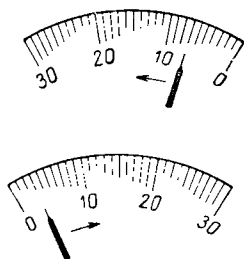
Для оптимизации задачи по повышению скорости, точности и надежности приема информации при конструировании средств индикации необходимо в каждом конкретном случае найти оптимальную меру в соотношении изображения и символа (принципов «картинности» и «знаковости»). Грамотное решение этой задачи возможно только при совместной работе с психологами.

При выборе типа индикатора необходимо учитывать модальность сигнала, скорость передачи информации и ее функции, способ использования индикатора, форму сигналов, масштаб и психологическую оценку индикатора.

Модальность сигнала оценивается по соответствующему анализатору. Здесь в первую очередь необходимо обеспечить различимость сигнала. Скорость передачи информации индикаторами должна быть согласована с «пропускной способностью» соответствующих рецепторов оператора. Функции информации могут быть командные («стоп», «влево», «вправо») и осведомительные (ситуационные), когда указывается не только ход процесса по отношению к программе, но и обрисовывается общая ситуация, величина и характер ошибки по отношению к программе. Ситуационные индикаторы дают информацию об отношении хода процесса к программе и общую ситуацию. Индикаторы могут использоваться для проверочного («да», «нет»), качественного (указания направления изменения параметра) и количественного (с указанием меры параметра числом) чтения. Деление это условно, так как чаще всего используются два-три вида чтений одновременно. Форма сигналов оце-



2.7. Различные формы индикаторов со шкалами одинаковой длины.



2.8. Улучшение читаемости показаний шкалы при отсчете слева и справа.

А нивается полнотой (для изображений) и способом кодирования (для символов). Отношение изменения величины сигнала (отклонение стрелки, яркость свечения пятна ЭЛТ и т. п.) к величине изменения параметра управляемого объекта является количественной характеристикой, которая определяет масштаб объекта, физический алфавит сигналов и соответствие его выбранным рецепторам.

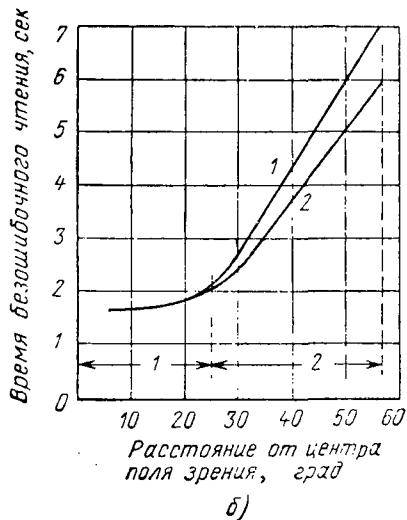
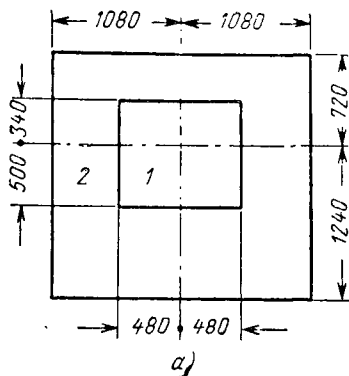
Б Психологическая оценка индикаторов дается суммарной характеристикой — читаемостью индикатора. По ней определяют скорость, точность различения (опознавания) и интерпретацию показаний индикатора. Из четырех типов шкал, представленных на рис. 2.7, психологи рекомендуют тип А или Б, потому что при одинаковом времени чтения показаний (0,12 сек) они дают наименьшую ошибку (10,9 и 16,6% соответственно). Это происходит за счет того, что они обладают двухмерным стимулом и обеспечивают более экономное движение глаз при считывании. Индикаторы типа В и Г дают ошибку, большую, чем А и Б (27,5 и 35,5%). В круглых шкалах наибольшая точность отсчета будет при положении стрелки в левом верхнем квадранте, наихудшая — для нижнего правого квадранта. Для облегчения чтения показаний иногда используют разную длину рисок на шкале (рис. 2.8). Это дает наибольший эффект при обратном движении стрелок, но требует специаль-

ной тренировки оператора. Наименьшей погрешностью считывания количественной информации обладают счетчики.

Скорость и точность чтения показаний индикаторов зависят не только от размеров, формы шкалы, но и делений на ней. Большое значение имеет подвижной элемент. Использование круглой шкалы и подвижной стрелки даст очень хорошие результаты для контрольного и качественного чтения при установке в заданное положение органов управления. При количественном чтении круглая шкала и подвижная стрелка дают посредственные результаты. Подвижная круглая шкала при неподвижном указателе не пригодна для контрольного чтения, а при качественном и количественном чтении может дать только посредственные результаты. Счетчики совершенно не пригодны для контрольного и качественного чтения. Восприятие информации зависит также от расположения индикаторов на приборной панели. При расстоянии глаза наблюдателя от приборной панели в 80 см и разных углах от центра поля зрения время безошибочного чтения значительно меняется (рис. 2.9). Большое влияние оказывает освещенность помещения и индикатора, угловые размеры знаков, угловые скорости перемещения сигналов и другие факторы.

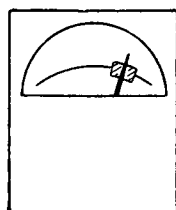
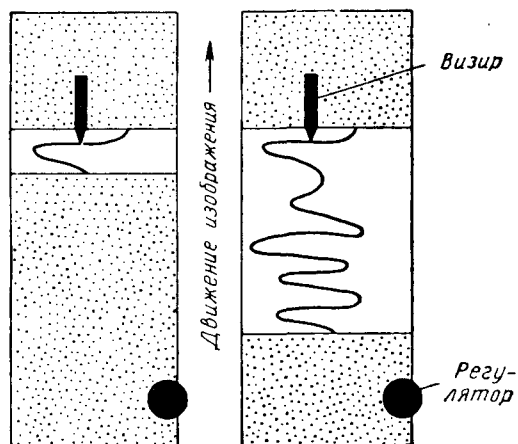
Увеличения скорости обработки информации можно достигнуть, если дать оператору предварительные сведения об ожидаемом характере изменения сигнала. Это достигается либо увеличением окна, в котором появляется, например, участок осциллограммы, с которой необходимо совмещать визир, либо введением дополнительного «суфлирующего» акустического или визуального сигнала. Примеры такого рода показаны на рис. 2.10. Этого же можно добиться, изменяя конструкцию индикаторов. Так, например, вместо трех приборов, каждый из которых показывает численные значения дальности, курса цели и объекта, можно применить один прибор с картинной индикацией положения двух самолетов относительно друг друга. Такого же рода приборы можно использовать и в других случаях (рис. 2.11).

На основе изложенного выше можно сформулировать следующие рекомендации по использованию человека-оператора как «машины» по переработке информации.

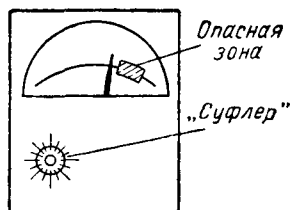


**2.9.** Время безошибочного чтения показаний приборов, расположенных в разных областях панели (а) и при разных углах наблюдения (б): кривая 1 — для приборов, расположенных в левой части панели, кривая 2 — для приборов в правой части. Размеры панели даны в миллиметрах.

Если при анализе информации необходимо обобщать результаты наблюдений, узнавать определенные образы (например, анализировать радиолокационное изображение), реагировать на различные виды сигналов, выполнять разнохарактерные действия, контролировать сложную систему и решать возникающие при этом проблемы, а также реагировать на случайные и непредвиденные обстоятельства, то в этом случае предпочтительнее использовать оператора, натренированного для выполнения данной задачи. Машина для выполнения таких функций либо вовсе не пригодна, либо ее сложность и громоздкость сведут к нулю возможную надежность решения поставленной задачи. Эффективность принятых решений можно повысить, если использовать наглядное кодирование информации, работать по собственному темпу и иметь возможность для предварительного знакомства с информацией. Сигнал не должен содержать излишней информации, на обдумывание и отбрасывание которой оператор должен тратить время. В работе оператора не должно быть пауз, нарушающих его опти-

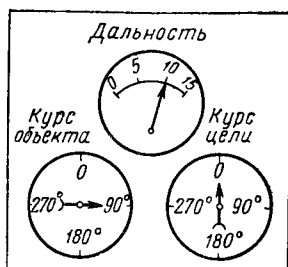


Плохо

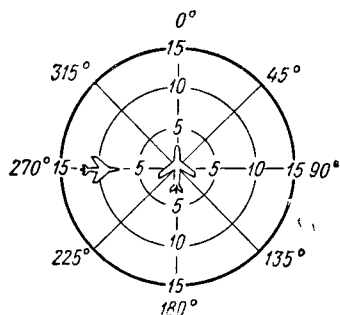


Хорошо

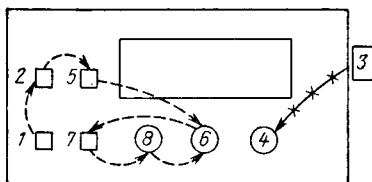
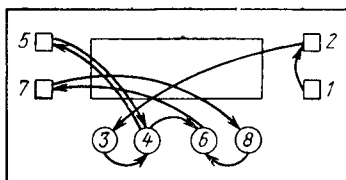
**2.10.** Ускорение обработки информации за счет увеличения времени ее предварительного наблюдения (вверху) и введения «суфлирующего» сигнала (внизу).



а)



б)



----- левая рука

- x - x - правая рука

## 2.11. Трехшкальный (а) и совмещенный (б) индикаторы.

мальный темп приема информации.

Использовать оператора для решения математических задач, заставляя его держать в памяти большое количество информации и применять общие принципы к частным случаям, требовать постоянно повторяющихся стандартных решений, а также быстрой реакции и больших усилий в ответ на поступающие сигналы не-

Последовательность выполнения операций:

- включение питания тумблером 1;
- переключение на требуемый характер работы тумблером «ТЛФ — ТЛГ» 2;
- включение требуемого диапазона ручкой 3;
- установка частоты ручкой 4;
- переключение «широкая» или «узкая» полоса 5;
- предварительная регулировка громкости ручкой 6;
- уточнение настройки при выключенной АРУ тумблером 7;
- регулировка тембра ручкой 8;
- окончательная регулировка громкости сигналов ручкой 6.

## 2.12. Последовательность выполнения операций и построение схемы связей при управлении профессиональным радиоприемником.



целесообразно. В этих случаях простая машина-автомат справится с поставленной задачей быстрее, лучше и надежнее человека.

Если полученную информацию одному оператору обработать не под силу, то вводится второй оператор и дополнительное суммирующее устройство. Во всех случаях необходимо построить схему связей, последовательность выполнения операций и проанализировать их (рис. 2.12).

Выбирая оптимальную модальность сигналов и учитывая, что свыше 80 % всей информации человек получает за счет зрения, часто перегружают зрительный анализатор. Для предотвращения этого необходимо помнить, что наиболее целесообразно использовать зрение в следующих случаях: при самоориентации, снятии показаний с многошкальных приборов, сравнении быстро следующих друг за другом сигналов, наблюдении за источниками информации и получении точной количественной информации, оценке движений и скорости их изменения, получении общей картины процесса. Особенно важно использовать зрение в условиях больших акустических шумов.

С помощью слуха человек получает заметно меньше информации об окружающей действительности, однако известны положительные результаты по использованию слуха даже для таких сложных целей, как управление полетом самолета только по звуковым сигналам. Слух целесообразно использовать для индивидуальной одноканальной связи, а также в случае передачи кратких общих сообщений, требующих немедленной реакции, для сигнализации о завершении ряда операций, следующих друг за другом, при условиях плохой видимости и в качестве сигнала-«суфлера» для предостережения или сигнала аварии. Для приема дискретных сигналов рекомендуется использовать зрительный анализатор. Непрерывные сигналы лучше принимаются слуховым анализатором.

Количество информации, которое получает человек за счет тактильного распознавания предметов (на ощупь), намного меньше. Этот рецептор целесообразно использовать тогда, когда зрение и слух полностью заняты, а также для получения дополнительных подтверждающих сигналов.

Двигательные ощущения используются только для того,

чтобы получить обратную информацию о том, что движение, вызванное действиями оператора, происходит в нужном направлении.

**2.3. Человек-оператор как управляющая «машина».** Ввод сигналов управления в РЭА может производиться человеком-оператором различными способами: изменением пространственного положения ручек или рычагов разных типов, изменением электрических потенциалов отдельных точек тела, проявлениями физиологической активности (пульс, частота дыхания) или голосом.

В настоящее время известен ряд успешных опытов по использованию биотоков для управления протезом руки, по выполнению ряда телеметрических систем для контроля физиологической деятельности космонавтов, а также по использованию устройств, способных «понимать» речевые команды. Однако наибольшее распространение имеют устройства ввода сигналов управления в виде различных ручек, рычагов и педалей.

Рассмотрим человека-оператора как «машину», предназначенную для выработки сигналов управления за счет эффекторного аппарата. В принципе возможны два варианта таких «машин»: «человек-инструмент», когда человек является основным источником энергии, необходимой для выполнения данного процесса, и «человек-машина», когда человек практически не является источником энергии для выполнения процесса, а только определяет время введения в работу того или иного устройства (регулятора) системы.

Увлечение «кнопочным» управлением приводит к тому, что очень часто усилия, прилагаемые к органам управления, не могут быть связаны с процессами регулирования, что сводит на нет двигательные навыки человека. А так как человек-оператор представляет собой разумный, экономичный и гибкий источник малых энергий, то при пренебрежении к его двигательным навыкам мы значительно обедняем наши возможности по выработке сигналов управления. Известно, что максимальный эффект управления самолета-

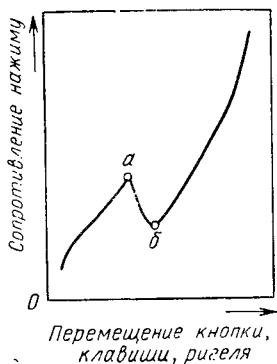


и передающий сигналы о них; прибор сличения требуемого и фактического значений 4; прибор перешифровки данных сличения в корректирующие импульсы для регулятора 5; собственно регулятор 6, управляющий данным эффектором. По двигательным задачам органы управления можно разделить на четыре класса:

Первый класс — органы управления типа кнопок и переключателей. Хотя управление ими строится по принципу простых или дизъюнктивных движений и моторный компонент (нажим кнопки, поворот ручки переключателя) предельно прост, детальный анализ показывает, что количество отдельных микродвижений при этом весьма значительно. Так, например, при нажиме на кнопку или при повороте «кювика» за 0,75 сек пальцы правой руки совершают около 60 микродвижений, а при переключении тумблером — около 80. Некоторые данные о латентном периоде этих реакций были даны в § 2.1. Кроме перечисленных там факторов большое значение имеют временные характеристики установочных движений. В кнопочных органах управления зависимость между смещением и сопротивлением кнопки имеет характер, показанный на рис. 2.14. Оператор прилагает постепенно возрастающее усилие, которое резко падает (в точке а), сигнализируя о том, что акт включения произошел. При продолжении нажатия на кнопку она доходит до упора (точка б), после чего сопротивление перемещению кнопки резко возрастает, указывая на окончание акта включения. Аналогичная картина имеет место и при переключении рукоятки тумблера или подобных ему устройств.

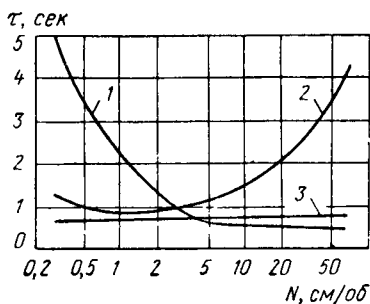
Второй класс — повторяющиеся движения вращательного, нажимного или ударного характера. Максимальный темп вращения зависит от диаметра рукоятки (штурвала) и момента трения. При минимальном моменте трения наибольший темп достигается при использовании рукояток диаметром 60 мм. При его увеличении в 8 раз темп сокращается вдвое. То же, но менее резко, происходит и при уменьшении диаметра рукоятки. При заметных моментах трения максимальный темп достигается для рукояток диаметром 80 мм. Для рукояток больших диаметров изменение темпа почти незаметно (140—480 мм). При изменении величи-

## 2.14. Зависимость момента сопротивления нажимных регуляторов.



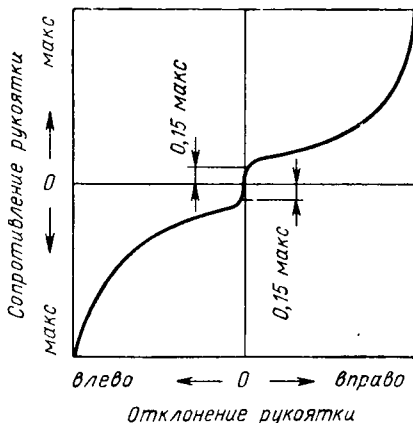
ны усилия нажатия от 25 до 400 г максимальный темп изменяется незначительно и составляет 5—6 нажимов в секунду для обеих рук. При длительной работе оптимальное число нажимов уменьшается до 1,5—5 нажимов в секунду. Максимальный темп ударных движений 5—14 ударов в секунду. В среднем он равен 8,5 ударам в секунду. Изменение амплитуды ударных движений незначительно влияет на темп. Если интервал движений одного и того же пальца равен 0,09 сек, то для разных пальцев одной и той же руки он уменьшается до 0,03 сек, а для пальцев разных рук — до 0,02 сек. При выполнении движений в ответ на внешние сигналы темп значительно сокращается, так как минимальный интервал в этом случае должен быть не менее 0,5 сек, что происходит за счет прохождения сигнала по внешнему контуру управления.

Третий класс — двигательные задачи при выполнении точной настройки регулятором по какой-либо программе. Это более сложные движения, чем в первом классе. При повороте маховика всеми пальцами руки совершается более 100 отдельных микродвижений. Неизбежным компонентом этих дозировочных движений являются корректирующие движения. Основным фактором, определяющим время рабочих и корректирующих движений, является передаточная функция (число)  $N$ :



### 2.15. Область оптимальных значений передаточной функции:

1 — длительность рабочего движения; 2 — длительность корректирующего движения; 3 — латентный период дозирочной реакции.



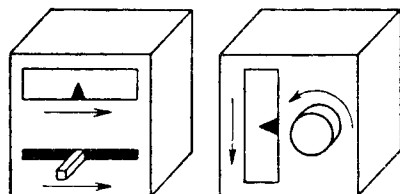
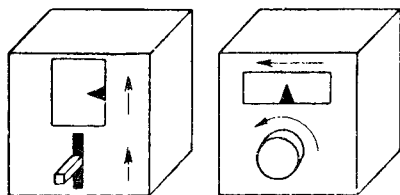
2.16. Зависимость момента сопротивления рукояток.

$$N = \frac{A}{n},$$

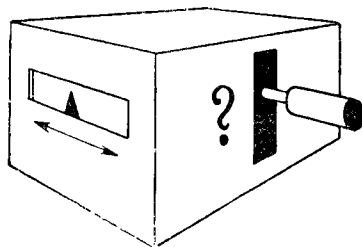
где  $A$  — перемещение указателя, см;  
 $n$  — соответствующее число полных оборотов рукоятки.

Зависимость такого рода показана на рис. 2.15, из которого видно, что оптимальному значению передаточной функции соответствует число 2,5—5 см/об. В процессе тренировки влияние передаточной функции механизма уменьшается. Для повышения точности работы таких регуляторов необходимо, чтобы возрастание сопротивления органов управления носило характер, показанный на рис. 2.16. Это обеспечит оптимальные условия работы оператору. Четвертый класс — двигательные задачи при выполнении операции слежения за изменяющимися объектами: изменение положения отраженного сигнала от

цели на экране ЭЛТ, наблюдение за показаниями двухстрелочных указателей различных приборов и в других аналогичных случаях. Здесь различают два варианта: слежение с преследованием и компенсирующее слежение. В первом варианте оператор воспринимает весь ход изменений как входного, так и выходного сигналов и сводит к нулю разностную ошибку. Во втором варианте для решения этой же задачи слежения оператор имеет данные только о разности между входным и выходным сигналами (ошибка сигнала). Так как в первом варианте оператор может контролировать свои действия и предвидеть характер изменения ошибки, точность слежения получается в 1,5—2 раза больше, чем во втором. В зависимости от скорости движения метки длительность латентного периода изменяется в пределах 0,25—0,65 сек. Если приходится следить за многомерным сигналом (стимулом), то время анализа возрастает и требуется проведение специальных исследований, чтобы решить вопрос о целесообразности таких сложных индикаторов.

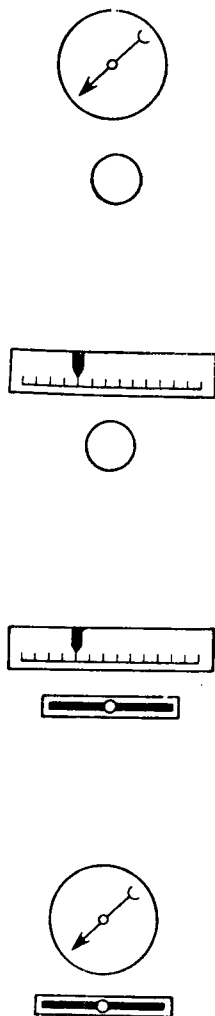


a)



b)

2.17. Рекомендуемые (а) и нерекондуемые (б) связи между движением указателей и регуляторов.

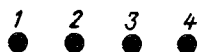
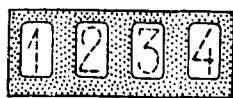


2.18. Различные варианты сочетаний движения указателя и регулятора.

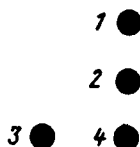
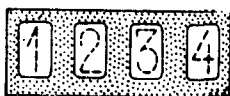
Рассматривая оператора как управляющую «машину», необходимо соблюдать целый ряд требований, способствующих повышению эффективности его работы. Наиболее точными и быстрыми являются те движения, которые соответствуют изменению сигнала (показанию индикатора). Если движение регуляторов соответствует перемещению индикаторов, то количество ошибок при этом уменьшается в 2—3 раза, уменьшается также вероятность появления грубых ошибок при рефлекторных движениях управления (рис. 2.17). Наилучшие результаты дает использование кругового движения ручки управления при круговом перемещении стрелки, наихудшие — линейное движение рычага при круговом движении стрелки. Эти и промежуточные варианты показаны на рис. 2.18. В том случае, если управляющее устройство выполнено в виде совокупности кнопок или тумблеров, а индикаторные устройства — в виде табло, то их взаимное положение должно соответствовать друг другу (рис. 2.19, а). В противном случае скорость работы оператора может уменьшиться в 2—4 раза (рис. 2.19, б). Если выполнять операцию слежения не изменением положения рычага (регулировка по амплитуде и скорости), а изменением нажимных усилий, прилагаемых к рычагу, то удастся повысить точность слежения на 25—80%.

Очень важной характеристикой является отношение моторного «выхода» оператора к выходному параметру всей системы, определяемое выбранными способами преобразования выходных величин управ-





а)



б)

**2.19.** Рекомендуемое (а) и нереконмендуемое (б) расположение кнопок и индикаторных ламп на табло.

ления в выходные параметры. В простейшем случае (при системах нулевого порядка) движения оператора непосредственно определяют движения указателя или выходной параметр системы. Более сложными являются системы первого порядка, когда перемещение регулятора оператором вызывает пропорциональное изменение скорости выходного параметра, второго порядка — пропорциональное изменению ускорения и т. п. Чем выше порядок системы, тем больше ошибок допускает оператор и тем больше времени нужно для его обучения.

Повышение точности работы оператора как «машины» управления может быть достигнуто введением дополнительных контуров управления за счет использования тактильно-кинестатической сигнализации. Дополнительный эффект можно получить, используя различные виды управления для выполнения различных операций. Очень важно и то обстоятельство, что максимальная эффективность управления должна обязательно учитывать не только рабочие, но и гностатические и приспособительные движения. Опыт показывает, что если форма рукояток точно соответствует хватке руки, то создаются значительные неудобства в работе, так как такая форма сковывает гностатические и приспособительные движения руки. Поэтому движения руки становятся менее пластичными и координированными.

Краткое рассмотрение человека-оператора в виде управляющей «машины» показывает, что и в этом случае (как и в

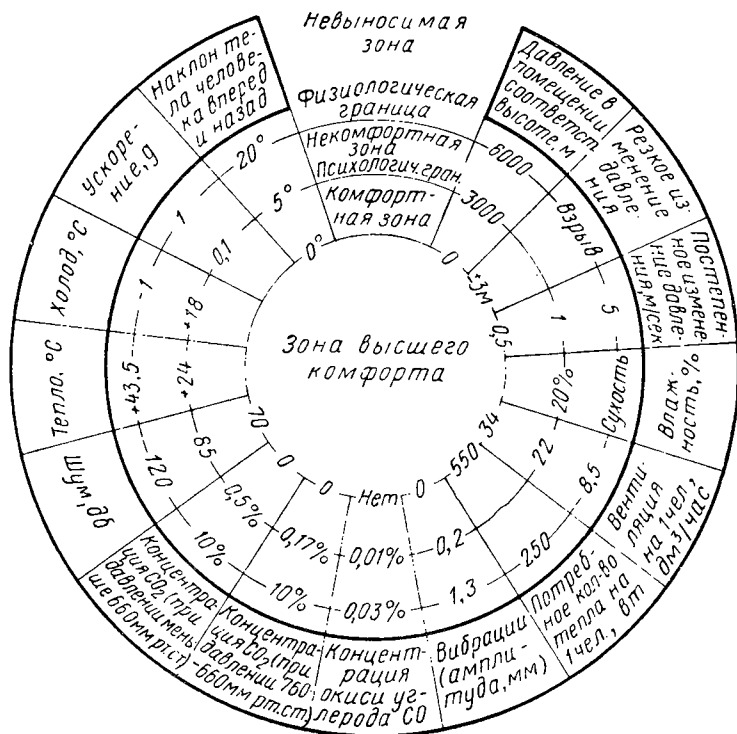
случае «машин» по переработке информации.) рекомендуемые модели являются весьма приближенными, так как процессы управления очень сложны.

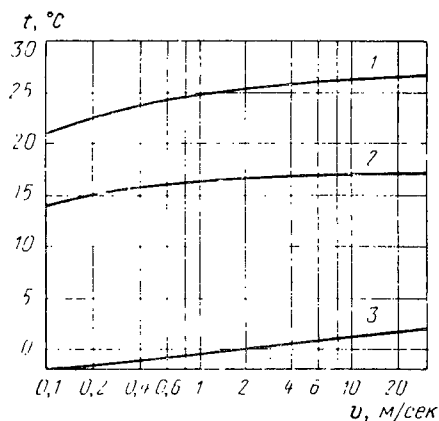
На основе большого количества исследований можно рекомендовать следующие правила. Ручное управление более предпочтительно, чем ножное. Более выгодно использовать регуляторы, которые требуют движения руки к себе (более быстрые, но менее точные) или от себя (более точные, но менее быстрые). Диаметр рукояток и их форма должны быть удобными для захвата. Предотвращение дрожания руки («тремор») и повышение точности движений требуют определенного момента сопротивления рукоятки в пределах 0,3—0,7 кгм. Плавность органов настройки обеспечивается использованием маховика или наличием вязкой смазки. Для ножных педалей в первый момент нажатия работа должна составлять 1 кгм, а при полном нажатии — от 2 до 8 кгм. При работе до 4 кгм можно получить скорость движения до 19 м/сек. Те органы управления, которыми пользуются «вслепую», должны быть объединены в отдельную группу. Если при контроле каких-либо величин контролируются величины их выходных параметров по шкалам, то регуляторы следует располагать по возможности под шкалами. Значительный эффект дает использование различных по величине и форме рукояток для более точного различения органов управления друг от друга. Это же правило следует использовать и для различения электрических разъемов. Для различных операций хорошо использовать органы управления, действующие по различному принципу (перекидные, кнопочные, клавишные, ригельные и вращающиеся переключатели и регуляторы). Направление движения органов управления и указателей должно соответствовать друг другу и принятым стандартам. При этом следует все время проверять соответствие полученных решений данным антропометрии, используемой рабочей зоне, простоте и безопасности эксплуатации, заданной надежности работы и условиям обслуживания.

**2.4. Условия жизнедеятельности человека-оператора.** Максимальная эффективность работы человека-оператора в виде «машин» по переработке информации или «машин» управления возможна только при обеспечении его нормальной жизнедеятельности, которая определяется совокупностью комфортных условий: удобством рабочего места, достаточным пространством для выполнения необходимых движений и перемещений, необходимым обзором, хорошей архитектурной формой пульта и изделия в целом, рациональным расположением аппаратуры и ее органов управления и контроля, необходимыми бытовыми устройствами, освещением, нормальными условиями в отношении шума и вибраций, нормальным температурным режимом, влажностью, плотностью воздуха и соответствующей вентиляцией. Эта совокупность представлена на рис. 2.20 в виде круговой диаграммы.

В том случае, если оператор РЭА находится в атмосфере, параметры которой отличаются от нормальных, необходимо использовать специальное оборудование в виде кислородных приборов, защитных скафандров или герметичных помещений. Без специальных защитных средств человек удовлетворительно переносит изменение плотности атмосферы в пределах 1000—400 мм рт. ст., при наличии в ней углекислого газа не более 0,5—1%, а окиси углерода не более 0,01%. Если оператор работает на летательных или подводных объектах, то при анализе условий его работы необходимо пользоваться соответствующими техническими документами и допускаемыми нормами. Для нормальной работы при атмосферном давлении 760 мм рт. ст. человек в состоянии покоя должен потреблять кислорода в количестве 0,2 л/мин, при работе средней активности — 0,8 л/мин и при работе высокой активности — около 1,6 л/мин (количество воздуха будет в пять раз больше). В противном случае могут иметь место нарушения дыхательного процесса.

В воздухе всегда содержатся водяные пары, мерой которых является абсолютная или относительная влажность. При относительной влажности выше 80% требуется повышение температуры, и создается впечатление подавленности, недостатка воздуха, появляется вялость. Малая влаж-

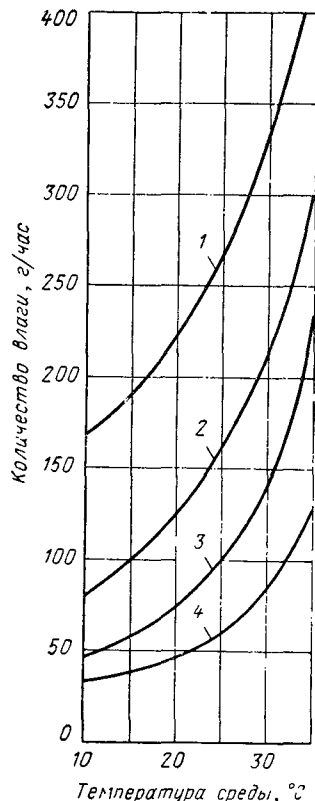




**2.21.** Необходимая температура помещения в покое (кривая 1), при умеренной (кривая 2) и энергичной (кривая 3) деятельности человека.

бота производится в неветилируемом помещении с объемом из расчета  $1,6 \text{ м}^3$  на одного человека, то рост относительной влажности за счет испарения влаги из организма достигает критических значений в несколько раз быстрее, чем рост концентрации  $\text{CO}_2$ .

Движение воздуха влияет на «теплоощущение» за счет обмена воздуха, оказывает чисто механическое воздействие и обеспечивает вентиляцию помещения. Эффект изменения «теплоощущения» наглядно иллюстрируется рис. 2.21, на котором даны значения необходимой температуры в помещении и вне его для разных родов деятельности человека и скорости движения воздуха. Механическое воздействие воздушного потока проявляется в создании распределенной нагрузки на частях тела, обращенных к встречному потоку, и в разрежении — на противоположных воздушному потоку частях тела. Расчет воздухообмена можно выполнить по формуле:



**2.22.** Количество влаги, выделяемое при разных видах деятельности:

1 — тяжелая физическая работа; 2 — средняя физическая работа; 3 — легкая физическая работа; 4 — покой.

$$L = b : (B_{\text{макс}} - B_{\text{вв}}),$$

где  $L$  — величина удельной вентиляции, м<sup>3</sup>/час;

$b$  — количество выделяемой влаги на одного человека, г/час;

$B_{\text{макс}}$  — максимальная допустимая абсолютная влажность в помещении, г/м<sup>3</sup>;

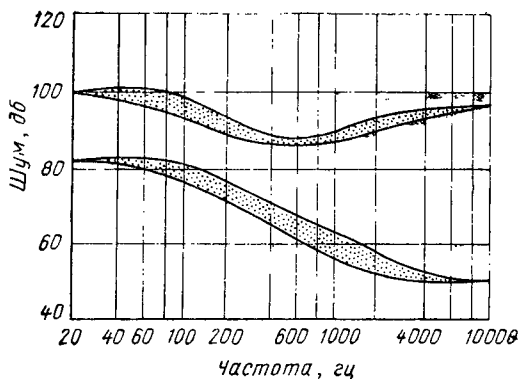
$B_{\text{вв}}$  — абсолютная влажность вентилируемого воздуха, г/м<sup>3</sup>.

Количество влаги, выделяемой человеком, можно определить по рис. 2.22.

В течение нескольких минут человек может выдержать температуру окружающей среды до +70°С. Превышение температуры при длительном воздействии приводит к тепловому удару. Длительная работа при температуре 50°С весьма быстро вызывает усталость, в выполняемой работе допускаются значительные ошибки. Понижение температуры сначала вызывает чувство озноба, а при длительном воздействии или при очень низких температурах наступает обмороживание и замерзание. Нормальное обслуживание аппаратуры при этом нарушается.

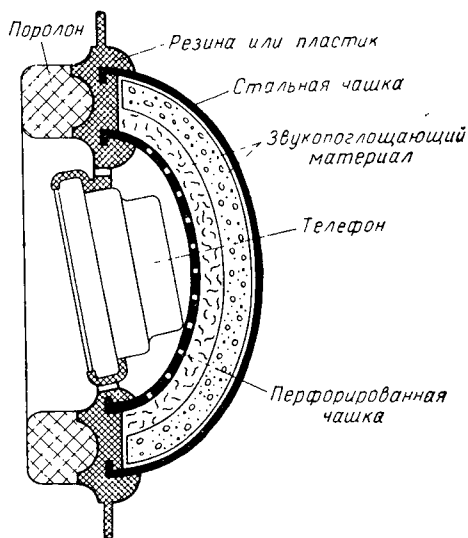
Тепловое облучение при интенсивности до  $0,1 \text{ Вт/см}^2$  практически не влияет, при интенсивности от  $0,15$  до  $0,3 \text{ Вт/см}^2$  возможен перегрев организма и ухудшение самочувствия, излучение более  $0,35 \text{ Вт/см}^2$  опасно для организма, при  $0,7 \text{ Вт/см}^2$  может произойти тепловой удар. Источниками теплового излучения в РЭА могут быть мощные усилительные и генераторные установки и их отдельные элементы. Для защиты от таких излучений наиболее эффективны тепловые экраны и спецодежда для обслуживающего персонала.

Работа при больших скоростях объектов может служить причиной нарушения нормального восприятия зрительной информации, требует концентрации внимания, что все, вместе взятое, повышает момент опасности.



2.23. Максимальные интенсивности шума.

2.24. Схема высокоэффективной заглушки для телефона, расположенного в шлеме.

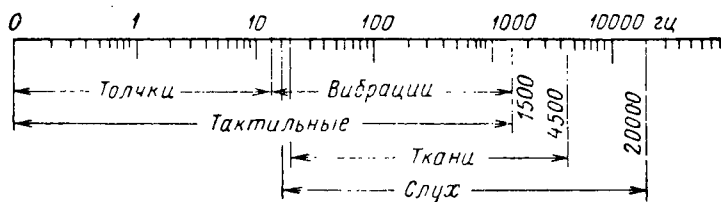


Постоянно действующие ускорения и перегрузки нарушают нормальное течение ряда психофизиологических процессов. Степень их влияния очень сильно зависит от положения тела оператора по отношению к направлению воздействия ускорений.

При ударных перегрузках возможны необратимые деформации различных органов и систем организма, и даже сотрясение мозга.

Акустические шумы и механические вибрации являются неприятными, но почти обязательными спутниками различных радиоэлектронных аппаратов: зарядных движков, систем обдува, вентиляции и др. Воздействие шумов и механических вибраций на психику и работоспособность оператора очень велико. Известно много случаев, когда шум и вибрации резко снижают производительность труда и увеличивают травматизм. На рис. 2.23 показаны кривые максимально переносимой интенсивности шума при его воздействии в течение шести часов в сутки (верхние кривые) и максимально допустимый уровень шума для работы оператора в комфортных условиях (нижние кривые). Физиологическое воздействие шума проявляется в притуплении остроты зрения, замедлении различных реакций на внешние раздражители, повышении кровяного давления и ослаблении внимания. В качестве индивидуальных защитных средств органов слуха человека используются различные типы противошумов (заглушек). Однако эффективность обычно применяемых заглушек невелика: они могут защищать преимущественно на частотах выше 1000 гц, неудобны в эксплуатации, затрудняют прохождение полезных сигналов. Лучшие результаты дает использование специальных шлемофонов с часеобразными заглушками. Они обеспечивают снижение звукового давления на 15—20 дб в области частот 100—500 гц и до 45 дб на частоте 7000 гц. Более сложные конструкции заглушек могут дать ослабление звукового давления на частотах от 50—200 гц до 40 дб. Одна из таких конструкций схематически показана на рис. 2.24. Максимальный уровень шумов в лабораторных помещениях не должен превышать 40—45 дб, 80—90 дб — в производственных помещениях и 120—130 дб — при воздействии в течение 1—2 мин.

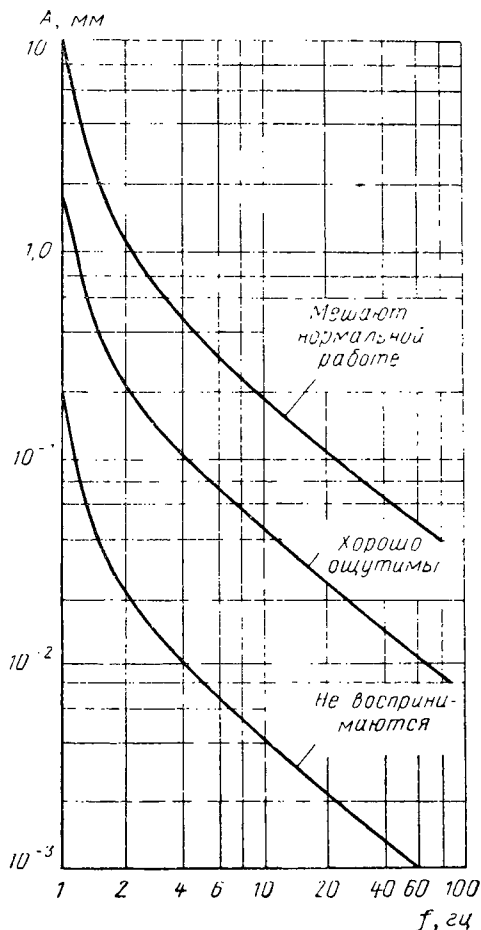




**2.25.** Границы чувствительности различных анализаторов.

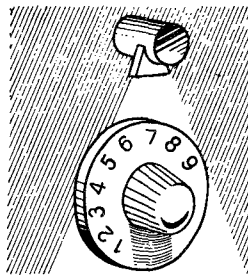
Механические колебания объектов, на которых установлена РЭА, называют вибрациями. Чувствительность различных анализаторов к ним может быть оценена по рис. 2.25. При вибрациях понижается острота зрения, нарушается восприятие глубины пространства и происходят другие расстройства нормальной жизнедеятельности человека. Однако если время воздействия не превышает одной минуты, то величина безболезненно переносимых вибраций возрастает в десятки раз. Собственная резонансная частота тела, головы и органов брюшной полости человека лежит в пределах 6—8 гц. Эти частоты наиболее опасны для оператора, и поэтому индивидуальные средства защиты (специальные кресла) необходимо конструировать с максимальной защитой именно на этих частотах. Характер воздействия вибраций показан на рис. 2.26.

Правильно устроенное освещение обеспечивает достаточную освещенность рабочей поверхности при отсутствии резкой разницы в яркости с окружающим фоном. На поверхностях кожухов РЭА и в помещении, где аппаратура расположена, не должно быть резких теней и блестящих поверхностей, способных давать блики. Освещенность рабочих поверхностей должна быть постоянной. Для различных по характеру работ требуется освещенность, величина которой изменяется в пределах от 5 до 1000 лк. Для нормальной работы операторов, связанных с радиоэлектронной аппаратурой, расположенной в помещениях, можно рекомендовать следующие нормы освещенности: 100 лк при приме-



**2.26.** Характер воздействия вибраций при изменении амплитуды ( $A$ ) и частоты ( $f$ ).

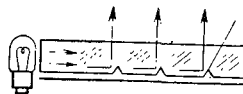
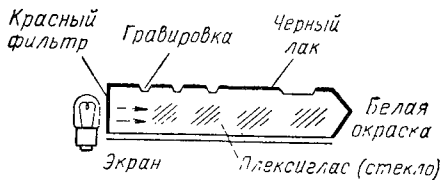
нении ламп накаливания и около 400 лк при применении люминесцентных ламп и при комбинированном освещении. При общем освещении местное освещение может быть уменьшено в 2—2,5 раза. Очень большое значение имеет рациональное устройство освещения помещения и подсветки индикаторов. Для этого используют источники заливающего света, освещение на просвет и прозрачные светопроводы. В последнем случае, используя красный светофильтр и черный фон экрана, можно получить днем белые, а вечером красные знаки на черном фоне, что соответствует требованиям максимального различения знаков. Различные типы таких осветительных приспособлений показаны на рис. 2.27. Конструкции осветительных установок (особенно для дневного освещения) не-



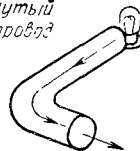
Ручка управления

обходимо выполнять так, чтобы глаза оператора были защищены от непосредственного попадания света. Очень удобно использовать специальные стекла, содержащие серебро, которые изменяют свою прозрачность в широких пределах при увеличении и уменьшении падающего на них светового потока. Они являются как бы своеобразными автоматами, регулирующими силу солнечного света.

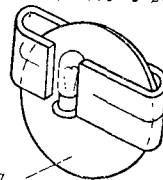
Кроме освещенности большое значение имеет цвет окраски помещения и спектральная характеристика используемого света. Поэтому рекомендуется, чтобы потолок отражал 80—90%, стена 50—60%, панель 15—20%, а пол 15—30% падающего на них света. Исходя из этих рекомендаций для потолка выбирают белый, светлосерый, серый и желтый тона; для



Изогнутый светопровод



Визир-светопровод



Шкафа

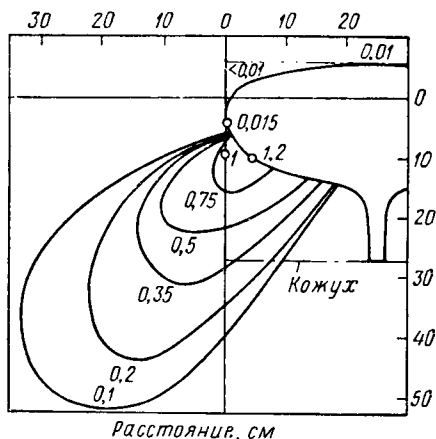
**2.27.** Осветительные установки указателей.

стен — желтый, салатовый, светло-голубой и серый тона; для панели и пола — темно-серый, темно-красный и коричнево-красный тона. При этом следует помнить, что тона обладают различным психофизиологическим воздействием. Применение тонов теплой гаммы (красный, оранжевый, желтый) создает впечатление бодрости, возбуждения и замедленного течения времени. При длительном воздействии красного цвета повышается частота пульса и давление крови. Применение холодных тонов (синий, зеленый и фиолетовый) создает впечатление покоя. Одновременное использование и тех и других тонов может вызвать ощущение растерянности и беспокойства.

Специфическими для РЭА факторами, воздействующими на оператора, являются магнитные поля, радиоактивные и СВЧ излучения.

Сильные магнитные поля оказывают заметное влияние на работу нервной и сердечно-сосудистой системы, на нормальную координацию движений. Кожа кистей рук меняет свой цвет, появляется зуд, понижается кровяное давление. Для защиты от воздействия таких полей необходимо выполнять надежное экранирование источников сильных магнитных полей (магнетроны, мощные ЛБВ и подобные устройства). Операторы, обслуживающие такие устройства, должны регулярно проходить медицинский осмотр.

Радиоактивные излучения возникают в РЭА как побочные эффекты работы мощных электровакуумных, ионных и электронно-лучевых приборов. При напряжениях на электродах 15—30 кВ в этих приборах возникает мягкое рентгеновское излучение, а при напряжениях 30—125 кВ — жесткое. Поэтому, например, при одновременной работе десяти телевизоров, от которых оператор будет находиться на расстоянии 3 м, в течение месяца работы он получит дозу облучения в 50 мр. Направление максимального рентгеновского излучения от трубки можно оценить по рис. 2.28. В связи с тем, что излучения оказывают различное влияние на человека, для оценки их влияния пользуются биологическим эквивалентом рентгена (бэр). По принятым нормам суммарное облучение на человека в неделю не должно превышать 0,1 бэр. Наиболее опасными из радиоактивных излучений являются тепловые нейтроны, быстрые нейтроны,



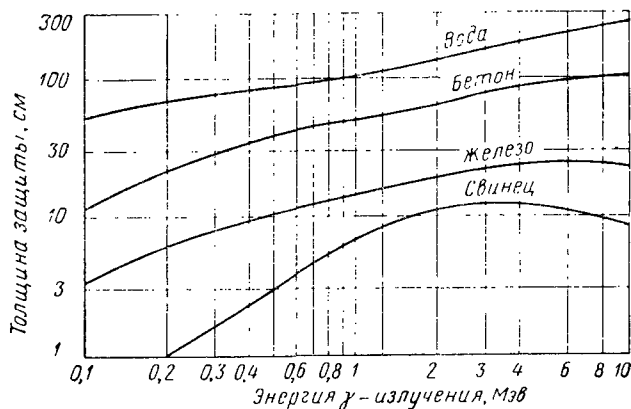
2.28. Кривые равной напряженности излучений для телевизионной трубки.

