

В.М.АЛЕФИРЕНКО
С.М.БОРОВИКОВ

ИНЖЕНЕРНО- ПСИХОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПАНЕЛЕЙ УПРАВЛЕНИЯ РЭС

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ



Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники»

Кафедра радиоэлектронных средств

В. М. Алефиренко, С. М. Боровиков

ИНЖЕНЕРНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПАНЕЛЕЙ УПРАВЛЕНИЯ РЭС

Методическое пособие по дисциплине
«Инженерная психология» для студентов специальностей
«Моделирование и компьютерное проектирование РЭС»,
«Техническое обеспечение безопасности»
заочной формы обучения

Минск 2007

УДК 159.9:62(075.8)

ББК 88.4 я 73

А 48

Р е ц е н з е н т:

зав. кафедрой эргономики и инженерной психологии БГУИР,
доцент, канд. психолог. наук И. Г. Шупейко

Алефиренко, В.М.

А 48 Инженерно-психологический анализ панелей управления РЭС:
метод. пособие по дисц. «Инженерная психология» для студ. спец. «Мо-
делирование и компьютерное проектирование РЭС», «Техническое
обеспечение безопасности» заоч. формы обуч. / В. М. Алефиренко, С. М.
Боровиков. – Минск: БГУИР, 2007. – 32 с.: ил.
ISBN 978-985-488-045-7

Приводятся расчеты и методические указания по определению инженерно-психологических характеристик панели управления РЭС как средства коммуникативной связи с человеком-оператором, на основании которых проводится определение соответствия характеристик панели управления требованиям инженерной психологии.

Методическое пособие может быть полезно не только при выполнении контрольных работ, но и при дипломном проектировании.

УДК 159.9:62(075.8)
ББК 88.4 я 73

ISBN 978-985-488-045-7

©Алефиренко В.М., Боровиков С.М., 2007
© УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», 2007

Содержание

Введение.....	4
1. Общие методические указания по проведению инженерно-психологического анализа панели управления РЭС.....	5
2. Подготовка и анализ исходных данных.....	8
3. Расчет размеров панели управления.....	10
4. Расчет размеров компонентов панели управления.....	12
5. Расчет светотехнических характеристик компонентов панели управления.....	13
6. Расчет эргономических характеристик органов управления.....	17
7. Расчет времени информационного поиска.....	18
8. Расчет алгоритма работы оператора.....	19
Литература.....	23
Приложения.....	24

Введение

Панель управления (ПУ) является неотъемлемой частью любого радиоэлектронного средства (РЭС), а также технического средства, управление которым осуществляется с помощью радиоэлектроники (СВЧ-печь, стиральная машина, копировальный аппарат, автомобиль, самолет и т.п.). ПУ является главным средством коммуникативной связи между человеком (оператором) и техническим средством (РЭС) в системе «Человек–машина» («Человек–РЭС»). В зависимости от того, насколько характеристики ПУ соответствуют требованиям инженерной психологии и эргономики, зависит и эффективность работы системы «Человек–машина», а в ряде случаев и безопасность ее функционирования. В связи с постоянно увеличивающимся объемом различного вида технических и радиоэлектронных средств на потребительском рынке, возникает непростая задача правильного выбора того или иного средства для обеспечения необходимой деятельности человека. При этом правильный выбор должен осуществляться не только с точки зрения соответствия технических характеристик, но и с точки зрения соответствия инженерно-психологических и эргономических характеристик требуемым нормам.

В ранее изданных методических пособиях [1, 2] были рассмотрены вопросы инженерно-психологического проектирования ПУ РЭС, т.е. вопросы синтеза, когда по заданным критериям и исходным данным определялись параметры, обеспечивающие эти критерии. В данном методическом пособии рассматриваются вопросы анализа, когда по имеющимся параметрам и исходным данным определяются другие параметры, которые сравниваются с требуемыми критериями.

Для проведения полного анализа ПУ на соответствие инженерно-психологическим и эргономическим требованиям необходимо провести следующие расчеты:

- расчет размеров ПУ;
- расчет размеров компонентов ПУ;
- расчет светотехнических характеристик компонентов ПУ;
- расчет эргономических характеристик органов управления ПУ;
- расчет времени информационного поиска;
- расчет алгоритма работы оператора.