$\alpha$ -частицы и протоны. Рентгеновские,  $\gamma$ -лучи,  $\beta$ -частицы и электроны менее опасны (примерно в сто раз).

Для защиты от рентгеновского излучения используют увеличение расстояния от источника излучения до оператора. Увеличение расстояния вдвое уменьшает дозу вчетверо, втрое — в девять раз и т. д. Листовые стальные экраны толщиной 0,1 мм поглощают до 87% рентгеновского излучения. Необходимую толщину защиты от проникающей радиации (главным образом  $\gamma$ -лучей) можно определить по рис. 2.29.

Воздействие СВЧ излучений тем сильнее, чем выше частота и мощность устройства. При плотности полей СВЧ порядка десятых-сотых долей ватта на квадратный сантиметр возникают явления общего и местных перегревов, вызывающие повышение температуры тела. Если размеры органов тела соизмеримы с длиной волны, то в них могут возникнуть стоячие волны и местные перегревы.

Значительные потоки СВЧ излучения опасны даже при кратковременном воздействии. Кроме перегревов, они вызыва-



**2.29.** Толщина защитных экранов для 100-кратного ослабления излучений.

ют ряд химических изменений в клетках, мутации генов, квантово-биологические эффекты и влияют на психику оператора. При кратковременном воздействии плотность средней мощности облучения до  $0,001 \text{ Вт/см}^2$  считается допустимой, от  $0,001$  до  $0,01 \text{ Вт/см}^2$  — безопасной при случайном облучении и свыше  $0,01 \text{ Вт/см}^2$  — потенциально опасной. При длительном воздействии облучения приведенные нормы уменьшаются в десять-сто раз.

Допустимое расстояние до источника облучения при параболической антенне радиолокатора можно вычислить по формуле

$$r = \sqrt{\frac{P \cdot G}{4\pi \cdot L}},$$

где  $r$  — допустимое расстояние до источника облучения, см;

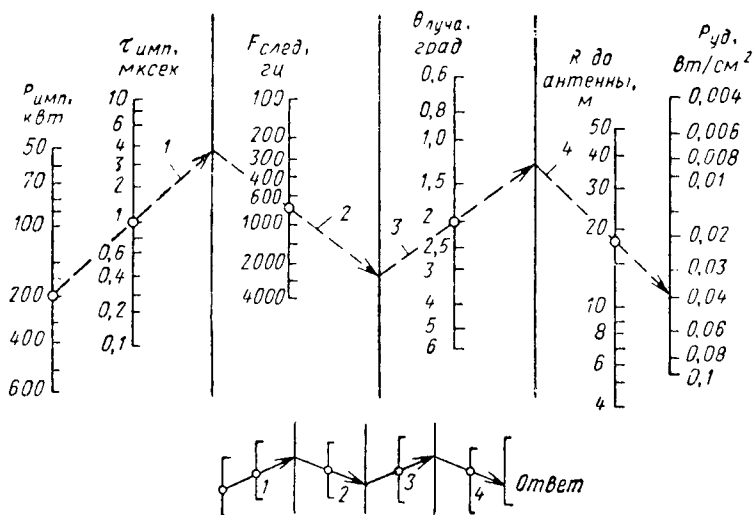
$P$  — средняя мощность радиолокатора, Вт;

$G$  — коэффициент усиления антенны;

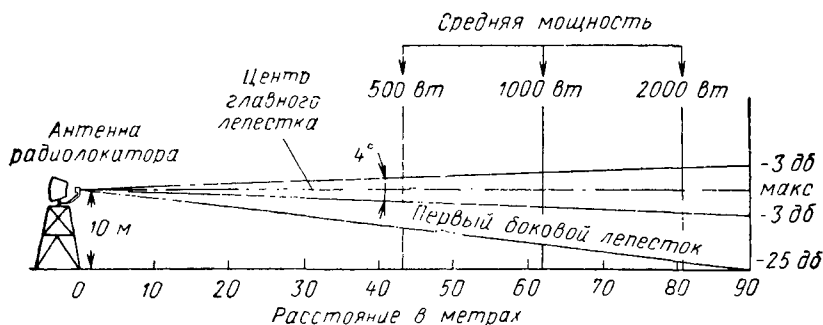
$L$  — плотность мощности облучения,  $\text{Вт/см}^2$ .

Прикидку можно выполнить по номограмме рис. 2.30, на которой показан пример определения. Номограмма и формула верны только для случая неподвижной антенны. При скорости вращения антенны менее 3 об/мин в ряде случаев может быть обеспечено достаточное охлаждение тела оператора.

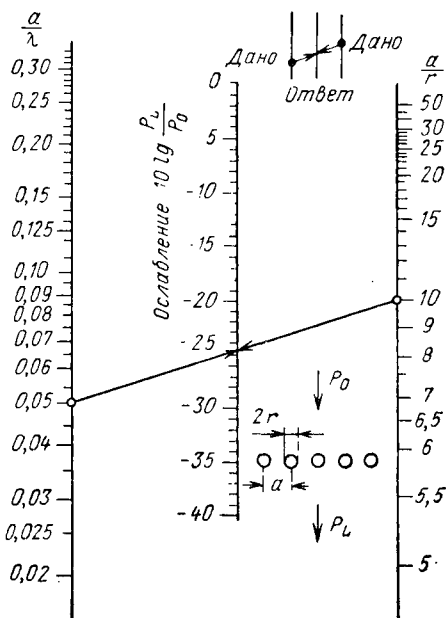
Наиболее опасным является главный лепесток антенны. В этом случае следует руководствоваться рис. 2.31, на котором показаны опасные расстояния для значений средней мощности в 500, 1000 и 2000 вт. К полям СВЧ и радиоактивным излучениям наиболее чувствительны органы с малым числом кровеносных сосудов: мозг, глаза, органы желудочно и мочеполового тракта, семенники. Результатом воздействия излучений и полей СВЧ будут: катаракта глаз, рако-



2.30. Номограмма для расчета средней плотности  $P_{\text{уд}}$ .



**2.31.** Опасные расстояния от антенны РЛС для разных значений средней мощности.



**2.32.** Номограмма для расчета эффективности сетчатых экранов.

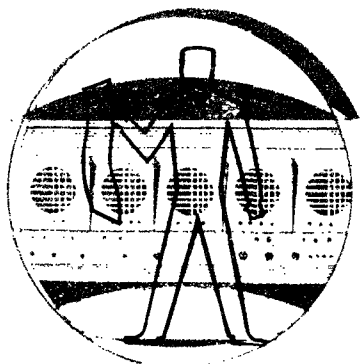


вые заболевания, бесплодие, общее ухудшение состояния организма.

Для защиты от воздействия полей СВЧ кроме мер предупредительно-административного характера используют поглощающие и экранирующие материалы. Достаточно эффективным является использование сетчатых экранов, защитные свойства которых можно оценить по номограмме рис. 2.32. Они используются при выполнении защитных костюмов и экранированных проходов для обслуживающего персонала.

## Литература

1. Варламов Р. Г. Основы конструирования радиоэлектронных аппаратов, гл. 8. Изд. МЭИ, 1963.
2. Варламов Р. Г. Компоновка радио и электронной аппаратуры, гл. 1 и 2. Изд-во «Советское радио», 1966.
3. Денисов В. Г. Некоторые аспекты проблемы сочетания человека и машины в сложных системах управления. Сб. «Проблемы космической биологии», т. II. Изд. АН СССР, 1962.
4. Лавников А. А. Авиационная медицина. Воениздат, 1961.
5. Леонтьев А. Н., Кринчик Е. П. Некоторые особенности процесса переработки информации человеком. Сб. «Кибернетика, мышление, жизнь». Изд-во «Мысль», 1964.
6. Ломов Б. Ф. Человек и техника (очерки инженерной психологии). Изд. ЛГУ, 1963.
7. Славин И. И. Производственный шум и борьба с ним. Профиздат, 1955.
8. Bowen H. M. Rational Design. Industrial Design, 1964, v. 11, № 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8.





# ОСНОВЫ ЭРГОНОМИКИ



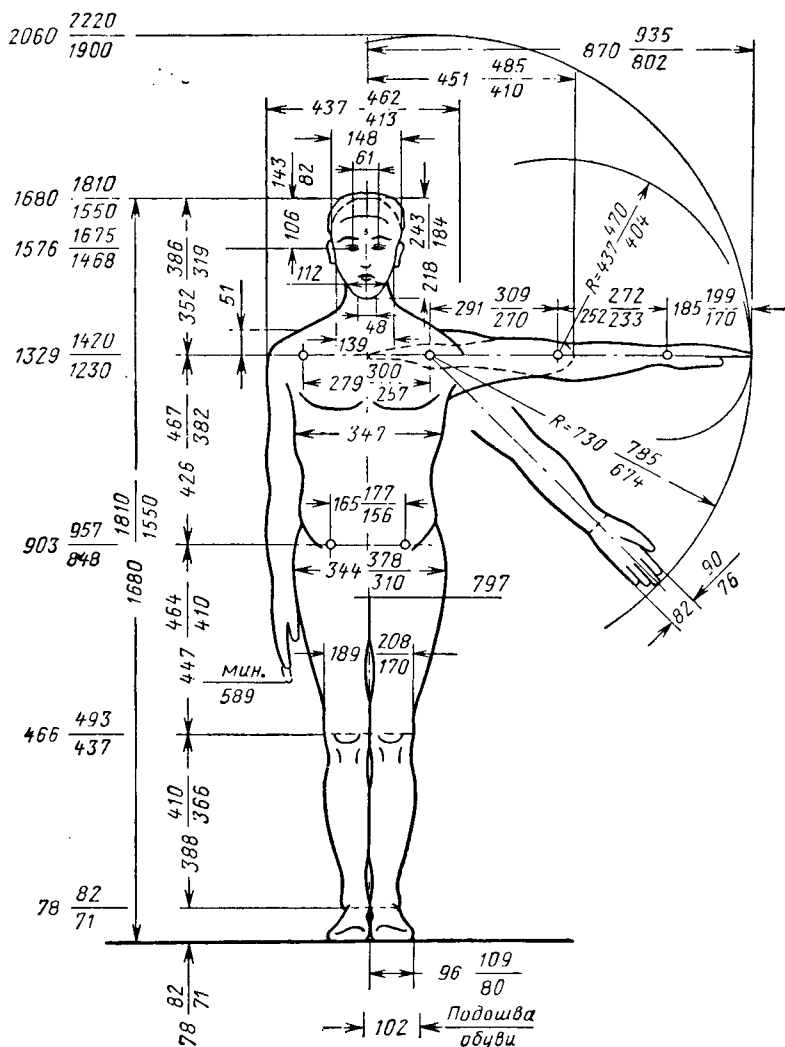
**3.1. Некоторые антропометрические данные.** Основой человеческого организма являются скелет и мышцы, составляющие костно-мышечную систему. Скелет и мышцы образуют систему органов движения и защищают внутренние органы человека от внешних механических воздействий. Наличие шарнирных сочленений (суставов) в скелете позволяет человеку выполнять разнообразные движения.

Пропорции телосложения определяются полом, расой, возрастом, местом жительства и т. п. Поэтому при проектировании РЭА, с одной стороны, нужно стремиться к использованию какой-то одной модели человеческого тела, а с другой — учитывать перечисленные выше различия.

Для мужчин и женщин в возрасте от 20 до 59 лет, преимущественно русской национальности, по данным последних антропометрических измерений значения среднего роста равны 168 и 156 см соответственно. По этим данным рассчитаны остальные размеры тела для мужчин и женщин пропорционального сложения (рис. 3.1 и 3.2). Размеры тела мужчины даются тремя числами. Первое число относится к лицам среднего роста, число в числителе — к лицам высокого роста, а число в знаменателе — к лицам низкого роста. Указанные размеры характерны для 97,5% лиц. Данные об остальных 2,5% исключены как нехарактерные. Пользуясь этими рисунками, необходимо учитывать перемещения плечевого сустава на 38—53 мм вперед, до 24 мм вниз и уменьшение роста за счет расслабления мышц на 36—48 мм.

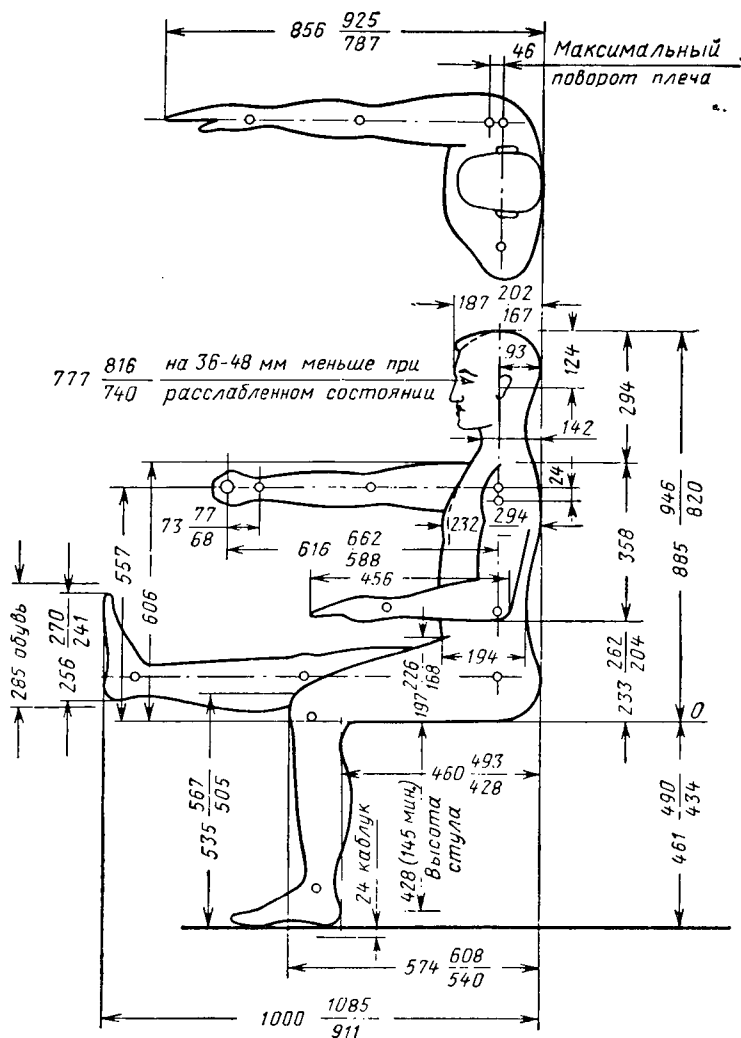
При разработке РЭА на экспорт выполняется соответствующий пересчет размеров тела исходя из следующих данных: средний рост мужчины в США равен 176 см, в Англии и Германии — 173 см, в Японии — 164 см. Учет отклонения величин роста от показанных на рис. 3.1 и 3.2 можно выполнить по нормированной кривой распределения ростов, показанной на рис. 3.3.

Максимальные размеры при различных положениях тела мужчины ростом 176 см показаны на рис. 3.4. При конструировании микротелефонной гарнитуры и защитных приспособлений для глаз необходимо знать размеры головы. Они даны на рис. 3.5 в виде четырех чисел. Первые три числа расшифровываются аналогично рис. 3.1. Четвертое число в скобках дает средний размер для женского лица. Без учета мешающего действия одежды руки человека может перемещаться так, как показано на рис. 3.6. Размеры кисти руки и углы поворота пальцев и кисти даны на рис. 3.7. Размеры на этом рисунке обозначены аналогично рис. 3.5. Пределы перемещения ноги и стопы показаны на рис. 3.8.

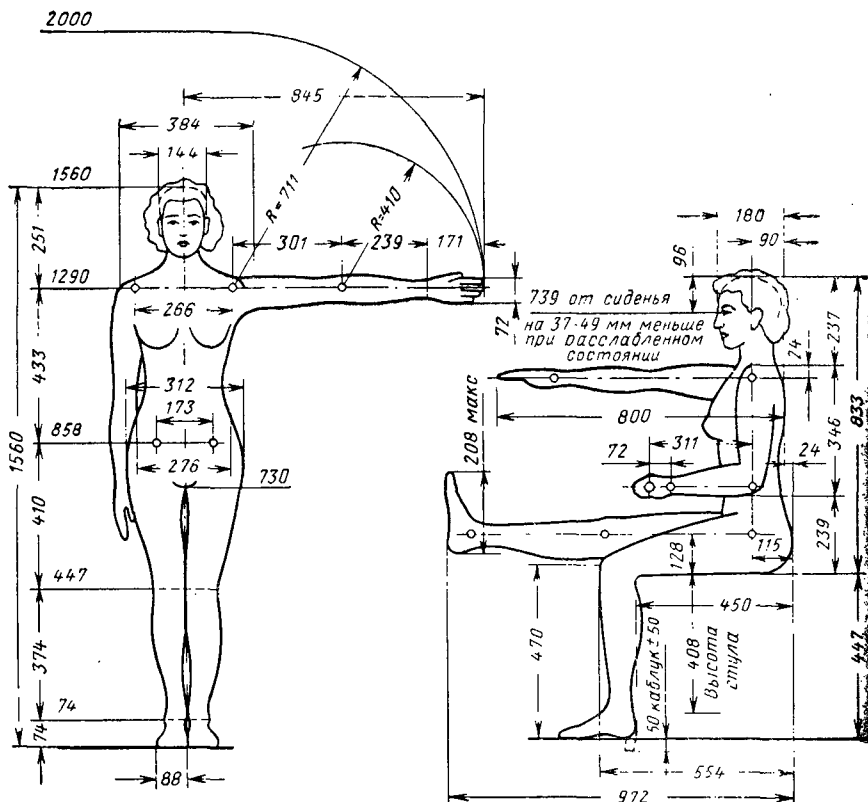


3.1. Основные размеры тела мужчины. Дробью даны предельные значения.

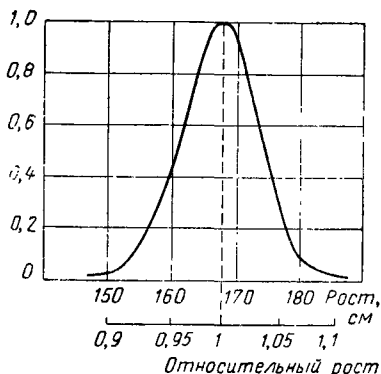




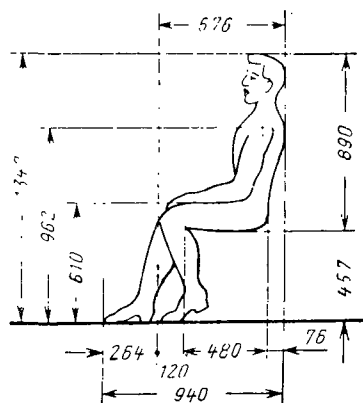
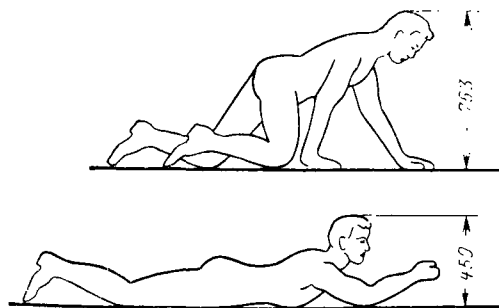
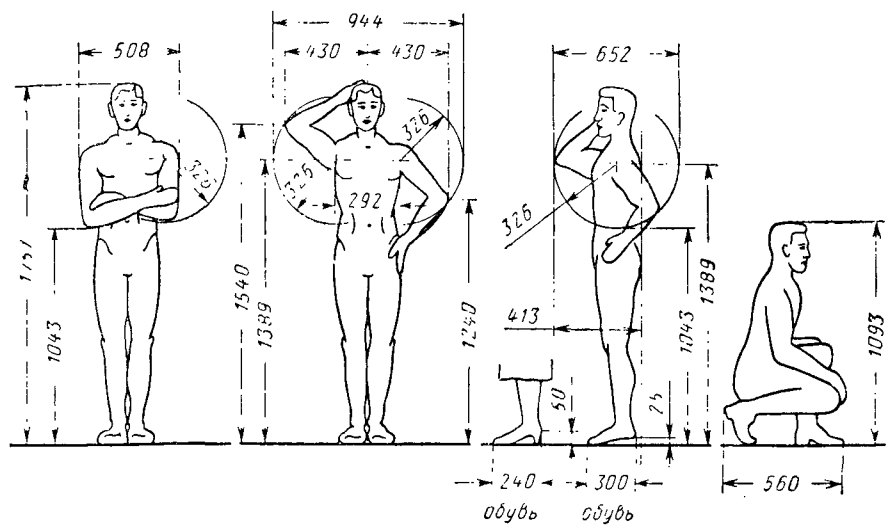
(Продолжение рис. 3.1)



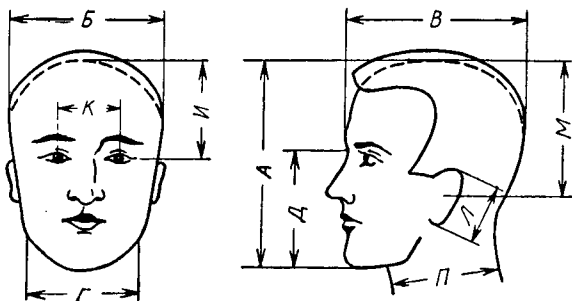
3.2. Основные размеры тела женщины.



3.3. Кривая распределения роста мужчин в абсолютных и относительных значениях.



3.4. Ограничивающие размеры при различных положениях тела мужчины ростом 176 см.



**3.5. Основные размеры головы (в сантиметрах):**

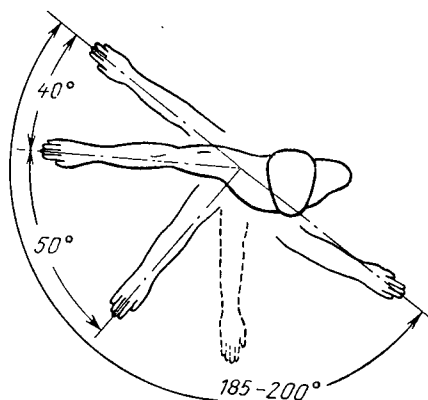
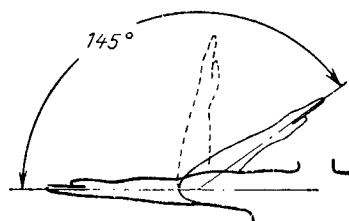
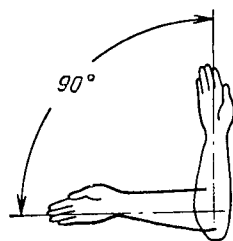
$$A - 218 \frac{233}{185}; B - 148 \frac{165}{131} (144);$$

$$B - 188 \frac{202}{168} (180); Г - 112 \text{ (средний размер);}$$

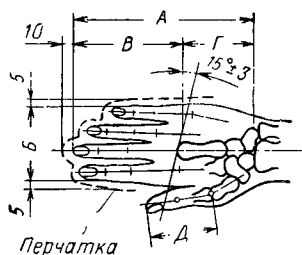
$$Д - 120 \frac{139}{97}; И - 108 \frac{130}{82} (96);$$

$$K - 65 \div 68 \text{ (средний размер); Л - } 63 \frac{76}{49};$$

$$M - 125 \text{ (средний размер); П - } 114 \frac{134}{100}.$$



3.6. Пределы перемещения руки.

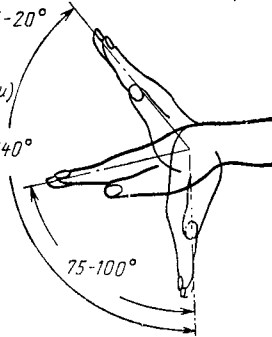
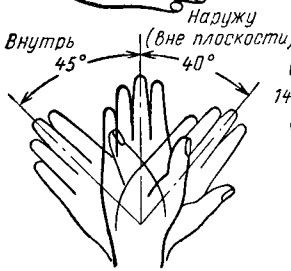
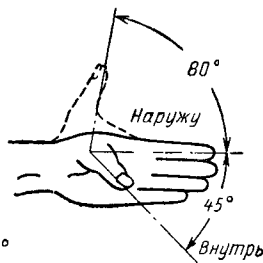
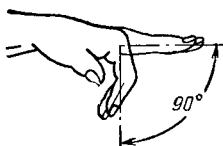
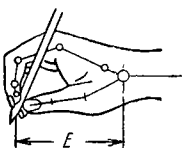
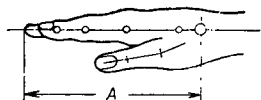


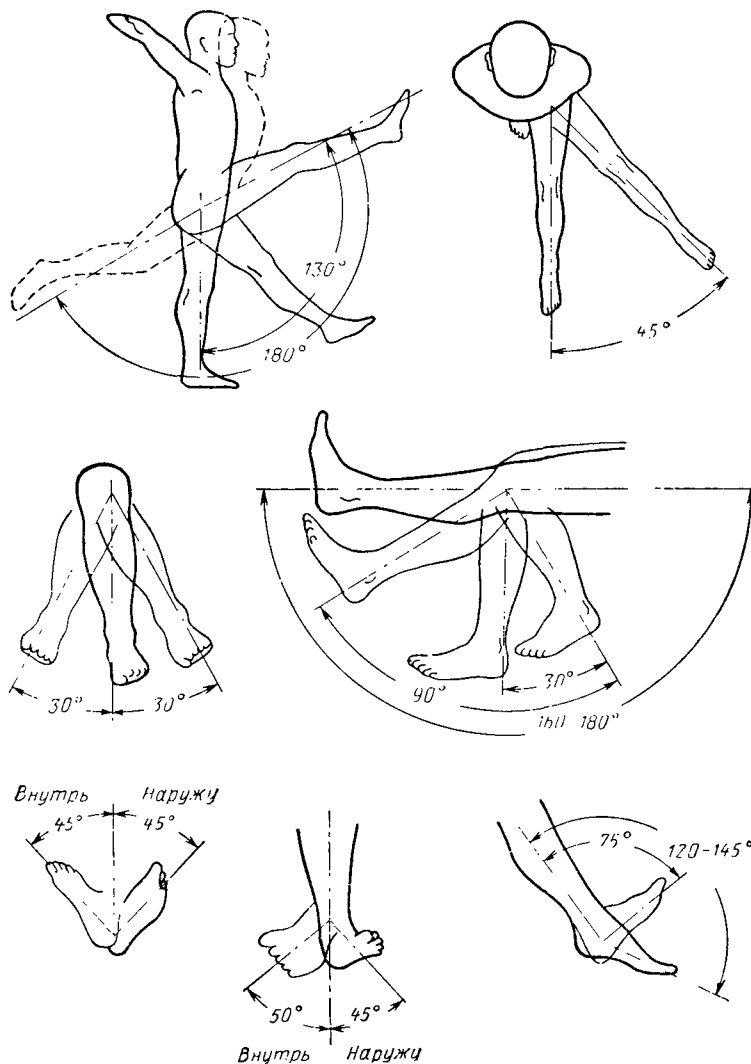
### 3.7. Размеры кисти руки и углы поворота пальцев и кисти

$$A - 185 \frac{200}{170} (171); \quad B - 82 \frac{90}{76} (72);$$

$$B - 112 \frac{121}{99} (99); \quad \Gamma - 73 \frac{78}{68} (72);$$

$$D - 66 \frac{73}{68} (59); \quad E - 112 \frac{121}{99}.$$





**3.8. Пределы перемещения ноги и стопы.**

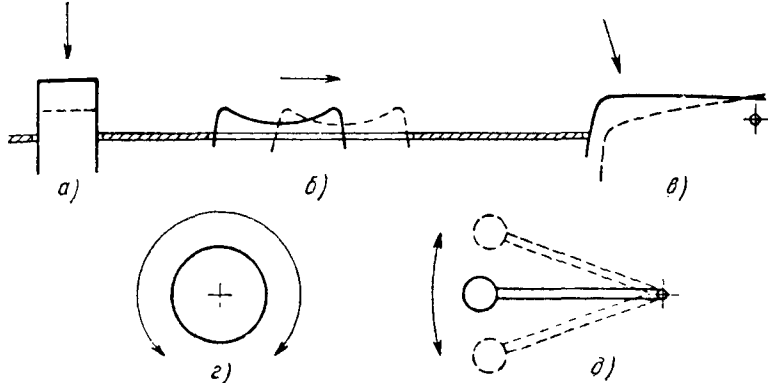
Для мужчины в возрасте 25 лет при нормальном физическом развитии при поперечном движении руки развиваемое усилие доходит до 40 кг. При толкательных и тянущих движениях усилия будут равны 16—18 кг. Правая рука примерно на 10% сильнее левой у 93% мужчин и 96% женщин (около 7% мужчин и 4% женщин являются левшами). В возрасте 65 лет развиваемые усилия падают примерно вдвое. Вес колеблется в пределах 46—97 кг при росте 153 и 187 см. Для мужчины среднего роста вес равен 70—72 кг.

**3.2. Ручные и ножные органы управления.** По способу управления ручные органы управления можно разделить на следующие группы: управляемые одним пальцем — нажимные в виде кнопок и клавиш и передвигаемые в виде задвижек (ригелей); управляемые двумя и большим числом пальцев — рычаги и ручки (рис. 3.9).

Органы управления одним пальцем руки показаны на рис. 3.10. Кнопки могут быть круглыми или квадратными средних размеров диаметром или шириной 15—20 мм, миниатюрными диаметром 3—4 мм для кратковременных нажатий с малыми усилиями и пусковыми с защитным бортиком от случайных сбрасываний. Чем быстрее и чаще приходится работать с такими регуляторами, тем больших размеров желательно их делать. Ригельные переключатели целесообразно использовать при небольших усилиях переключения и только для двух (крайних) устойчивых положений. Надежно работающие переключатели такого типа на три и большее число положений выполнить очень трудно, они неудобны в работе. Клавишные переключатели имеют, как и кнопочные, два устойчивых положения. Ширину клавиши следует брать не менее 18—20 мм при длине не менее 20—30 мм. Величина рабочего хода должна быть не менее 5—10 мм. В любых условиях усилие нажатия у клавиш не должно превышать двух килограммов. Иногда для удобства эксплуатации кнопочные и клавишные переключатели выполняют с подсветкой.

Органы управления двумя пальцами руки выполняются в



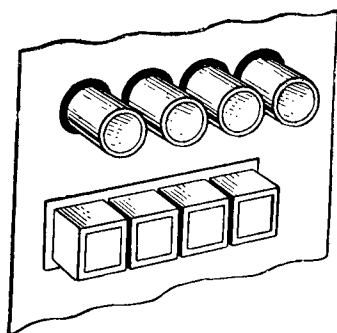


3.9. Схемы движений ручных регуляторов кнопочного (а), ригельного (б), клавишного (в), вращательного (г) и рычажного (д) типов.

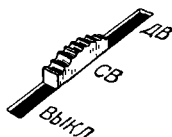
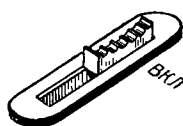
виде рычагов длиной 30—40 мм. Они могут иметь два положения (усилия переключения 0,3—0,5 кг), три и более (телеграфные и телефонные ключи). Приняты следующие значения положений головки ключа (рычага): вправо — включить, прибавить, движение вправо; влево — выключить, убавить, движение влево; вперед или вверх — включить, прибавить, движение вперед или вверх; назад или вниз — выключить, убавить, движение назад.

Для надежного захвата пальцами головки рычага она должна иметь диаметр не менее 4—6 мм. Если усилия большие, то головку рычага берут диаметром 30—45 мм. В этом случае управление выполняется всей кистью руки.

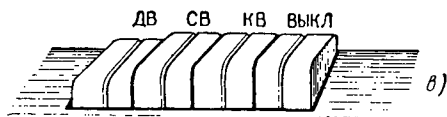
Для быстрых разрывов цепи используются так называемые «стреляющие» (пакетные) переключатели на 2—4 положения («включено» — «выключено» или I, II, III и IV). По существу это те же тумблеры, но с повернутым на 90° органом управления механизмом переключателя. Их характерная особенность заключается в том, что переключение происходит только при превышении определенной вели-



а)



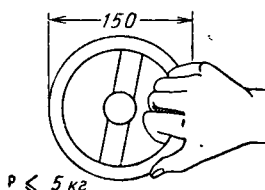
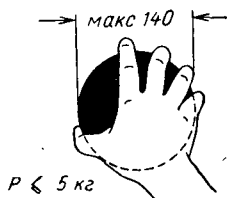
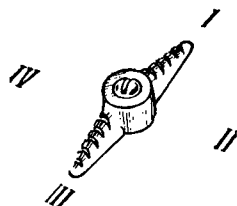
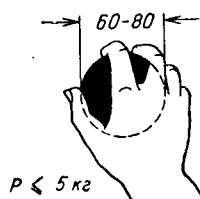
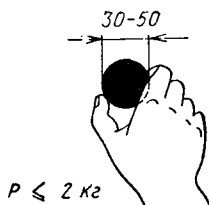
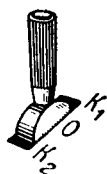
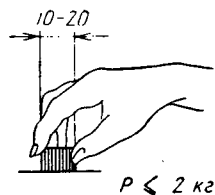
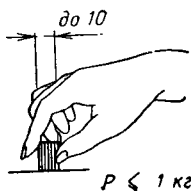
б)



в)

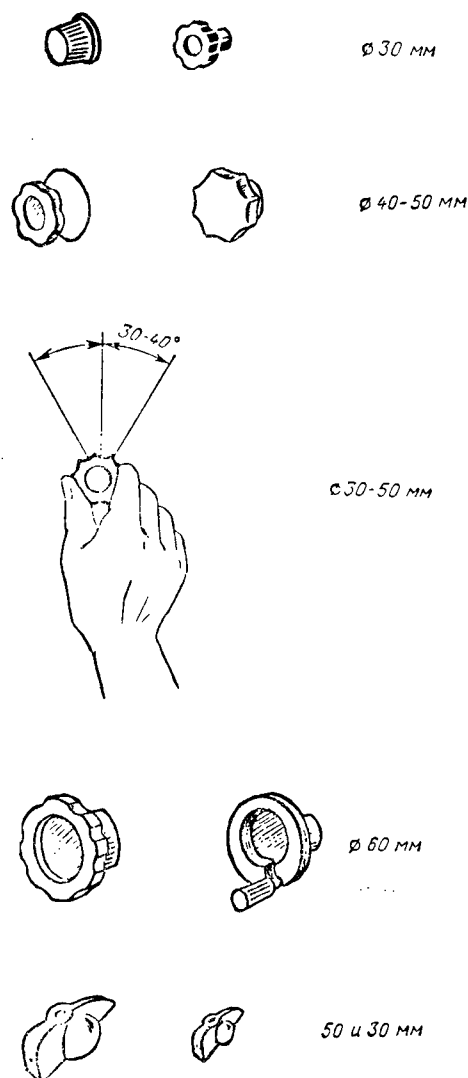
**3.10.** Варианты выполнения кнопочных (а), ригельных (б) и клавишных (в) регуляторов.

чины угла поворота около  $50\text{--}70^\circ$ . Возможные виды таких органов управления показаны на рис. 3.11. Органы управления двумя и большим количеством пальцев руки являются самыми распространенными в РЭА. Они выполняются в виде ручек и штурвалов диаметром от 10 до 100 мм. Эти диаметры выбираются в зависимости от требуемых усилий (рис. 3.12). Форма ручек в большой мере определяется их диаметром и может быть такой, как показано на рис. 3.13. Ручки диаметром 30—50 мм обеспечивают максимальную точность положения при углах поворота до  $\pm 30\div 40^\circ$ . Для ускорения вращения ручек многооборотных регуляторов используют дополнительную вращающуюся кнопку. При углах поворота менее  $360^\circ$  с одновременным указанием положения удобны



3.11. Варианты выполнения рычажных регуляторов.

3.12 Связь между диаметром ручки и допускаемым усилием управления ( $P$ ).

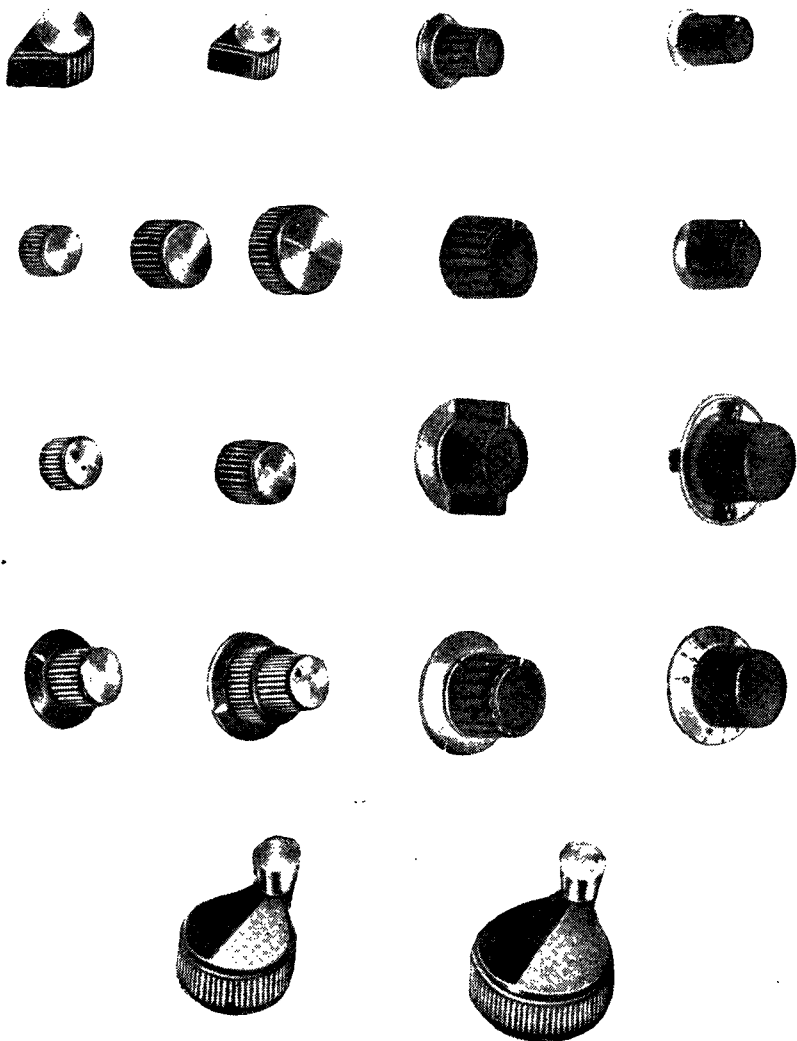


3.13. Форма и размеры некоторых типов ручек.

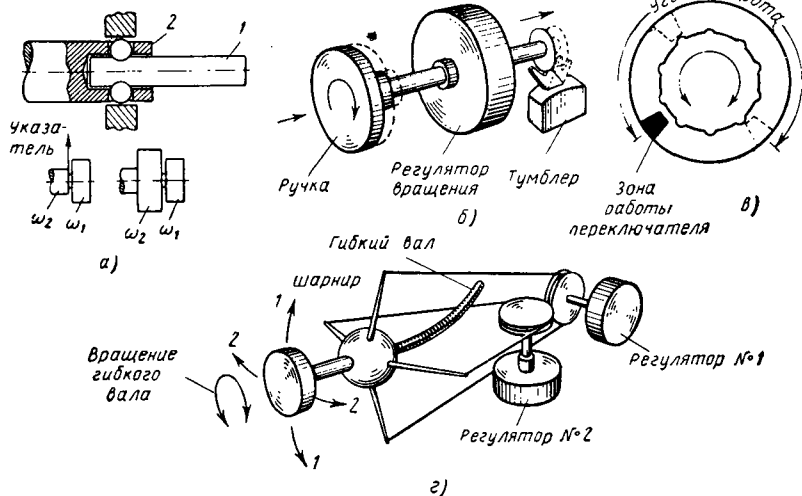
ручки типа «клювик». Часто используются многооборотные ручки с лимбами и дополнительными счетчиками числа оборотов. Они по существу являются видоизменением счетчиков. Обычная круглая или многогранная ручка может использоваться и со стрелочным указателем. В этом случае на панели прибора помещается специальная шкала.

Требования художественного конструирования и функциональные особенности РЭА привели к разработке единых ансамблей ручек (рис. 3.14). Стремление обеспечить радиослушателю дополнительные удобства в работе с аппаратурой послужило причиной создания различных комбинированных ручек управления, схемы которых показаны на рис. 3.15.

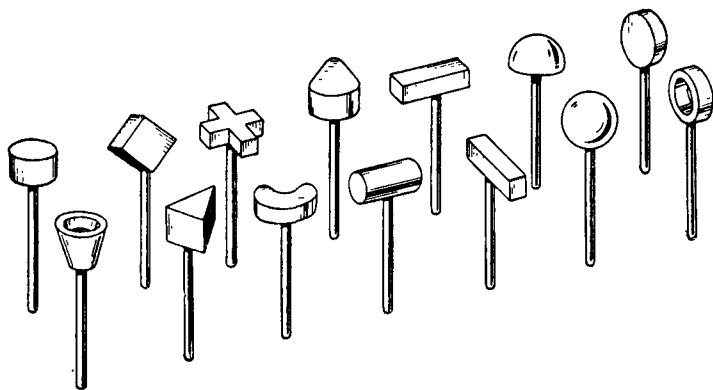
Особую группу образуют рукоятки для безошибочного тактильного распознавания. Наиболее оптимальные формы их показаны на рис. 3.16.



3.14. Ручки управления, выполненные художниками-конструкторами.

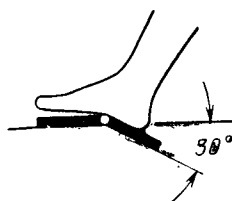
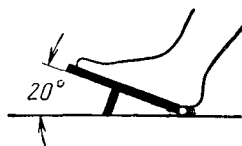
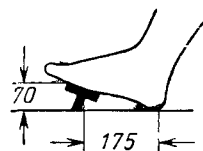


**3.15.** Комбинированные ручки для замедления (а), для вращательного и поступательного регулирования (б); объединение нескольких регуляторов при вращении (в) и комбинированный трехступенной шарнирный регулятор (г).

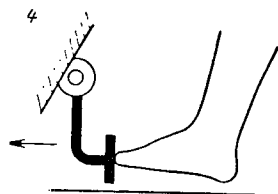
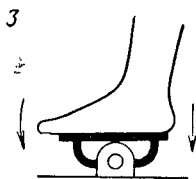
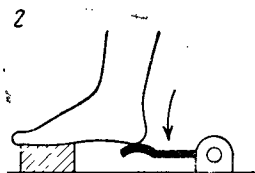
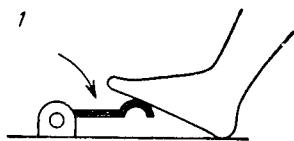


**3.16.** Формы рукояток для безошибочного тактильного распознавания.

Ножные органы управления используются тогда, когда требуются большие усилия и небольшая точность (включение — выключение, грубая регулировка напряжения или тока и т. п.), желательно сократить общее время управления и облегчить мускульную работу рук. Положение оси педали должно выбираться так, чтобы рабочее усилие не изменялось в процессе работы. Для трех рекомендуемых схем педалей (наиболее характерных) рабочие углы и размеры должны соответствовать показанным на рис. 3.17. Максимальные усилия нажатия, которые могут быть достигнуты, достигают до 200 кг. Для обеспечения точности управления усилия выбирают во много раз меньше. Для педали 1 (рис. 3.18) они лежат в пределах 3—6 кг при самом быстром и точном управлении. В этом случае преимущественно работают икроножные мышцы. Для педали 2 усилия нажатия равны 4—9 кг для сидящего оператора и 14 кг для стоящего при рабочем ходе педали 40—60 мм. В этом случае преимущественно нагружены голени. Для педали 3 рекомендуемые усилия равны 2 кг. Эти педали могут давать три четких положения: нажатие носком, нейтральное и нажатие пяткой. Педали типа 4 целесообразно использовать только для выключения или включения.



3.17. Три схемы выполнения педалей.

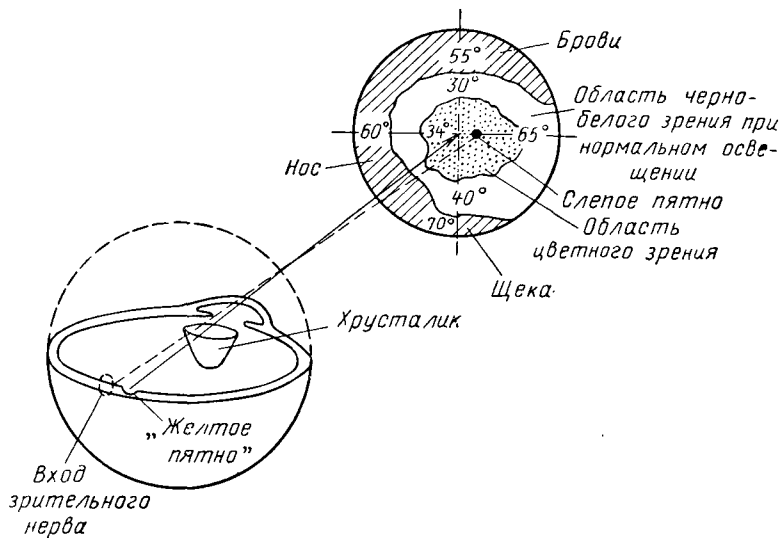


**3.18.** Возможные схемы выполнения нажимного органа педали.

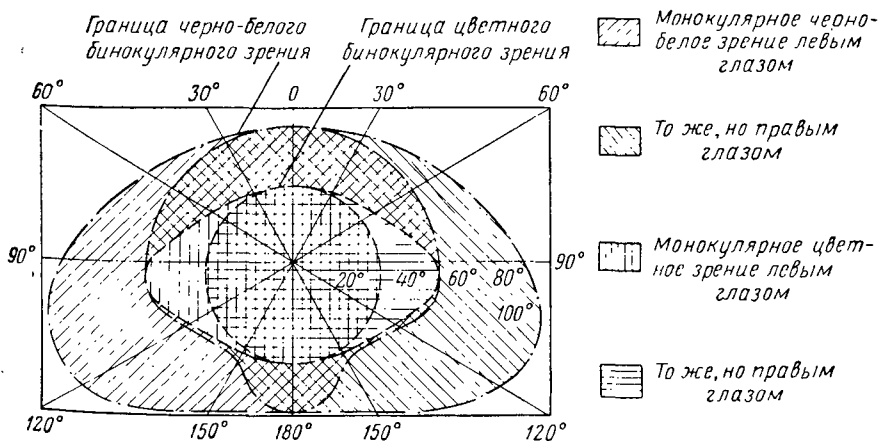
**3.3. Визуальные индикаторы.** Визуальная информация поступает к человеку-оператору через зрительный анализатор, состоящий из глаза, зрительного нерва и зрительного центра, расположенного в затылочной доле головного мозга. Посредством зрения мы познаем форму, величину, цвет предмета (индикатора), направление и расстояние до него. Приемным «элементом» глаза являются палочки и колбочки. Свет, проникающий в глаз, разлагает фотохимическое вещество в них, и эти продукты распада возбуждают импульсы, вызывающие в нашем мозгу сознание ощущения света, цвета, формы и величины предмета. В каждом глазу имеется около 7 млн. колбочек и 130 млн. палочек. От каждой колбочки и от группы палочек (около 100 шт.), расположенных в разных местах сетчатки, идет по одному зрительному волокну. Это является причиной существенных различий функций палочек и колбочек.

Во-первых, колбочками обеспечивается так называемое «дневное» зрение, ибо они способны воспринимать только достаточно яркие световые лучи. Палочки сетчатки имеют гораздо большую чувствительность (С. И. Вавилов выполнял опыты по раздельному наблюдению квантов света). Во-вторых, зрение с помощью колбочек обеспечивает высокую разрешающую способность.

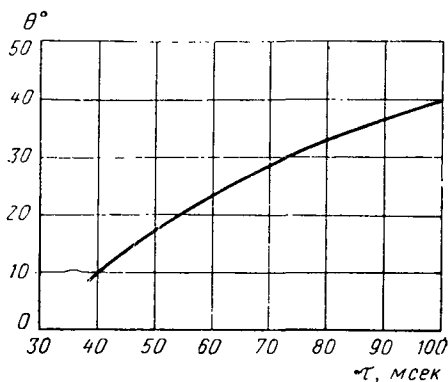




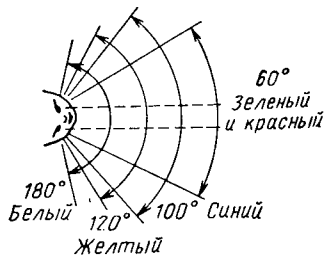
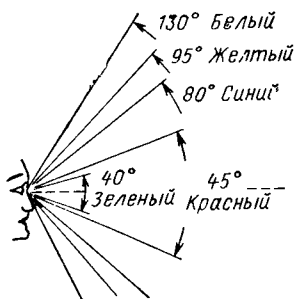
3.19. Схема строения правого глаза и его поле зрения.



3.20. Поля цветного и черно-белого зрения.



**3.21.** Время поворота глаза ( $\tau$ ) в зависимости от угла поворота ( $\theta$ ).



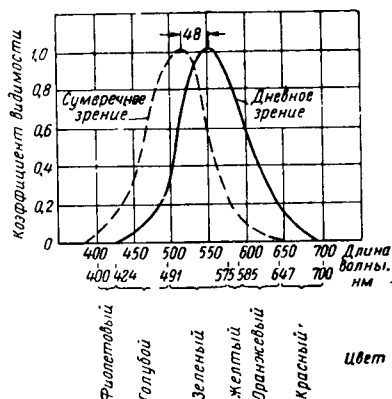
**3.22.** Пределы нормальной дифференциации цвета.

Зрение с помощью палочек — притупленное, мелкие детали не различаются.

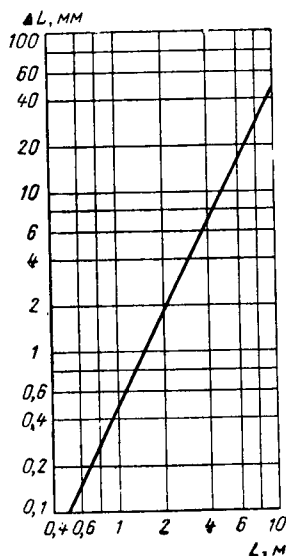
В-третьих, зрение с помощью колбочек позволяет различать цвета, дает отчетливые, хроматические зрительные восприятия. Зрительные восприятия через палочковый аппарат бесцветны (ахроматичны).

Особенности строения глаза определяют свойства и характеристики зрительного анализатора. Область, видимая одному неподвижному глазу, называется полем зрения. Она определяется частями лица человека и для правого глаза показана на рис. 3.19. Область, непосредственно окружающая точку наблюдения, называется областью центрального зрения. В этом случае зрительные возбуждения попадают на так называемое «желтое пятно», где располо-

жено наибольшее количество зрительных окончаний. Размеры области периферического зрения намного больше. Они показаны на рис. 3.20. Общее представление о форме получается за счет возбуждения соответствующих участков сетчатки. Более точное различение формы мы получаем при последующем последовательном осмотре объекта. Например, для точного различения знаков текста или численных показаний индикатора глаза непрерывно и координированно перемещаются. Движение глаза при последовательном рассмотрении пяти обычных печатных знаков на расстоянии 300 мм длится 15—20 мсек ( $5^\circ$ ). Зависимость между пределом движения и его длительностью нелинейна и показана на рис. 3.21. Аналогичным образом воспринимается и величина предмета, более полное восприятие которой обеспечивается бинокулярностью зрения (наблюдением двумя глазами). В этом случае незначительное различие изображений, воспринимаемых обоими глазами, на основе имеющегося опыта дает возможность судить о глубине пространства (предмета).



3.23. Величина коэффициента относительной видимости в зависимости от длины волны.



3.24. Связь между дальностью ( $L$ ) и замечаемой разницей ( $\Delta L$ ).

Расположение колбочек и их параметры определяют различные области цветового зрения, которые для наблюдения двумя глазами приведены на рис. 3.22. Также различна чувствительность глаза и к волнам различной длины (рис. 3.23).

Направление на тот или иной предмет оценивается поворотом глаза (до  $80^\circ$ ) без поворота головы. Среднее время наведения обоих глаз в новую точку пространства равно примерно 165 мсек. Правильность оценки расстояний зависит от мышечного аппарата глаз и состояния органа зрения в целом. Это свойство (глазомер) может быть развито соответствующей тренировкой.

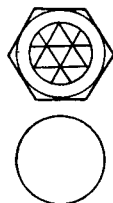
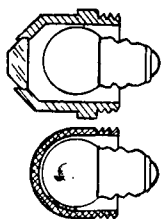
При одновременном наблюдении двух плоских фигур глаз отмечает разницу в их площади около 2%, что соответствует изменению линейных размеров всего на 1%. Разница в положении двух предметов также оценивается с высокой точностью (рис. 3.24).

В области центрального поля острота зрения максимальна и может достигать до 6" при наблюдении черных рисок на белом фоне. Обычно значения разрешающей способности хуже и имеют величину 3—12'.

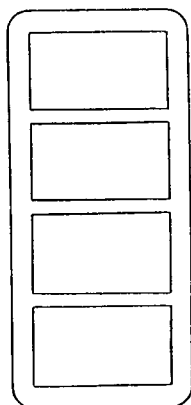
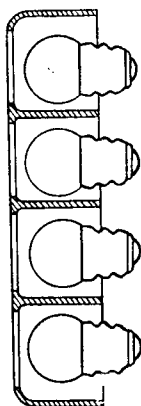
Предельные значения характеристик зрения охватывают очень широкие диапазоны. Например, глаз способен различать поля при изменении яркости в  $2 \cdot 10^9$  раз. Разрешающая способность в области наиболее часто встречающихся освещенностей около 2%. Однако эти и другие показатели могут быть получены только при определенной (часто весьма значительной) длительности времени наблюдения. Максимальная острота зрения достигается при времени наблюдения не менее 0,5 сек. В противном случае она резко падает. Для полного использования чувствительности глаза время темновой адаптации должно быть не менее 30—40 мин. За это время чувствительность его палочек возрастает в десятки тысяч раз. Минимальное расстояние наблюдения должно быть не менее 14—15 см и т. п. Большое влияние оказывает совместное действие слуховых и зрительных раздражений. Многообразие воспринимаемых глазами сигналов определяет разнообразие типов и конструкций визуальных индикаторов. К ним относятся светофоры, счетчики, шкалы, светопланы и т. п.

Для светофоров используются лампы накаливания. Сигнал светофора может быть следующим: отсутствие свечения, наличие свечения и мигающий сигнал лампочки. Цвет сигнала определяется цветом линзы светофора или колбы лампочки. На рис. 3.25 даны эскизы некоторых конструкций светофоров. Обрамление может быть выполнено в виде комбинации металлической втулки с цветным граненым стеклом или в виде пластмассового колпачка, резьба которого ввертывается непосредственно в панель прибора (рис. 3.25, а). На рис. 3.25, б дано схематическое изображение четырехсигнального табло. Если требуется более четкое различие сигнала, то на поверхность линзы наносят концентрический черный пояс, что значительно увеличивает контраст колпачка с фоном и улучшает его наблюдаемость даже при довольно ярком свете (рис. 3.25, в справа).

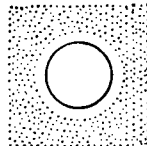
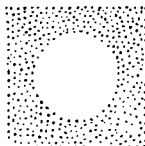
Малогабаритные ударопрочные неоновые индикаторы можно использовать в качестве светящихся головок кнопок. Аналогичным способом можно выполнять плоские прямоугольные све-



а)



б)

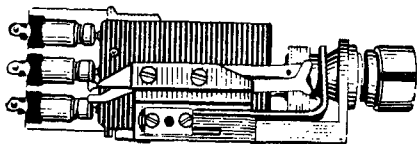


в)

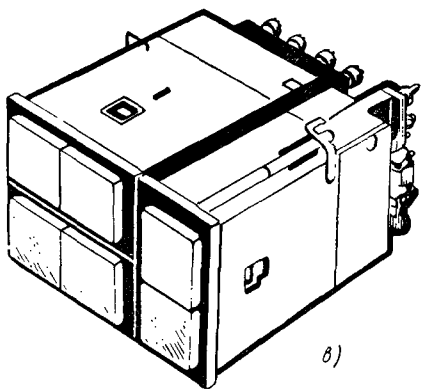
**3.25.** Эскизы одиночных светофоров, четырехлампового табло и колпачка с повышенной различимостью.



а)



б)

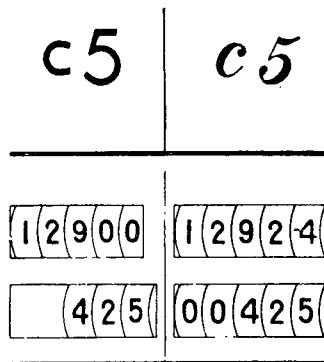


в)

**3.26.** Кнопка с неоновым индикатором (а); трехцветная кнопка-индикатор (б) и светящиеся кнопки-табло (в).

тящиеся кнопки-табло. Используя простейшие оптические системы, можно выполнить и многоцветные кнопки, а также целые системы из светофоров - кнопок. Эти варианты показаны на рис. 3.26.

Светофоры применяются для указания нормального (зеленый, желтый или белый цвет) или аварийного (красный цвет) состояния. Синий цвет используется реже, так как из-за малой чувствительности глаза к этой части спектра не удастся получить достаточную яркость свечения линзы. Яркость светофора должна быть вдвое выше яркости фона, на котором он наблюдается. Мигающий сигнал наиболее эффективен, если частота мерцания лежит в пределах от 3 до 10 гц, а длительность вспышек равна 0,05 сек. Знаки на поверхности светофоров должны иметь угловой раз-

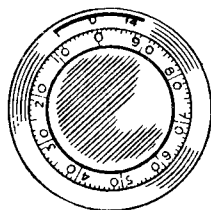


**3.27.** Рациональное (слева) и иррациональное (справа) написание знаков и выполнение шкал счетчиков.

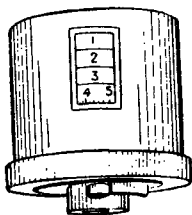
мер не менее  $5'$ , что дает 3,3 мм на расстоянии видения в 500 мм. Большое количество светофоров компонуют в группы по характеру действия и с учетом полей цветового зрения. Более важные выделяются расположением, другим характером поверхности линзы (гладкая или граненая), концентрическим черным пояском, мерцанием, размером линзы, ее формой или яркостью.

Нельзя использовать короткофокусные линзы в светофорах: они могут дать яркий луч, слепящий оператора. Размер линзы или табло лежит в пределах от 8 до 30 мм и более.

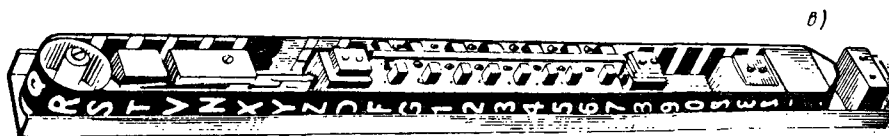
Счетчики дают самые точные численные значения наблюдаемых величин, которые прочитываются на неподвижной шкале. При вращении шкал счетчика точность считывания резко падает, тем больше, чем выше скорость. Для получения хороших результатов по считыванию показаний со шкал счетчиков необходимо соблюдать ряд условий. Знаки и цифры на шкале должны иметь простую форму с отношением высоты к ширине для цифры около 3:2 и для букв около 1:1. Не следует увлекаться большим количе-



а)

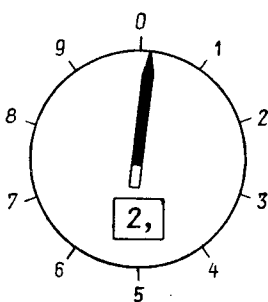
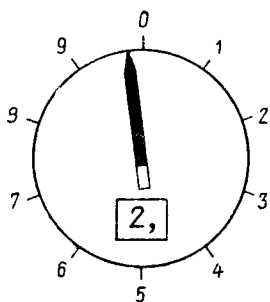


б)



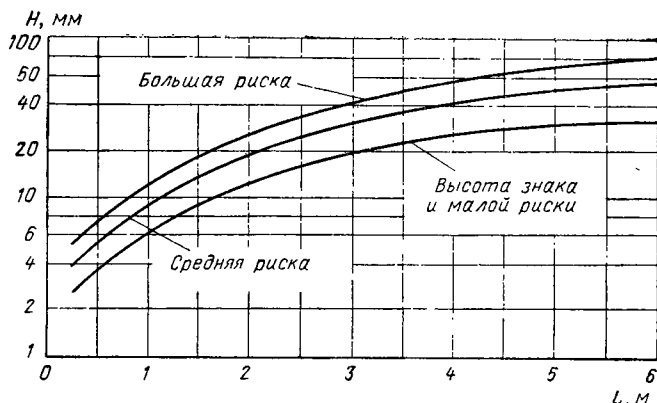
в)

3.28. Счетчик, совмещенный с ручкой настройки (а); счетчик с горизонтальным расположением дисков (б) и счетчик с дополнительной буквенной индикацией (в).



3.29. Ошибки считывания показаний у совмещенного указателя.



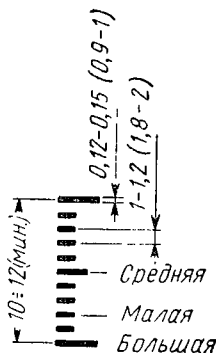


**3.30.** Связь между расстоянием видения ( $L$ ) и высотой ( $H$ ) рисков и знаков.

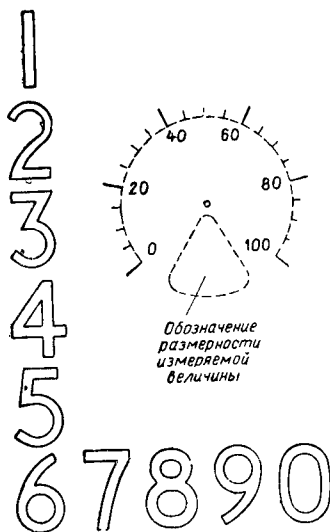
ством знаков, если в этом нет необходимости, а также ставить слева нули (рис. 3.27).

Конструктивно счетчики могут иметь различные варианты: в виде комбинации шкалы лимба и собственно счетчика, в виде довольно сложных цифро-буквенных устройств с системами управления, которые монтируются в глубь прибора и занимают мало места на передней панели прибора, в виде комбинации горизонтальных дисков и т. п. (рис. 3.28). При использовании счетчика в комбинированных указателях (рис. 3.29) необходимо учесть возможность появления ошибок, аналогичных показанным на рисунке, когда по первому впечатлению стрелка стоит около двух, а численное значение имеет в действительности величины 2,99 (слева) и 2,01 (справа). При движении шкалы вверх должно быть увеличение чисел, вниз — уменьшение. При этом перемещение шкал должно быть не плавным, а скачкообразным.

Не следует располагать диски счетчика далеко друг от друга. Щели будут затруднять правильное чтение показаний. Если шкала счетчика располагается заметно выше или ниже линии зрения, то форму цифр и знаков надо выполнить так, чтобы не было зрительного искажения их (уширения сверху или снизу). Цвет шкал счетчика и панели дол-



**3.31.** Минимальная толщина риск при расстоянии видения до 3 м. В скобках дана минимальная толщина при расстоянии видения от 3 до 7 м.



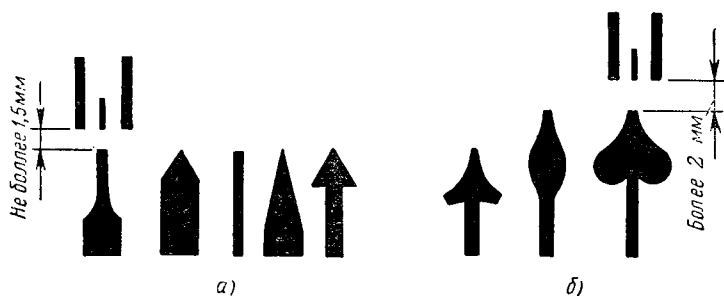
**3.32.** Рекомендуемая форма цифр и их расположение на шкале.

жен быть одинаков. Главным недостатком счетчиков является то, что они не могут показывать направление и скорость изменения показаний.

Шкалы различных типов наиболее часто используются в РЭА для считывания показаний, настройки и регулировки. Шкалы могут быть: круглые, полукруглые, плоские (вращающиеся и неподвижные), цилиндрические (барабанные), конические и плоские табличные.

Обычно шкала неподвижна, а перемещается указатель. Основным требованием, предъявляемым к шкале, является различимость ее делений и знаков. Требуемую высоту различных рисок и знаков шкалы можно оценить по рис. 3.30. Данные о толщине рисок даны на рис. 3.31. Последние разработки формы цифр для шкал учитывают не только простоту и удобочитаемость их, но также и зрительные искажения размеров цифр, для чего некоторые из них несколько выступают за размеры строки. Пример таких цифр и рекомендуемое их расположение на круглой шкале даны на рис. 3.32, а формы концов стрелок и величина зазоров между ними и рисками — на рис. 3.33.

Начало шкалы должно быть в левой части циферблата или

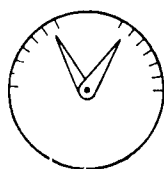
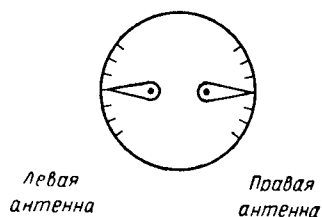
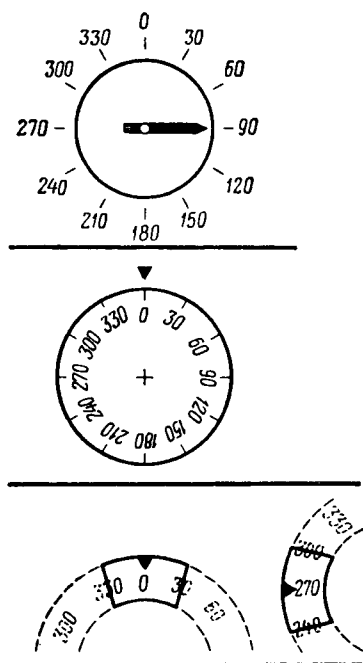


**3.33.** Рекомендуемые (а) и нерекомендуемые (б) формы концов стрелок и зазоров.

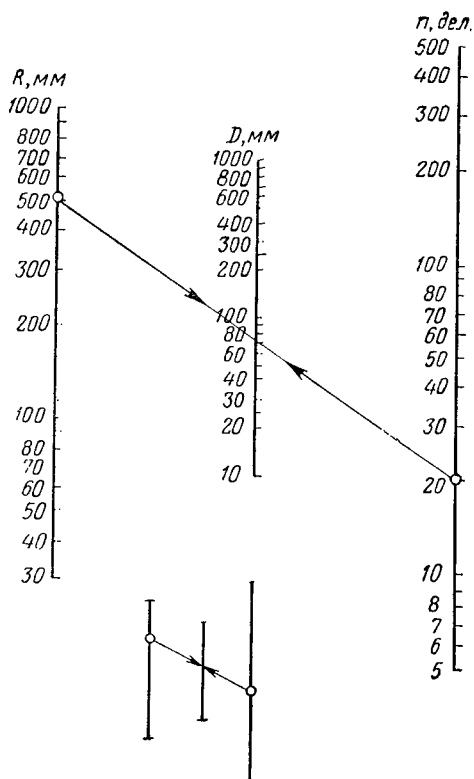
внизу (для вертикальных шкал). Возрастание показаний должно быть по часовой стрелке. Какого бы типа ни были шкалы, цифры всегда надо располагать так, чтобы они наблюдались в положении отсчета в вертикальном положении (рис. 3.34). Если на одной круглой шкале расположены две стрелки — указатели для разных (не связанных друг с другом) параметров, — то их нельзя располагать на одной оси, как часовую и минутную стрелки (рис. 3.35).

Количество делений на шкале связано с ее диаметром и расстоянием видения. Связь этих величин дана в номограмме рис. 3.36. Конструктивные схемы шкал могут быть самые различные. На рис. 3.37 даны три схемы для неподвижных шкал с подвижными указателями. Указатель левой шкалы расположен над ней, имеет угол поворота  $180^\circ$  и жестко связан с ручкой. Такие шкалы используются весьма редко. Чаще указатель располагается за шкалой, в которой выполняется профилированное отверстие. Ручка настройки имеет верньерное устройство, а вся конструкция гораздо легче может быть согласована с формой изделия или его футляром. Длина указателя берется такой, чтобы в самом удаленном участке шкалы он полностью перекрывал отверстие. В правой части рисунка показана шкала из двух половинок с двусторонней стрелкой на  $2n$  диапазонов (где  $n = 1, 2$  и т. д.). Здесь ручка настройки вынесена из поля шкалы. Такие шкалы часто употребляются в приемниках. Вместо указателя можно использовать диск одинакового со шкалой цвета, который будет и элементом верньера и

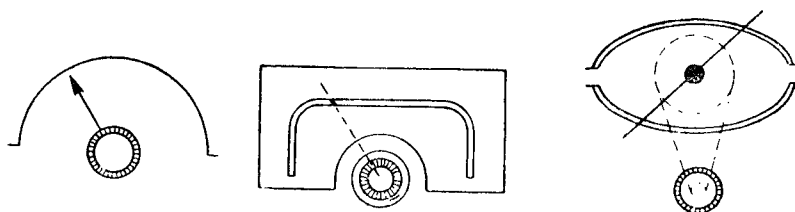
3.34. Три вида круглых шкал и рекомендуемое расположение знаков на них.



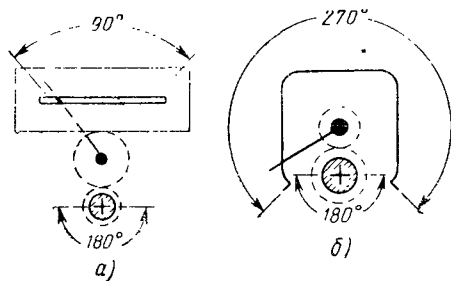
3.35. Рациональное (вверху) и нерациональное (внизу) выполнение двустрелочной шкалы.



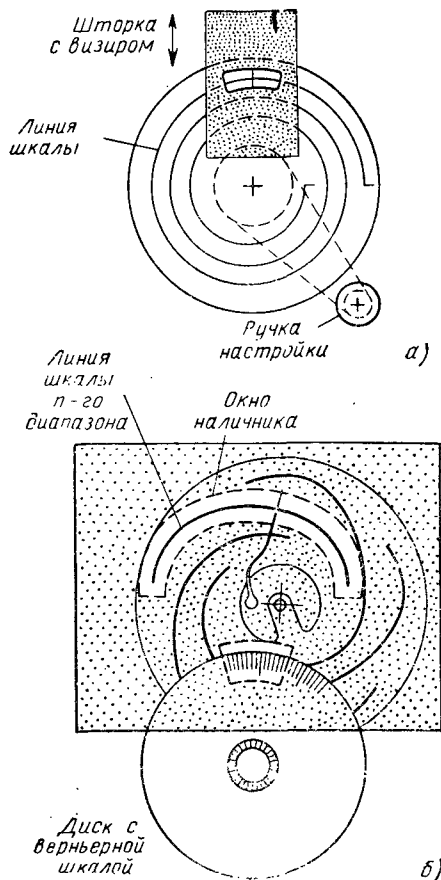
3.36. Номограмма для расчета числа делений ( $n$ ) по расстоянию видения ( $R$ ) и диаметру круглой шкалы ( $D$ ).



3.37. Схемы шкал с углом поворота указателя  $180^\circ$ .



**3.38.** Схемы шкал с углом поворота 90° и 270°.



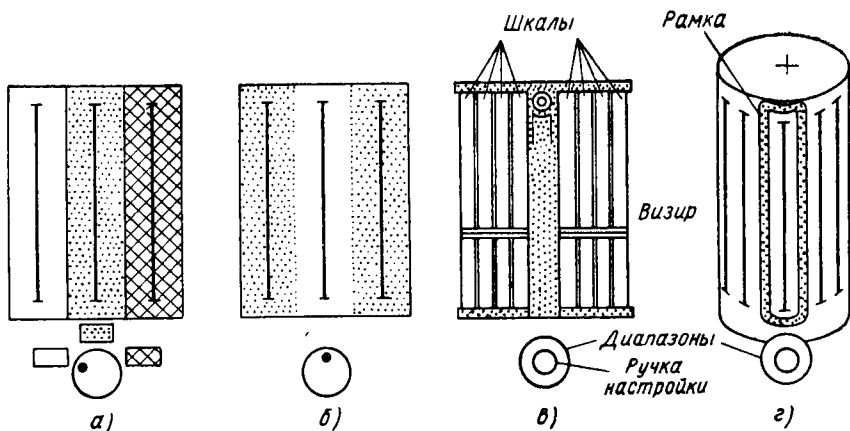
**3.39.** Многооборотная шкала (а) и сменная дисковая шкала (б).

указателем (для чего на его поверхности делают две канавки, заливаемые краской соответствующего цвета). Тогда в щели шкалы виден только кусочек перемещающегося указателя. Эти шкалы весьма эффективны.

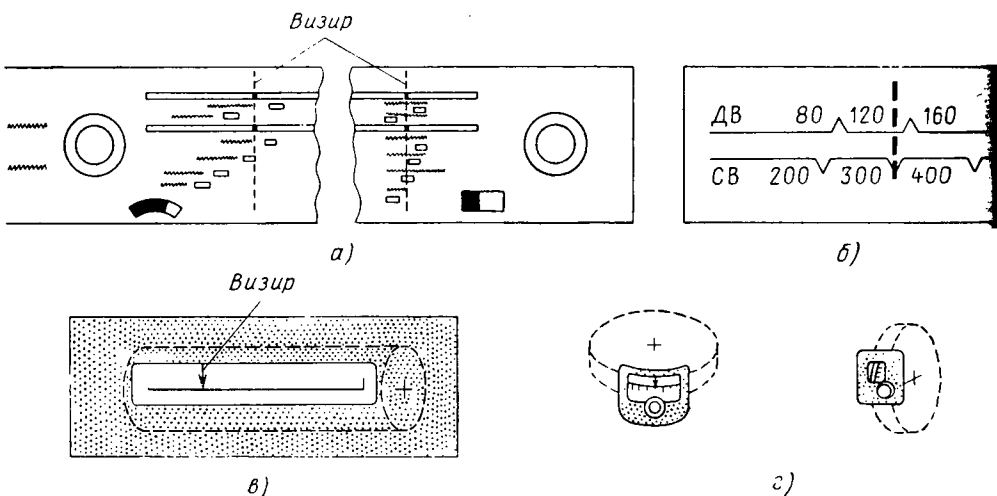
В том случае, если желательно иметь горизонтальную или вертикальную шкалу и нет препятствий к уменьшению рабочего угла поворота указателя, можно применить дополнительную передачу, которая уменьшит угол поворота указателя (рис. 3.38,а) без усложнения кинематической схемы привода к указателю. Аналогичным способом можно увеличить угол поворота указателя шкалы до  $270^\circ$  и более (рис. 3.38,б).

Для того чтобы увеличить длину шкалы, ее можно выполнить многооборотной. Однако прежде чем соглашаться с такой или похожей схемой, надо оценить получающиеся при этом погрешности, вводимые довольно сложной кинематикой, и ожидаемый эффект. Визир у таких шкал должен перемещаться вместе со шторкой (рис. 3.39, а). Несколько полукруглых шкал можно расположить на одном диске, который при переключении диапазонов будет поворачиваться так, чтобы в вырезе наличника была видна только шкала рабочего диапазона (рис. 3.39, б).

В вещательной аппаратуре большое распространение получили вертикальные табличные шкалы с подвижным визиром. В этом случае очень легко писать на шкале названия станций. Крайняя шкала (рис. 3.40, а) рассчитана на три поддиапазона, выделение которых выполняется разным цветом участков шкалы данного диапазона и положением указателя (точки или носика «клевика») ручки переключателя диапазонов. Более удобны шкалы с подсветкой включенного диапазона (рис. 3.40,б). Такие шкалы могут представлять собой довольно сложные системы из отдельных плексигласовых «подшкалок» с подсветкой в торец, с оптическим индикатором настройки. Такого рода шкала приемника «Мир» показана на рис. 3.40, в. Общий недостаток таких шкал — малое использование обозреваемой площади шкалы, особенно при большом числе поддиапазонов. Этим недостатком не обладают сменные шкалы барабанного типа (рис. 3.40, г), у которых обозревается шкала только одного поддиапазона (приемник «Рига-10»). Недостаток смен-



3.40. Схемы табличных шкал с вертикальным перемещением визира.



3.41. Табличные шкалы с горизонтальным перемещением визира (а, б), сменная барабанная шкала (в) и барабанные шкалы-верньеры (г).

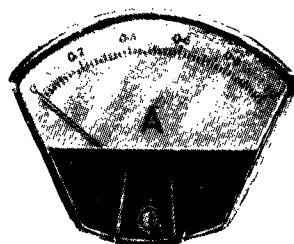
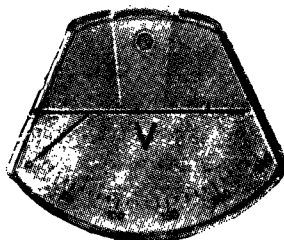
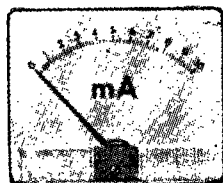


ных шкал — некоторая их громоздкость, однако они позволяют лучше использовать площадь передней панели ящика.

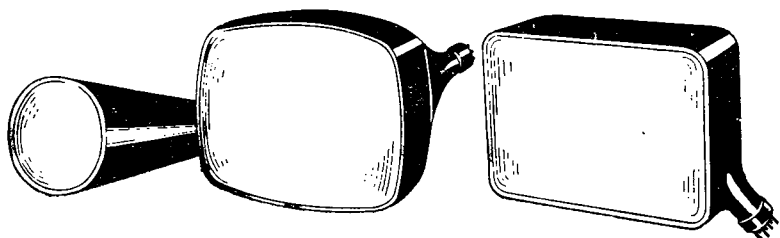
В настоящее время наибольшее распространение получили горизонтальные табличные шкалы. Эти шкалы выполняются как своеобразная передняя панель приемника и объединяют большинство его регулировок: громкость, тембр, настройку, переключатель диапазонов и т. п. Пример такой шкалы показан на рис. 3.41, а. Кроме указания длины волны или частоты на шкале поясняется назначение всех ручек управления, дается товарный знак фирмы, обозначение клавишей переключателя диапазона, имеются специальные окошечки для контроля положения магнитной антенны, регуляторов тембра и т. п.

Визир в таких шкалах может быть вертикальным или наклонным, так же как и расположение названий станций. Их можно писать в виде своеобразной ступеньки (рис. 3.41, а слева) или колонкой, но с различными положениями окошек, в которых должен быть виден визир (рис. 3.41, а справа).

При проектировании шкалы не следует увлекаться только ее формой, украшениями отсчетной линии и т. п., ибо это может привести к таким шкалам, как у транзисторного приемника «Космонавт» (рис. 3.41, б). Опреде-



**3.42.** Некоторые варианты выполнения шкал измерительных приборов.



**3.43.** Три характерные формы электронно-лучевых трубок.

лить на какую волну настроен приемник по такой шкале невозможно. Не надо забывать, что шкала, в первую очередь, — орган настройки, а не только декоративный элемент.

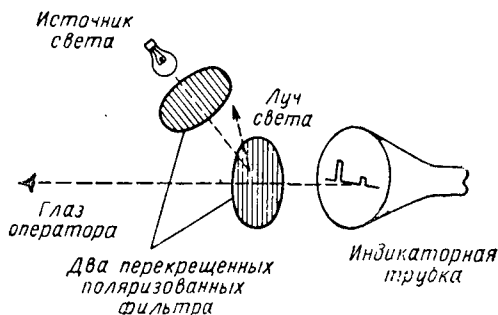
Сменные барабанные шкалы могут выполняться так, как это показано на рис. 3.41, в (схема шкалы приемника «Спидола»). Очень простые шкалы с элементарной кинематикой можно выполнять, используя барабан с делениями и прижимающуюся к нему ручку-верньер. Их с успехом можно использовать в переносных транзисторных приемниках (рис. 3.41, г).

Исходя из таких же требований, выполняют шкалы и стрелки измерительных приборов, ряд которых показан на рис. 3.42. Два верхних — миллиамперметры, два нижних — вольтметр и амперметр с разноцветными корпусами. Приборы имеют современную форму корпуса, шкалы, и указатели выполнены в соответствии с требованиями эргономики. На шкале нет даже товарного знака фирмы. Чтобы он не отвлекал оператора, его убрали на боковую поверхность. Небольшое декоративное пятно второго прибора скрывает механизм. Прозрачный корпус выполнен так, что шкала освещается и за счет боковых лучей (через стенки кожуха).

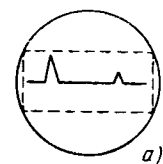
По своим внешним конструктивным параметрам типичные светопланы — электронно-лучевые трубки (ЭЛТ) — можно разделить на сочетание пологого конуса и цилиндра при эт-

ношении диаметра экрана при общей длине трубки в два-три раза больше диаметра экрана (осциллографические и радиолокационные индикаторы), сочетание прямоугольника с частями сферы и короткой горловиной при отношении диагонали экрана к длине трубки около единицы (скиатроны и кинескопы), сочетание плоского прямоугольника с небольшим рожком-отростком при отношении диагонали экрана к его толщине более десяти (специальные типы плоских ЭЛТ). Эти трубки показаны на рис. 3.43. Кроме этого, в последние годы ведутся большие работы по созданию плоских пленочных двумерных электролюминесцентных индикаторов. Они имеют пренебрежимо малую толщину по сравнению с длиной и шириной. Имеются уже опытные разработки, но в промышленном применении пока находятся только плоские знаковые индикаторы.

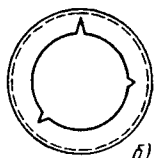
Для повышения точности наблюдения изображения на экране ЭЛТ используют комбинированный фильтр из двух взаимно перекрещенных поляроидов (рис. 3.44), который повышает контраст между изображением и фоном. Наружные шкалы на светопланах выполняются из цветного плексигласа с индивидуальной подсветкой. Максимальное количество концентрических шкал должно быть не более че-



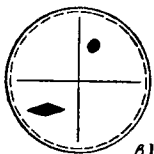
3.44. Подсветка экрана ЭЛТ с использованием двух поляризационных фильтров.



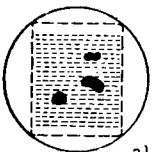
а)



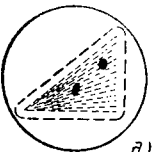
б)



в)



г)



д)



е)

**3.45.** Характерные развертки и вид изображения на экране ЭЛТ.

Пунктиром показан контур обрамления экрана.

тырех. Если их больше, то каждый четвертый ряд следует выделять более толстой линией, а всю подгруппу — своим цветом.

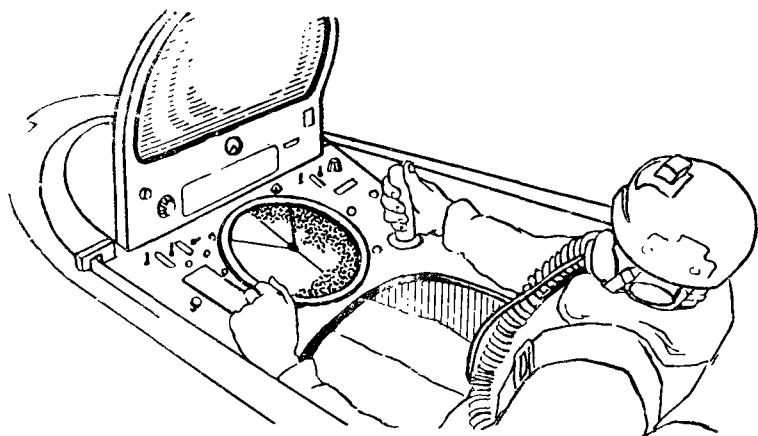
Светопланы с желтым свечением закрывают оранжевым светофильтром, а с зеленым — яркозеленым, что значительно улучшает наблюдаемость сигналов на экране. Расстояние от экрана до глаз оператора берут равным двум-трем высотам экрана, если необходима максимальная разрешающая способность. При трубках типа 13ЛО или 13ЛМ такое расстояние лежит в пределах 260—450 мм. При повышенной точности определения следует брать экраны больших размеров.

Очень важным элементом светоплана является его обрамление (рамка), которое не только создает определенную архитектурную законченность в оформлении прибора, но и способствует соответствующему выделению, контрасту экрана. Ширина обрамления доходит до 20% ширины экрана. Форма обрамления зависит от рода развертки (рис. 3.45). При линейной развертке (рис. 3.45, а) вся поверхность экрана не используется и целесообразная форма обрамления должна иметь форму прямоугольника. Для кольцевой развертки (рис. 3.45, б) обрамление должно быть круглым, так же как и для развертки, показанной на рис. 3.45, в. В последнем случае сигнал от дальних объектов имеет форму точки, а при уменьшении расстояния у точки как бы «вырастают» крылышки (за счет специальных схем), что соответствует зрительному восприятию приближающегося самолета. Индикатор с растровой разверткой (рис. 3.45, г, д) имеет обрам-

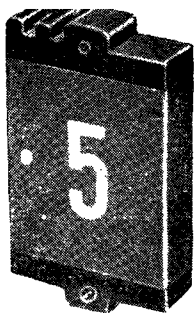
ление в виде прямоугольника или треугольника. Панорамные индикаторы и измерительные ЭЛТ в осциллографах имеют обрамление с круглым внутренним контуром (рис. 3.45, е).

Цель обрамления кинескопов телевизоров — скрыть конструктивно-технологические дефекты (зазоры) и защитить зрителя от поражения осколками при взрыве кинескопа. В последних моделях телевизоров используются взрывобезопасные кинескопы, которые обладают лучшими декоративными качествами.

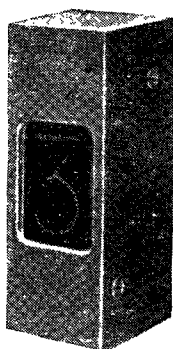
Плоские ЭЛТ дают своеобразные возможности при компоновке рабочего места оператора. Они достаточно прозрачны и могут монтироваться вместо смотрового стекла кабины. При ухудшении видимости на экране будет появляться соответствующее радиолокационное изображение местности в виде панорамы. Макет рабочего места летчика с плоской ЭЛТ показан на рис. 3.46. Использование этой трубки дало возможность в несколько раз сократить количество приборов управления и наблюдения [3].



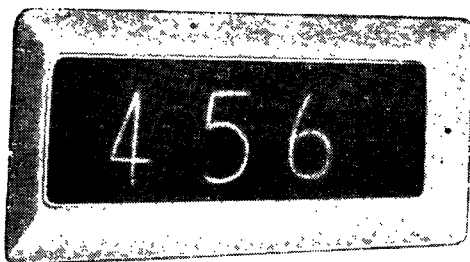
3.46. Компоновочная схема пульты управления самолета с плоской ЭЛТ.



а)



б)



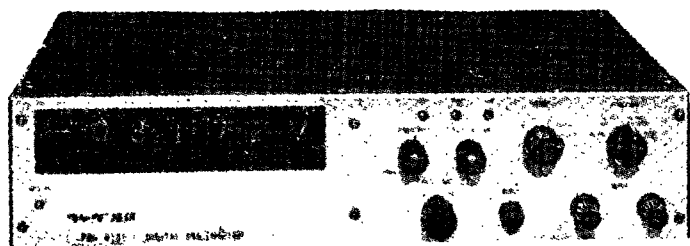
в)

3.47. Внешний вид плоского люминесцентного (а) и точечного (б) индикаторов; индикатор на трех декатронах (в).

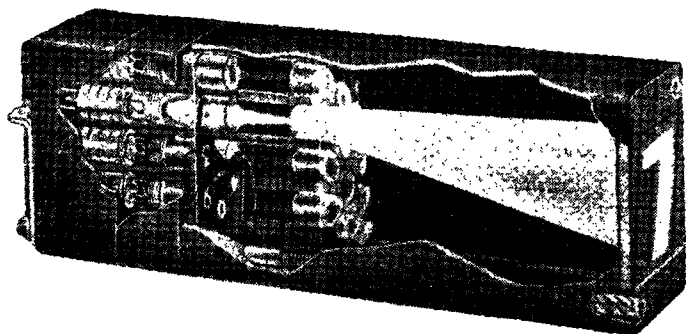
Для облегчения различения большого количества сигналов на экране ЭЛТ в настоящее время используется дополнительная знаковая индикация сигналов.

Увеличение расстояния наблюдения, требования быстродействия и чисто электрического управления счетчиками послужили причиной разработки различного вида знаковых (в основном пока цифровых) индикаторов. Некоторые типы таких индикаторов показаны на рис. 3.47. Плоский электролюминесцентный индикатор (рис. 3.47, а) может иметь размеры знака от 3 до 125 мм. Для нормального свечения таких индикаторов требуется мощность от 7 до 40 мвт. Они обладают большим сроком службы (десятки и сотни тысяч часов) и углом наблюдения до  $180^\circ$ . На рис. 3.47,б показан многоточечный ламповый индикатор.

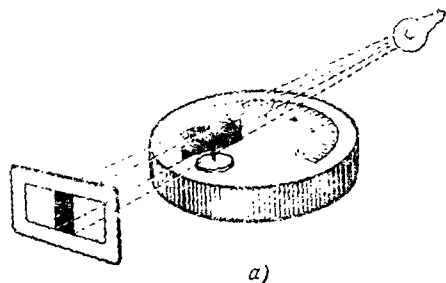
Такие индикаторы требуют сложных релейных схем управления и менее надежны в работе, хотя достаточно широко распространены на транспорте и в оборудовании спортивных сооружений. На рис. 3.47,в показаны три декатрона. При подаче поджигающего импульса на один из десяти электродов начинает светиться соответствующая цифра (от 0 до 9). Декатроны обладают большим быстродействием, достаточно экономичны и надежны в работе, на-



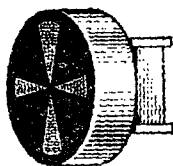
3.48. Измерительный прибор с декаэтроновыми индикаторами.



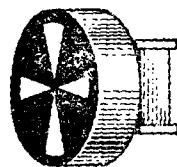
3.49. Малогабаритный проекционный индикатор.



а)



б)



3.50. Схемы выполнения индикаторов с магнито-электрической системой.

Изменение ширины тени от шторки (а) и появление в окне светлой фигуры (б).

ходят широкое применение в устройствах счета и измерительных приборах (рис. 3.48). Такие приборы могут давать очень высокую точность, так как в них отсутствуют ошибки за счет интерполяции и параллакса.