На основании полученных результатов расчетов делается заключение о соответствии характеристик ПУ РЭС инженерно-психологическим и эргономическим требованиям.

1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ИНЖЕНЕРНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПАНЕЛЕЙ УПРАВЛЕНИЯ РЭС

Панель управления, являясь средством коммуникативной связи, представляет собой несущую конструкцию, на которой расположены органы индикации, управления, коммутации, надписи и другие компоненты, предназначенные для выполнения соответствующих им функций и несущие оператору необходимую информацию.

При разработке ПУ любого РЭС предусматривается, что прием информации и управление будут осуществляться с определенного расстояния. Поэтому размеры ПУ (ее площадь), с одной стороны, не должны выходить за оперативное поле зрения оператора, определяемое соответствующими значениями горизонтального и вертикального углов зрения (максимальный размер ПУ), а с другой стороны – не должен быть меньше размера, определяемого числом компонентов на ПУ и возможностями оператора по восприятию информации (минимальный размер ПУ).

Размеры отдельного компонента ПУ (его высота и ширина) не должны быть меньше допустимых, определяемых остротой зрения оператора и расстоянием до ПУ. Зная минимальные размеры компонента (знака), можно определить минимальные размеры многокомпонентного индикаторного устройства с учетом количества знаков по горизонтали и вертикали и расстояний между знаками. При этом набор кнопок или клавиш с соответствующими знаками также можно рассматривать как своего рода некоторое индикаторное устройство.

При определении минимальных размеров компонентов необходимо иметь в виду, что в случае наклона ПУ по отношению к взору оператора минимальные размеры необходимо увеличить с учетом угла наклона, т.к. явление параллакса приводит к зрительному уменьшению истинных размеров. Общеизвестным примером этого явления может служить надпись на асфальте, выполненная удлиненными буквами и предупреждающая водителя об опасности.

Осуществляя расчеты размеров ПУ и компонентов необходимо учитывать и тот факт, что с некоторыми видами РЭС работа по считыванию информации и управлению предусматривается с различных расстояний. Например, информация с электронных часов (индикатора) должна хорошо восприниматься с расстояния нескольких метров, а их настройка (работа с органами управления) должна проводиться с расстояния нескольких десятков сантиметров. Поэтому расчеты размеров соответствующих компонентов должны учитывать и соответствующие для них расстояния.

Таким образом, расчет допустимых размеров ПУ и компонентов и проверка соответствия имеющихся размеров требуемым является важным условием обеспечения правильного восприятия информации и управления РЭС.

Кроме этого для правильного восприятия информации органы индикации, управления, коммутации и другие компоненты ПУ должны иметь соответст-

вующий контраст или, другими словами, соответствующие светотехнические характеристики, обеспечивающие этот контраст.

К органам индикации относятся стрелочные, цифровые, светодиодные, дисплейные и другие виды индикаторных устройств (индикаторов), предназначенные для представления информации оператору о текущем состоянии РЭС или управляемого средства. Индикаторы могут быть пассивные и активные.

Пассивные индикаторы не излучают свет и воспринимаются оператором только за счет отраженного света. Очевидно, что их яркость, а следовательно, и контраст относительно фона, на котором они находятся, будет определяться яркостью внешнего освещения и коэффициентом отражения поверхности индикатора. Пояснительные надписи в некотором смысле могут быть также отнесены к пассивным индикаторам, информация на которых не меняется.

Активные индикаторы излучают свет и воспринимаются оператором в первую очередь за счет их собственной яркости, которая, как правило, превышает яркость отражения в пассивном режиме. Следует иметь в виду, что на ПУ могут быть индикаторы, совмещенные с органами управления, например, кнопки или клавиши с надписями, которые при нажатии излучают свет. В этом случае необходимо рассчитать контраст кнопки относительно фона и контраст надписи относительно кнопки в пассивном и активном режимах. Таким образом, расчет светотехнических характеристик активных органов индикации необходимо всегда проводить для пассивного и активного режимов работы.