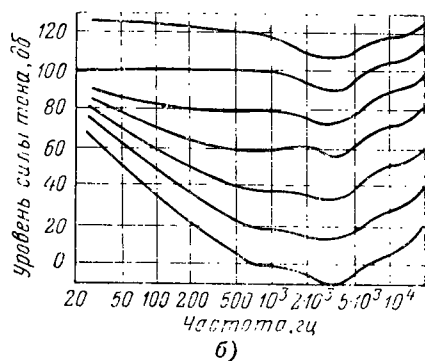
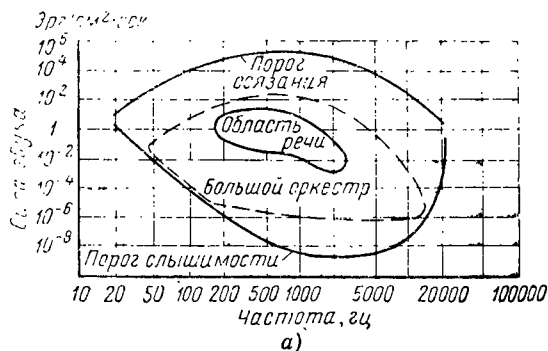
Используя несколько автономных знаков с подсвечивающими лампами, соответствующее апертурное отверстие и конденсор с коллиматором, можно выполнить знаковый индикатор типа, который показан на рис. 3.49. При миниатюрных лампах накаливания такой индикатор вместе с увеличительной линзой имеет размеры  $19 \times 27 \times 78$  мм и вес 21 г. Высота знака на полупрозрачном экране около 20 мм. Применяя вместо стрелки измерительного прибора светонепроницаемую шторку, можно выполнить индикатор с изменяющейся шириной или высотой затененного участка (рис. 3.50, а) или индикатор наличия (отсутствия) сигнала в цепи (рис. 3.50, б).

К этому же классу относятся и различные электронно-лучевые индикаторы, используемые в качестве указателя нуля (различные индикаторы настройки с лампами 6Е5С или 6Е10П), а также с продолговатыми неоновыми лампами, интенсивность свечения которых пропорциональна прикладываемому напряжению.

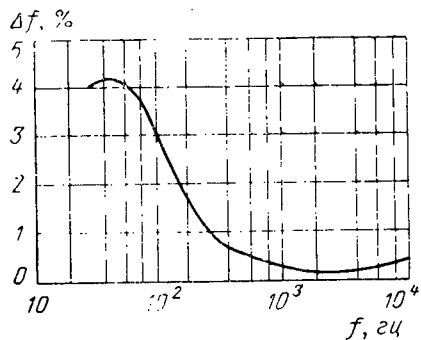
**3.4. Акустические индикаторы.** Звуковые колебания, попадая в ухо человека, воздействуют на барабанную перепонку, колебания которой через слуховые косточки и эндолимфу возбуждают соответствующие волокна кортиевого органа. Возбуждение слуховых клеток передается волокнам слухового нерва и поступает в соответствующие отделы головного мозга для анализа и синтеза звуковых раздражений. Этот процесс длится примерно 10 мсек. Звуковые колебания различаются по частоте и интенсивности. Они могут быть простыми (чистые тона) и сложными (речь, музыкальные созвучия), а также могут носить характер шума. Диапазон звуковых частот и их интенсивностей, воспринимаемый ухом здорового человека, лежит в весьма широ-



3.51. Области слышимости (а) и кривые равной громкости (б).



3.52. Разрешающая способность слуха по частоте.



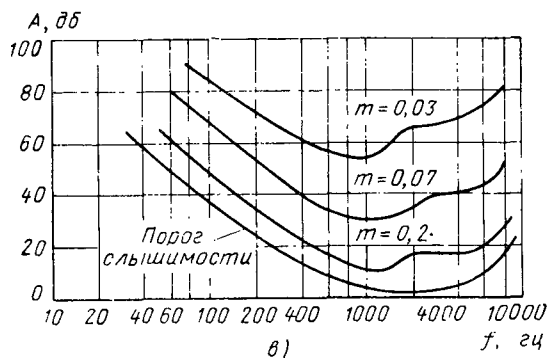
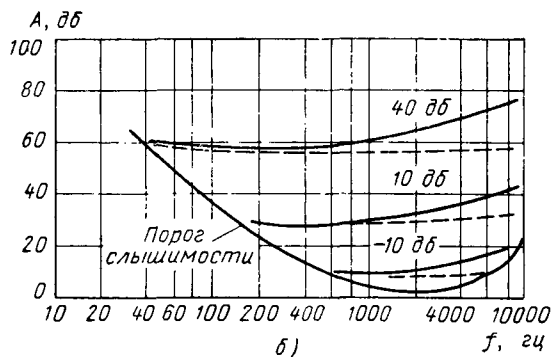
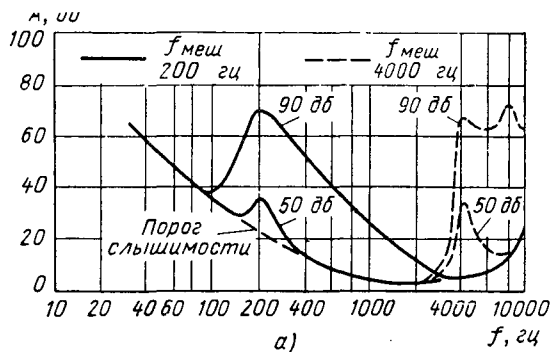
ких пределах, которые показаны на рис. 3.51, а. Эти пределы сильно зависят от возраста и индивидуальных особенностей человека. Интенсивности порогов осязания и чувствительности различаются почти в  $10^{14}$  раз. Однако динамические диапазоны большого симфонического оркестра, и тем более речи, намного меньше. Чувствительность уха зависит от частоты и уровня сигнала. Так, например, если на частоте 1000 гц уровень сигнала равен 20 дб (рис. 3.51, б), то на частоте 50 гц равный эффект дает звук интенсивностью уже в 60 дб.

Постоянная времени звукового анализатора весьма велика, поэтому ухо имеет максимальную чувствительность при длительности звукового сигнала около 0,5 сек. Если длительность сигнала 0,15—0,2 сек, то кажущийся уровень громкости резко падает. При длительности сигнала более 0,5 сек за счет адаптации также происходит кажущееся уменьшение громкости, но оно весьма незначительно.

Слух, так же как и зрение, обладает свойством стереозффекта. В отличие от бинокулярного зрения бинауральный слух обладает незначительной разрешающей способностью по углам и не может дать четкого определения местоположения источника звука, расположенного прямо сзади или прямо спереди. Зато им обеспечивается прием звуковых раздражений из любой точки сферы, в центре которой находится человек-оператор. Без поворота головы на источник звука слух дает разрешающую способность 15—20°, при повороте точность определения азимутального угла возрастает до 3—4°.

Разрешающая способность слуха по частоте максимальна в области 1000—3000 гц и падает в области низких частот (рис. 3.52).

Кроме адаптации к восприятию чистых тонов (время около 0,2 сек) ухо адаптируется и к изменению частоты и к интенсивности тона. Время адаптации на максимальную чувствительность весьма различно у разных людей и лежит в пределах от одной до нескольких минут.



**3.53.** Пороги слышимости при маскировке чистыми тонами 200 и 4000 гц разной интенсивности (а); при маскировке «белым» (сплошная линия) и равномерно маскирующим (пунктирная линия) шумом (б) при различных уровнях мешающих сигналов; пороги чувствительности к сигналам с амплитудной модуляцией различной глубины (в).



Импульсное воздействие тона пропорционально произведению его интенсивности на время действия. Если будут действовать два тона одновременно, то более сильный будет маскировать более слабый. На порог слышимости большое влияние оказывает воздействие шума и глубины модуляции сигнала. Все эти изменения необходимо учитывать при использовании акустических индикаторов (рис. 3.53). Индивидуальные акустические индикаторы выполняются в виде телефонов различных конструкций. Они часто объединяются с микрофонами или ларингофонами либо как элементы гарнитур, либо как части микрофонных трубок, которые могут использоваться так, как показано на рис. 3. 54.

Коллективные акустические индикаторы выполняются в виде различных по конструкции громкоговорителей. Их диффузоры могут иметь круглую или овальную форму и соответственно круглое, овальное или прямоугольное основание. Для уменьшения общей высоты громкоговорителя его магнитную систему иногда помещают внутри диффузора, что особенно важно для плоских или малогабаритных конструкций. Использование для диффузора пенопласта дает плоские конструкции громкоговорителей с высоким качеством звучания и удобной компоновкой их в аппаратуре.

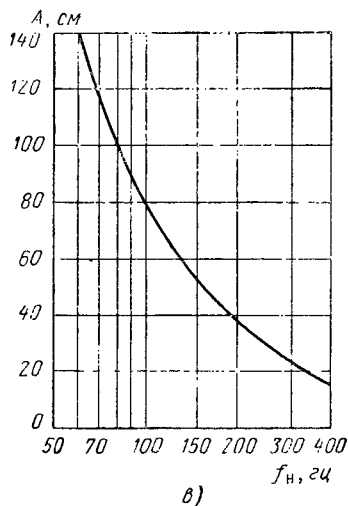
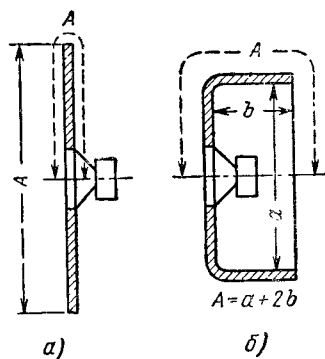
Воспроизведение низких частот предъявляет особые требования к размерам акустических экранов и футляра для них. Они должны иметь достаточные размеры для устранения интерференции и не иметь заметных собственных резонансов, для чего должны обладать достаточно прочной конструкцией. Размеры экрана или футляра можно определить по рис. 3.55, из которого

**3.54.** Схемы компоновки некоторых типов микрофонной гарнитур.

видно, что пределом геометрических размеров акустического индикатора при удовлетворительном воспроизведении низких частот будут не размеры диффузора и не сумма объемов деталей, а размеры экрана или футляра, выбранные из условий воспроизведения низких частот. Используя резонанс объема воздуха и специальные конструкции акустических фазоинверторов, можно заметно уменьшить размеры футляра. В этих случаях при сравнительно небольших размерах ящиков можно получить удовлетворительную передачу низких частот. Основные размеры таких устройств можно определить по рис. 3.56. Их внутренняя поверхность должна иметь звукопоглощающее покрытие (штриховка) толщиной 20—30 мм.

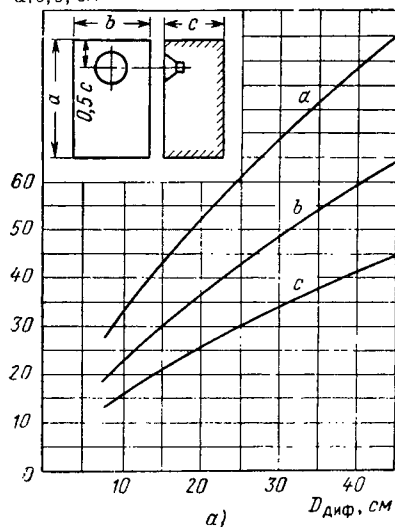
Хорошую суммарную частотную характеристику можно получить при использовании сферических футляров, еще лучшие — при использовании в качестве экрана стены помещения (озвучивание сразу двух комнат). Для создания стереоэффекта используют отдельные разнесенные громкоговорители (эффект тем больше, чем больше такое расстояние) или выполняют стереофоническую установку так, как схематически показано на рис. 3.57.

Человек способен воспринимать звуки не только через уши, но и через кости черепа. Наивысшей

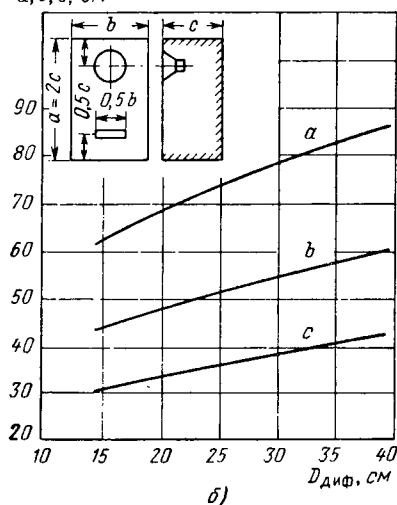


**3.55.** Определение размеров акустического экрана (а) и ящика (б) в зависимости от частоты (в).

$a, b, c, \text{ см}$



$a, b, c, \text{ см}$

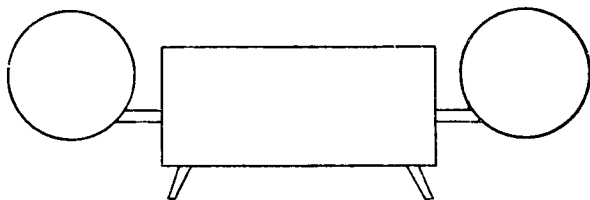


**3.56.** Определение размеров простого ящика (а) и ящика с фазоинвертором (б).

чувствительностью при этом обладают: темя, сосцевидные отростки сзади ушей и зубы. Использование этой особенности позволяет через остеофоны (костные телефоны) передавать оператору сразу два-три индивидуальных сигнала.

Если необходимо воспринимать информацию от ряда громкоговорителей (два или более) с диаметром диффузора 70—150 мм, то их надо располагать на уровне ушей с разнесением по углу не менее 20—30°. Индивидуальные регуляторы громкости должны иметь глубину регулировки 6—10 дБ и не давать возможность оператору заглушить передачу до нуля.

Индивидуальные телефоны должны укрепляться на оголовье такой конструкции, чтобы обеспечивать необходимую подгонку их положения с учетом размеров головы разных операторов. Телефоны, вкладываемые в ухо, обеспечивают достаточно высокое качество воспроизведения, но так же, как индивидуальные «противошумы», требуют



**3.57.** Компоновочная схема стереофонического устройства.

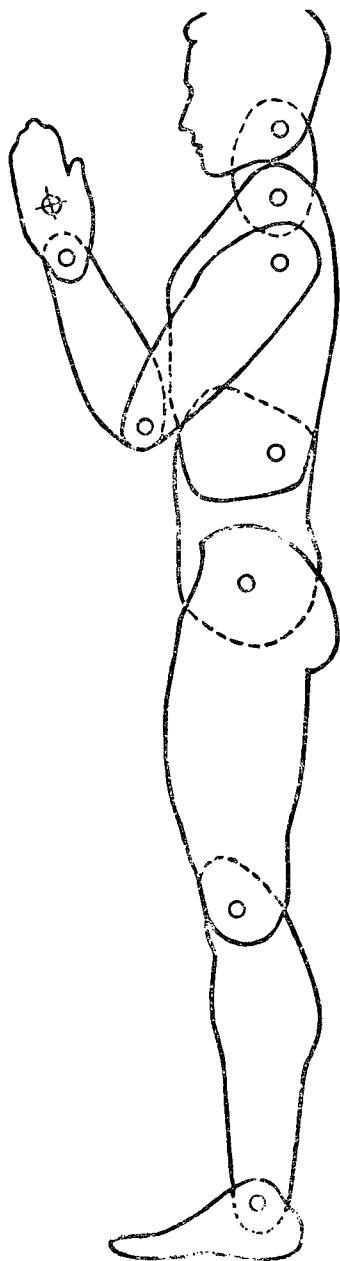
специальной санитарной обработки и раздражают слуховой проход.

Особую группу образуют акустические «органы управления». Их работа основана на том, что спектральный состав речи человека незначительно меняется при изменении уровня и других факторов и обладает резко выраженными индивидуальными характеристиками. Специальный прибор для различения отдельных звуков (букв) позволяет не только выполнить звукозаписывающие буквенные устройства, но и командные устройства с высокой степенью помехозащищенности. Приемником акустических сигналов в таких устройствах являются различные микрофоны и ларингофоны. Требования к равномерности их частотных характеристик заставляют применять не угольные, а электродинамические или пьезоэлектрические устройства.

### **3.5. Эргономические требования к компоновочным схемам**

**РЭА.** Рабочее место оператора должно отвечать целому ряду требований, которые были перечислены в предыдущих разделах, и соответствовать антропометрическим данным оператора. Для облегчения выполнения компоновочных работ рабочего места можно воспользоваться моделью тела оператора с шарнирными сочленениями. Такая модель показана на рис. 3.58.

Основная рабочая поза оператора РЭА — сидячая. Для нее рекомендуются размеры пульта и стула, показанные



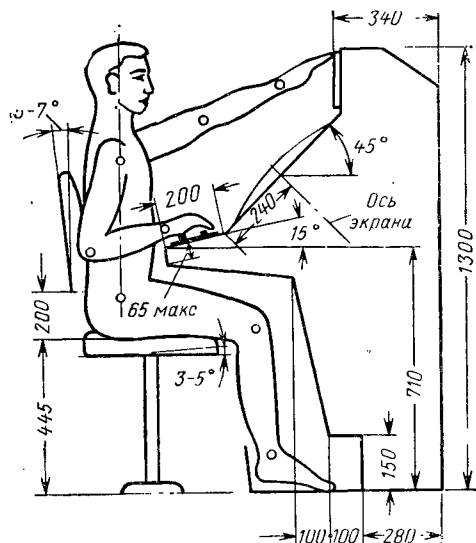
на рис. 3.59. Данные на рисунке соотношения вполне удобны для 95% операторов. В том случае, если используется рабочее место такого типа, рекомендуемые зоны расположения некоторых характерных регуляторов и индикаторов будут такие, как показано на рис. 3.60.

Для случаев работы сидя и стоя перед плоскими поверхностями зоны расположения регулировок и индикаторов должны соответствовать зонам, изображенным на рис. 3.61. Очень важно обеспечить определенное различие участков пультов либо за счет графических построений, либо цветом или наклоном (рис. 3.62). Если работа ведется с большими индикаторами, сидя или стоя, то рекомендуемые размеры пультов можно взять из рис. 3.63.

Облегчение обслуживания с учетом эргономических факторов существенно облегчает работу оператора и повы-

**3.58.** Компоновочная схема (модель) оператора в масштабе 1 : 10 для человека нормального роста (168 см).

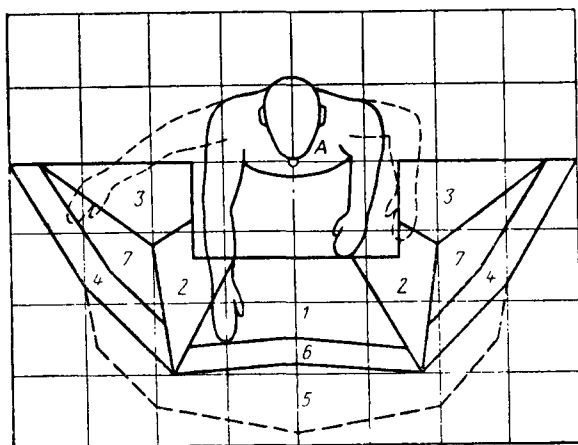
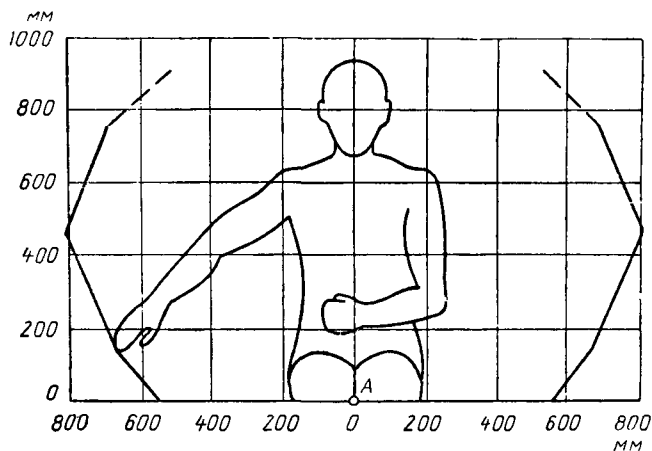




**3.59. Основные размеры пульта и стула при сидячей рабочей позе оператора.**

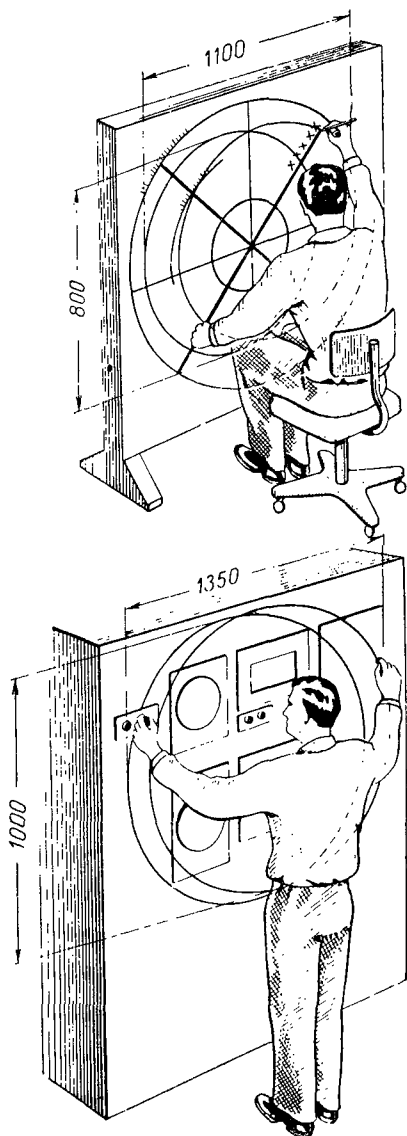
шает надежность работы комплекса в целом. На рис. 3.64 показаны различные конструкции легкоъемных шасси функциональных блоков РЭА. Они обеспечивают защиту деталей при ремонте (шасси можно ставить на любую сторону, не опасаясь поломки деталей), создавая большие удобства, как и использование легкоразъемных механических разъединителей. На рис. 3.65 показаны схемы «раскрывающихся» блоков. Дополнительные удобства при работе с ними получаются за счет применения фиксирующих защелок или упоров и местного освещения. Такого же рода компоновочные схемы более сложных устройств показаны на рис. 3.66.

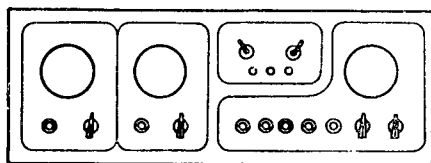
Английская фирма «Magcopi» свела все разнообразие корпусов измерительных приборов к шести типоразмерам. Корпуса имеют штампованные детали из алюминиевых сплавов. На передней панели не требуется располагать



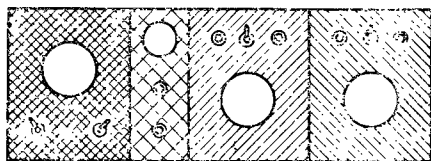
**3.60.** Зоны расположения индикаторов и регуляторов на пульте. Часто используемые регулировки 1, 2, 3; контрольные приборы без регулировок 1, 4; высокая острота зрения 1, 4, 5; кнопки 5, 6, 7; тонкие регулировки 1, 2; работа кистью руки 1, 2, 7.

**3.61.** Области досягаемости регуляторов и индикаторов на плоских пультах при сидячей и стоячей рабочей позе оператора.

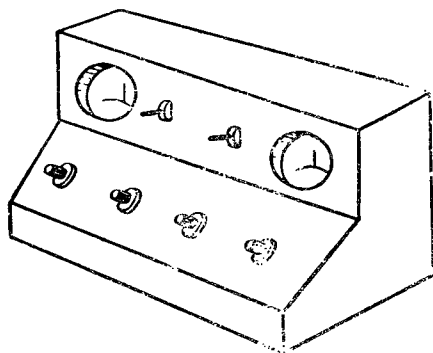




а)



б)



в)

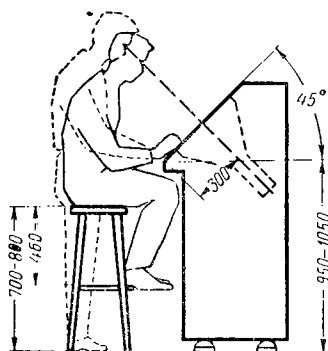
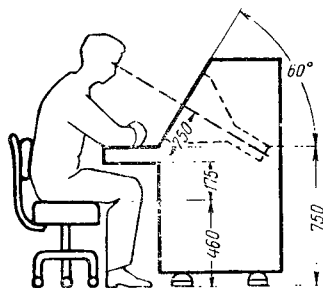
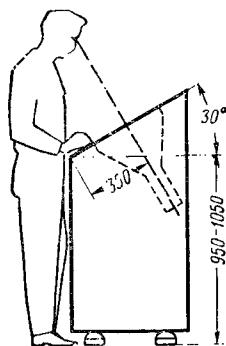
**3.62.** Разделение панелей пультов на участки: контурами (а), цветом (б) и наклоном (в).

крепёжные винты, что улучшает внешний вид изделия. Сам корпус выполнен на шарнирах, значительно облегчающих доступ к деталям (рис. 3.67). Приборы окрашены в голубой спокойный цвет, элементы выполнены из алюминиевого сплава со специальной обработкой. На рис. 3.68 показана схема корпусов фирмы «Solartron». Было создано два типа корпусов для переносных приборов (несколько схожих с приборами фирмы «Magconi») и один с фиксированным размером по ширине (475 мм) и варьируемой высотой панели. Этот прибор был предназначен для монтажа в приборные стойки. Для изготовления корпусов использовались новые материалы: «стелветит» (оцинкованная сталь и поливинил) и «варерет» (алюминий и меламин). Детали из этих

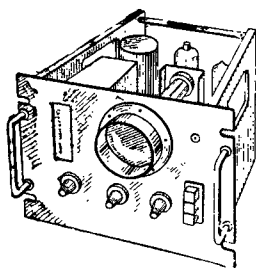
материалов требуют минимума отделочных работ, занимают мало места при складском хранении. Недостаток этих приборов заключается в затруднительности смены надписей на панелях (при изготовлении приборов на экспорт). Корпуса окрашены в светло-кремовый и черный цвета. Верхняя и нижняя части корпуса соединяются пружинными защелками. Внутренние элементы прибора сконпонованы в виде автономных функциональных узлов. Два переносных измерительных генератора звуковых частот этих двух фирм показаны на рис. 3.69.

Идеи улучшения видимости, доступности и экономии места используются и в бытовой аппаратуре. На рис. 3.70 показаны схемы поворотных шасси телевизоров, радиокомбайн с убираним кинескопом и телевизор с вращающимся кинескопом. Их эксплуатационные показатели весьма высоки.

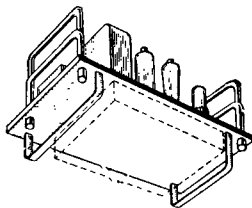
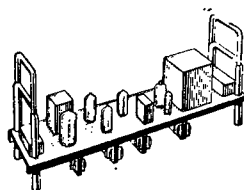
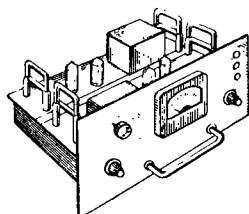
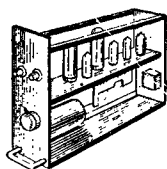
Идеи децентрализованной компоновки сложных комплексов бытовой радиоаппаратуры показаны на рис. 3.71. Части такого комплекса выполнены в соответствии с геометрическими размерами



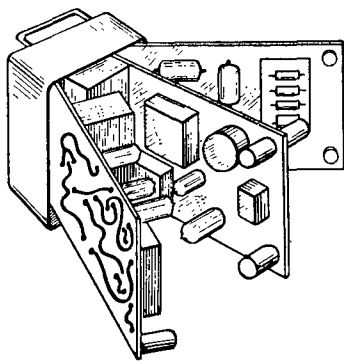
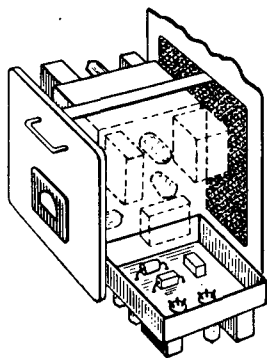
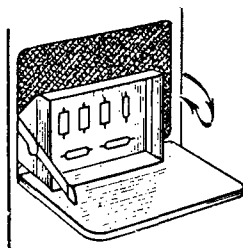
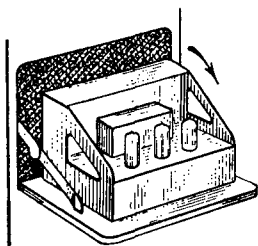
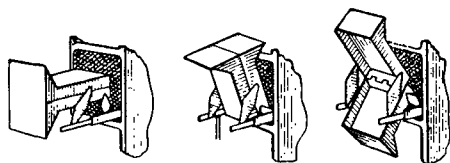
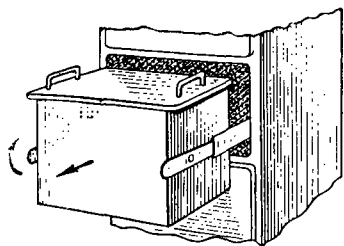
**3.63.** Расположение индикаторов при различных рабочих позах оператора.



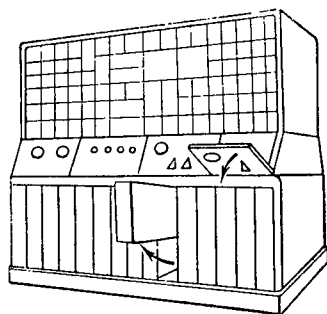
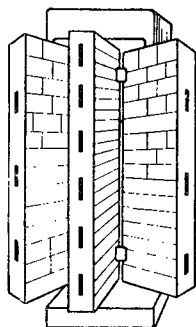
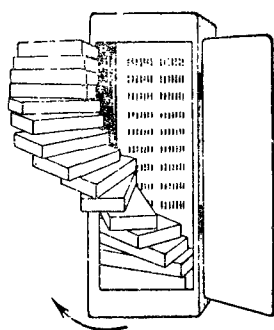
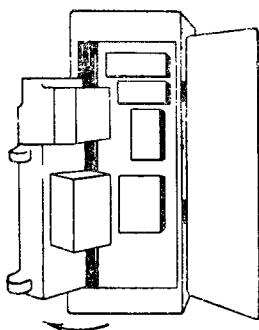
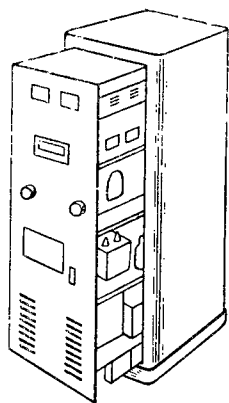
современной мебели и ее отделкой. Небольшое количество таких унифицированных и взаимозаменяемых блоков обеспечивает различные варианты компоновки аппаратуры.



**3.64.** Компоновочные схемы шасси, удобные в работе.

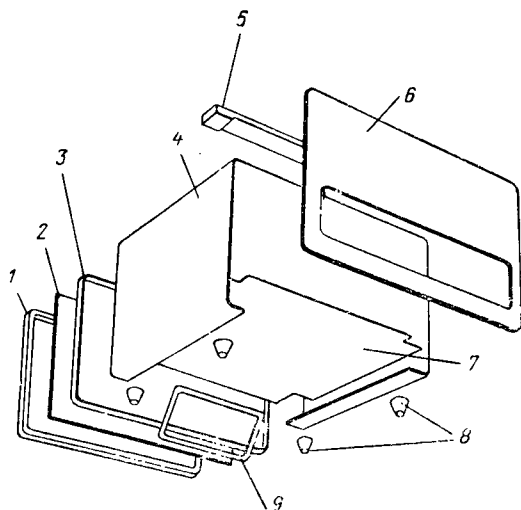
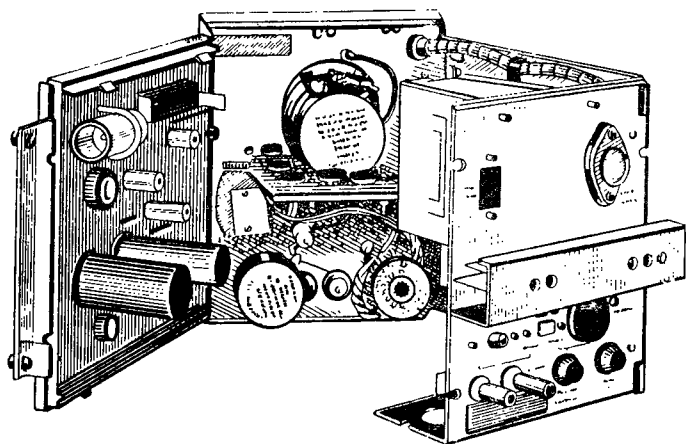


3.65. Схемы «раскрывающихся» блоков.



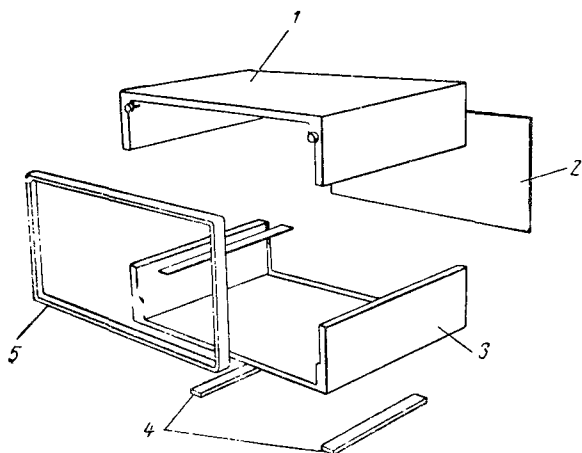
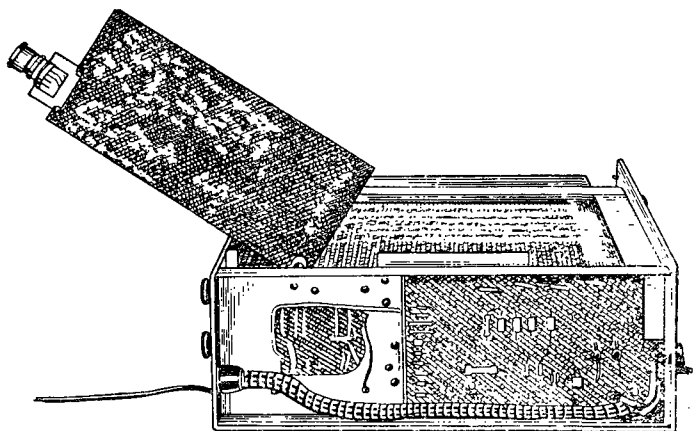
**3.66.** Компонувочные схемы сложных аппаратов с облегченным доступом к блокам.





**3.67.** Компонировочная схема измерительного прибора фирмы «Magsoni» и детали кожуха:

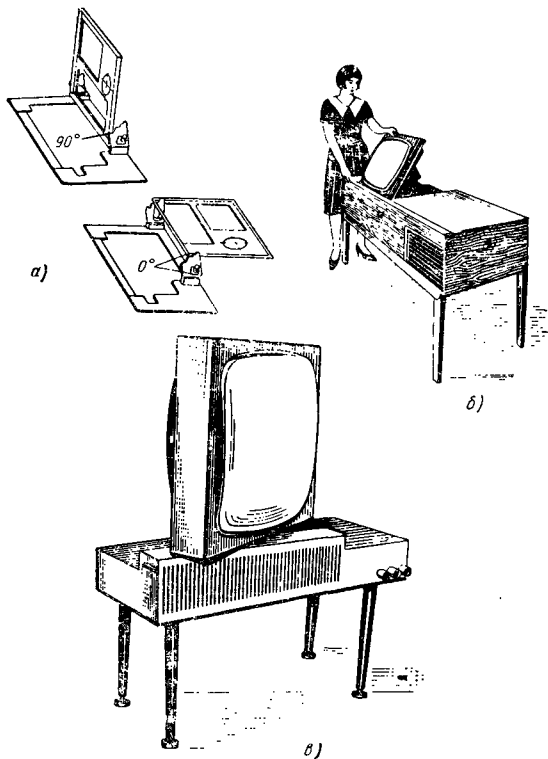
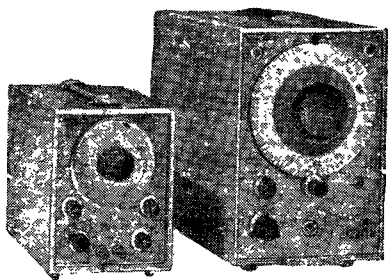
1—рамка; 2—декоративная панель; 3—монтажная панель; 4—кожух; 5—ручка для переноски; 6—задняя стенка; 7—основание; 8—опорные ножки; 9—откидывающаяся подставка.



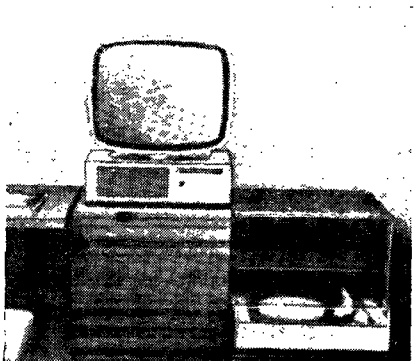
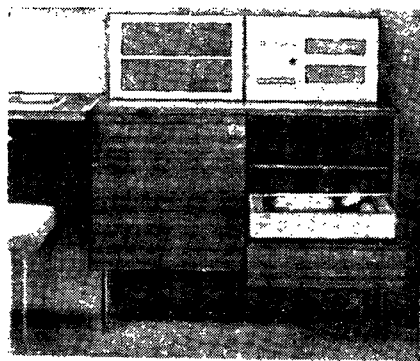
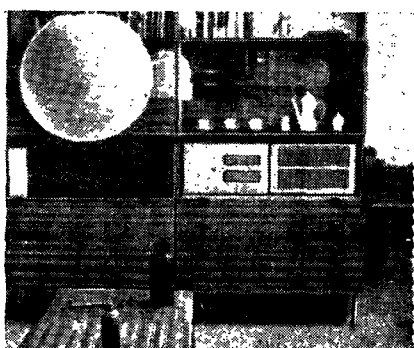
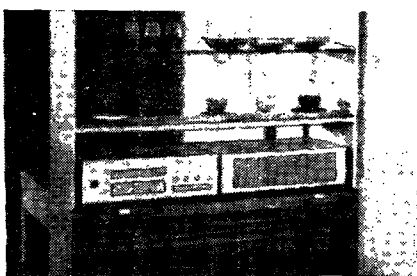
**3.68.** Компоновочная схема измерительного прибора фирмы: «Solartron» и детали кожуха:

1—верхняя часть корпуса; 2—задняя стенка; 3—нижняя часть корпуса; 4—опоры; 5—рамка.

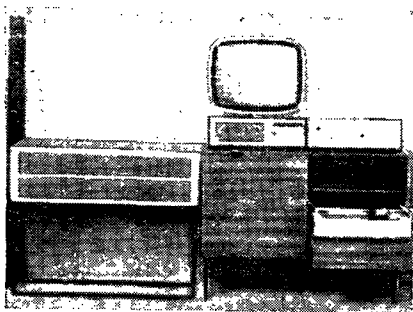
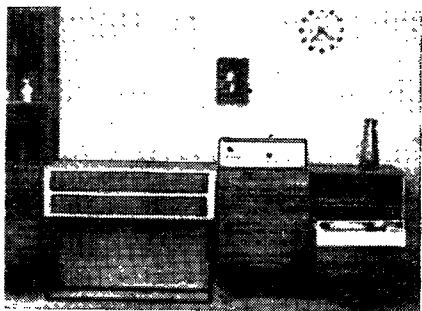
**3.69.** Генераторы низкой частоты фирмы «Marconi» (слева) и фирмы «Solartron» (справа).



**3.70** Схемы выполнения поворотного шасси телевизора (а), радиокомбайн с убирающимся кинескопом (б) и вращающийся кинескоп телевизора (в).

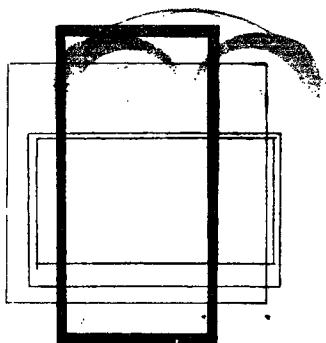


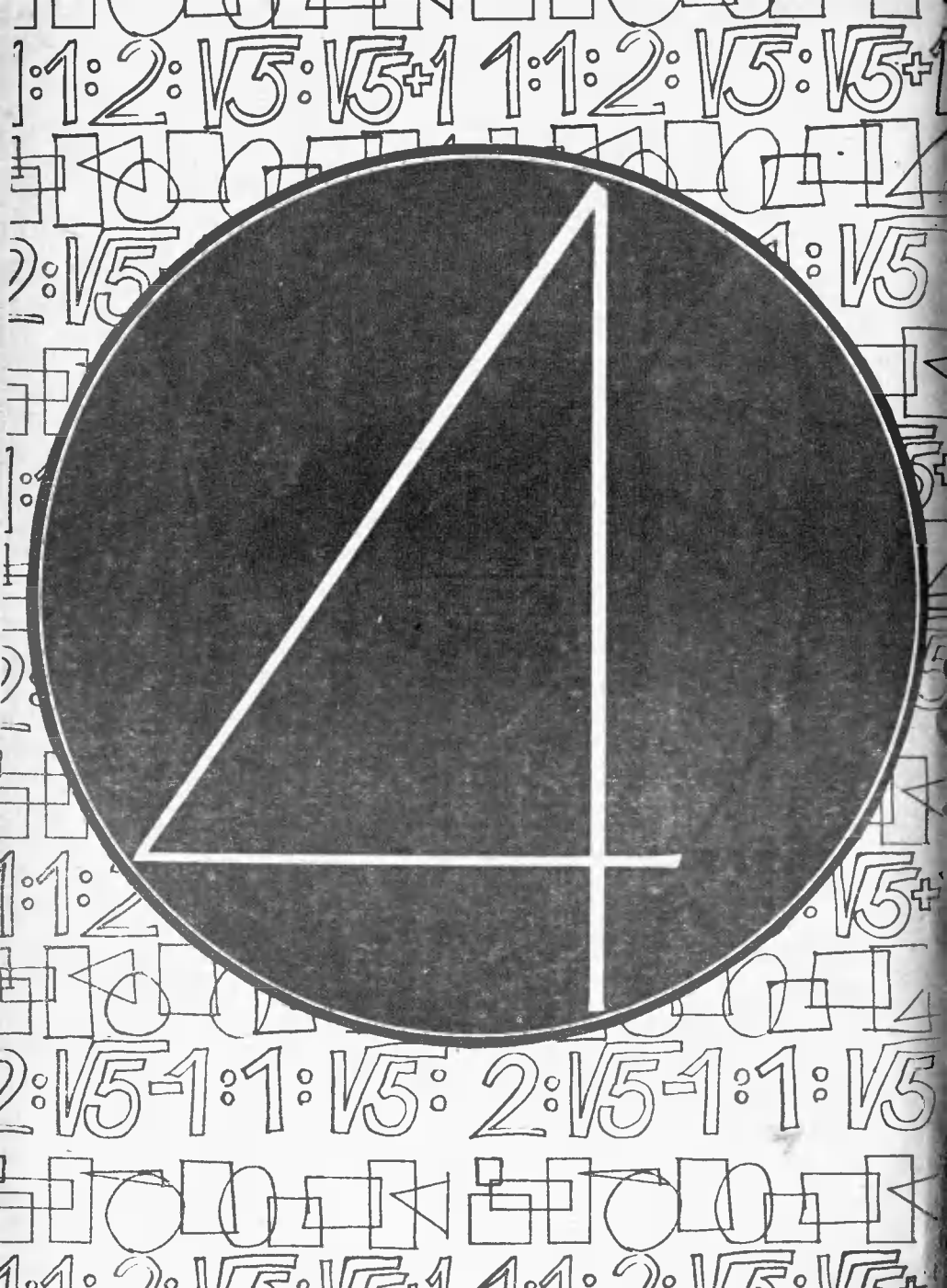
3.71. Различные варианты использования унифицированных блоков домашнего радиокomплекса.



## Литература

1. Варламов Р. Г. Заглушка для телефона, расположенного в шлеме. Авторское свидетельство № 68894 на изобретение. Приоритет от 31 мая 1946 г.
2. Варламов Р. Г. Основы конструирования радиоэлектронных аппаратов, гл. 8. Изд. МЭИ, 1963.
3. Варламов Р. Г. Компоновка радио и электронной аппаратуры, гл. 5 и 6. Изд-во «Советское радио», 1966.
4. Ломов Б. Ф. Человек и техника (очерки инженерной психологии). Изд. ЛГУ, 1963.
5. Ржевкин С. Н. Слух и речь в свете современных физических исследований. ОНТИ, 1936.
6. Сидоров О. А. Физиологические факторы человека, определяющие компоновку поста управления машиной. Оборонгиз, 1962.
7. Эфрусси М. М. Акустическое оформление громкоговорителей. Госэнергоиздат, 1962.
8. Фельдкеллер Р. и Цвиккер Э. Ухо как приемник информации. Изд-во «Связь», 1965.
9. Sharp P. E. M. Two approaches to instrument housing. Design, 1964, № 185.







# **ФОРМООБРАЗОВАНИЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ АППАРАТОВ**

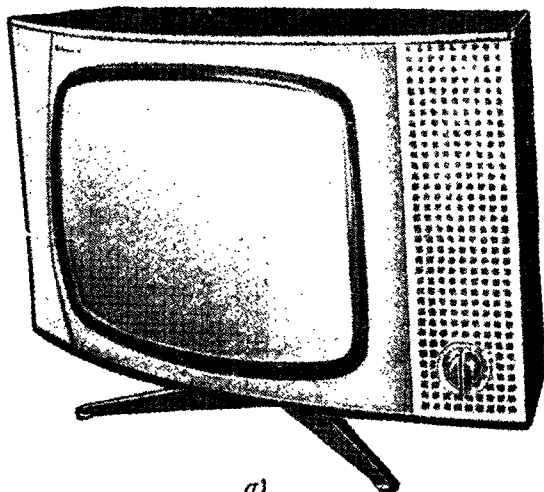
**6** Р. Г. Варламов



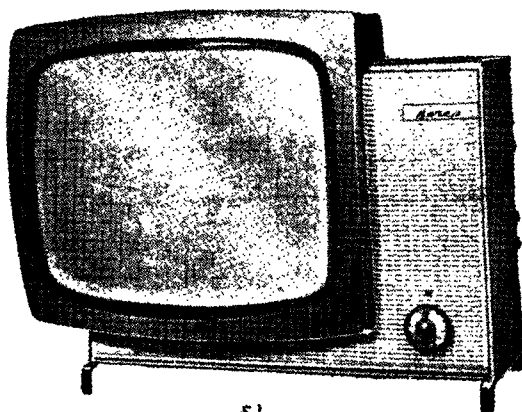
**4.1. Основные свойства формы.** Большая гибкость формообразования РЭА, принципиальные основы которой были изложены в первой главе, требует знания и учета основных свойств архитектурно-пространственной формы. Эти свойства следующие: геометрический вид формы, ее величина, положение в пространстве, масса, фактура, светотень и цвет. По геометрическому виду формы принято делить на объемные, плоскостные и линейные. В объемной форме имеет место примерное равенство размеров по всем трем координатам (куб, параллелепипед, сфера). В плоскостной форме размеры по двум координатам примерно равны, а размеры по третьей — значительно меньше (пластина). В линейной форме один размер является преобладающим над двумя другими (длинный цилиндр и т. п.). В любом случае образующие поверхности геометрической формы могут быть прямолинейными, криволинейными или ломаными. В РЭА большей частью встречаются объемные формы с прямолинейными образующими. Криволинейные поверхности встречаются обычно в виде переходных или промежуточных элементов. На рис. 4.1 показаны два телевизора: «Вальс» и «Вечер». Телевизор «Вальс» (рис. 4.1, а) имеет в плане форму сильно усеченного сектора, а телевизор «Вечер» (рис. 4.1, б) состоит из двух геометрических форм: строго прямоугольного футляра для функциональных узлов и громкоговорителя и бочкообразного стилизованного футляра кинескопа. На рис. 4.2 даны: видеотелефон и двухместный пульт управления самолетом. Эти примеры современных аппаратов показывают, что наибольшее распространение в РЭА нашли прямолинейные и криволинейные образующие формы.

Величина формы определяется соотношениями протяженности формы по трем координатам в отношении к величине человека или соотношением двух и более форм при их сопоставлении друг с другом. Положение форм в пространстве определяется по отношению к горизонтальной (А), фронтальной (В), профильной (С) плоскостям (рис. 4.3). Расположение формы может быть в плоскости, в глубине или впереди по отношению к другой форме (формам), выше, ниже или на уровне горизонта зрения. Возможны и различные сочетания таких положений.

Понятие массы аналогично количеству вещества, но при этом внимание заостряется на тех сторонах ее восприятия, которые максимально воздействуют на зрителя. С изменением формы по величине изменяется и ее масса. При этом в зависимости от распределения формы по трем координатам пространства (от степени объемности, плоскостности или линейности) максимальной массой будут обладать те формы, размеры ко-

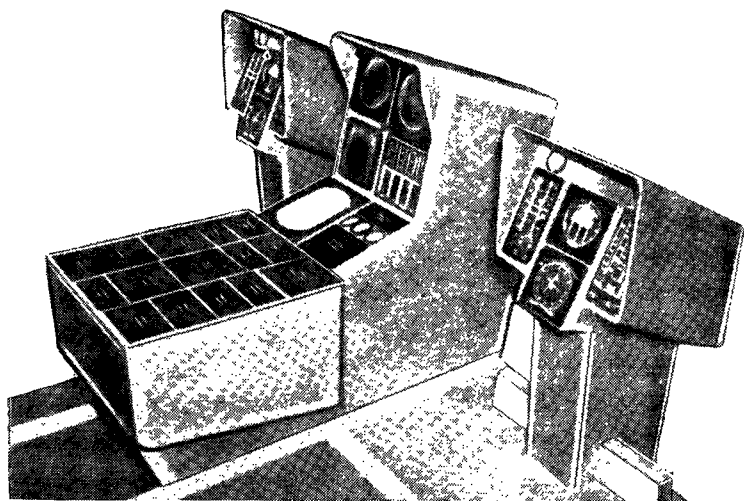
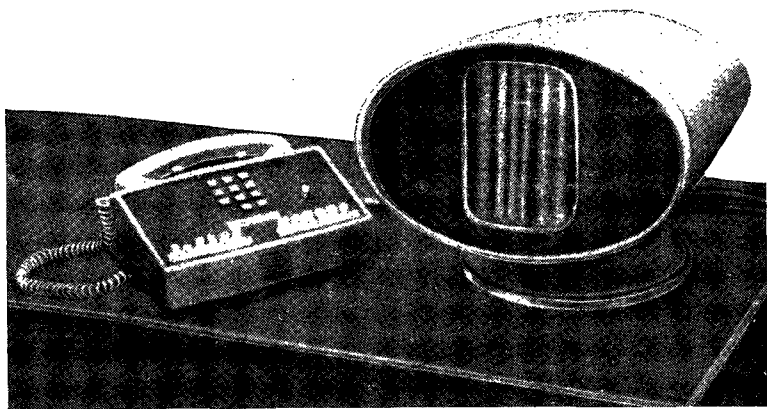


а)

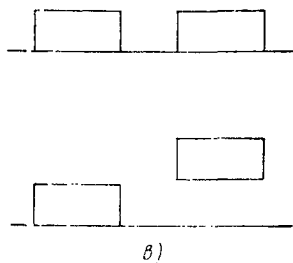
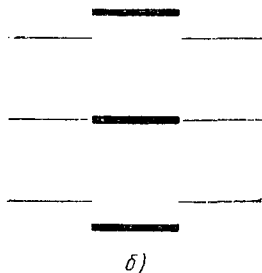
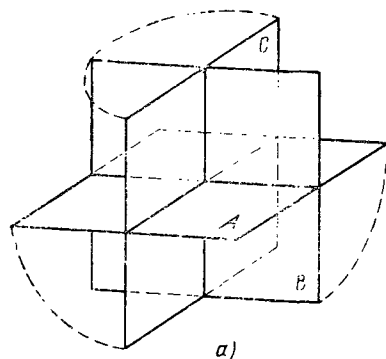


б)

4.1. Характерные формы  
современных бытовых  
телевизоров.

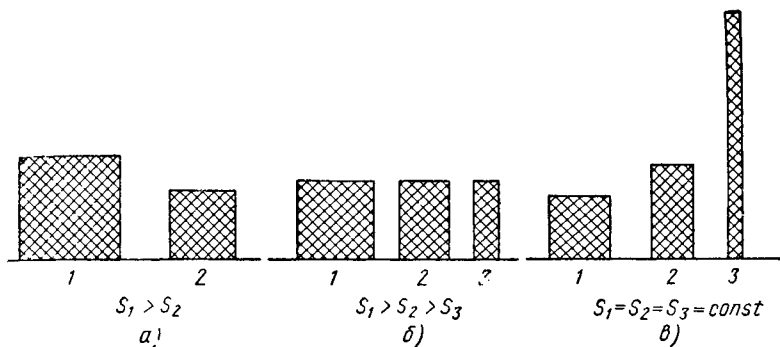


4.2. Видеотелефон и двухместный пульт управления самолетом.

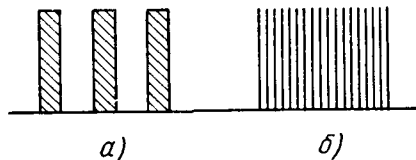


торых по трем (или двум для плоских форм) осям стремятся к равенству. Минимальной массой будут обладать формы, стремящиеся к линейности (рис. 4.4). Масса может изменяться по степени заполнения формы в пределах ее границ от различия отдельных форм (рис. 4.5, а) до восприятия строе-ния массы данной формы (рис. 4.5, б). Изменение массы происходит также в зависимости от величины сопоставляемого с ней пространства в пределах дан-ной формы (рис. 4.6). При-меры РЭА с нерациональ-ным решением формы дан-ны на рис. 4.7 и 4.8. На рис. 4.7 показан осциллограф, у которого более легкий (по весу) индикаторный блок выполнен в виде массивного элемента всей конструкции. Это создает впечатление большой тяжести верхней части прибора и подавления нижней, впечатление неу-стойчивости всей конструи-ции в целом. На рис. 4.8, а показана схема корпуса на-стоящей вычислительной машины. Переходы верхней части корпуса в нижнюю

**4.3.** Расположение горизонтальной (А), фронтальной (В) и профильной (С) плоскостей (а); положение формы по отношению к плоскости (б); положение формы по отношению к линии горизонта (в).



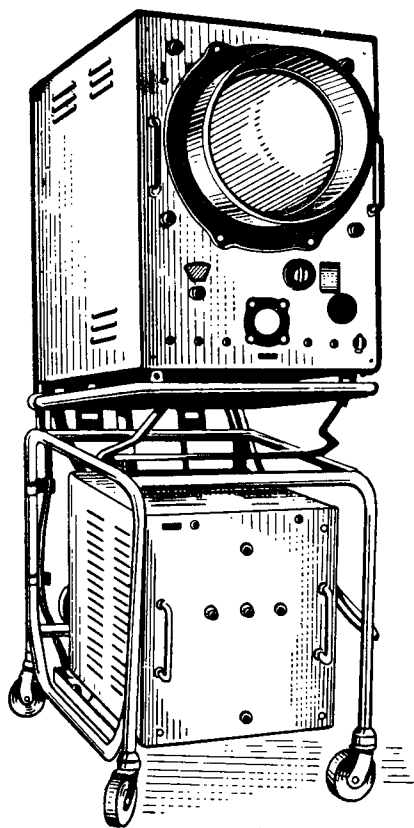
4.4. Изменение массы у форм разной площади (а), у форм разной площади, но с одинаковой высотой (б), у форм одинаковой площади (в).



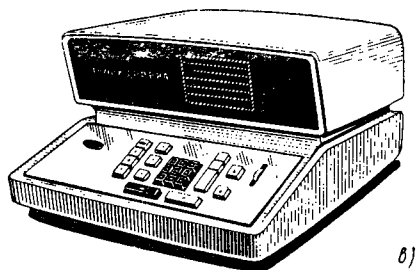
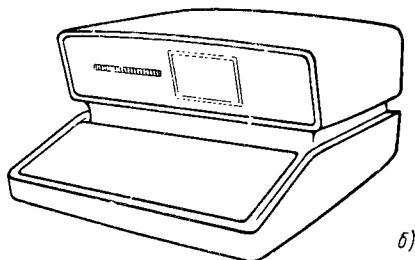
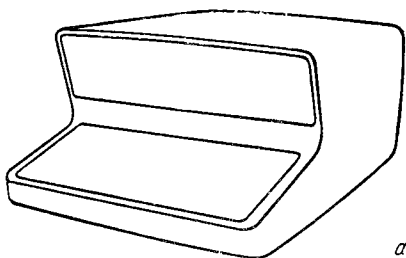
4.5. Изменение массы при изменении степени заполнения формы. Различение отдельных форм (а), восприятие строения массы (б).



4.6. Изменение массы в зависимости от величины сопоставляемого с ней пространства.



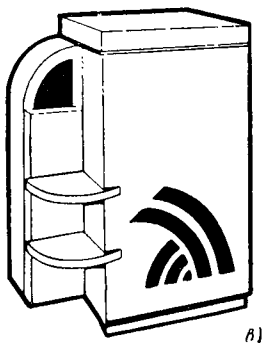
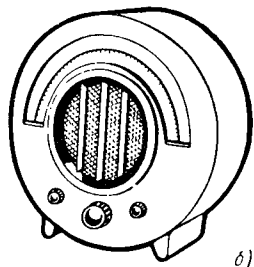
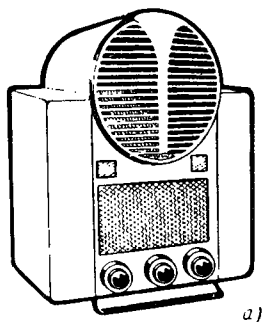
4.7. Пример зрительного несоответствия массы блоков прибора.



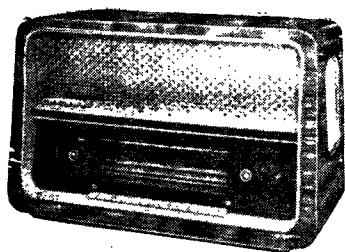
4.8. Преобразование массивного футляра настольной вычислительной машины в более легкий.



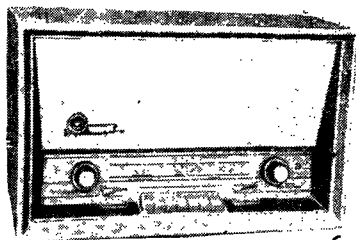
создают впечатление целостности, монолитности. Сужение средней части корпуса (рис. 4.8, б) зрительно облегчает его, что подчеркивается соответствующим цветовым решением (рис. 4.8, в). На рис. 4.9, а показан приемник в металлическом футляре. Сочетание цилиндрической и прямоугольной части обеспечивает достаточную механическую прочность, отсутствие нежелательных и очень опасных резонансов. Однако такая форма носит явный отпечаток моды 40-х годов, так как декоративное обрамление громкоговорителя больше похоже с радиатором автомашины. Следующий приемник в пластмассовом футляре имеет полукруглую шкалу больших размеров (рис. 4.9, б), что создает определенные удобства для радиослушателя. Однако такая форма при диаметре около 400 мм не очень хорошо вписывается в интерьер помещения. Радиогроммофон 30-х годов (рис. 4.9, в) имеет футляр сложной формы. Собственно радиогроммофон расположен в правой части, а его левая часть почти не несет никакой функциональной нагрузки и кажется просто приставленной. Фактура определяется характером строения поверхности формы: шероховатая, гладкая, полированная, зеркальная и т. п. Фактура зависит от количества и величины элементов поверхности.



4.9. Примеры старых приемников, в которых формообразование футляров выполнено без достаточного учета их назначения.

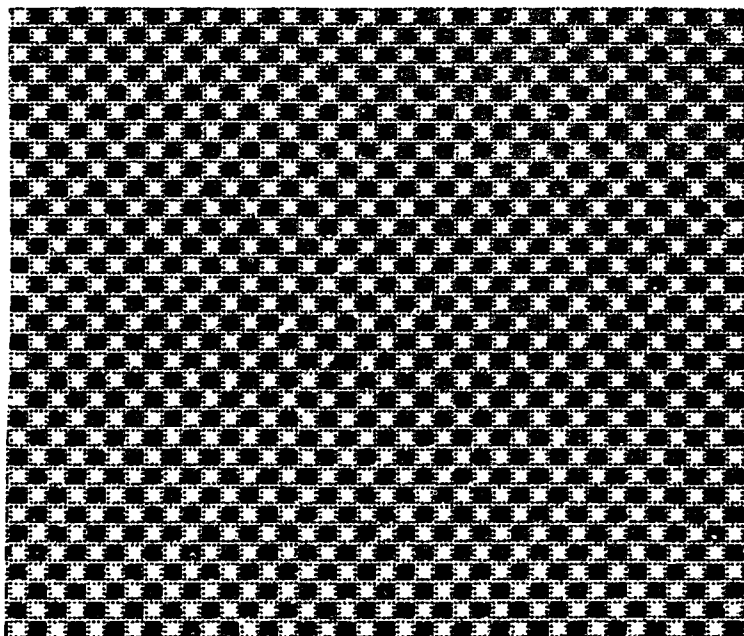


2)



6)

4.10. Подавление текстурой футляра главного элемента приемника — шкалы и передней панели (а), и их гармонические сочетания (б).



а)



б)

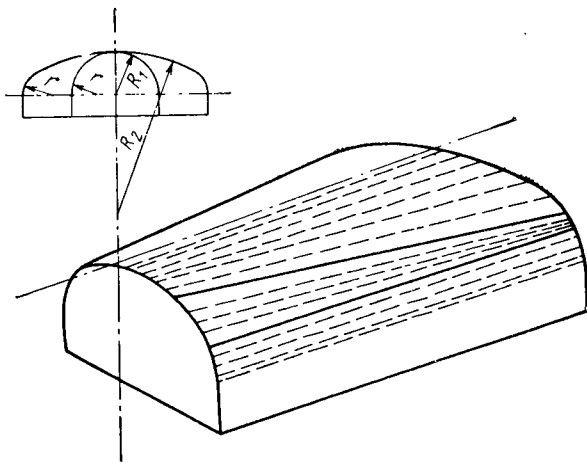
4.11. Восприятие перегруженного орнамента при большой (а) и малой (б) его площади.



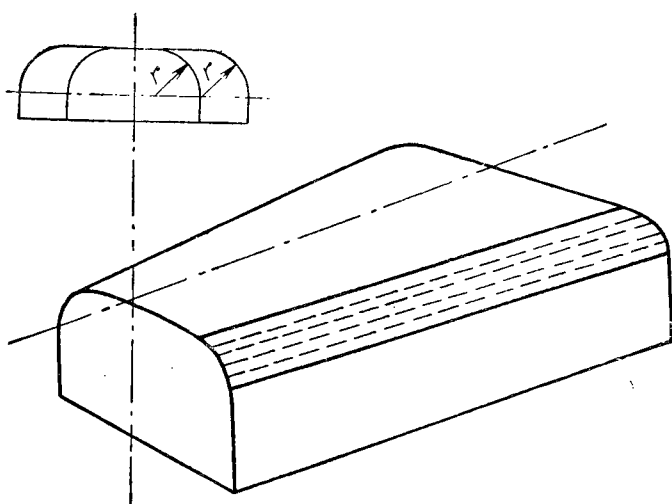
а)

б)

4.12. Светотень на поверхности формы при разном положении по отношению к источнику света ИС (а) и при разной силе света источников (б).

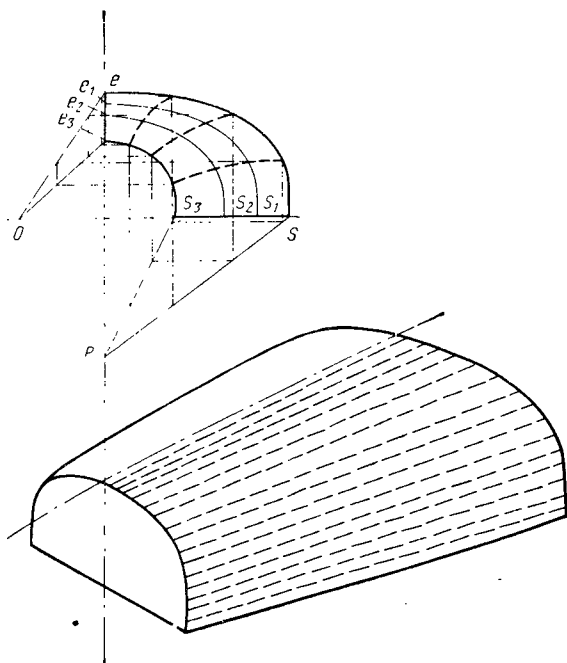


4.13. Получение криволинейных поверхностей при использовании разных радиусов оснований.



**4.14.** Получение поверхностей постоянной кривизны при использовании одного и того же переходного радиуса оснований.

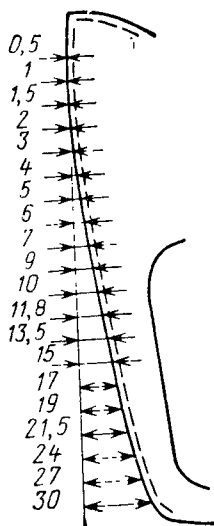
Много элементов малой величины могут не различаться как отдельные элементы. Мало элементов большой величины могут восприниматься как членение поверхности, а не как ее фактура. Восприятие фактуры зависит от расстояния наблюдения. При его увеличении мелкие детали перестают наблюдаться как отдельные элементы и воспринимаются в виде фона. Если фактура материала очень выразительна, то ее воздействие на наблюдателя может быть более сильным, чем воздействие самой формы или элементов изделия. На рис. 4.10 показано два приемника. Подчеркнутая фактура футляра левого приемника подавляет основной его элемент — шкалу. В правом приемнике фактура футляра не



**4.15.** Построение поверхности второго порядка с равным ритмом криволинейных образующих и соответствующих им линий светового каркаса.

подавляет шкалы и передней панели приемника в целом. При высокой насыщенности фактуры материала его декоративный рисунок может быть даже неприятным для наблюдения. При уменьшении площади такого декоративного рисунка его восприятие будет нормальным. Это явление иллюстрируется рис. 4.11. Наглядная проверка такого явления выполняется постепенным закрыванием большого участка рисунка листом белой бумаги.

Светотень на поверхности формы зависит от положения освещенной поверхности по отношению к источнику света и от силы источника, что схематически показано на рис. 4.12. Использование светотени может дать очень большой



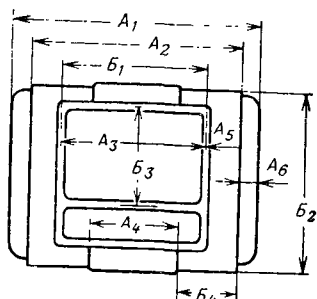
**4.16.** Пример простановки размеров на чертежах деталей сложной формы.

эффект при восприятии формы. Блики, возникающие на поверхности изделия при отражении света, создают своеобразный световой каркас, который характеризует гармонию формы. Простейшие геометрические построения торцовых частей изделий, выполненные с помощью циркуля, могут дать в результате сложные поверхности переходов второго порядка. Такие поверхности нельзя выполнить из листового материала, они не дают четкой и постоянной световой линии (рис. 4.13). Их следует заменять на поверхности постоянной кривизны, образование которых понятно из рис. 4.14. При криволинейных образующих торцов для получения четкого светового каркаса необходимо применить метод разработки поверхности с помощью полярного ключа (рис. 4.15), при котором контуры, сечения и геометрические образующие поверхности формы приобретают криволинейный характер постоянной кривизны. Тогда геометрические образующие и световые линии будут иметь

одну точку схода, будут пропорциональны по кривизне и будут соответствовать контуру формы.

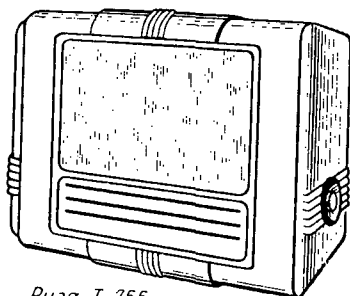
При выполнении рабочих чертежей таких изделий необходимо указывать большое количество промежуточных сечений, что заставляет проставлять размеры на таких чертежах аналогично рис. 4.16, а не так, как это выполняется в обычных машиностроительных чертежах. Контроль таких поверхностей требует использования специальных лекал. Перечисленные факторы, влияющие на восприятие формы изделия, в реальных условиях действуют совместно. Поэтому их учет следует производить также комплексно.

**4.2. Отношения и пропорции.** Отношения и пропорции могут быть простыми (в виде целых чисел) и иррациональными (геометрическими). Если имеются равенства величин, то их отношения будут тождественными. При незначительных отличиях сравниваемых величин будут иметь место нюансные отношения. В этом случае сходство (повторность) выражено сильнее, чем различие. Если неравенство величин большое, то будут иметь место контрастные отношения. Тождество, нюанс и контраст являются средствами построения пространственного единства. Большое количество разнообразных попыток дать численные рекомендации по пропорциям указывает на важность и сложность этого вопроса. Однако попытка использования каких-либо определенных отношений может привести к неудовлетворительному решению, если пренебречь другими факторами, связанными со свойствами геометрической формы. На рис. 4.17 показаны два футляра приемников: Т-755 и «Эстония-3М». Первый футляр выполнен так, что почти все отношения его элементов соответствуют так называемому «золотому сечению», примерно равному  $1:0,62$ . В «Эстонии-3М» нет таких отношений, однако тщательная проработка формы футляра создает более приятное общее впечатление, чем в предыдущем случае. Этот пример показывает, насколько осторожно следует относиться к категорическим рекомендациям по выбору отношений и пропорций.

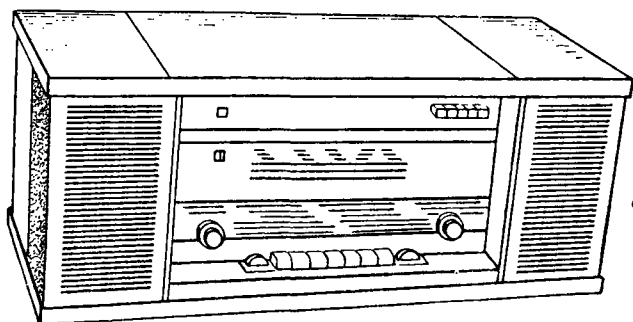


$$\frac{A_1}{B_1} = \frac{A_n}{B_n} = \frac{2}{\sqrt{5}+1} = \frac{1}{0,62}$$

a)



Рига Т-755



б)

Эстония-3М

4.17. Футляр приемника, где все отношения соответствуют только «золотому сечению» (а) и футляр с использованием разнообразных пропорций геометрической гармонии (б).



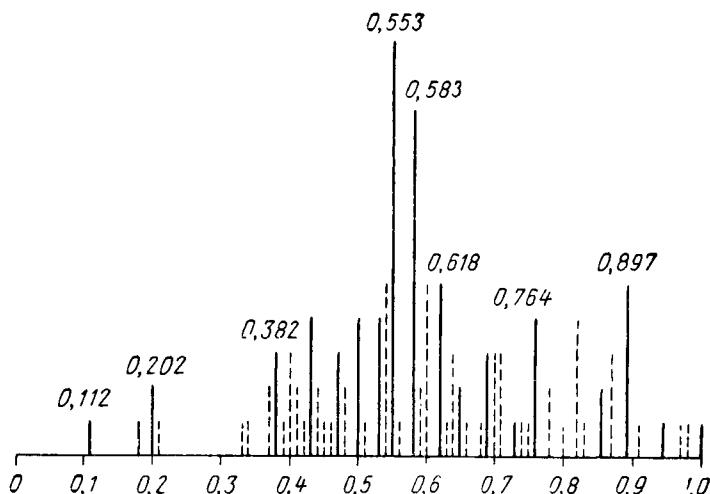
В настоящее время большое распространение получили иррациональные отношения, основанные на так называемом аддитивном ряде чисел Фибоначчи.

Рассматривая различные звенья и цепи прямоугольника «два квадрата» (пользуясь которыми, можно геометрически выполнить построение взаимопроникающих подобий вида  $2 : \sqrt{5}$ ;  $(\sqrt{5} - 1) : 2$ ;  $(\sqrt{5} - 1) : \sqrt{5}$ ;  $\sqrt{5} : (\sqrt{5} + 1)$  и т. д.), можно получить следующую последовательность чисел:

1,000	0,730	0,553	0,403	0,279
0,944	0,691	0,528	0,382	0,249
0,897*	0,653	0,472	0,361	0,236
0,854	0,618**	0,451	0,326	0,223
0,764	0,583	0,428	0,292	0,202

\* Функция.

\*\* «Золотое сечение».



4.18. Гистограмма распределения пропорций передней панели РЗА.

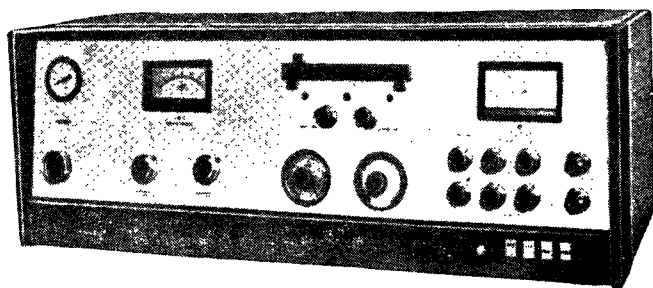
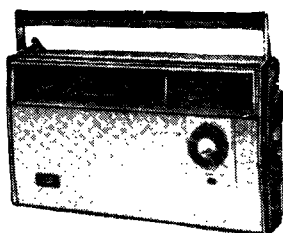
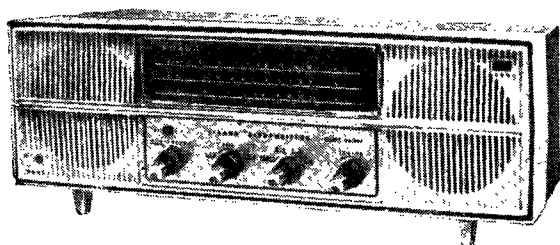
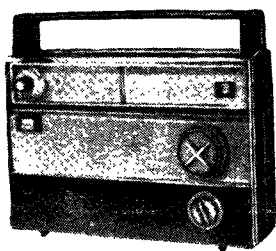
Сплошные линии — числа аддитивного ряда Фибоначчи.

Если проанализировать пропорции современной радиоэлектронной аппаратуры и по этим данным построить гистограмму их распределения, то полученные данные будут отражать некоторые тенденции формообразования корпусов РЭА. Такого рода гистограмма, построенная на основании анализа пропорций 176 различных приборов, показана на рис. 4.18. Пропорции сгруппированы в интервалы шириной  $\pm 1\%$  (замечаемая глазом разница при сравнении двух фигур); отношения, соответствующие приведенной ранее последовательности чисел, даны сплошными линиями. Распределение этих пропорций по классам РЭА показало следующее. Отношения 0,112 и 0,202 характерны для приемников, «вписывающихся» в секции современной мебели, и для некоторых «стоечных» приборов промышленного электронного оборудования. Отношение 0,382 чаще всего используется для комнатных транзисторных приемников. Наибольшее распространение имеют отношения 0,553; 0,583 и 0,618. С такими пропорциями выполняется большинство транзисторных и ламповых приемников, радиол, проигрывателей, комбинированные телерадиолы, различная специальная и измерительная аппаратура и ряд магнитофонов. Отношение 0,764 наиболее характерно для магнитофонов и проигрывателей, реже используют в телевизорах и измерительных приборах. Отношение 0,897 больше используют в телевизорах с большим экраном. Для малогабаритных транзисторных приемников часто используют отношение 0,944.

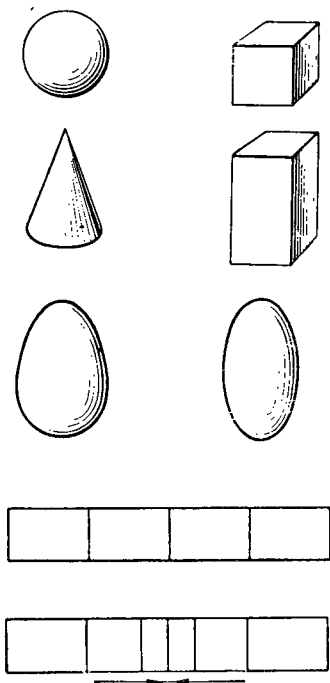
На рис. 4.19 показаны четыре устройства, отличающихся не только использованием приведенных ранее отношений, но и высокой тщательностью проработки формы (три радиовещательных приемника и промышленная установка).

Равенство (тождество) или нюанс отношений характеризует относительную статичность формы, а контраст в отношениях создает зрительное движение, динамику в направлении преобладающей величины. Этот эффект можно усилить дополнительным членением формы, направленностью, использованием пунктирных и наклонных линий, штриховки, цвета и т. п. приемами.

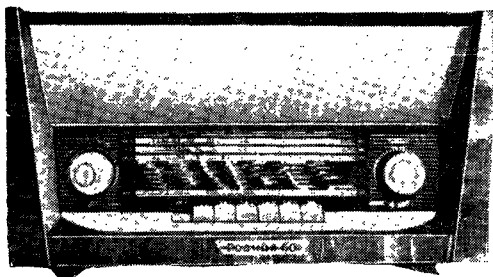
На рис. 4.20 показаны тела, отношения которых по горизонтальной оси тождественны, что создает впечатление непод-



4.19. Современные аппараты, пропорции и форма которых тщательно отработаны.

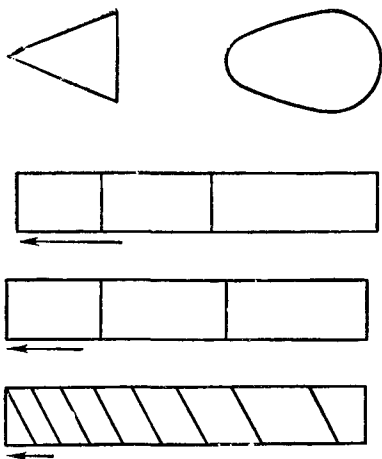


4.20. Тела и фигуры с тождественными отношениями по горизонтальной оси.

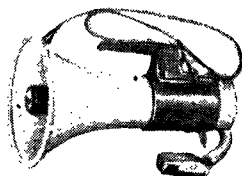
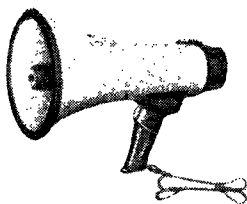
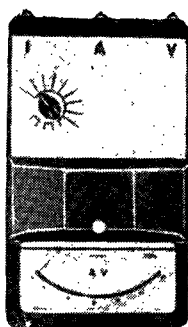


4.21. Пример излишней монументальности футляра приемника.

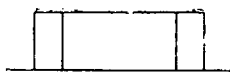
вижности, статичности. Приемник «Родина-60 М2» имеет симметричное построение футляра (рис. 4.21), что соответствует его неподвижному состоянию. К сожалению, излишняя массивность боковых стенок и основания футляра создает впечатление излишней монументальности. Фигуры, показанные на рис. 4.22, обладают динамичностью за счет контраста в отношениях, усиленного членением этих фигур в нижней части рисунка. Примеры динамического построения форм изделий даны на рис. 4.23. В измерительном приборе эта динамичность является отрицательным явлением, так как создает зрительную несимметричность формы прибора, противоречащую его функциональному назначению. В мегафонах, наоборот, динамичность формы подчеркива-



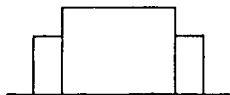
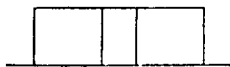
4.22. Примеры динамичности формы за счет контраста в отношениях и членения на неравные части.



4.23. Динамичность формы измерительного прибора и мегафонов.



4.24. Выделение главного элемента.

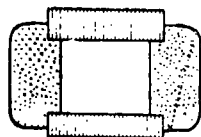


ет их главное назначение — направленное излучение звука. Здесь использование динамичности оправдано.

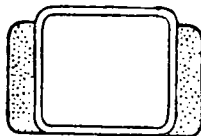
Главный элемент выделяют из подчиненных элементов размерами, положением, характером исполнения и другими подобными средствами (рис. 4.24).

Выполнение передних панелей приемников, телевизоров и других устройств должно соответствовать этим требованиям. На рис. 4.25,а показана передняя панель телевизора, экран которого занимает незначительную часть поверхности. Поэтому части футляра как бы подавляют экран, снижают его воздействие на зрителя. Относительно большая часть поверхности передней панели в примере рис. 4.25,б, занятая экраном, дает однозначный ответ на вопрос, что является главным элементом этого изделия. Аналогичный пример для радиовещательного приемника показан на рис. 4.25,в. Более удачное решение передней панели приемника показано на рис. 4.25,г. Приемник, показанный на рис. 4.26, является примером не только тщательного выбора формы изделия, но и четким выделением главного элемента — шкалы настройки. На

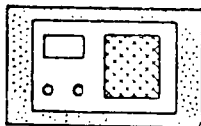
а)



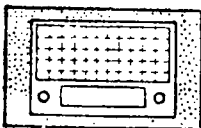
б)



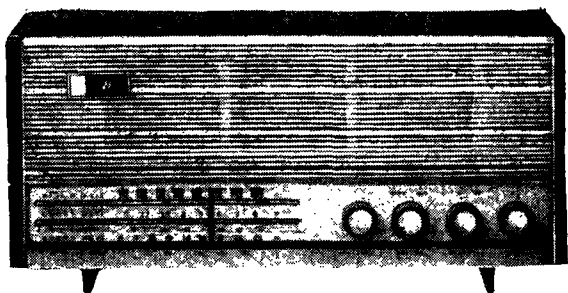
в)



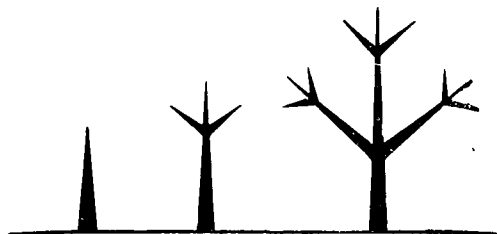
г)



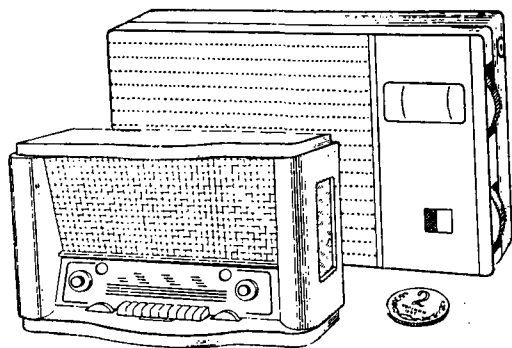
4.25. Примеры построения передних панелей телевизора (а, б) и приемника (в, г).



4.26. Приемник, формообразование которого выполнено по схемам рис. 4.24 и 4.25.



4.27. Схема стадий роста дерева.



4.28. Немасштабное изображение двух приемников.

фоне декоративной решетки динамика большая, гладкая шкала четко выделяется с подшкалами диапазонов и ручками управления.

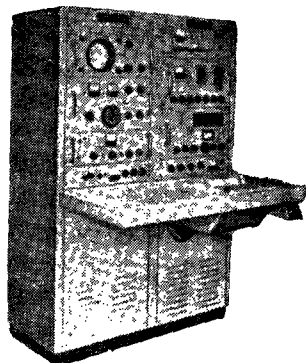
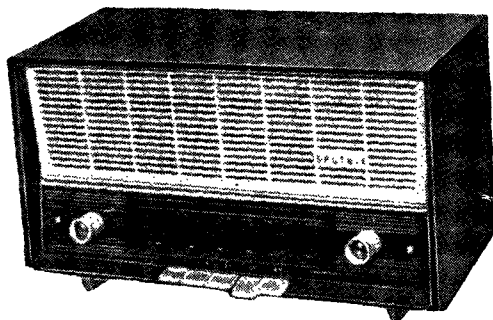
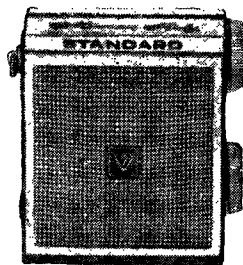
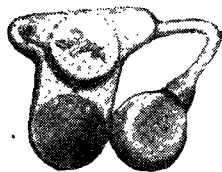
Очень важным фактором является масштабность изделия. Под масштабностью понимается выразительность величины архитектурной формы по отношению к человеку. В этом случае большую роль играет контраст малой величины к большой. Существенное значение для масштабности имеет соразмерность формы по отношению к окружающему пространству и к другим формам.

Законы роста и масштабности живой природы распространяются и на промышленные изделия. При росте дерева (рис. 4.27) сначала появляется росток, потом оно имеет вид кустика, а затем приобретает размеры и строение дерева. При этом часть дерева (ветка) может быть более сложной, чем росток. Законы восприятия живой природы переносятся и на восприятие размеров промышленных изделий.

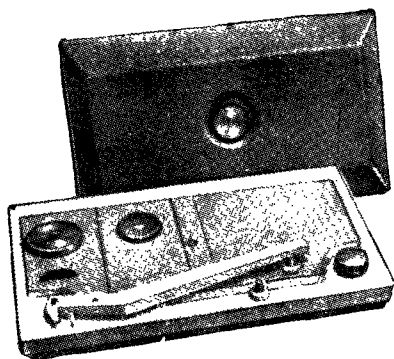
Основной мерой масштабности РЭА являются ее органы управления: ручки, кнопки и частично индикаторы (например, шкалы). На рис. 4.28 показано два приемника: «Юпитер» и «Фестиваль». Хотя маленький «Юпитер» имеет размеры вдвое больше, чем большой «Фестиваль», этот рисунок не может ввести в заблуждение, потому что ручки управления позволяют дать правильный ответ. Если бы действительно «Фестиваль» был выполнен таких размеров, то он был бы только моделью, которой нельзя пользоваться по прямому назначению из-за невозможности управления настройкой, громкостью, тембром, выбором нужного диапазона такого «лилипутского» приемника.

На рис. 4.29 приводятся пять примеров выполнения разнообразных устройств, рассмотрение которых дает наглядную иллюстрацию изложенных ранее положений. Пленочный микроприемник «Эра» выполнен вместе с малогабаритным телефоном. Две ручки управления занимают почти всю поверхность крышки приемника. Приемник «Стандарт» имеет размеры, большие, чем «Эра». Это сразу сказалось на относительной величине ручек. Относительные размеры ручек чешского приемника «Спутник» еще меньше. Следует отметить, что в этом приемнике очень оригинально решен

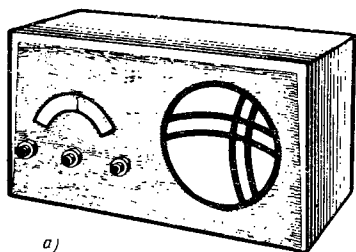




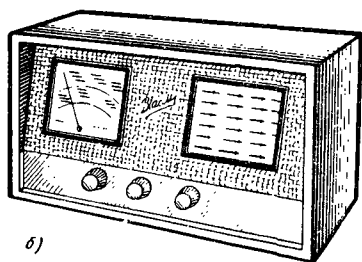
4.29. Примеры масштабности для РЭА различных размеров.



4.30. Зрительное облегчение проигрывателя за счет членения его формы.



а)



б)

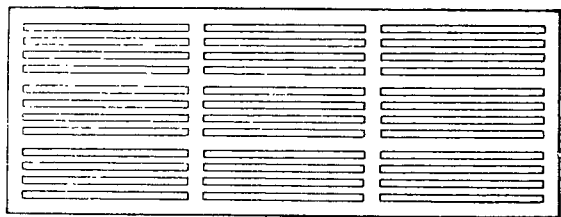
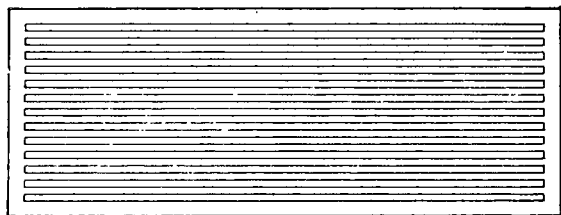
4.31. Влияние четкого ритма и пропорций на восприятие формы футляра одного и того же приемника.

вопрос о размерах кнопок. Их толщина равна толщине выступающей стенки футляра. Все вместе дало изящное художественно-конструкторское решение. Рассмотрение среднего и большого пультов управления подтверждает справедливость предположения о том, что мерой масштабности РЭА могут служить их органы управления.

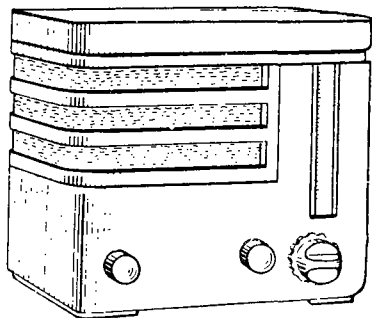
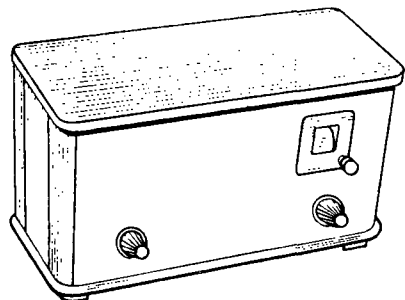
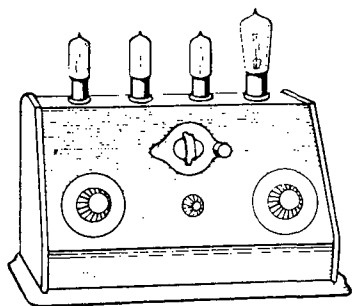
При соотношениях элементов формы по вертикали необходимо учитывать возникающие при этом весовые соотношения. Это необходимо для того, чтобы «утяжелить» основание прибора и создать зрительное впечатление его устойчивости, или для того, чтобы «облегчить» его. Впечатление массивности, «веса» достигается при использовании больших гладких поверхностей, легкость достигается членением поверхности, введением теней. На рис. 4.30 показан малогабаритный проигрыватель на транзисторах фирмы «Денки», равный книге средних размеров. Для зрительного уменьшения размеров его нижняя часть выполнена уменьшенной и имеет более темный цвет. Возникающий эффект уменьшения размеров весьма значителен.

**4.3. Ритм и композиция.** Характерными признаками ритма пространственных форм являются повторность элементов формы и интервалов между ними и наличие ясно выраженной закономерности в повторении элементов и интервалов. Порядок ритма может быть метрический, когда повторение элементов имеет место через равные интервалы, или ритмический, когда повторение элементов происходит через интервалы, соответствующие геометрической или какой-либо другой прогрессии. Сочетание различных ритмов дает сложные порядки.

Ритм может проявляться за счет использования закономерных изменений размеров тел, за счет использования различных интервалов, за счет изменения формы, цвета и т. п. Рассмотрим приемник, показанный на рис. 4.31, а. Кроме неудачного композиционного решения в нем отсутствует и ритм. Основным фактором, определяющим его восприя-



**4.32.** Группировка большого количества членений в три группы по вертикали и горизонтали.



тие, является текстура древесины. Однако стоит несколько изменить конфигурацию его передней панели, форму и размеры наличника шкалы и обрамление динамика, применить материал с четким ритмом, как внешний вид приемника резко изменится в лучшую сторону (рис. 4.31, б).

Вопросы ритма сильно связаны с вопросами композиции. В РЭА чаще всего используется фронтальная композиция (по вертикали или по горизонтали), так как наблюдатель (оператор) чаще всего бывает неподвижным относительно изделия. Объемная и глубинно-пространственная композиции, когда оператор (зритель) может перемещаться вокруг формы или при движении в глубину, встречаются значительно реже.