Проверка соответствия рассчитанных контрастов требуемым критериям является необходимым, но еще недостаточным условием. Необходимо проверить также условие соответствия пороговому контрасту, который зависит от яркости фона и угловых размеров соответствующего компонента (знака). Очевидно, что из двух компонентов, имеющих одинаковый контраст, будет лучше восприниматься тот из них, который имеет больший размер при одинаковом расстоянии их наблюдения.

К органам управления и коммутации относятся кнопки, клавиши, тумблеры, поворотные переключатели, ручки плавной регулировки, гнезда, клеммы и другие компоненты, предназначенные для управления РЭС или техническим средством. Органы управления и коммутации могут иметь различную форму, цвет, усилия переключения специфические признаки распознавания (визуальные и тактильные). На них или рядом с ними могут находиться пояснительные надписи, цифры, условные обозначения. Таким образом, органы управления и коммутации с соответствующими надписями также являются для оператора источниками информации. Однако в отличие от органов индикации, которые представляют информацию оператору о текущем состоянии РЭС, органы управления и коммутации представляют информацию по управлению РЭС. Поэтому для них также необходимо провести расчет светотехнических характеристик, как и для органов индикации, то есть рассматривать органы управления и коммутации, а также надписи, как индикаторы, работающие в пассивном режиме.

При проведении расчетов светотехнических характеристик необходимо иметь в виду, что уровень внешней освещенности при работе с конкретным РЭС может меняться. Поэтому соответствующие расчеты необходимо проводить для минимальной и максимальной освещенности, кроме случаев, когда условиями работы с конкретным РЭС предусмотрено постоянное значение внешней освещенности.

Расчет эргономических характеристик органов управления предполагает определение допустимых размеров их приводных элементов (ручек, кнопок, клавиш). Очевидно, что размер приводного элемента органа управления должен во столько раз превышать размер оси органа управления, во сколько раз сопротивление перемещению больше допустимого усилия.

При проведении расчета времени информационного поиска необходимо понимать, что поиск любого компонента ведется оператором по определенным для каждого компонента признакам. Это может быть цвет, форма, расположение компонента (горизонтальное или вертикальное), надпись на или под компонентом, яркость и частота мигания светящегося компонента и т.п. При этом среди группы одинаковых признаков каждый компонент в конечном итоге имеет свой уникальный признак, по которому он и идентифицируется оператором. Поэтому теоретически количество признаков для данного компонента всегда равно единице, если только этот компонент не дублируется на ПУ (например клавиша Ctrl на клавиатуре компьютера). Однако практически в силу структурности восприятия информации человеком поиск необходимого компонента ведется по группе признаков, а затем в рамках этой группы по индивидуальному признаку. В каждой группе признаков могут быть также свои подгруппы признаков. Например, среди различных форм клавиш могут быть клавиши квадратной формы, среди которых есть клавиши серого цвета, среди которых есть клавиши с цифрами, среди которых есть искомая клавиша с конкретной цифрой. Поэтому расчеты времени информационного поиска органов индикации и управления необходимо проводить для различных признаков, присущих данному компоненту. При наличии большого числа компонентов на ПУ допускается проводить расчеты только для наиболее важных и часто используемых.

Завершающим расчетом является расчет алгоритма работы оператора.

Прежде чем начинать расчет алгоритма работы оператора, необходимо выбрать какой-либо режим работы с РЭС. Это может быть режим настройки, режим передачи сообщения (для мобильного телефона), режим расчета по формуле (для калькулятора), режим поиска и настройки параметров телевизионной программы (для дистанционного пульта управления) и т.п. На основании описания порядка работы с РЭС составляется алгоритм работы оператора в виде условных обозначений или структурной схемы. При этом общее число составляющих алгоритма должно быть несколько десятков. Затем, используя логическую форму записи алгоритма, проводят расчет коэффициентов стереотипности и логической сложности, на основании которых делается заключение о соответствии алгоритма требованиям инженерной психологии.

После завершения каждого расчета по полученным результатам необходимо сделать заключение о соответствии или не соответствии исходных инженерно-психологических характеристик ПУ РЭС требуемым критериям.