Это объясняется тем, что регуляторы и индикаторы РЭА почти полностью группируются на передней панели. Важным средством построения композиции фронтальной поверхности является членение поверхности и опре-

**4.33.** Несимметричное композиционное решение, создающее впечатление искажения формы и положения изделий.

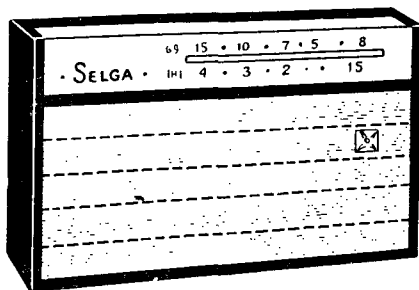
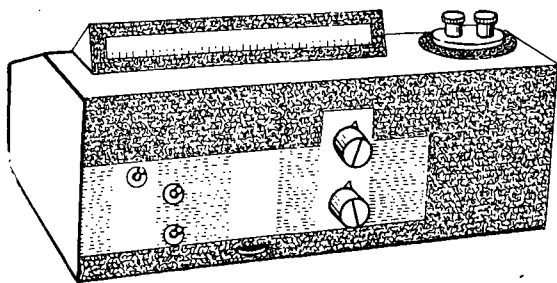
деленный характер соподчиненности. Если число членений велико, то они не воспринимаются. В этом случае необходимо их свести в две-четыре группы. Такой пример показан на рис. 4.32.

Членения поверхности изделия могут быть выполнены за счет использования конструктивных или декоративных элементов в виде накладок, панелей и других подобных приемов, технологических, конструктивных или специальных зазоров между приборами или их частями, изменением положения отдельных частей (ближе — дальше от зрителя), поворотом отдельных частей, сочетанием различных по геометрическому виду поверхностей (цилиндр, плоскость), по различной плотности массы, по фактуре и цвету и т. п.

Использование симметричной композиции в РЭА часто определяется требованиями создания статичности изделия и отражением того факта, что управление аппаратурой выполняется двумя руками оператора и его симметричность переносится на изделие. При несимметричном композиционном решении иногда важно создать зрительное впечатление неподвижности, статичности.

При любом композиционном решении главной частью композиции (композиционным центром) должны быть главные элементы изделия, в первую очередь, главные индикаторные и регуляторные устройства.

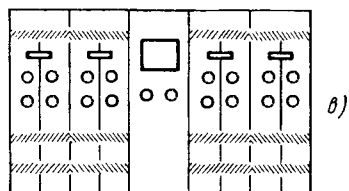
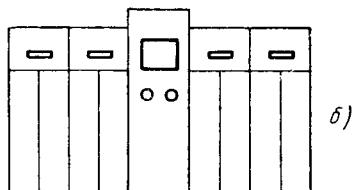
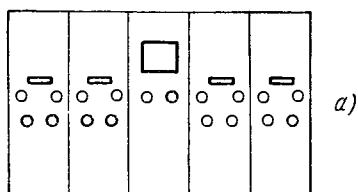
Приемники, показанные на рис. 4.33, имеют несимметричное композиционное решение. У верхнего это определяется разной высотой ламп, расположенных по метрическому ритму, у среднего — расположением шкалы, у нижнего — всеми элементами: декоративным обрамлением динамика, шкалой и расположением ручек. Принятые у этих приемников композиционные решения отвечают функциональным и утилитарным требованиям, но создают зрительное искажение форм приемников. На следующем рисунке (рис. 4.34) показаны медицинский измерительный прибор и транзисторный приемник. За счет учащения ритма горизонтальных светлых полос удалось зрительно переместить композиционный центр в среднюю часть прибора, оставив несимметричное размещение органов управления, клемм и шкалы. В приемнике «Selga» той же цели добиваются, распола-



**4.34.** Несимметричное, но зрительно уравненное (статичное) решение.

гая слева от шкалы яркую и крупную марку приемника. Однотонная декоративная панель динамика имеет четкое ритмическое строение за счет горизонтальных прерывистых линий. Размещение товарного знака завода-изготовителя на этом же участке футляра оживляет композицию в целом.

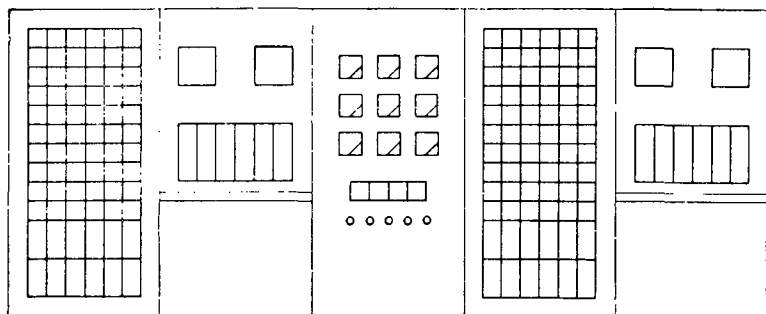
Симметричная фронтальная композиция РЭА может быть достигнута различными средствами (рис. 4.35). Расположив в центре главный индикатор, увеличив размеры центрального блока или расчленив поверхность вспомогательных блоков, мы можем получить требуемый эффект. На рис. 4.35, а в центре установки расположен шкаф с главным ин-



**4.35.** Варианты симметричных фронтальных композиций РЭА.

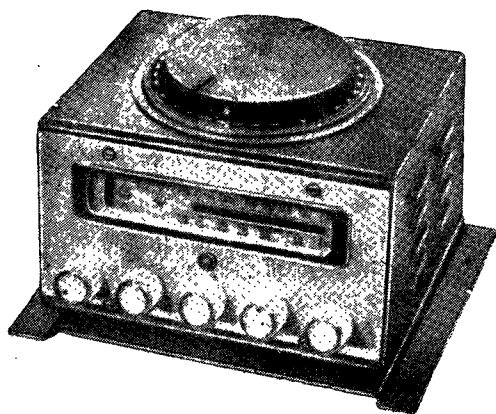
дикатором. На рис. 4.35, б регулировки на панелях вспомогательных шкафов закрыты дверками, которые создают членение поверхности и определенную направленность к центральному шкафу. На рис. 4.35, в эти же цели достигнуты только за счет членения поверхности вспомогательных шкафов.

В том случае, если такими законами построения композиции пренебрегают, зрительно трудно выделить в изделии главное. Такой пример схематически показан на рис. 4.36. Композиционным центром вычислительной машины оказался второстепенный блок — блок питания. Два пульта управления расположены несимметрично, и все изделие зрительно распадается на отдельные части,



**4.36.** Неудачное композиционное решение вычислительной машины.

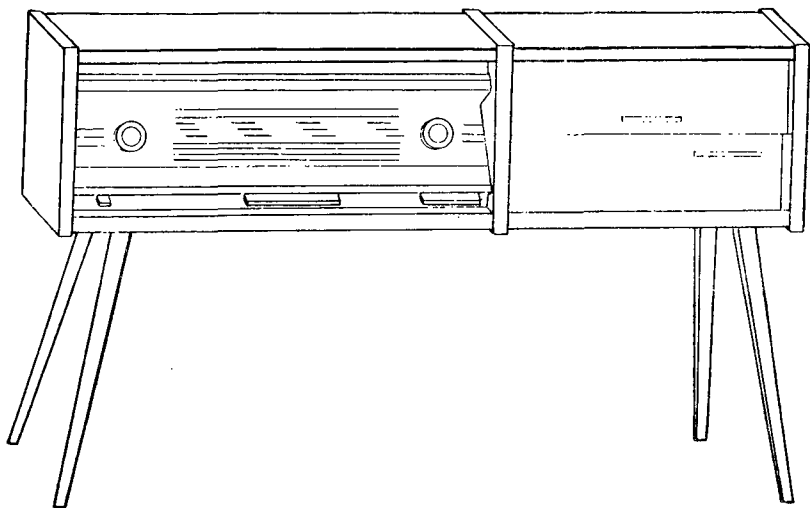
**4.37.** Симметричное композиционное решение изделия с двумя различными по характеру шкалами.



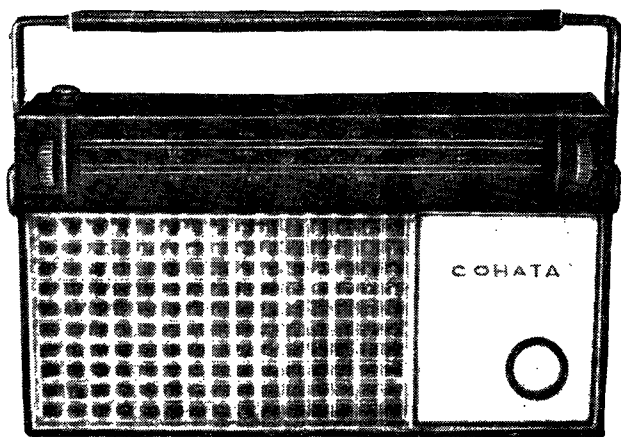


Несимметричность расположения шкал в приборе (рис. 4.37) удалось скрыть за счет использования общей для двух шкал рамки-наличника, за которой расположены шкала стрелочного прибора (слева) и шкала настройки (справа). Общий композиционный рисунок этого изделия симметричен, а само изделие статично, что соответствует его назначению и работе.

Однако делать отсюда вывод о необходимости использования только фронтальной симметричной композиции в РЭА неверно. На рис. 4.38 показана схема радиолы с несимметричным композиционным решением. За счет тщательного выбора форм отдельных частей футляра, его пропорций удалось получить зрительную статичность изделия, отличающуюся от строго симметричных и несколько однообразных композиционных решений, показанных ранее на



4.38. Несимметричное композиционное решение радиолы.



4.39. Транзисторный приемник «Соната».

рис. 4.35. На рис. 4.39 показан другой пример несимметричного композиционного решения — приемник «Соната». Гладкая, монолитная правая часть футляра уравнивается декоративной решеткой динамика, ячейки которой пропорционально связаны определенными ритмическими отношениями с формой и размерами футляра в целом.

Краткое рассмотрение правил формообразования РЭА показывает, какими основными средствами можно добиться получения максимальной выразительности формы изделия. Эта выразительность будет тем больше, чем более глубоко удастся связать функцию изделия с его формой.

При формообразовании изделий кроме перечисленных закономерностей необходимо помнить об особенностях восприятия зрительных образов человеком, на которые очень сильно влияют различные иллюзии зрения. Перечень наиболее характерных из них дан в следующем параграфе.

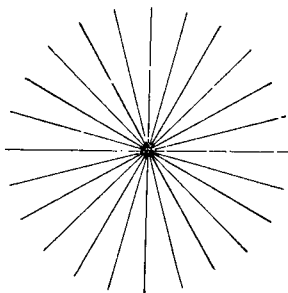
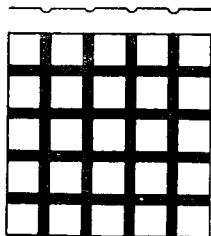
**4.4. Иллюзии зрения.** Особенности восприятия объясняется целый ряд иллюзий зрения, из которых мы кратко рассмотрим следующие: восприятие целого и части, переоценка вертикальных линий, преувеличение острых углов, меняющийся рельеф и перспектива, «фигура» и «фон». Знакомство с этими иллюзиями позволяет частично скорректировать недостатки формы изделий.

При наблюдении светящейся точки за счет аберрации хрусталика, мы видим ее в виде кружка с нечеткими краями. Поэтому при рассматривании светлой поверхности на темном фоне происходит как бы раздвижение ее границ. За счет этого светлые предметы кажутся несколько больше своих истинных размеров, а темные — наоборот. Этот эффект тем больше, чем больше контраст яркостей светлого и темного и чем хуже аккомодирован глаз. Это явление затрудняет наблюдение очень тонких «волосяных» визиров. При значительной яркости фона нить такого визира будет казаться разорванной.

На рис. 4.40 показано несколько примеров влияния эффекта иррадиации. Белый квадрат на черном фоне кажется больше черного, а белая полоса шире черной. Если на поверхности светлого квадрата имеется ряд перекрещивающихся полосок, то в местах пересечений они кажутся серыми, а край квадрата в местах их выхода кажется неровным. Рисунок в виде многолучевой звездочки не может быть весь четко рассмотрен. Хорошо видны только некоторые линии. Необходимо в течение некоторого времени всматриваться, чтобы рассмотреть его весь.

За счет астигматизма большинство людей по-разному воспринимают вертикальные и горизонтальные линии. Из-за этого возникает кажущееся различие в зазорах между концентрическими окружностями, а сами линии представляются прерванными. Штриховка одинаковой насыщенности кажется разной яркости, так же как и буквы при разном положении глаза (рис. 4.41).

Очень много ошибок зрительного восприятия обусловлены восприятием фигур и их частей не отдельно, а в некотором соотношении с окружающими фигурами. Поэтому, сравнивая две фигуры разных размеров, мы воспринимаем все части меньшей фигуры меньшими. Примеры таких иллюзий



**4.40.** Влияние эффекта иррадации на восприятие формы и размеров геометрических фигур.

показаны на рис. 4.42, где равные расстояния (АБ и БВ) кажутся разными.

Возможны и обратные иллюзии такого рода, когда суждение о зрительном образе идет в обратном направлении: от «части» к «целому». Эти иллюзии иллюстрируются рис. 4.43, на котором две одинаковые фигуры кажутся разными (а), а диаметр окружности кажется больше расстояния между линиями АБ и ВГ, хотя он равен АВ и ВГ (б). За счет общепсихологического закона контраста (в зависимости от обстановки, окружения частей фигуры и их взаимодействия) происходит значительное зрительное изменение размеров (рис. 4.44). Внутренняя окружность или круг кажутся за-

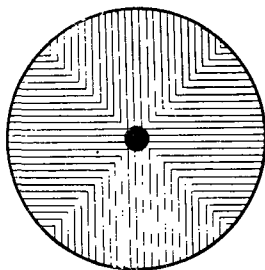
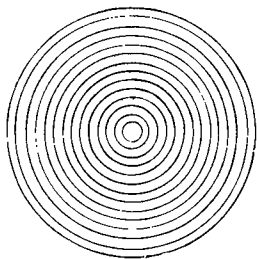
метно меньше в зависимости от размеров сравниваемых с ними фигур; правая дуга кажется меньше радиуса и более короткой, чем левая. Стороны треугольника, квадрата и многоугольника кажутся разными, так же как части фигур **а—а** и **б—б**.

Уподобляя одну часть фигуры другой, мы будем считать, что касательная ко всем кружкам (рис. 4.45) кривая, а не прямая; одиночная спираль в зависимости от изображения может дать впечатление смещения спирали к точке схода с другими подобными спиралями (справа) или не дать его и т. п.

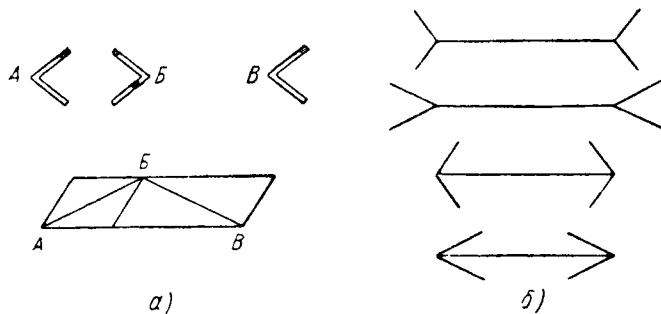
Большинство людей преувеличивают протяженность вертикальных линий по сравнению с горизонтальными (рис. 4.46). Нам кажется, что длина **АБ** значительно меньше высоты **ВГ**, верхний прямоугольник толще и короче нижнего, а длина заполненных участков пространства больше, чем у незаполненного. Этот эффект заметно возрастет, если изменить направление штриховки.

Преувеличивая острые углы, мы часто допускаем ошибки в оценке характера линий, представляя прямые линии ломаными (рис. 4.47). Для компенсации этого эффекта приходится преднамеренно заменять прямые линии на кривые или наоборот.

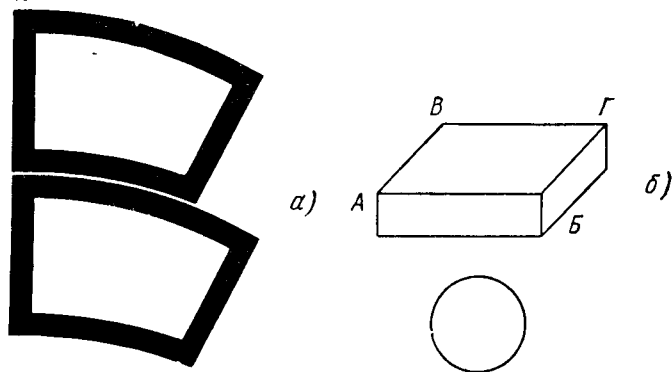
За счет перемещения глаза при наблюдении фигур разной насыщенности на пестром фоне могут возникнуть иллюзии искажения положения линий (рис. 4.48).



4.41. Пример, позволяющий обнаружить астигматизм зрения.

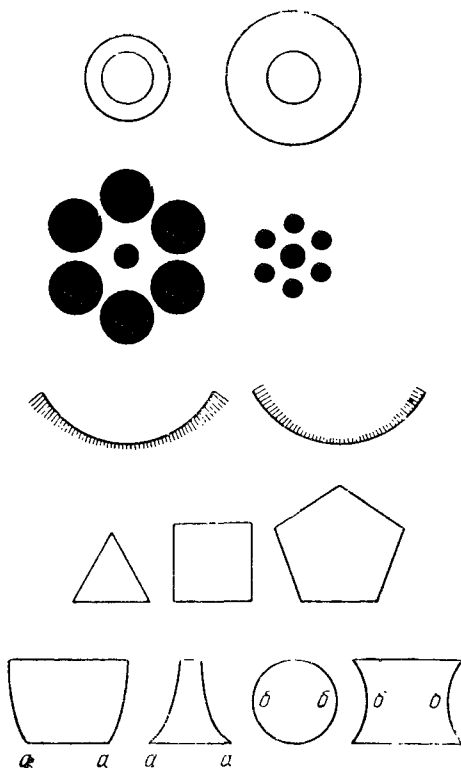


4.42. Зрительные искажения расстояний  $AB$  и  $B\Gamma$  (а) и длины одинаковых осевых отрезков (б).

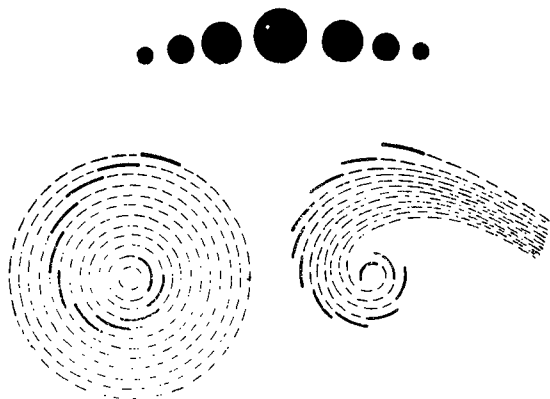


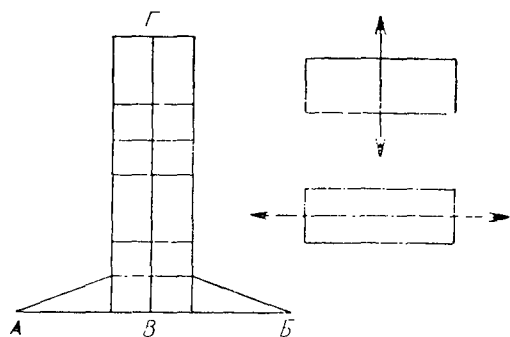
4.43. Иллюзии «целое» и «часть».

4.44. Примеры, иллюстрирующие закон контраста.



4.45. Искажение восприятия за счет уподобления одной части фигуры другой.





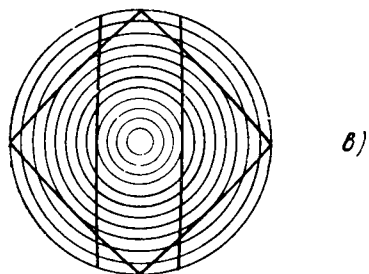
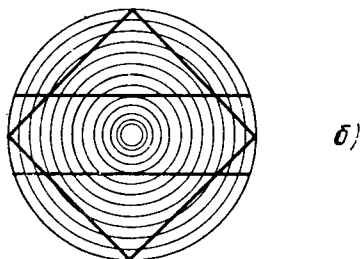
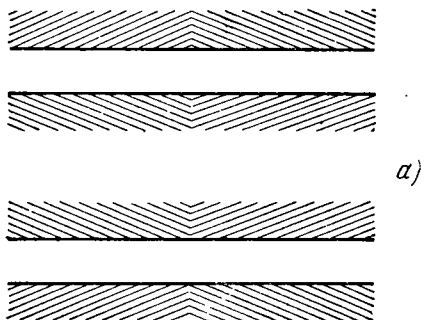
$A$



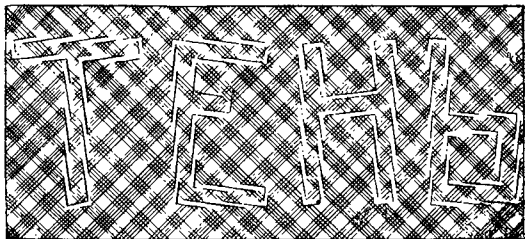
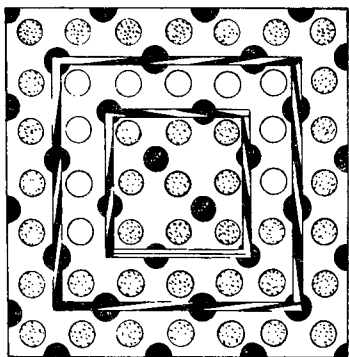
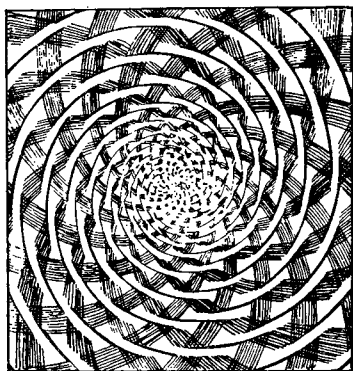
$B$

4.46. Искажение формы и размеров фигур за счет преувеличения протяженности вертикальных линий.



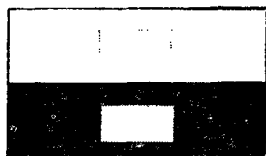


**4.47.** Кажущиеся искажения параллельных линий за счет штриховки (а), искривление прямых (б) и кривых (в) на фоне концентрических окружностей.

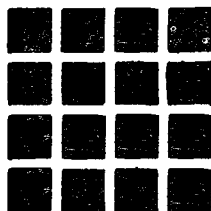


4.48. Искажение за счет фона: окружностей, сторон квадрата и положения букв.

Яркостный контраст фигуры и фона является причиной того, что на более темном фоне мы видим фигуры более светлыми (и наоборот). Такой пример дан на рис. 4.49, а, где два одинаковых серых пятна на белом и черном фоне кажутся разными по размерам. На рис. 4.49, б в узлах белой решетки на черном фоне видны серые участки. На стыке соседних частей фигуры с разной яркостью возникают более светлые полосы у границы с темным и более темные — у границы со светлым (рис. 4.49, в). На этом же эффекте основаны иллюзии типа «профиль» или «ваза» (рис. 4.49, г), когда с первого взгляда трудно понять, что нарисовано: ваза или два профиля. Большое количество иллюзий может возникать за счет перспективы.



а)



б)



в)

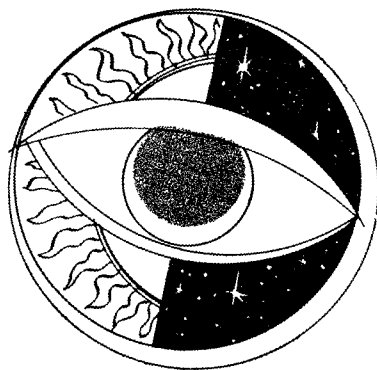


г)

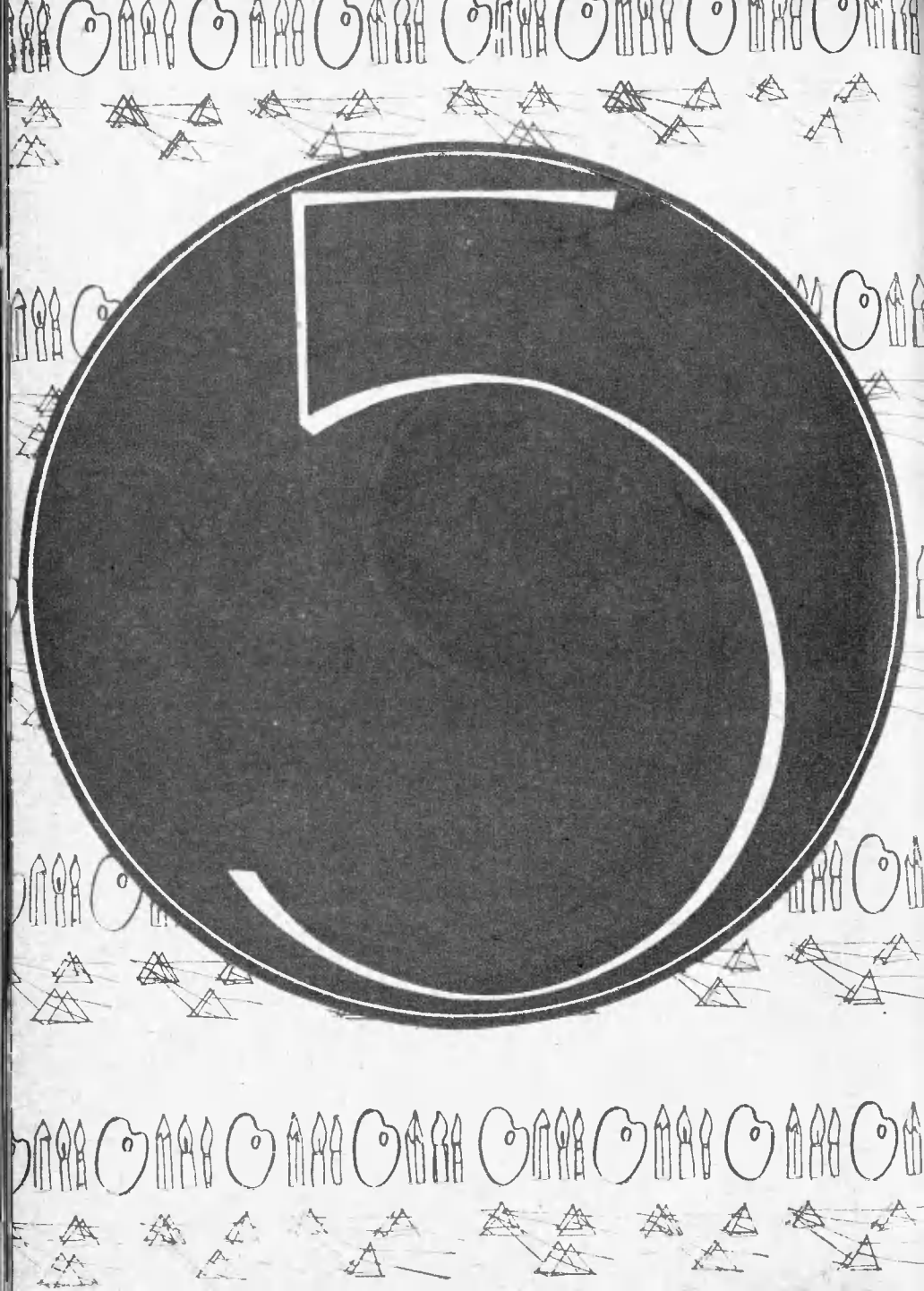
**4.49.** Иллюзии за счет яркостного контраста.

## Литература

1. Андреев И. В. Внешнее оформление приемника. Госэнергоиздат, 1958.
2. Артамонов И. Д. Иллюзии зрения. Физматгиз, 1961.
3. Воробьев Н. Н. Числа Фибоначчи. Изд-во «Наука», 1964.
4. Крюков Г. В. Основные принципы и закономерности художественного конструирования изделий промышленного производства. Изд. МВХПУ, 1964.
5. Кринский В. Ф., Ламцов И. В., Туркус М. А. Элементы архитектурно-пространственной композиции. Госстройиздат, 1934.
6. Ростков В. и др. Зависимость качества формы изделия от способа выполнения рабочих чертежей. «Техническая эстетика», 1965, № 8.
7. Соломатин А. и др. Один из критериев качества формы. «Техническая эстетика», 1965, № 5.
8. «Художественное конструирование» (реферативная информация). Изд. ВНИИТЭ, вып. 1—24, 1964.
9. Шевелев И. Ш. Геометрическая гармония. Костромское книжное изд-во, 1963.
10. «Экспресс-информация по художественному конструированию». Изд. ВНИИТЭ, 1965, вып. 1—12.



# **ЦВЕТ В ХУДОЖЕСТВЕННОМ КОНСТРУИРОВАНИИ РЭА**







**5.1. Общие вопросы применения цвета.** Проблемами цвета издавна занимались художники, философы, физики, психологи, искусствоведы, врачи, которые решали свои узкоспециальные проблемы. Главной причиной широкой научной основы комплексного использования цвета явилось в последние годы повсеместное внедрение принципов художественного конструирования.

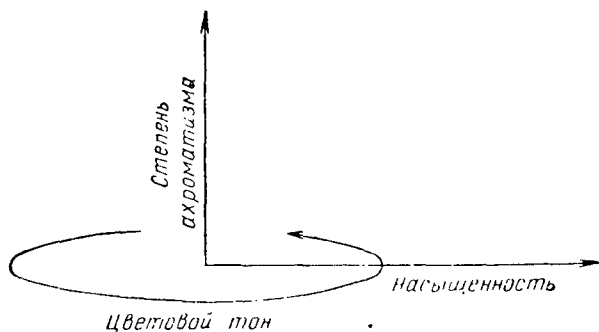
Цвет в художественном конструировании РЭА и других промышленных изделий используется для оформления интерьера производственных помещений, самих приборов и различных индикаторов. Его можно использовать как средство целостного объединения рабочего места оператора или дробления его элементов, стимуляции гигиены, улучшения освещенности, различных термических иллюзий, психологических воздействий, пластичности формы изделия и его тектоники, гармонизации интерьера, информации об опасности или безопасности, бестекстового указателя назначения цепей (проводников) и т. п.

Рациональное решение этих вопросов позволяет создать определенный «цветовой климат», влияние которого на работу и эмоции человека очень велико. Этот «климат» должен быть различным при длительном (посты управления, цеха, лаборатории) или кратковременном (проходы, раздевалки, буфеты) воздействии. В первом случае выбор цветового решения определяется условиями зрительной работы и оказывает в основном физиологическое и частично психологическое воздействие. Во втором — необходимо помочь в ориентации, стимулировать внимание, скорректировать воздействие среды: тепла, холода, шума, инсоляции. Здесь имеет место, в основном, психологический фактор.

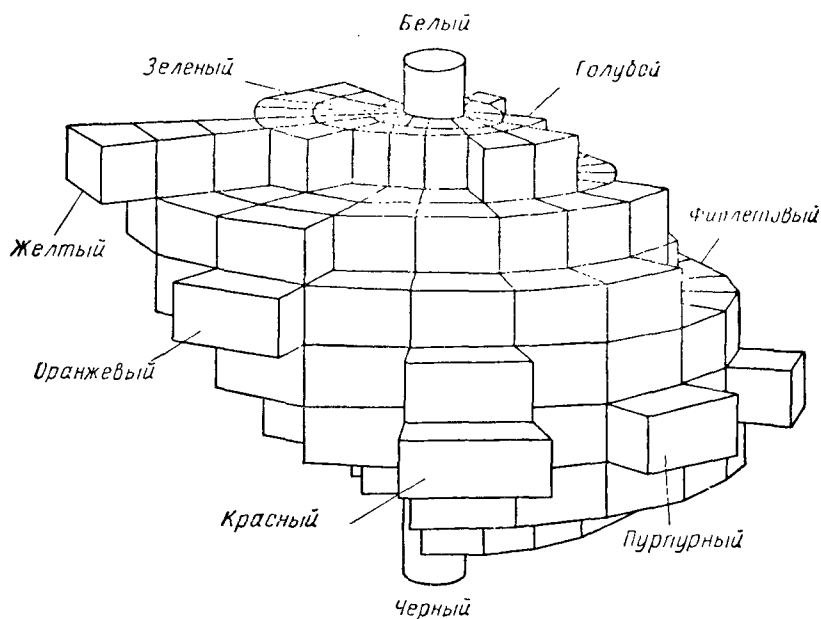
Все цвета делятся на ахроматические (белый, серый, черный) и хроматические (красный, желтый, зеленый, голубой и др.). Человеческий глаз способен различать около трехсот ахроматических цветов, которые отличаются только коэффициентом отражения. Все остальные цвета являются хроматическими. Ориентировочные границы участков спектральных цветов следующие:

Название цветов	$\lambda$ , нм	Название цветов	$\lambda$ , нм
Красный	760 — 620	Голубой	500 — 485
Красно-оранжевый	620 — 600	Синий	485 — 470
Оранжевый	600 — 590	Сине-фиолетовый	470 — 440
Оранжево-желтый	590 — 580	Фиолетовый	440 — 380
Желтый	580 — 570	Фиолетово-пурпурный	380 — 520'
Желто-зеленый	570 — 550	Пурпурный	520' — 560'
Зеленый	550 — 520	Пурпурно-красный	560' — 760
Зелено-голубой	520 — 500		

Пурпурные цвета не являются спектральными: они получаются в результате смешения красного ( $\lambda = 700$  нм) и фиолетового ( $\lambda = 400$  нм) цвета в разных пропорциях. Поэтому они обозначаются длиной волны дополнительного спектрального цвета, но со значком штрих (').



а)



б)

5.1. Схема (а) и трехмерная модель цветового тела (б).

Разбавление какого-либо спектрального цвета ахроматическим дает новый цвет, тон которого будет таким же, как у спектрального, а насыщенность (степень разбавления спектрального цвета белым) — другая. У спектральных цветов насыщенность равна единице, а у ахроматических — нулю. Определение, что данный голубой цвет имеет цветовой тон  $\lambda = 510$  нм, а насыщенность 35% надо понимать так, что он состоит из 35% насыщенного спектрального цвета с  $\lambda = 510$  нм и 65% белого цвета. Цветовой тон и насыщенность определяют качественную характеристику цвета (цветность), но не определяют количественную — яркость. От яркости очень сильно зависит восприятие цвета: при малой яркости все цвета кажутся черными (серыми), при большой яркости очень трудно различить цвет источника.

Хотя человеческий глаз способен (только при сравнении) различать 180 градаций светлоты, 600 градаций цветового тона и 10 градаций насыщенности, общее число различаемых глазом хроматических цветов равно не  $180 \cdot 600 \cdot 10 = 1\,080\,000$ , а всего 13 000. В области максимальной чувствительности глаза можно различать цвета при изменении длины волны на 0,4—1%. На краях спектра разрешающая способность глаза падает до 3—4%.

В разное время предлагались и использовались различные системы классификации: линейная, полученная Ньютоном при разложении солнечного луча в спектр, различные альбомы, круги и т. п. Схема одной из лучших трехмерных моделей цветового тела, разработанная Менселлом, показана на рис. 5.1. По вертикали откладывают уровень серого цвета (степень ахроматичности), по окружности — цветовой тон, а по радиусу — величину насыщенности. Цвета имеют условные буквенные обозначения.

В связи с тем, что различные цветовые ощущения соответствуют световым потокам разного спектрального состава, а ощущение одного и того же цвета может возникать и при разных спектральных составах излучения, нельзя однозначно характеризовать цвет только спектральным составом. Ощущение белого цвета возникает и тогда, когда в глаз попадает световой поток примерно равной интенсивности в диапазоне видимого спектра, и тогда, когда происходит смешение двух взаимно дополнительных спектральных цве-

тов или трех взаимно независимых спектральных цветов, взятых в равных количествах.

Поэтому на практике получил широкое распространение другой способ определения цветов, опирающийся на широкоизвестный факт, что любой цвет можно получить при смешении в надлежащей пропорции трех основных цветов. Тогда для любого произвольного цвета мы можем записать следующее «цветовое» уравнение:

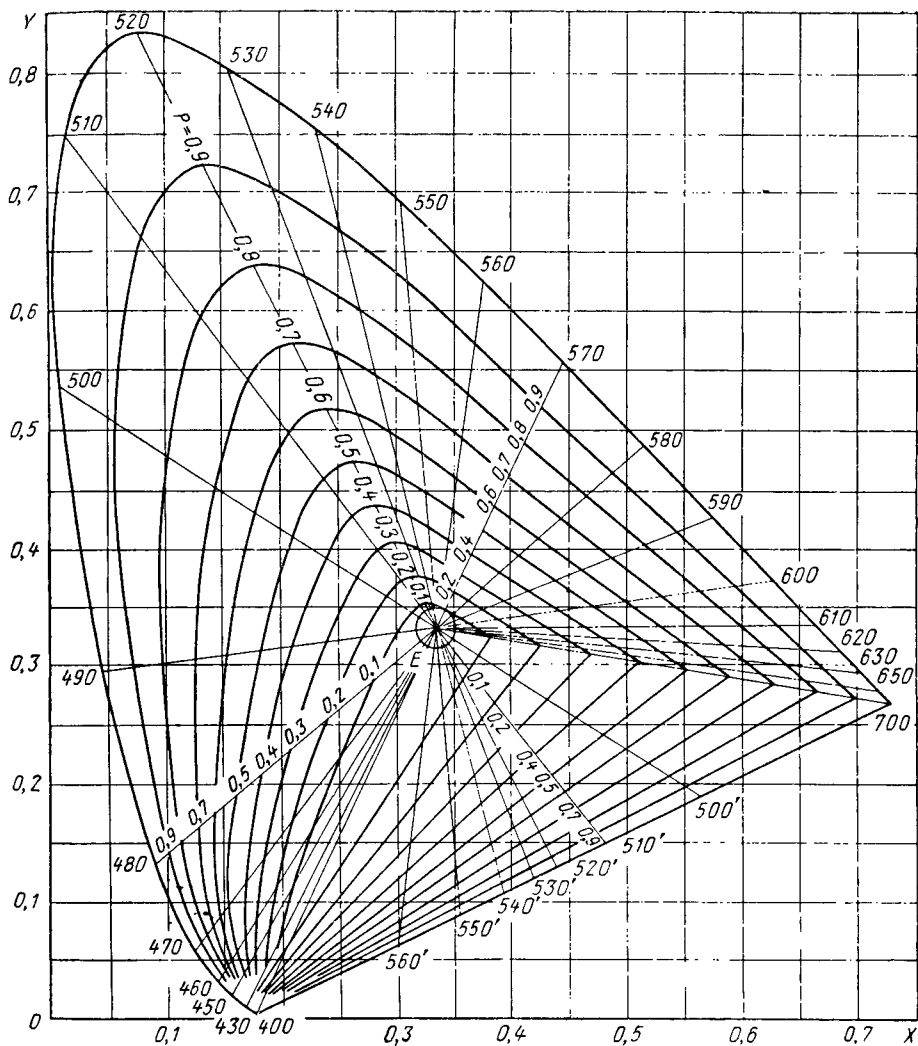
$$C = Xx_1 + Yy_1 + Zz_1,$$

где  $C$  — произвольный цвет;  
 $X, Y, Z$  — соответствующие красный, зеленый и фиолетовый цвета;  
 $x, y, z$  — цветовые коэффициенты, показывающие, в каких пропорциях следует смешивать основные цвета.

Так как сумма коэффициентов  $x, y, z$  всегда равна единице (т. е. существуют только два независимых друг от друга коэффициента), то любая цветность может быть изображена в любых двух парах координат:  $XY, XZ, ZY$ . Общепринятой системой является система координат  $XY$ . Такой цветовой график показан на рис. 5.2. По осям  $Y$  и  $X$  здесь отложены относительные значения коэффициентов, все цвета спектра от 400 до 700 нм расположены на граничной кривой. Белый цвет  $E$  расположен в центре графика с координатами  $X=Y=0,33$ . Кроме этого, на графике нанесены значения равной насыщенности ( $P$ ).

Наличие трех первичных приемников световых лучей с перекрывающимися зонами спектральной чувствительности объясняет зрительные ощущения так называемых метамерных цветов, идентичных по цветовому восприятию, но возбуждаемых световыми потоками различного спектрального состава. Поэтому глаз не может отличить монохроматический луч от смеси двух дополнительных.

Образование цветов за счет их смешивания (сложения) называется аддитивным. Оно может быть оптическим, когда



5.2. Цветовой график в системе координат  $XY$ .

на экран проектируется несколько различных цветов; последовательным, когда перед глазом помещаются быстро перемещающиеся поверхности разного цвета; пространственным, когда смешение исходных цветов происходит за счет слитного восприятия разноцветных фигур, угловые размеры которых меньше разрешающей способности глаза. Яркость цвета смеси в этом случае всегда больше яркости любого из смешиваемых цветов.

Субтрактивный способ основан на вычитании цветов, поэтому в смеси обязательно должен быть тот цвет, который должен вычитаться. Для этого используют обычно дневной свет и комбинации светофильтров: желтого, пурпурного и голубого. Получающийся цвет будет иметь яркость меньше яркости исходного цвета.

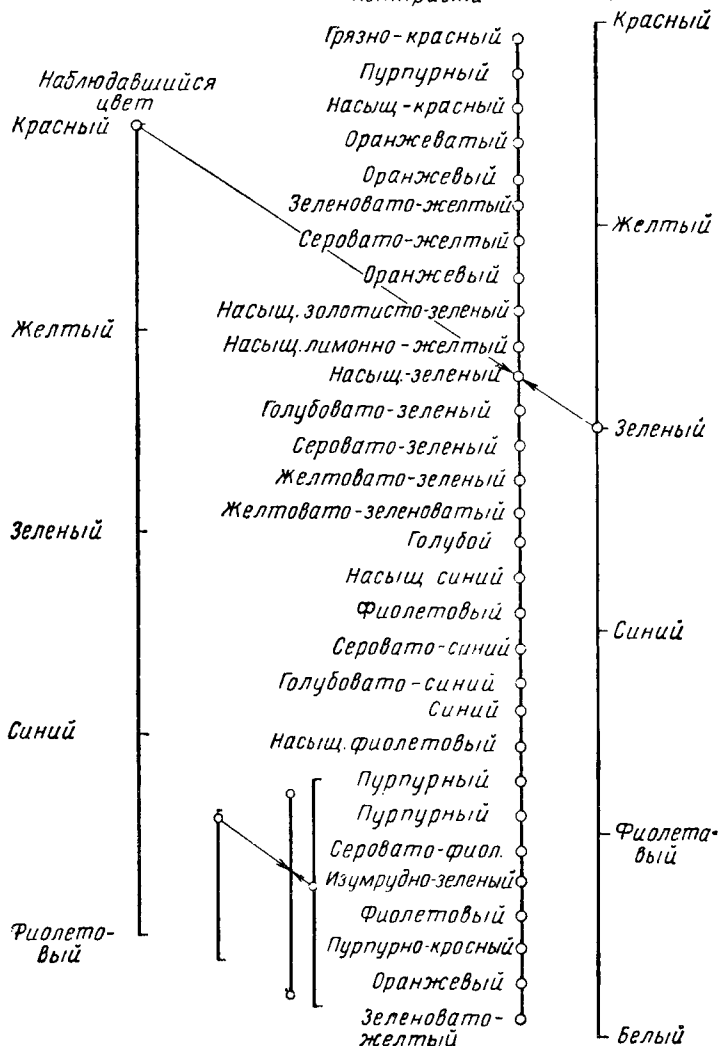
Имеется большое количество различных рекомендаций по смешиванию цветов, по цветовым контрастам, аналогичных показанным на рис. 5.3. При использовании этих материалов всегда следует помнить об относительности названий цветов и их разной трактовки людьми и пользоваться такими данными только для первой грубой прикидки ожидаемого результата. Понятие цвета очень субъективно, а зрительная оценка различна у разных людей. Оно зависит от усталости, возраста, освещенности и многих других факторов.

Для точного определения цвета пользуются либо колориметрическими способами, в основе которых лежит использование в качестве стандарта нормального или искусственного глаза (фотоэлемента), либо спектрометрическими (физическими) методами с помощью спектрофотометров. Суть первого — определение трихроматических координат, суть второго — определение доминирующей длины волны и коэффициента чистоты.

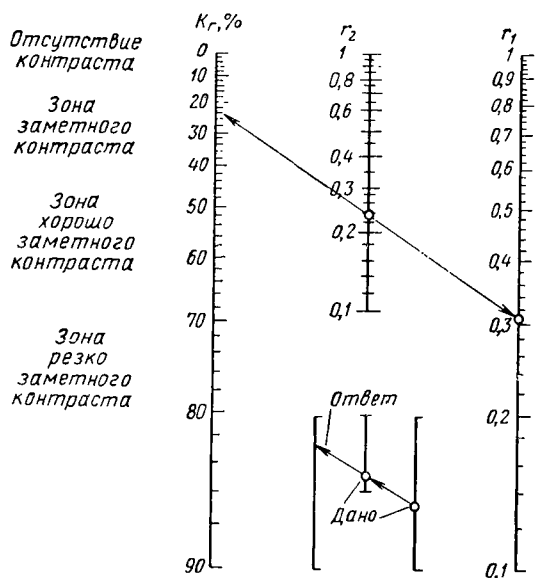
Сформулируем на основе изложенного понятия светлоты, цветового тона, насыщенности и чистоты цвета. Светлота — количественная характеристика цвета, позволяющая представить его в виде эквивалента некоторого поля серой шкалы, содержащей поля от очень темных до очень светлых. Рост светлоты происходит медленнее роста яркости: тысячекратному изменению яркости соответствует лишь 3,5—8-кратное изменение светлоты. Поэтому контраст между двумя поверхностями определяется не отношением

Результирующий  
цвет из-за после-  
довательного  
контраста

Цвет  
поверхности



5.3. Номограмма для определения цветов при последовательном контрасте.



5.4. Номограмма для определения яркостного контраста.

их яркости, а разностью их светлоты. С учетом этих положений составлена номограмма для определения яркостного контраста (рис. 5.4). Порог заметного контраста соответствует значению  $K=0,25$ ; хорошо заметного контраста  $K=0,4 \div 0,7$ . Цветовой тон — характерное свойство, отличающее данный цвет от белого и серого, численно характеризуемое длиной волны доминирующего излучения. Насыщенность определяется степенью различия ощущения цветности данного излучения от ощущения цветности белого. Уменьшение насыщенности происходит при смешении данного цветового тона с белым. Насыщенность различных спектральных цветов неодинакова. Красный и синий воспринимаются как цвета с высокой степенью насыщенности, желтый — гораздо меньшей насыщенности. Уменьшение насыщенности происходит также по-разному. Наимень-



шее число порогов цветоразличения — в желтой части спектра. Чистота цвета понимается как доля спектрального цвета, обеспечивающая в смеси с белым зрительное тождество с исследуемым излучением. Для спектральных цветов чистота цвета равна единице, для белого — нулю.

Изменение цвета из-за последовательного цветового контраста можно оценить по рис. 5.3. Наряду с последовательным цветовым контрастом имеет место и одновременный цветовой контраст. Он проявляется в том, что цветная или серая бумага на фонах различного цвета приобретает различные оттенки. Ряд таких примеров показан на цветной вклейке I, где на желтом, зеленом и синем фонах размещены красные и серые прямоугольники. Известны три теории использования цвета в художественном конструировании. Основа теории динамического цвета заключается в создании такой колористской композиции интерьера, которая должна держать рабочего в непрерывном напряжении и этим стимулировать производительность его труда. Использование этой теории показало, что рост производительности труда имеет место только в начале трудового процесса, а к концу его резко падает. В основу теории оптимальных цветов положено использование желто-зеленой части спектра, цвета которой наиболее благоприятны с физиологической точки зрения.

Однако использование такой ограниченной цветовой палитры лишает художника-конструктора возможности использовать другие цвета, служит причиной монохромного (однотонного) цветового решения. Это не только обедняет интерьер, но и (хотя и в значительно меньшей мере) утомляет зрение из-за длительного наблюдения оптимальных цветов.

Теорией, наиболее полно отвечающей требованиям художественного конструирования по использованию цвета, следует считать теорию согласованных цветов. Ее задача — создать видение таким же расчлененным, каким оно есть в природе. На пути решения этой задачи очень много трудностей, главными из которых являются недостаточные научные обоснования и работы в области психологии цветовосприятия.

Цвет имеет большое влияние на психологическое состояние человека. Красный цвет вызывает эмоциональные реакции, стимулирует мозг, увеличивает кровяное давление и ритм дыхания. Голубой — имеет успокаивающее действие, особенно для нервных людей, снижает кровяное давление и ритм дыхания, успокаивает пульс. Зеленый — освежает, успокаивает, уменьшает слишком яркое солнечное освещение, уменьшает давление крови и расширяет капилляры, используется для лечения некоторых нервных болезней. Оранжевый — очень яркий, вызывает радость, ускоряет пульсацию крови, улучшает пищеварение. Фиолетовый — вызывает печаль, увеличивает органическую выносливость сердца и легких. Черный, если употребляется один, угнетает, в небольших количествах очень полезен для контрастов. Белый — холодный цвет, «теплее» при использовании с красным, розовым или оранжевым.

Правильно выбранные цвета улучшают освещение, увеличивают производительность труда, способствуют улучшению качества работы, уменьшают утомление. В отдельных случаях можно добиться существенного повышения производительности труда. Сказанное выше дает некоторое представление о сложности применения цвета и о тех преимуществах, которые дает его правильное применение.

**5.2. Цвет и освещенность.** Восприятие цвета зависит от совокупности многих факторов: окраски поверхности, ее фактуры, цвета фона, расстояния наблюдения и т. п. Одно из главных мест в этой совокупности занимает освещение. Освещение должно быть таким, чтобы сама осветительная аппаратура не затрудняла обзора (особенно при дневном свете), освещение приборов не действовало непосредственно на глаза наблюдателя, не вызывало бликов, а степень освещения должна быть регулируемой.

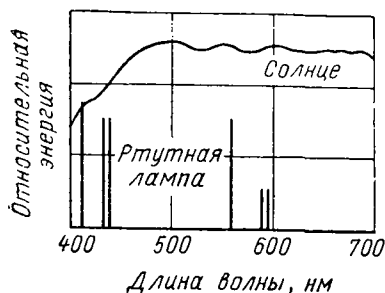
Естественный солнечный свет мы называем белым. Однако он весьма изменчив: утром и вечером он более красный, а днем более голубой; зимой более красный, чем летом. Кроме этого, дневной свет сильно зависит от состояния не-

ба, наличия в атмосфере водяных паров, пыли и углекислого газа, от широты места. Часто легче и лучше подобрать источник искусственного света для освещаемых поверхностей, чем наоборот. Воздействие света на среду обратимо: среда также воздействует на свет, вызывая (за счет избирательного поглощения) изменение его спектрального состава.

Солнце, свечи, лампы накаливания и т. п. источники относятся к температурным излучателям, цвет свечения которых зависит от температуры рабочего тела (рис. 5.5). Их спектр непрерывен в отличие от газоразрядных (например, ртутных) ламп и подобных им источников цвета и характеризуется цветовой температурой ( $T_{ц}$ ). Значения  $T_{ц}$  различных источников света колеблются в широких пределах: свет чистого голубого неба имеет  $T_{ц}=12\,000\text{—}30\,000^{\circ}\text{K}$ , дневной свет при сплошной облачности —  $T_{ц}=6300\text{—}6700^{\circ}\text{K}$ , солнце в летний полдень на широте Москвы —  $T_{ц}=5100^{\circ}\text{K}$ , люминесцентная лампа ДС —  $T_{ц}=6500^{\circ}\text{K}$ , лампы накаливания осветительные —  $T_{ц}=2700\text{—}2950^{\circ}\text{K}$ . Спектральные характеристики некоторых источников можно оценить по рис. 5.6, на котором для сравнения дана спектральная характеристика Солнца.

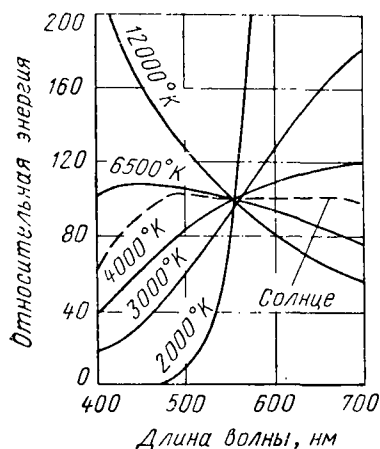
Световые и цветовые потоки, отражающиеся от различных поверхностей, расположенных в поле зрения, действуют как постоянные раздражители, которые вызывают функциональные сдвиги и изменение зрения оператора. Отражение и пропускание световых и цветовых потоков может быть направленным, направленно-рассеянным и диффузным (рис. 5.7). При наличии в поле зрения поверхностей с направленным отражением необходимо защищать глаз от отраженных лучей («блесткости» поверхности), так как яркость таких поверхностей равна яркости источника света, умноженной на коэффициент отражения. Значения этого коэффициента лежат для большинства металлов в пределах от 0,6 до 0,9. Поэтому следует стремиться к использованию поверхностей с диффузным отражением, при котором яркость поверхности одинакова по всем направлениям, а значения коэффициента отражения невелики.

Отношение яркостей между зрительным пятном и окружением должно лежать в пределах 3:1, зрительным пят-

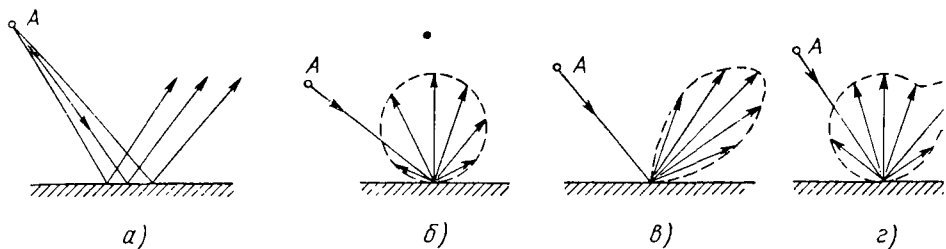


**5.5.** Спектральные характеристики Солнца и ртутной лампы низкого давления.

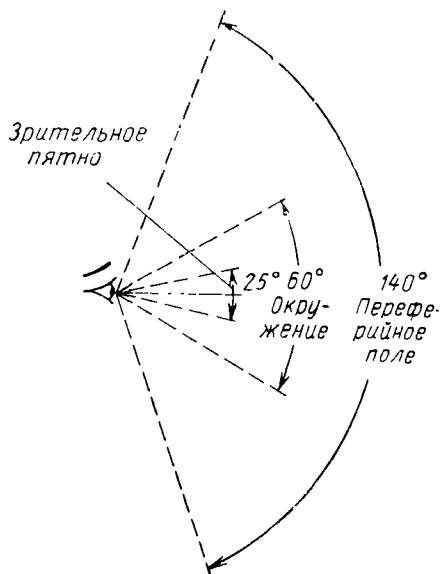
**5.6.** Спектральные характеристики источников с различной цветовой температурой.



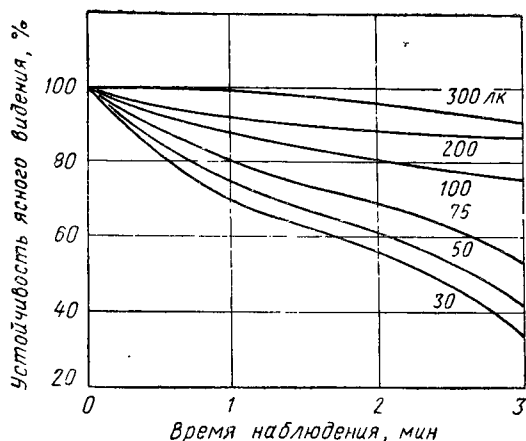
ном и периферийным полем — 10:1, источниками света (окнами) и смежными поверхностями — 20:1, а весь ансамбль помещения не должен иметь разницы в яркости более чем 40:1. Размеры зрительного пятна, окружения и периферийного поля показаны на рис. 5.8. Так как цвет поверхности зависит от ее избирательных отражающих свойств, то при изменении цветности света цвет поверхности также будет меняться. До недавнего времени можно было пользоваться только естественным, достаточно изменчивым дневным светом и красно-желтым искусственным светом ламп накаливания. Значительная разница их спектральных характеристик влияла на правильное восприятие цветов. Поэтому нельзя было пользоваться светло-зеленым и светло-голубыми тонами для изделий, расположенных внутри помещений с искусственными источниками света. В настоящее время промышленность выпускает большое количество люминесцентных ламп с различными значениями  $T_{ц}$ : 6500°K для ЛД, 4850°K для ЛХБ, 3500°K для ЛБ и 2700°K для ЛТБ. При необходимости точной цве-



**5.7.** Отражения: зеркальное (**а**), совершенно-рассеянное (**б**), направленно-рассеянное (**в**), смешанное (**г**).



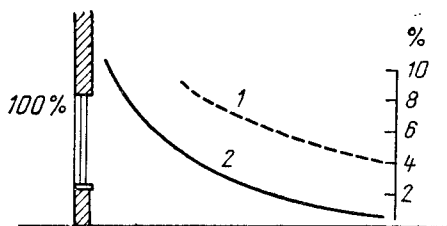
**5.8.** Поля наблюдения для оценки яркостного контраста.



### 5.9. Устойчивость ясного зрения.

топередачи используются лампы ЛД, для освещения лабораторных, производственных и жилых помещений — различные комбинации. Устойчивость ясного зрения очень сильно зависит от освещенности и времени наблюдения (рис. 5.9). Поэтому в зависимости от требований к различимости элементов изделия надо выбирать соответствующий уровень освещенности.

При жестких требованиях к скорости, точности и при значительной длительности работы величина освещенности равна примерно 1000 лк, для обычной работы за столом 200—500 лк, для проходов, лестниц и коридоров 10—20 лк, освещение безопасности около 0,1 лк. Цвет соответствующих поверхностей необходимо выбирать с учетом его изменения от освещенности. Такое освещение достигается за счет общего и дополнительных местных источников освещения. При этом яркость приборных панелей рекомендуется иметь в пределах 0,07—3,5 нт с непрерывным регулированием ее во всем рабочем диапазоне. При работе в за-



**5.10.** Изменение вертикальной (1) и горизонтальной (2) освещенности в помещении при естественном рассеянном свете.

темненных помещениях лучшие результаты можно получить при использовании красного света.

Очень важно, чтобы коэффициенты отражения частей помещения были примерно в следующих пределах: потолок 70—85%, верхняя часть стены 60—80%, нижняя часть стены 50—65%, оборудование и полы 30—50%. Неравномерность естественного освещения внутри помещений весьма высока (рис. 5.10) и требует введения дополнительных искусственных источников на удаленных от окон рабочих местах. Сильное освещение рабочей поверхности вызывает утомляющее ослепление, которое может дать эффект невыносимого ослепления, вызванного, например, прямым взглядом на Солнце. Источник искусственного света создается для того, чтобы освещать предметы и быть невидимым, для чего его располагают вне поля зрения.

При освещении лампами накаливания, в спектре которых почти полностью отсутствуют синие и фиолетовые излучения, красные цвета становятся более чистыми, а оранжевые краснеют. Оба эти цвета становятся более светлыми. Голубые цвета зеленеют, а синие и фиолетовые несколько краснеют, приобретая пурпурный оттенок, и значительно темнеют.

При освещении ртутными лампами имеют место следующие искажения цветов: кремовый кажется зеленоватым, желто-

вато-красный — желтовато-зеленоватым, желтый — ярко зеленоватым, бледно-голубой — серо-голубым, темно-голубой — более ярким, зеленый — более глубоким, розовый — серовато-бурым, оранжевый — блеклым и сероватым, красный — бурым, фиолетовый становится блестящим, а серый принимает зеленоватый тон.

При увеличении мощности источника света красные цвета становятся более фиолетовыми, зеленые значительно краснеют (сереют), голубые становятся красными, фиолетовые резко меняются в сторону красных, а оранжевые и желтые меняются меньше всего.

Количество и цветность искусственных источников света, которыми в настоящее время располагает художник-конструктор, очень велики. Используя комбинации различных по спектральному составу источников, можно создать их общую цветность, такую же, как и у естественного дневного света, можно, наоборот, подобрать источники под требуемое или желательное изменение цвета изделия или его элементов. Мало знать «видимый цвет» каждого типа источников, надо учесть, как будет он влиять на цвета освещенных поверхностей, цветность помещения и оборудования.

**5.3. Цвет как информатор.** Яркие цвета или их броские сочетания легко улавливаются и различаются оператором в его работе даже тогда, когда угловые размеры таких сигналов невелики. Цвет может нести большую смысловую нагрузку и как сигнализатор каких-либо ситуаций, и как особый цветовой код. Во всех этих случаях цвета, используемые в качестве информаторов, должны быть стандартными, привлекающими внимание, четко определенного цвета и сочетаний. Увеличение степени воздействия цветов достигается при использовании символических фигур или знаков и соответствующего фона.

Длительный опыт в этой области выявил три таких «фокусирующих» цвета: красный, желтый (желто-оранжевый или



золотисто-желтый) и зеленый. Для контрастного их восприятия используются полярные ахроматические цвета: белый и черный. Красный цвет употребляется для предупреждения о непосредственной опасности, быстрого выключения аппаратуры и т. п. Во многих странах за такого рода сигналами закреплена форма круга на белом фоне (цветная наклейка II). Желтый цвет используется для предупреждения о возможной опасности, чтобы нацелить оператора на выполнение работ по предотвращению ожидаемой аварийной ситуации, для окраски перемещающихся элементов РЭА (например, антенн). Для усиления воздействия желтый цвет используют в паре с черным. Если такой знак имеет малые размеры по сравнению с размерами изделия, то его рекомендуется использовать в виде треугольника на черном фоне; если изделие мало, то его красят в желтый цвет. Зеленый цвет — цвет безопасности, нормального функционирования изделия. Рекомендуемая форма фигуры — прямоугольник на белом фоне. Для различного рода справок по работе с теми или иными элементами изделия в настоящее время рекомендуется четвертый «фокусирующий» цвет — синий (или голубой). Белый цвет может использоваться не только в качестве фона, но и в качестве указателя границ частей изделия.

В РЭА большое значение имеет использование цвета в качестве своеобразного кода. Использование различных цветов в окраске монтажных проводов может сразу дать указание назначения проводника: красный — высоковольтные цепи, оранжевый — цепи малых напряжений, черный — земля (корпус), зеленый — цепи сеток электронных ламп или эмиттеров полупроводниковых приборов и т. п. К сожалению, единого стандарта такого рода до сих пор еще нет, и поэтому часто используют цветные провода только для их различения цветом друг от друга, а не для указания их функционального назначения.

Уменьшение геометрических размеров деталей РЭА поставило серьезную проблему их маркировки, так как данные о сопротивлении приходится размещать на цилиндрике диаметром два и длиной шесть миллиметров (а есть и более мелкие детали), что требует применения лупы для ознакомления с маркировкой. Рассмотреть же эту маркиров-

ку сопротивления, когда оно замонтировано в устройство и находится в стороне, противоположной наблюдателю, вообще невозможно. В этих случаях большие удобства дает использование цветного кода, например такого:

Цвет	1-й знак	2-й знак	Множи- тель	Допуск, %
Серебряный	—	—	$10^{-2}$	$\pm 10$
Золотой	—	—	$10^{-1}$	$\pm 5$
Черный	—	0	1	$\pm 1$
Коричневый (бурый)	1	1	10	$\pm 2$
Красный	2	2	$10^2$	—
Оранжевый	3	3	$10^3$	—
Желтый	4	4	$10^4$	—
Зеленый	5	5	$10^5$	—
Голубой (синий)	6	6	$10^6$	—
Фиолетовый	7	7	$10^7$	—
Серый	8	8	$10^8$	—
Белый	9	9	$10^9$	—

Этот код можно наносить в виде точек (на плоские детали) и в виде колец (на цилиндрические детали), как показано на цветной вклейке III, где кроме этих примеров даны примеры выполнения цветных монтажных жгутов и значений ТКЕ конденсаторов.

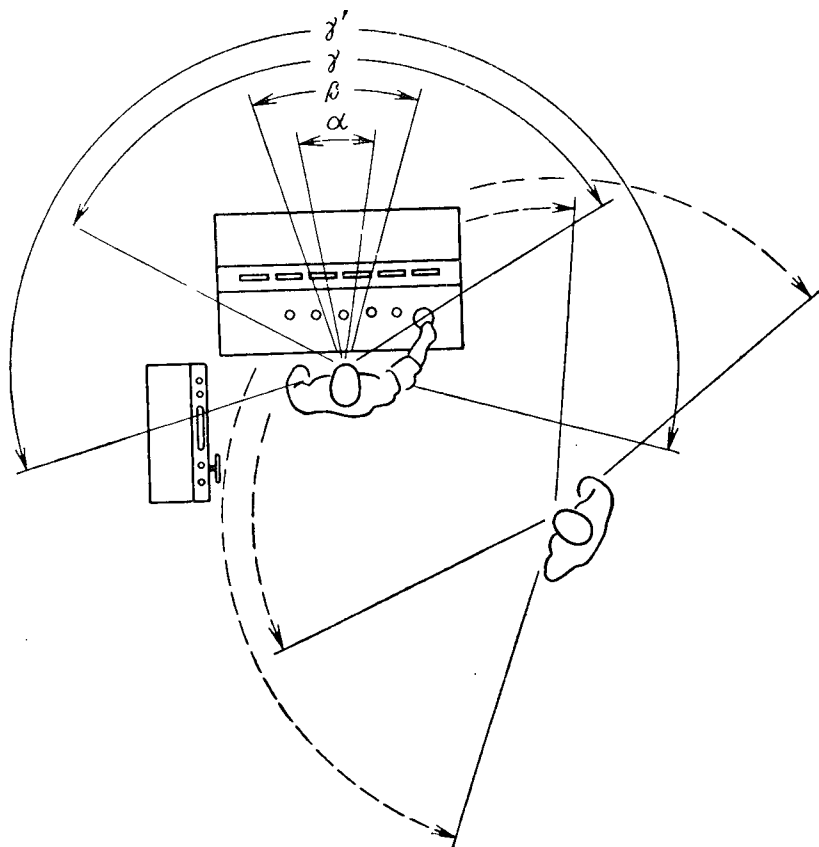
Учитывая, что современные изделия микрорадиоэлектроники весьма малы по размерам, представляется целесообразным разработать и для них аналогичные (но уже смысловые) цветовые коды, позволяющие расшифровывать их функциональную сущность.

**5.4. Выбор цветовых решений РЭА.** При цветовом оформлении РЭА необходимо знать назначение изделия, ха-

рактор и продолжительность работы оператора, климатические условия в данной местности, ориентацию к странам света, форму и размеры помещения и размещенного в нем РЭА, характеристики светильников, условия зрительной работы, требования техники безопасности и особые характеристики помещения, РЭА и окружающей среды: наличие пыли, влаги, высоковольтных установок, источников СВЧ или радиоактивных излучений, движущихся частей, перепадов температуры и т. п.

При выборе цветового решения РЭА не следует увлекаться использованием большого количества цветов. Как правило, при решении интерьера должно быть не более 2—3 основных цветов небольшой насыщенности. Цвета могут быть «выступающими» и «отступающими», а также создавать впечатление тяжести и легкости (цветная вклейка IV). Правильное использование этих особенностей цветов может дать очень большие эффекты, скорректировать дефекты формы или композиции.

Выбирая цвета для окраски поверхностей, расположенных в поле зрения оператора, необходимо учитывать особенности их зрительного восприятия. Угол мгновенного зрения ( $\alpha$ ) в рабочей зоне равен всего  $18^\circ$ , угол эффективной видимости ( $\beta$ ) равен  $30^\circ$  и полный угол обзора ( $\gamma$ ) при фиксированном положении головы оператора доходит до  $120^\circ$ . Если учесть поворот головы оператора, то максимальный угол обзора увеличится до  $220^\circ$  (рис. 5.11). Так как в изделиях РЭА очень незначительное количество рабочих поверхностей, то наиболее декоративными элементами, допускающими яркую окраску, обычно являются различные органы управления и контроля и аналогичные им устройства: кнопки, индикаторные лампочки, обрамления и т. п. Учитывая углы восприятия и дифференциацию (различение) цветов, а также особенности рабочих панелей РЭА, можно условно выделить три зоны: рабочее место, рабочую зону и общий вид системы. Им будут соответствовать пульт управления РЭА или его главный участок, законченный частный комплекс сложной системы и сама система в целом. Для этих зон можно рекомендовать цвета, которые показаны на цветной вклейке V. В этом случае два-три основных цвета используются для окраски наиболее значительных по площади поверхностей, а более яркие и насыщенные функциональные



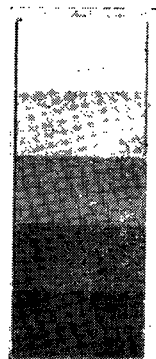
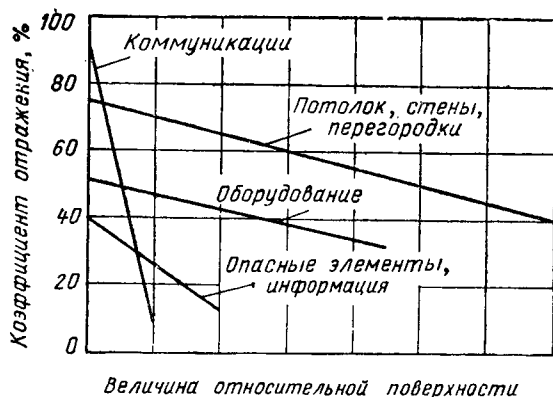
**5.11.** Углы зрения оператора в рабочей зоне.

цвета — для окраски органов управления и контроля. Ряд цветowych диаграмм и примеров окраски приборов, поясняющих сказанное, показан на цветных вклейках VI и VII.

Различные части изделий по теории функциональных цветов рекомендуется окрашивать в следующие цвета:

Часть РЭА	Цвет	Длина волны $\lambda$ , нм	Насыщенность $P$ , %	Коэффициент отражения $\rho$ , %
Приборы	Желтый	580	24	60
	Желтовато-зеленый	558	40	45
	Зеленый	550	18	48
	Зеленовато-голубой	520	18	45
Части приборов	Оранжевато-желтый	588	18	66
	Желтый	584	46	43
	Зеленовато-желтый	570	34	50
Основания приборов	Оранжевато-желтый	592	48	40
	Зеленый	549	30	40
	Зеленовато-голубой	515	28	35
	Различные оттенки серого	—	—	8—60
Движущиеся части, опасные места и органы управления	Оранжевато-желтый	588	12	66
	Желтый	548	46	43
Цвета повышенной опасности	Красный	620	63	32
	Желтый	574	70	66
Пульты	Оранжевато-желтый	586	12	70
	Зеленый	549	30	40
	Зеленовато-голубой	515	28	35
Ручки и кнопки	Красный	625	60	27
	Желтый	579	60	50

Потолки рекомендуются белого цвета с коэффициентом отражения  $\rho = 78\%$ , стены — зеленовато-желтые с малой степенью насыщенности, для панелей — те же цвета, но более насыщенные. Однако, даже если оборудование окрашено в зеленые, желто-зеленые и зелено-голубые цвета, оптимально воздействующие на зрение в физиологическом отношении, длительное воздействие этих цветов также приведет к цветовому утомлению. Для компенсации цветового утомления используют окраску поверхностей, на которые оператор периодически переводит зрение в ходе выполнения операций по работе с РЭА, в дополнительные цвета. Эти дополнительные цвета, контрастные к большинству оптимальных, находятся в области пурпурных (красно-фиоле-



**5.12.** Рекомендуемые значения коэффициентов отражения для различных элементов интерьера помещения, где располагается РЭА.

товых) цветов, наиболее утомительных для зрения и наиболее неблагоприятных психологически.

Используя свойства глаза получать результирующее впечатление одного цвета при комбинации двух и большего числа цветов, соответствующих образом подобранных, можно заменять цвета нежелательных групп на другие, более приятные для глаза и более удобные для решения поставленной задачи (цветная вклейка VIII). Например, для компенсации цветового утомления от оптимального цвета 1 вместо дополнительного цвета 2 можно использовать комбинации цветов 3 и 4, 5 и 6 или 3, 7 и 8, заменив цвет 4 двумя дополнительными. В этом случае используемая гамма цветов значительно расширяется, что дает большие возможности художнику-конструктору в его работе.

Психофизиологическое воздействие цвета тем больше, чем больше занимаемая им поверхность (площадь). Чем больше площадь элемента, тем большую светлоту он должен иметь. Для четырех основных зон производственной сре-

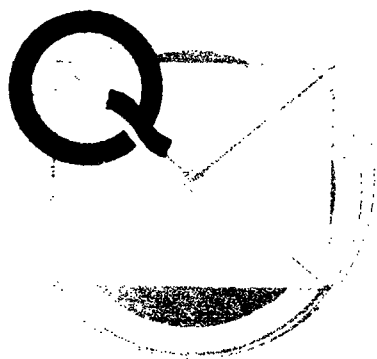
ды: элементов помещения, аппаратуры и рабочего места, движущихся элементов РЭА и подъемно-транспортных сооружений и коммуникаций — необходимы разные значения светлоты. Рекомендуемые значения соответствующих коэффициентов отражения даны на рис. 5.12.

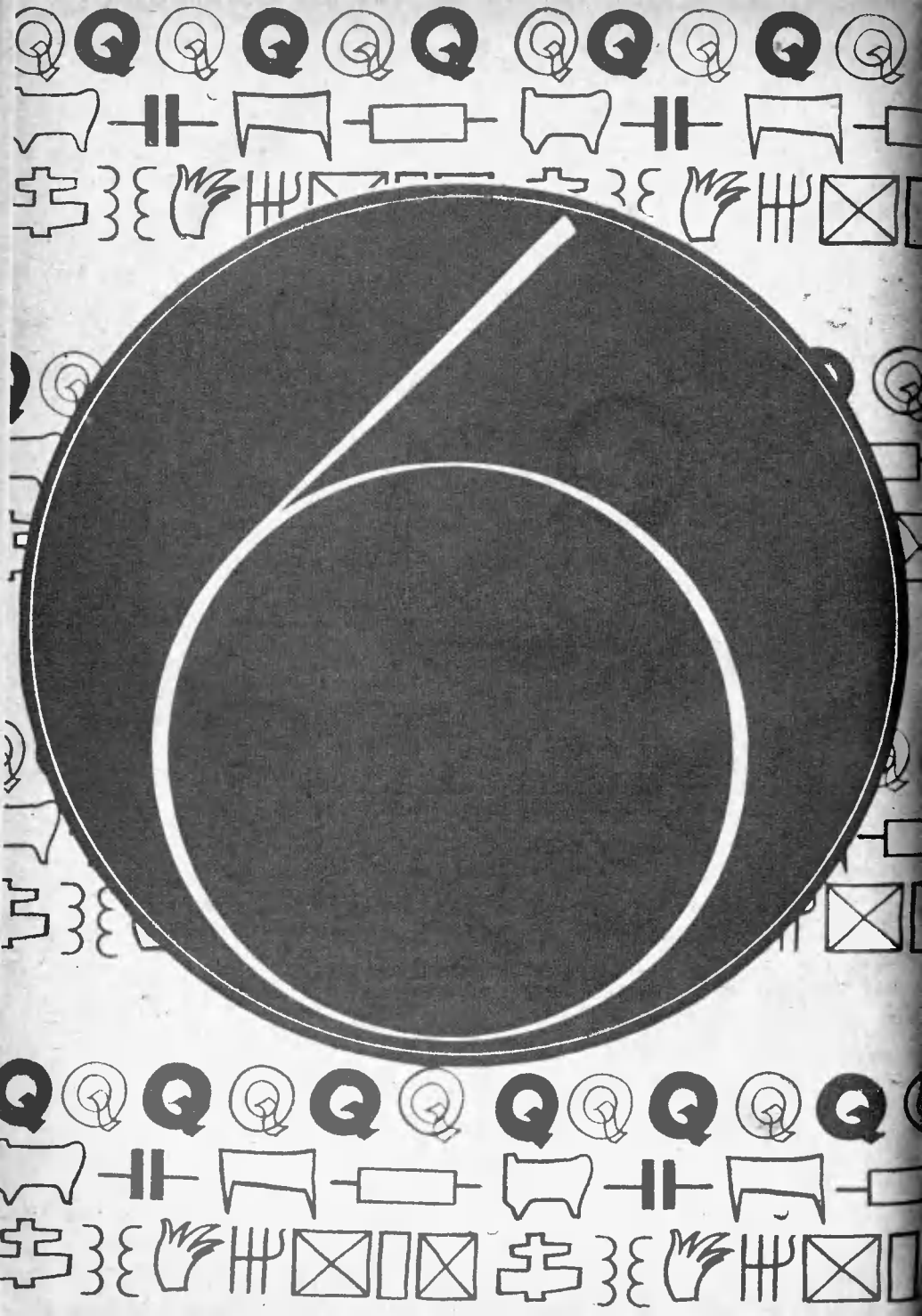
Хотя применение цветов теплой гаммы в неотапливаемых цехах и на предприятиях, расположенных в холодном климате, а холодной — в горячих цехах или жарком климате дает определенные эффекты, основным условием выбора цветов является характер трудовой деятельности оператора РЭА. В этом случае предпочтительнее использовать теплую гамму цветов для работы, требующей большой умственной или физической нагрузки, а также тогда, когда темп выполнения операций определяется человеком-оператором. Для преимущественно умственной работы постоянной сосредоточенности лучше использовать холодную гамму цветов.

## Литература

1. Дериберс М. Цвет в деятельности человека. Стройиздат, 1964.
2. Зусманович В. М. Свет и цвет в телевидении. Изд-во «Энергия», 1964.
3. Кизелов Ф. Ф. Цвет и функциональная окраска в промышленности. Изд. МВХПУ, 1964.
4. Кравков Г. В. Цветовое зрение. Изд. АН СССР, 1957.
5. Кубасова Н. Взаимодействие цветов. «Техническая эстетика», 1965, № 6.
6. Лапин Ю. и др. Гамма цветов для окраски металлорежущих станков. «Техническая эстетика», 1964, № 3.
7. Лапин Ю., Устинов А. Роль цвета в окраске элементов производственного интерьера. «Техническая эстетика», 1964, № 6.
8. Лапин Ю., Устинов А. Сигнально-предупреждающие цвета. «Техническая эстетика», 1964, № 7.
9. Рабкин Е. Б. и др. Руководство по рациональному цветовому оформлению. Изд-во «Транспорт», 1964.
10. Соломонов С. Должен ли быть весь мир зеленого цвета? «Техническая эстетика», 1964, № 8.
11. Устинов А. Цветовая отработка архитектуры производственного интерьера. «Техническая эстетика», 1964, № 11.
12. Устинов А. Теоретические вопросы применения цвета в производственной среде. «Техническая эстетика», 1965, № 1.







# **МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЗНАКИ И УПАКОВКА.**

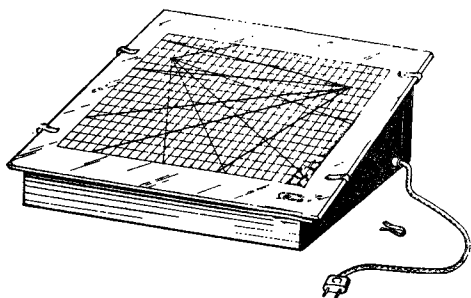
## **ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ**



**6.1. Моделирование.** В связи с тем, что вопросы художественного конструирования становятся достоянием широкого круга специалистов, а сроки разработки желательны минимальные, целесообразно свести к минимуму чисто механические работы по выполнению различных геометрических построений, чтобы максимум времени отдать творческой работе. Это особенно важно для инженеров, не обладающих, как правило, достаточными навыками рисования, но обязанных сформулировать в виде соответствующих эскизов задание для художника.

В этом случае целесообразно выполнять эскизы на пергаменте (карандаш должен быть твердостью не менее 2Т), используя в качестве основы рисунок или фотографию аналогичного изделия. Перерисовав главные линии построения контура изделия, легко выполнить эскизную компоновку органов управления и контроля и необходимое изменение формы, отвечающее новому композиционному замыслу разработчика. Целесообразно выбрать несколько стандартных ракурсов изделий и по ним построить соответствующие сетки-лекала. Если эти построения выполнить на пластине из оргстекла с выгравированными с обратной стороны линиями схода и координатной сеткой, то это значительно сократит специалисту время выполнения соответствующих геометрических построений (рис. 6.1).

Большую помощь дает использование различных моделей из пенопласта. Выполнив перфорированную основу-макет панели изделия и пенопластовые модели органов управления и контроля, можно в объеме просматривать большое число различных вариантов композиционного решения передней панели или всего изделия. Эти варианты представлены на рис. 6.2. При учете эргономических вопросов компоновки изделия часто необходимо иметь объемные модели крупных элементов изделия: электронно-лучевых трубок, трансформаторов, электровакуумных и полупроводниковых приборов, громкоговорителей и т. п. Для изготовления моделей целесообразно использовать картон, а сами модели выполнять в виде упрощенных форм. Крепление моделей на макетах может быть выполнено винтами или гайками, проволочными скрепками, резинками, деревянными бобышками или клеем (рис. 6.3). Лучше пользоваться резиновым клеем, который почти не оставляет следов и допускает многократное использование моделей при относительной легкости их отделения. Если у моделей имеются достаточные по размерам плоскости, обеспечивающие их устойчивое положение на макетах шасси, то можно вообще обойтись без элементов крепления. Для изготовления малых по размерам моделей можно использовать пластилин, для более крупных — гипс.

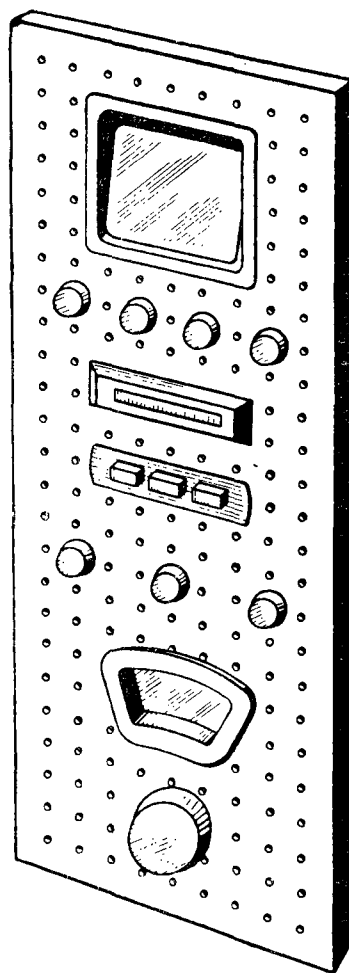


**6.1.** Лекало с подсветкой и линиями перспективы.

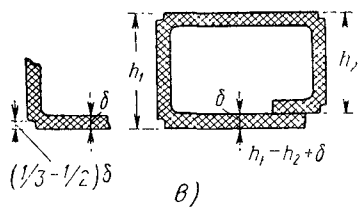
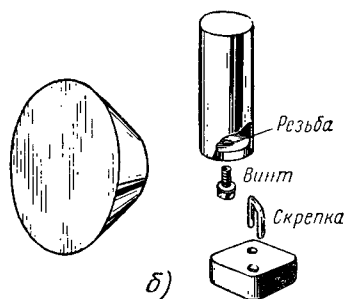
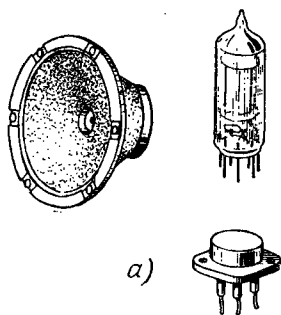
Натурные модели посадочных макетов рабочего места оператора РЭА выполняются из картона или фанеры на реечном или трубчатом каркасе. Различные декоративные элементы панели или футляра и макеты органов управления и контроля могут быть выполнены из пенопласта, гипса или пластилина.

При выполнении одноплоскостных эскизов и чертежей большую помощь могут оказать аппликации — вырезанные из плотной белой или разноцветной бумаги контурные изображения элементов изделия. Используя аппликации и шарнирные модели оператора (вид спереди — сзади, вид сбоку и вид сверху), можно значительно ускорить процесс оптимизации расположения элементов управления и контроля или самого рабочего места на плоскостных эскизах. В этом случае при переходе от контурных к объемным макетам потребуется только незначительная доработка.

Все эти модели (особенно объемные) дают возможность оценить и колористское решение изделия вместе с интерьером. Их использование позволяет значительно сократить сроки разработки, получить высокую степень наглядности и повысить качество разработки изделий.



**6.2.** Перфорированная плата-модель передней панели пульта управления с закрепленными на ней пенопластовыми моделями органов управления и контроля.



**6.3.** Детали (а), их упрощенные картонные модели (б) и особенности раскроя углов моделей (в).



**6.2. Товарные знаки и упаковка РЭА.** Товарный знак (марка) — непереносимая принадлежность любого изделия. Он должен быть лаконичным и выразительным, легко ассоциироваться с характером выпускаемой продукции, быть символическим и иметь возможность, при необходимости, вместить в себя полное название фирмы. Следует иметь в виду, что знак может выполняться в виде одно- или многоцветного изображения, «выворотки», может быть различных размеров. Простейшие товарные знаки имеют вид полного названия фирмы (Вильнюсский электротехнический завод «Эльфа», цветная вклейка IX, а). Иногда знаки выполняются в виде одной стилизованной первой буквы названия. Если фирма имеет филиалы, то в их товарные знаки обязательно входит общее обозначение фирмы.

Часто небольшие добавления к таким шрифтовым товарным знакам помогают распознать характер продукции фирмы. Молния издавна ассоциировалась с быстротой передачи сообщений и с радиосвязью (первые радиопередатчики были, как известно, искрового типа), поэтому без расшифровки ясно, что если в знаке фирмы имеется молния (цветная вклейка IX, б), то эта фирма выпускает аппаратуру для связи. Стилизация шрифта может заходить весьма далеко. У фирмы по производству измерительной аппаратуры начальные буквы слов: ампер — А, вольт — V, ом — О — скомпонованы в круг, у Таллинского завода «Пунане Рэт» — в квадрат.

Возможно выполнение товарного знака в виде только одного символического знака (цветная вклейка IX, в). Слева показан знак фирмы по производству оптических приборов. Следующий знак указывает на использование фирмой транзисторов. Оригинален знак фирмы «Gilliven» по производству радиолокаторов. В нем органически сочетаются стилизованное изображение экрана радиолокатора (окружность), линия развертки (стрелка), а их комбинация составляет начертание начальной буквы названия фирмы G и указывает на направленное излучение энергии (равномерная стрелка). Знак Краснодарского завода электроизмерительных приборов не требует дополнительных пояснений.

Сочетание полного или сокращенного наименования фирмы и символа используется довольно часто (цветная вклейка

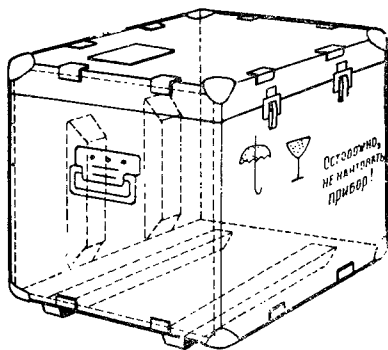
IX, г). Знак фирмы «Телефункен» выполнен из комбинации двух квадратов, связанных между собой четырьмя стрелками, каждая из которых состоит из двух молний. Эмблема Львовского телевизионного завода содержит треугольник, символизирующий проекцию изображения на экран кинескопа. Знак фирмы «Тесла» выполнен в виде сочетания круга, части синусоиды, шестиконечной звезды и названия фирмы. Выразителен товарный знак фирмы «Японская электронно-оптическая лаборатория «JEOL»: ключ, «открывающий» орбиту электрона, и начальные буквы названия фирмы.

Упаковка РЭА должна соответствовать ряду противоречивых требований: надежно защищать изделие во время транспортировки и хранения от механических (вибрации, удары, ускорения), климатических (повышенная влажность, брызги или дождь, пыль, инсоляция, резкие изменения температуры) и специфических видов воздействия (СВЧ излучения, радиация). Специальные виды упаковки для защиты от воздействий этих дестабилизирующих факторов могут быть очень сложными.

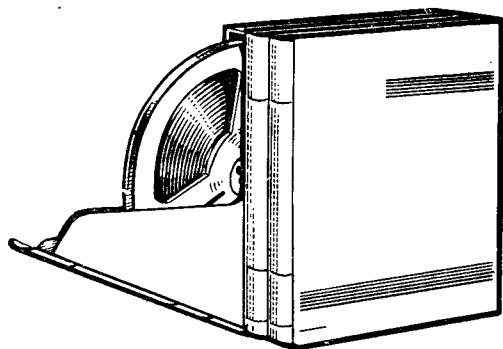
В зависимости от назначения упаковка РЭА может быть изготовлена двух видов: многократного и разового использования. К первой группе относятся различные типы укладочных ящиков и контейнеров, размеры которых могут быть унифицированы; ко второй группе относятся легкие бумажные или картонные упаковки, не обеспечивающие надежной защиты от сложных совокупностей дестабилизирующих факторов и выполняющих, в основном, задачу облегчения транспортировки и хранения изделия РЭА широкого применения (сопротивления, конденсаторы, полупроводниковые и электровакуумные приборы, приемники, телевизоры и т. п.).

Характерными представителями упаковок многократного использования могут служить фанерные или металлические ящики со специальными мерами защиты для транспортировки и хранения единиц или групп изделий. На рис. 6.4, а показан эскиз прочного деревянного или фанерного ящика, корпус которого укреплен рейками и элементами металлической фурнитуры (уголки, накладки и т. п.), имеет деревянные полозья, обеспечивающие возможность хранения при случайном затоплении пола и облегчение такелажных

работ. С боков укреплены две или четыре складывающиеся ручки для переноски упакованного изделия на небольшие расстояния. Крышка имеет фасонный профиль бортика и специальные уплотняющие прокладки, закрывается накладными защелками (замками) с одной, трех или четырех сторон. В этих защелках предусмотрена возможность контровки проволокой и применение пломбы. Они могут быть выполнены и с использованием навесного замка. Для того чтобы вынуть изделие из упаковки, на дне и боковых стенках внутри ящика имеются рейки высотой 40—60 мм. Эти рейки оклеиваются либо войлоком, либо поролоном для смягчения механических воздействий. На внутренней стороне крышки в специальном кармане хранятся сопроводительные документы: паспорт, формуляр, различные инструкции, перечни и т. п. Внутри ящика могут быть запасные инструменты и специальные системы амортизации. Наличие последних



а)



б)

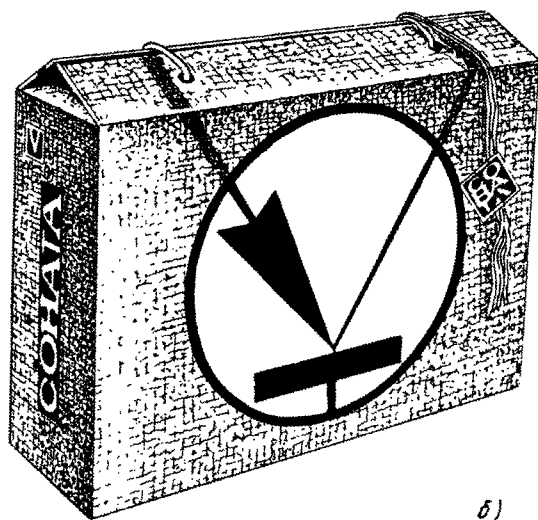
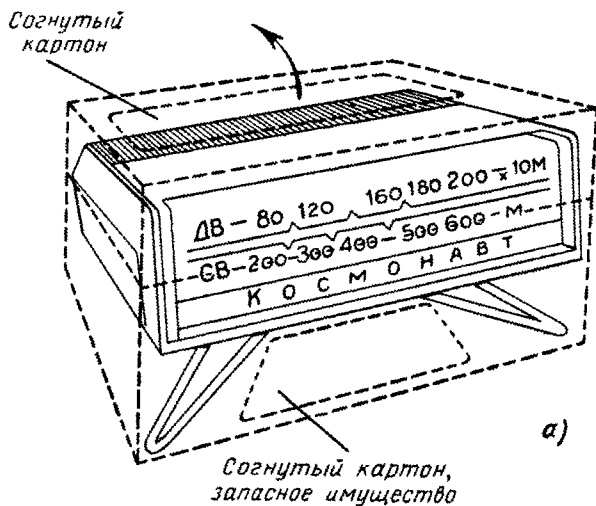
6.4. Упаковочный ящик многократного использования (а) и картонная упаковка (б).

очень важно для крупногабаритных электровакуумных приборов.

Изделия, чувствительные к полям излучений, но достаточно механически прочные, упаковываются в одиночные или многогнездные патроны из соответствующих металлов. Такого рода упаковки используются для многократного хранения и транспортировки однотипных изделий примерно одинаковых размеров. По такому же принципу могут выполняться и контейнерные приспособления. Снаружи любых упаковок кроме товарного знака размещают предохранительные и поясняющие знаки и надписи. Пример таких упаковок из картона для хранения магнитофонных лент показан на рис. 6.4, б.

Упаковки одноразового использования выполняются из пластических пленок, алюминированной или мелованной бумаги, сополимеров, хром-эрзаца и т. п. материалов. Кроме защитных свойств упаковка должна выполнять определенные рекламные функции, способствовать «узнаванию» изделия. Поэтому очень важно найти правильную манеру исполнения упакованного изделия, соответствующее композиционное и цветовое решение. Не следует гнаться за большим количеством красок: два цвета и цвет фона могут дать очень красочное решение упаковки, если они достаточно насыщенные и чистые. Декоративным элементом упаковки может быть название изделия, выполненное соответствующим образом. Его композиция может создавать определенные эффекты даже при использовании стандартных наборных шрифтов. Очень украшают упаковку красочные товарные знаки или рисунки, выполненные методом декалькомании. Упаковки одноразового использования должны быть экономичны (в разумных пределах) и занимать мало места при хранении. Упакованное изделие должно легко освобождаться от упаковки. Примером такой упаковки могут служить картонные футляры для электронных ламп.

При больших размерах изделия упаковку выполняют из гофрированного картона с поролоновыми или картонными прокладками. На рис. 6.5 показаны примеры такой упаковки. Неудачная упаковка приемника «Космонавт» (рис. 6.5, а) объясняется не столько пороком такой конструкции коро-

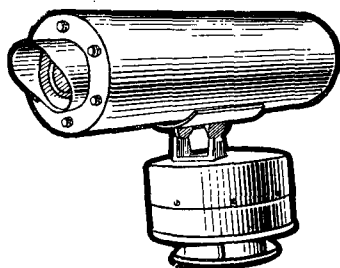
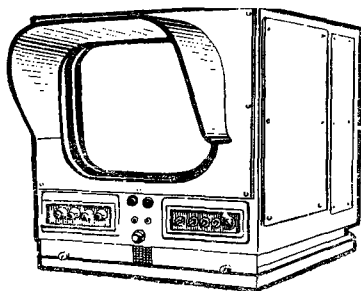


6.5. Картонные коробки для перевозки и хранения приемников «Космонавт» (а) и «Соната» (б).

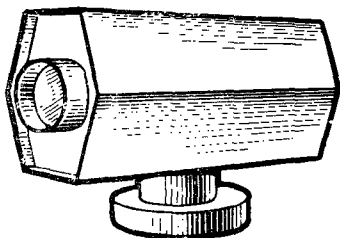
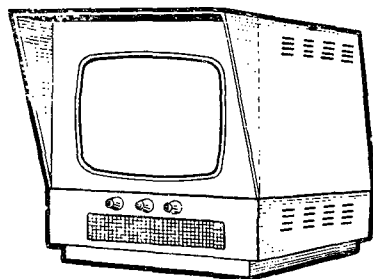
бок, сколько неудачной конструкцией самого приемника. Из-за неудобной подставки, которую нельзя вложить от-дельно в футляр, потребовалось увеличить почти вдвое размеры коробки, хотя большее место в ней занимает про-кладочный картон. Упаковка «Сонаты» (рис. 6.5, б) более целесообразна, приемник легко из нее извлекать, так как имеется ручка. Оригинально решена бумажная пломба, что нельзя сказать о знаке транзистора: он недостаточно абст-рагирован и воспринимается как неправильное условное изображение транзистора. Оригинальна упаковка приемни-ка «Сокол». Для создания определенной прочности она вы-полнена двойной, что позволяет использовать ее и для за-щиты от механических воздействий. Мелкие детали типа сопротивлений и транзисторов упаковываются в коробки, где они размещаются в соответствующих гнездах. При дли-тельном хранении более целесообразно использовать алю-минированную бумагу в сочетании с пластмассовыми плен-ками. «Заваренная» таким образом деталь длительное вре-мя сохраняет свои параметры в нормальном состоянии.

**6.3. Некоторые примеры выполнения РЭА.** В заключение рассмотрим несколько примеров выполнения РЭА, которая разрабатывалась либо инженерами, либо инженерами сов-местно с художниками-конструкторами. Возможны два ос-новных вида работы художника-конструктора: оформле-ние готового изделия, компоновка которого выполнена ин-женером с учетом только внутренних функциональных связей, и совместная творческая работа от начала и до кон-ца разработки проекта изделия инженером и художником. Разновидностью первого случая будет разработка худож-ником-конструктором внешнего вида изделия и «вписыва-ние» инженером функциональных узлов в эти объемы. Ха-рактерная черта такой работы —разобщенность инженера и художника. Наилучших результатов можно достичь только во втором случае.

На рис. 6.6, а показана промышленная телевизионная уста-

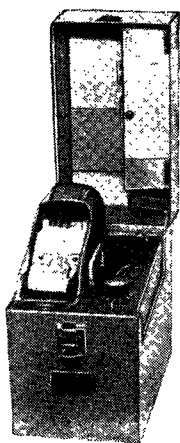


a)



б)

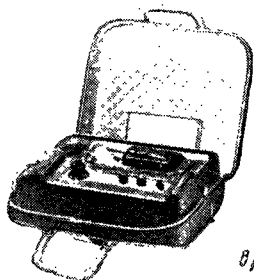
6.6. Варианты оформления промышленной телевизионной установки.



а)



б)



в)

**6.7.** Последовательность изменения конструкции электрокардиографа.

новка. Просмотровый монитор (вверху) с черным козырьком напоминает торговую палатку. Обилие крепежных винтов и различных крышек и крышечек нарушает целостное восприятие этого изделия. Приемная камера (внизу) имеет козырек светофорного типа, укрепленный шестью большими винтами. Верхняя и нижняя части значительно раздроблены (рис. 6.6,а).

Только за счет внешнего «оформления» в этом случае можно добиться вполне приемлемых результатов. Учет того положения, что кинескоп для удобства наблюдения должен быть расположен под некоторым углом к горизонтали, а главные органы управления имеют только три ручки управления, позволяет выполнить монитор так, как показано на рис. 6.6, б вверху. В этом случае футляр выполнен как единое монолитное изделие, частью которого является козырек.

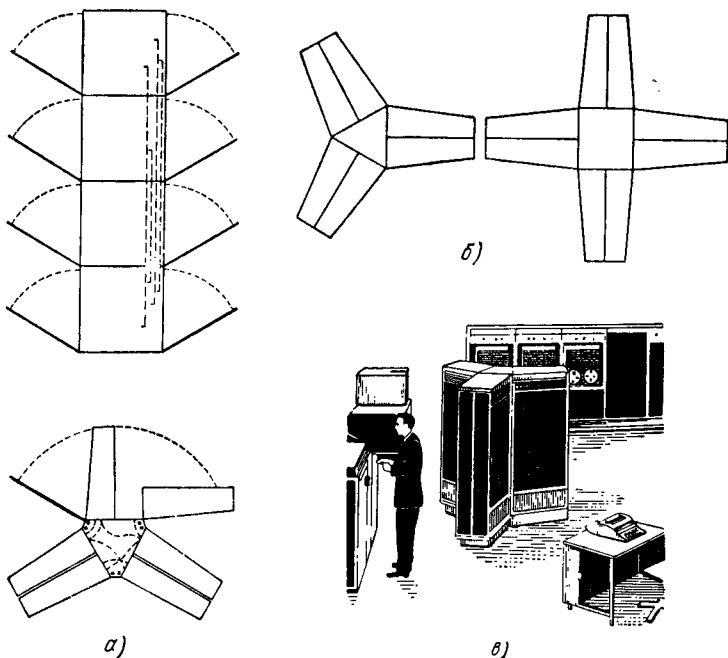
Все вспомогательные регуляторы закрыты декоративной крышкой — решеткой, а вместо приподнятых пластин на боковой поверхности для охлаждения используется два ряда декоративных прямоугольных отверстий, расположенных вверху и внизу корпуса. Как единое целое выполнена и приемная камера (внизу). Ее форма и подчиненность частей соответствуют монитору, все крепежные детали выполнены так, что не являются ненужными декоративными элементами, «украшающими» передние или боковые панели.

На цветных вклейках X и XI показаны два пульта рабочего места аэродром-



ного диспетчера. Старое рабочее место выполнено без полного учета требований эргономики, имеет излишнее декоративное «украшательство» панелей из-за обилия хромированных винтов, декоративных накладок и т. п.

Новый пульт выполнен так, чтобы работа оператора требовала минимума лишних движений, а геометрическое и цветовое решения панелей способствовали его работе. Исходя из условий оптимизации наблюдения радиолокационных сигналов, выбрана конструкция козырька и цвет панелей. В этом случае совместная работа инженера и художника дала возможность изменить компоновочную схему изделия, его формообразование и цветовую гамму так, что новый



**6.8.** Сокращение кабельных соединений (**а**), компоновочные эскизы размещениястроек (**б**) и общий вид вычислительной машины фирмы «General Elictric» (**в**).

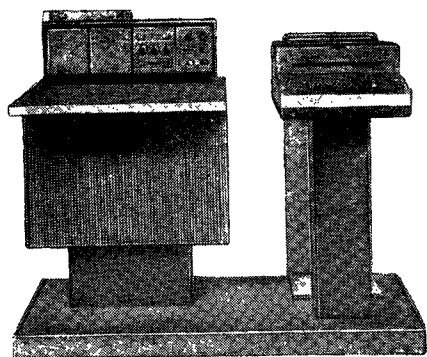
пульт значительно облегчил работу оператора и повысил ее качество.

На рис. 6.7, а показан старый образец переносного электрокардиографа, выполненный в неудобном деревянном ящике. При последующей доработке с учетом художественно-конструкторских требований прибору была придана более удобная форма в виде переносного чемоданчика (рис. 6.7,б). На рис. 6.7,в показан последний вариант прибора: введен съемный футляр и полностью перекомпонованы узлы. В этом случае врач при снятии электрокардиограммы может поставить прибор в непосредственной близости от больного, сняв с прибора защитный футляр.

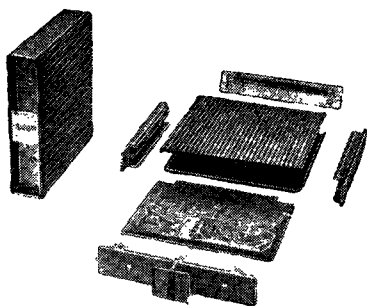
Отказ от привычного расположения друг за другом шкафов вычислительной машины дал возможность не только разнообразить компоновку ее элементов, но и значительно сократить длину промежуточных соединений (на рис. 6.8,а показаны пунктиром). В этом случае все соединения расположены не в кабельном желобе, а внутри треугольного или четырехугольного кабельного ствола, что дало возможность получить различные варианты сочетаний частей (рис. 6.8, б и в).

Вычислительная машина фирмы IBM выполнена из секций высотой 900 мм. Секции легко откидываются из шкафа, и из них можно вынуть требуемый функциональный узел. Здесь заложен принцип многообразия получаемых комбинаций расположения секций. Соответственно этому выполнены пульты управления и ввода данных (рис. 6.9, а). Их форма и пропорции соответствуют общему решению частей ЭВМ. Обращает на себя внимание продуманная и рациональная форма и конструкция отдельных функциональных узлов (модулей), показанная на рис. 6.9, б. Более крупные функциональные узлы отличаются от показанных только шириной, что облегчает компоновку всех частей машины.

При выборе цветового решения не следует забывать о влиянии интерьера. Приемник с достаточно ярким цветовым решением на контрастном фоне может выглядеть нарядно и являться своеобразным декоративным элементом. Однако такое сочетание при длительном воздействии будет неприятным (цветная вклейка XII). Более скромное цветовое ре-



а)



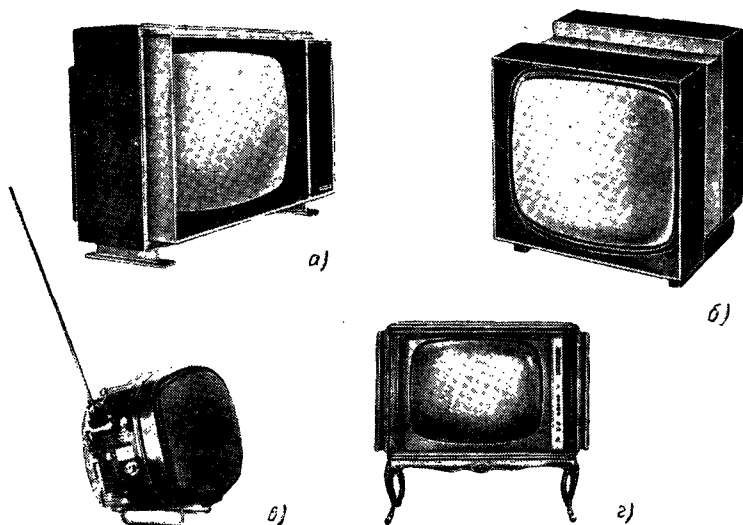
б)

**6.9.** Пульты управления и ввода данных (а) и конструкция функционального узла (б) вычислительной машины.

шение приемника и фона гораздо приятнее и спокойнее (цветная вклейка XIII).

В настоящее время в телевизорах используются кинескопы, не требующие защитного стекла. Использование новых кинескопов и материалов для изготовления рамки и корпуса дали возможность создавать технологические и строгие формы футляров, хорошо вписывающиеся в любые интерьеры. Два таких телевизора показаны на рис. 6.10, а и б. В телевизоре (рис. 6.10, а) пульт управления является неотъемлемой частью передней панели футляра. В телевизоре (рис. 6.10, б) с большим количеством автоматических регулировок небольшое количество ручных регулировок расположено за выступающей частью обрамления. На рис. 6.10, в показан телевизор фирмы «Доней». Его авторы проповедуют идею, что сами технические элементы несут красоту, поэтому корпус выполнен прозрачным, что позволяет показать внутренние детали прибора, а обводы корпуса точно соответствуют обводам кинескопа. Телевизор, изображенный на рис. 6.10, г, выполнен в виде старинного шкафчика с дверками. Все эти примеры иллюстрируют некоторые тенденции оформления современных телевизоров зарубежных марок.

Ряд радиотехнических изделий японских фирм показан на цветных вклейках XIV и XV. Приемник 1 предназна-



**6.10.** Некоторые типы современных телевизоров зарубежных марок.

чен для эксплуатации на ходу, решен в почти ахроматических тонах. Приемники 2 и 3 могут использоваться для работы на ходу и в стационарных условиях. Они имеют совершенно одинаковую форму и отличаются только цветом. Малогабаритный приемник 4 имеет размеры и конструкцию, позволяющие управлять им большим и указательным пальцами. Переносной телевизор 5 имеет автономную антенну и ручку для переноски. Всеволновые приемники 6 и 7 решены в разной манере, так как первый из них, в основном, предназначен для комнатных условий, а второй — для работы на ходу. Высококачественный магнитофон 8 предназначен для работы в стационарных условиях.

Последние отечественные разработки радио- и электронной аппаратуры (приемник «Соната», телевизор «Вальс» и т. п.) стоят на уровне лучших мировых образцов. На цветной вклейке XVI помещен вариант цветного решения одной из моделей Львовского телевизионного завода. Все эти изделия имеют высокие функциональные показатели, удобство управления, тщательно отработанные компоновочные схемы, композицию, форму и пропорции, рациональные цветовые решения.

В заключение сформулируем существо функциональных, утилитарных и эстетических критериев оценки художественного конструирования РЭА. При оценке функциональных критериев проверяется полнота соответствия электрических параметров, заданным в технических условиях (на принципиальных, кинематических и др. схемах). Все эти параметры должны полностью соответствовать заданию. Анализ функциональных критериев обычно выполняется художником-конструктором совместно с инженером, разработавшим схему изделия и сформулировавшим требования к электрической части изделия.

При оценке утилитарных критериев проверяется удобство эксплуатации, ремонта, транспортировки, изготовления и использования изделия. В сложных случаях этот анализ может выполняться художником-конструктором совместно с конструктором, психологом и другими специалистами. При этой оценке большая роль принадлежит оператору, который будет работать с этим изделием и который имел в прошлом опыт работы с аналогичными изделиями.

При оценке эстетических критериев следует исходить из того положения, что понятие красоты в художественном конструировании выступает как высшее эстетическое выражение пользы, поэтому отрывать эту оценку от двух предыдущих нельзя. Только при удовлетворительных результатах оценки функциональных и утилитарных параметров можно переходить к оценке эстетических критериев, говорить о степени использования технических и эстетических возможностей материалов, о гармонии формы и цвета, о согласовании с интерьером, о воспитании эстетической культуры человека, об ассоциативности изделия и т. п. факторах. Пути осмысливания творчества художника-конструктора должны быть доступны большинству людей. Чрезмерная сложность замысла может подавить, а излишняя простота — вызвать пренебрежение. И то и другое ослабляют общее эстетическое впечатление.

## Литература

1. А р а м я н Г. О некоторых вопросах конструирования и оформления упаковки. «Техническая эстетика», 1965, № 9.
2. В а р л а м о в Р. Г. Основы конструирования радиоэлектронных аппаратов, гл. 8 и 9. Изд. МЭИ, 1963.
3. В а р л а м о в Р. Г. Компоновка радио и электронной аппаратуры, гл. 6. Изд-во «Советское радио», 1966.
4. П о п р я д у х и н К. Товарные знаки. «Техническая эстетика», 1964, № 1.
5. «Художественное конструирование» (реферативная информация). Изд. ВНИИТЭ, вып. 1—24, 1964.
6. Экспресс-информация по художественному конструированию. Изд. ВНИИТЭ, вып. 1—12, 1965.
7. Японская промышленная выставка 1965 г. (сводный каталог). Изд-во «Джетро».
8. B o z a r t h G. Development of the product 4: GE-400 Computers. Industrial Design, 1964, v. 11, № 6.
9. H a r k i n s W. H. Development of the product 5: Honeywell 200 Computer. Industrial Design. 1964, v. 11, № 7.

# КРАТКИЙ СЛОВАРЬ ОСНОВНЫХ ТЕРМИНОВ ХУДОЖЕСТВЕННОГО КОНСТРУИРОВАНИЯ

**Аберрация** — искажение или недостаточная отчетливость изображения, даваемого оптическими приборами или глазом.

**Анализатор** — совокупность рецептора, проводящих нервных путей и мозгового конца (центра) в коре больших полушарий головного мозга. Анализатор обеспечивает прием и анализ различных возбуждений (сигналов).

**Бинауральный эффект** — возможность определения положения звучащего тела при восприятии звука двумя ушами.

**Бинокулярное зрение** — обычное зрение двумя глазами в отличие от монокулярного.

**Бит** — единица количества информации, соответствующая сообщению о том, что произошло одно из двух равновероятных событий.

**Вкус эстетический** — способность человека понимать и оценивать эстетические особенности предметов и явлений природы, общественной жизни в виде представлений о прекрасном, безобразном, комическом, трагическом и т. д.

**Гармония** — соразмерность, согласованность отдельных сторон предметов и явлений; специфическое единство в многообразии. Гармония является одним из существенных признаков прекрасного.

**Гностатические движения** — движения, направленные на познание объекта и условий действия.

**Декор** — соединение элементов, составляющих внешнее оформление в произведениях прикладного искусства. Декор может быть «активным», несущим определенную конструктивную нагрузку, и «пассивным», привлеченным лишь для украшения изделия.

**Дизъюнктивная реакция** — реакция выбора определенного сигнала из совокупности сигналов.

**Индикатор** — часть или целый прибор РЭА, дающий оператору акустическую, визуальную, тактильную или какую-либо другую информацию о работе изделия.

**Интерьер** — внутренняя часть; отделка, оформление внутреннего помещения.

**Информация** — сведения, сообщения о каких-либо событиях в виде сигналов. Информация вычисляется как вероятность отдельных (индивидуальная) или совокупности (средняя) событий.

**Колорит** — элемент формы произведений искусства, представляющий гармоническое сочетание цветов, способствующий раскрытию содержания, смысла данного произведения.

**Композиция** — построение произведения искусства; расположение основных его элементов и частей в определенной системе и последовательности.

**Компоновка** — расположение в пространстве или на плоскости объемных элементов РЭА. Может быть модельной, графической (рисунок, чертеж), натурной и т. п. Компоновка плоских элементов часто называется топологией.

**Контраст** — художественный прием, заключающийся в резко выраженном противопоставлении качеств: объемов, цветов и т. д.

**Корректирующие движения** — см. приспособительные движения.

**Модальность сигнала, ощущения** — характеристика, определяемая соответствующими анализаторами человека-оператора.

**Пластика** — гармоничность форм и линий в движении изображаемого предмета; совокупность произведений пластических искусств (скульптура, декоративная резьба), создающих чувственно-наглядное представление о предмете.

**Пропорция** — соразмерность, определенное соотношение отдельных частей предметов; одно из проявлений гармонии.

**Приспособительные движения** — движения, которые включают в себя установочные (установка рабочей позы руки), корректирующие (исправление ошибок, возникших в процессе выполнения действий), уравнивающие и компенсаторные (обеспечивающие устойчивость и пластичность работы руки).

**Рецептор** — «входная» часть анализатора, превращающая энергию действующего раздражителя в нервный процесс.

**Ритм** — последовательность; чередование различных соизмеримых элементов изделия, содействующее ясности, четкости и стройности его художественного образа.

**Сигнал** — изоморфное отображение некоторых сторон физического факта или события.

**Стилизация** — подражание какому-либо стилю или подделка под творческую манеру крупного художника; обобщение изображения путем упрощения формы предмета, рисунка, цвета, сведение к определенному стилевому единству.



**Фазоинвертор** — устройство для изменения фазы какого-либо колебания. Применение акустических фазоинверторов позволяет заметно уменьшить объемы футляров радиовещательной аппаратуры.

**Фактура** — осязаемые свойства материала поверхности, которые можно использовать в качестве декоративного средства.

**Физический алфавит сигнала** — оптические, акустические или иные материальные процессы и их свойства.

**Функциональные связи** — связи, определяемые главными функциями данного изделия; для РЭА — связи, определяемые принципиальной и компоновочной схемами изделия.

**Эстетика** — наука, изучающая прекрасное в действительности, особенности эстетического осознания человеком мира и общие принципы творчества по законам красоты.

**Эффе́ктор** — двигательный аппарат человека; находится в тесной связи с рецепторным аппаратом.

Предисловие	5
-------------	---

## Глава первая

1.1. Задачи художественного конструирования	11
1.2. Особенности художественного конструирования РЭА	13
1.3. Последовательность художественного конструирования РЭА	22

Л и т е р а т у р а	28
---------------------	----

## Глава вторая

2.1. Человек-оператор и РЭА	33
2.2. Человек-оператор как «машина» по переработке информации	39
2.3. Человек-оператор как управляющая «машина»	50
2.4. Условия жизнедеятельности человека-оператора	59

Л и т е р а т у р а	74
---------------------	----

## Глава третья

3.1. Некоторые антропометрические данные	79
3.2. Ручные и ножные органы управления	88
3.3. Визуальные индикаторы	96
3.4. Акустические индикаторы	120
3.5. Эргономические требования к компоновочным схемам РЭА	127

Л и т е р а т у р а	142
---------------------	-----

## **Глава четвертая**

4.1. Основные свойства формы	<b>147</b>
4.2. Отношения и пропорции	<b>159</b>
4.3. Ритм и композиция	<b>171</b>
4.4. Иллюзии зрения	<b>179</b>

<b>Л и т е р а т у р а</b>	<b>188</b>
----------------------------	------------

## **Глава пятая**

5.1. Общие вопросы применения цвета	<b>193</b>
5.2. Цвет и освещенность	<b>202</b>
5.3. Цвет как информатор	<b>208</b>
5.4. Выбор цветовых решений РЭА	<b>210</b>

<b>Л и т е р а т у р а</b>	<b>216</b>
----------------------------	------------

## **Глава шестая**

6.1. Моделирование	<b>221</b>
6.2. Товарные знаки и упаковка РЭА	<b>225</b>
6.3. Некоторые примеры выполнения РЭА	<b>230</b>

<b>Л и т е р а т у р а</b>	<b>238</b>
----------------------------	------------

<b>Краткий словарь основных терминов художественного конструирования</b>	<b>239</b>
--	------------

## ОСНОВЫ ХУДОЖЕСТВЕННОГО КОНСТРУИРОВАНИЯ РАДИО И ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

Редактор **К. И. Кучумова**

Переплет, суперобложка и шмуцтитула  
художника **В. М. Позднякова**

Цветные вклейки художника **Г. Б. Красикова**

Художественный редактор **В. Т. Сидоренко**

Технический редактор **Н. И. Коробкова**

Корректор **Л. И. Смирнова**

Сдано в набор 22/VI 66 г. Подписано к печати 8/II 67 г.  
Формат 60X84 1/16 д. л. Объем 15,25 физ. п. л. + цветные вкл.  
1 п. л. Усл. печ. л. 14,34, + 0,94 л. вклейки Уч. изд. л. 10,91 +  
0,87 вкл. Т 00363 Тираж 25 000 экз. Цена 1 р. 05 к.  
Бумага машинно-мелованная. Бумага на цветные вклейки  
офсетная 160 гр.

Типографский заказ № 552

Издательство «Советское радио» Москва. Главпочтамт, п/я 693  
Цветные вклейки отпечатаны на московской офсетной фабрике  
№ 1 Росполиграфпрома

---

Московская типография № 4 Главполиграфпрома  
Комитета по печати при Совете Министров СССР  
Б. Переяславская, 46

**ЦВЕТНЫЕ ИЛЛЮСТРАЦИИ К КНИГЕ**  
**„ОСНОВЫ ХУДОЖЕСТВЕННОГО КОНСТРУИРОВАНИЯ**  
**РАДИО И ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ“**

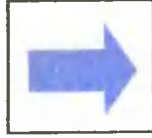


1. ПРИМЕРЫ ОДНОВРЕМЕННОГО ЦВЕТОВОГО КОНТРАСТА (К СТР. 201).

Цвет



Знак



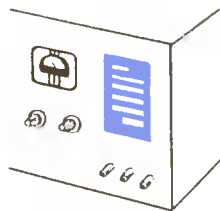
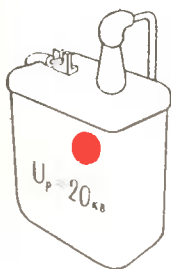
Обозначения



ПЕРЕГРЕВ !

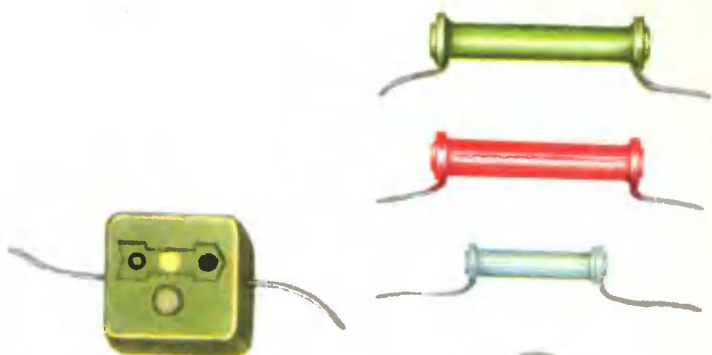


Примеры





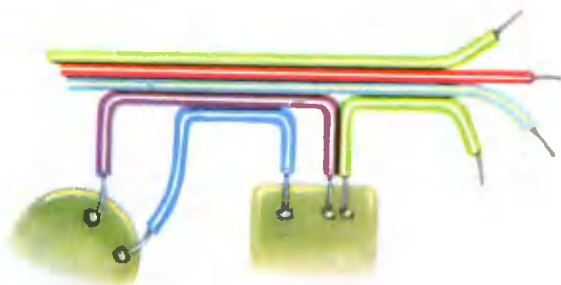
а)



б)



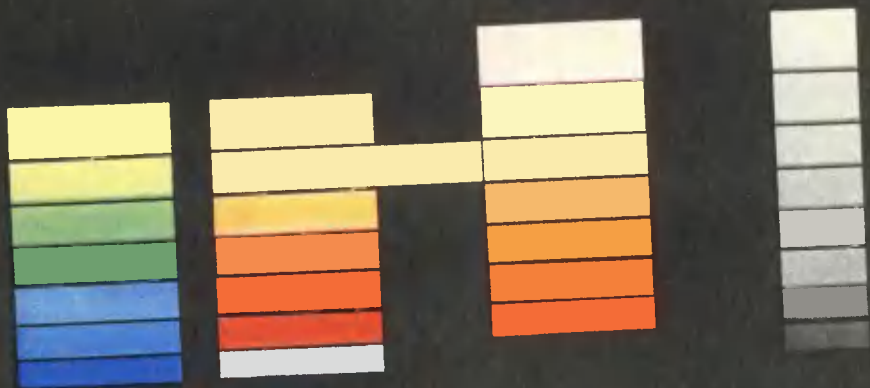
в)



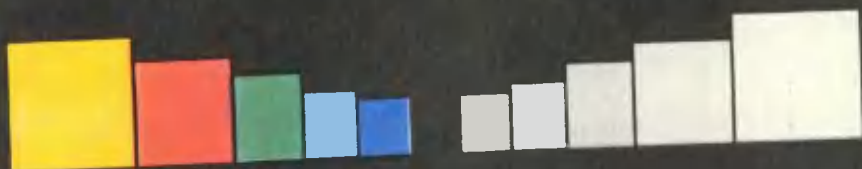
з)

III. ЦВЕТОВОЙ КОД МАРКИРОВКИ НОМИНАЛА И ДОПУСКА У СОПРОТИВЛЕНИЙ (а), КОНДЕНСАТОРОВ (б); ОБОЗНАЧЕНИЕ ТРЕ ЦВЕТОМ (в) И ЦВЕТНЫЕ МОНТАЖНЫЕ ПРОВОДА (з) (К СТР. 210).





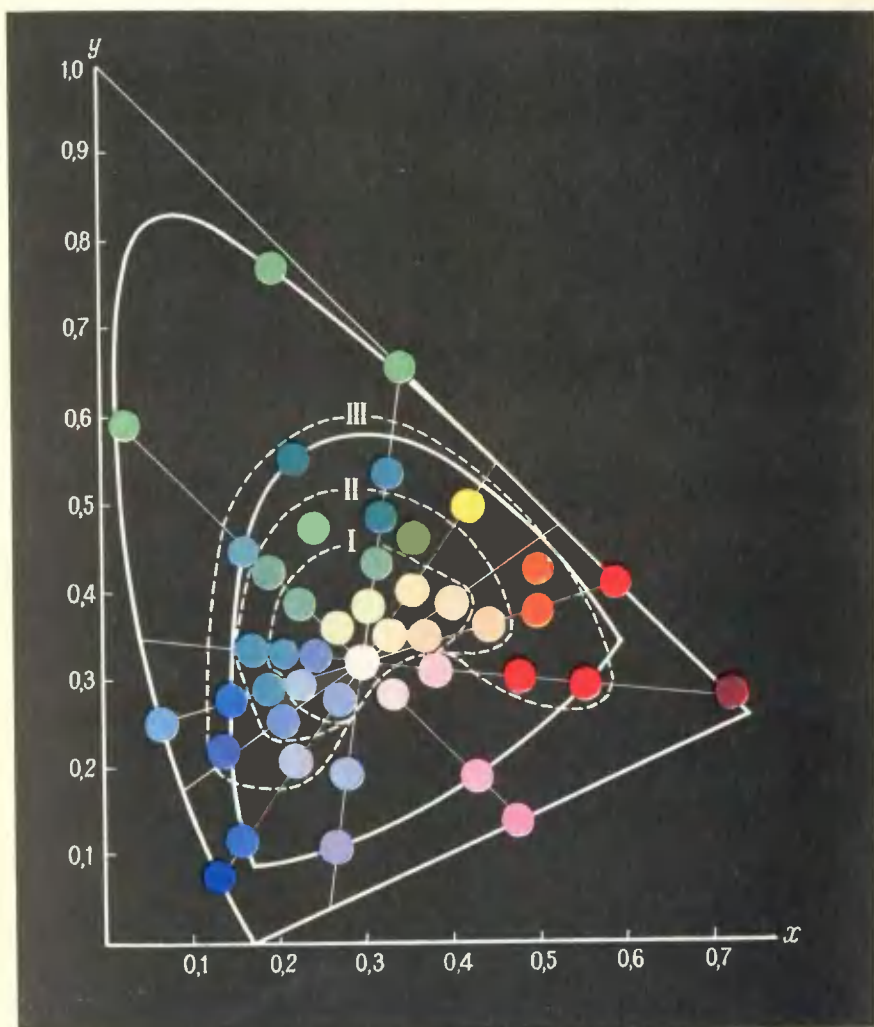
а)



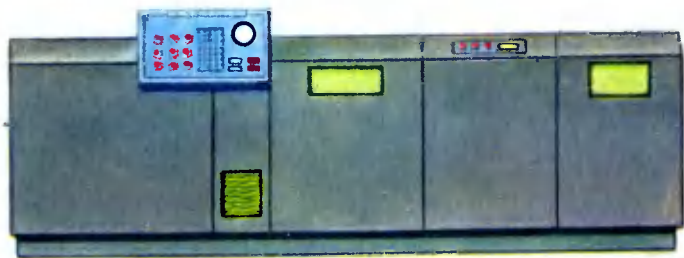
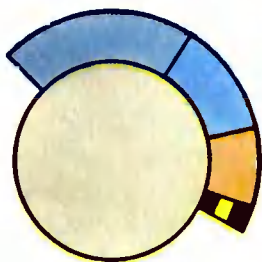
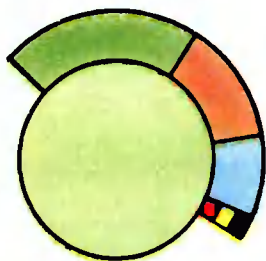
б)



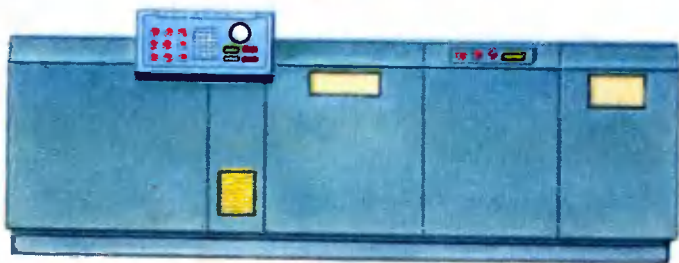
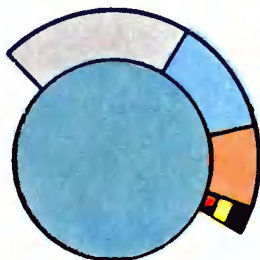
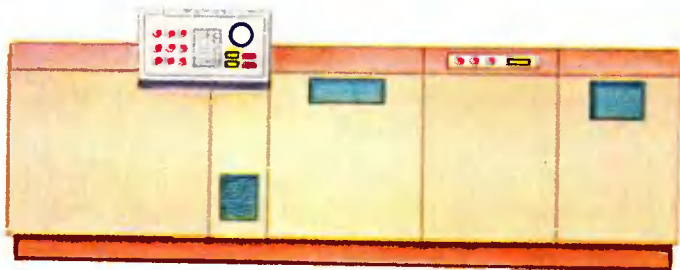
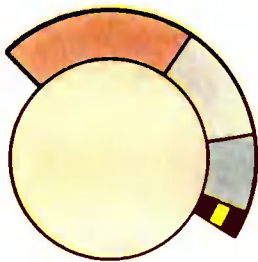
IV. „ВЕСОВЫЕ“ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦВЕТА:  
 „ВЫСТУПАЮЩИЕ“ (а), И „ОТСУПАЮЩИЕ“ ЦВЕТА (б) (К СТР. 211).



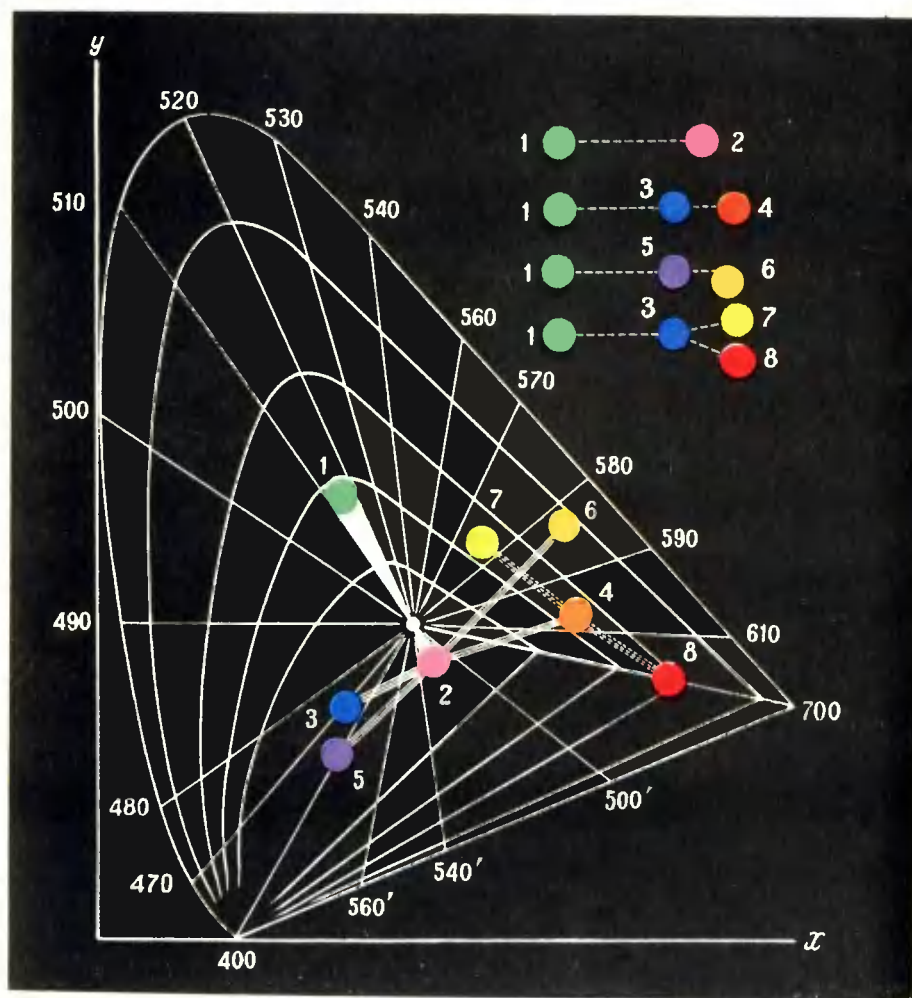
V. РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ЦВЕТА ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ЗОН УПРАВЛЕНИЯ: I—ПУЛЬТ УПРАВЛЕНИЯ; II—ИЗДЕЛИЕ В ЦЕЛОМ; III—СИСТЕМА ИЛИ КОМПЛЕКС ИЗДЕЛИЙ (К СТР. 211.)



VI. РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ЦВЕТОВЫЕ ГАММЫ  
И ПРОПОРЦИИ ДЛЯ ОКРАСКИ РЭА (К СТР.  
212).



VII. РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ЦВЕТОВЫЕ ГАММЫ  
 И ПРОПОРЦИИ ДЛЯ ОКРАСКИ РЭА (К СТР.  
 212).



VIII. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ЦВЕТОВ ДЛЯ КОМПЕНСАЦИИ ЦВЕТОВОГО УТОМЛЕНИЯ (К СТР. 214).



а)



б)



в)

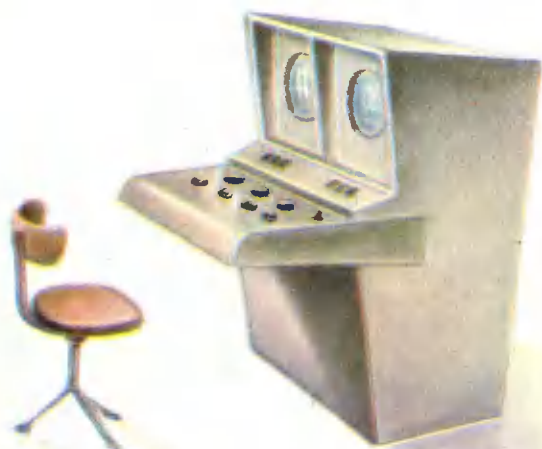


г)

IX. ТОВАРНЫЕ ЗНАКИ: ШРИФТОВЫЕ (а);  
СО СТИЛИЗАЦИЕЙ ШРИФТА (б); В ВИДЕ  
ЗНАКОВ-СИМВОЛОВ (в); КОМБИНИРОВАН-  
НЫЕ (г) (К СТР. 226).



Х. СТАРЫЙ ПУЛЬТ АЭРОДРОМНОГО ДИСПЕТЧЕРА (К СТР. 232).

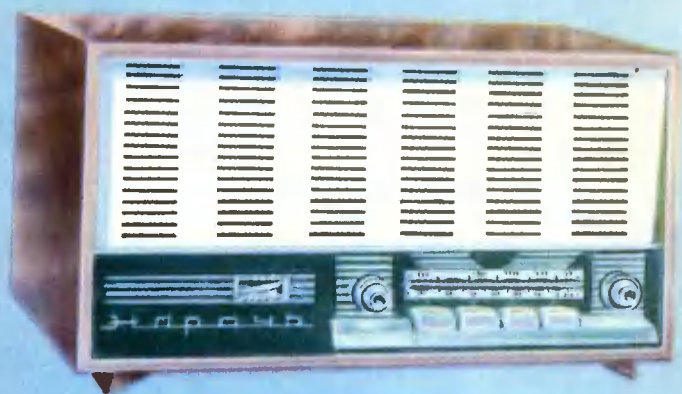


ХІ. НОВЫЙ ПУЛЬТ АЭРОДРОМНОГО ДИСПЕТЧЕРА (К СТР. 232).





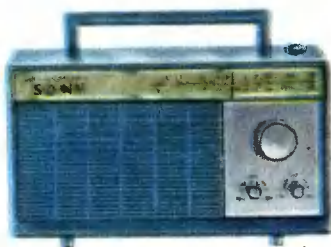
ХII. ПРИМЕР КОНТРАСТНОГО ЦВЕТОВОГО РЕШЕНИЯ ПРИЕМНИКА И ФОНА (К СТР. 234).



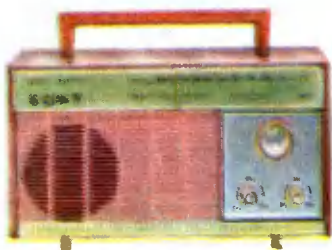
ХIII. ПРИМЕР НЮАНСНОГО ЦВЕТОВОГО РЕШЕНИЯ ПРИЕМНИКА И ФОНА (К СТР. 235).



1



2



3

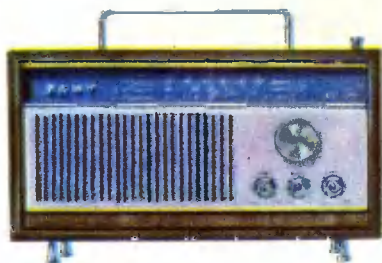


4

ХІV. ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ НЕКОТОРЫХ  
РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ (К  
СТР. 235).



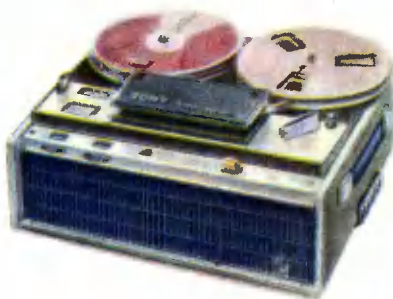
5



6



7



8

XV. ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ НЕКОТОРЫХ  
РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ (К  
СТР. 235).



XVI. ОДИН ИЗ ВОЗМОЖНЫХ ВАРИАНТОВ  
ЦВЕТОВОГО РЕШЕНИЯ МОДЕЛИ ТЕЛЕВИ-  
ЗОРА ЛЬВОВСКОГО РАДИОЗАВОДА (К  
СТР. 236).

1р.05к.