Если проводятся все расчеты, то в конце необходимо сделать полное (развернутое) экспертное заключение о соответствии ПУ РЭС инженерно-психологическим требованиям.

Отчет о проделанной работе должен содержать следующие разделы:

- введение, в котором обосновывается выбор того или иного РЭС для инженерно-психологического анализа, дается краткое его описание и общая характеристика;

- подготовка и анализ исходных данных, в котором приводится общий вид (цветной рисунок) ПУ РЭС с позиционными обозначениями всех компонентов, включая информационные знаки и символы на дисплее, обосновывается выбор всех необходимых параметров для дальнейших расчетов с окончательным представлением их характеристик в табличной форме;

- расчетная часть, в которой приводятся все необходимые формулы для данного вида расчета, сами расчеты, результаты которых также представляются в табличной форме, и выводы по ним;

- заключение (экспертное заключение), в котором дается полное развернутое заключение по каждому пункту расчета о соответствии или не соответствии результатов инженерно-психологическим требованиям с приведением необходимых числовых значений или соответствующих ссылок на результаты расчетов, представленных в таблице, а также рекомендации по обеспечению соответствия характеристик инженерно-психологическим требованиям);

- литература, в которой приводится список всех используемых источников информации для решения поставленной задачи, включая учебную и научно-техническую литературу, методические пособия, фирменные каталоги и проспекты, адреса Интернет-ресурсов и др.

2. ПОДГОТОВКА И АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

Началу анализа ПУ РЭС предшествует подготовка и анализ исходных данных, в результате которого уточняются и корректируются (при необходимости) исходные данные, определяются их размерности, количественные значения, которые будут необходимы для дальнейших расчетов.

Для определения номенклатуры исходных данных необходимо проанализировать все формулы, которые будут использоваться при расчетах и составить перечень всех входящих в них величин с соответствующими их размерностями.

Исходные данные условно можно разделить на три группы:

- данные, определяемые возможностями самого оператора по приему и переработке информации;

- данные, определяемые условиями работы оператора с конкретным РЭС;

- данные, относящиеся к самому РЭС.

К первой группе исходных данных относятся:

- угловые размеры соответствующих зон обзора оператора;
- угол зрения оператора;
- объем зрительного восприятия;
- пределы контраста;
- допустимые усилия;
- время фиксации и др.

Ко второй группе исходных данных относятся:

- расстояние до ПУ;
- сила света источника освещения рабочего места оператора;
- расстояние от источника света до рабочего места оператора;
- угол, под которым освещается рабочее место оператора источником освещения;
- минимальная и максимальная освещенность рабочего места оператора;
- факторы, влияющие на работу оператора (шум, вибрации, влажность, температура, давление, электромагнитные и ионизирующие излучения, примеси в атмосфере) и др.

К третьей группе исходных данных относятся:

- размеры ПУ;
- размеры компонентов ПУ;
- количество компонентов на ПУ;
- цветовые характеристики компонентов ПУ (коэффициенты отражения);
- количество знакомест индикаторов;
- яркость индикаторов;
- усилия переключения органов управления;
- порядок работы с РЭС и др.

Исходные данные рекомендуется представлять в виде таблиц, которые удобно использовать в дальнейшем при сопоставлении расчетных значений с исходными данными РЭС. При этом в таблицы, например, могут быть занесены следующие характеристики компонентов ПУ:

- номер по порядку;
- название;
- условное обозначение;
- назначение;
- габаритные размеры (высота, ширина, диаметр);
- установочная площадь;
- цвет;
- коэффициент отражения поверхности;
- сила света или яркость (для индикаторов);
- сопротивление перемещению или вращающий момент на оси (для органов управления);
- другие характеристики, которые могут быть полезны для дальнейших расчетов.

В заключение следует отметить, что некоторые исходные данные могут быть представлены в неявном виде или вообще отсутствовать. В этом случае для их получения необходимо использовать дополнительную справочную информацию, которая может быть найдена, например, в литературе [4–7]. Часть такой информации приведена в приложениях к данному пособию, однако эта информация может использоваться только для учебных целей. Для проведения профессиональных расчетов необходимо пользоваться соответствующей справочной литературой.

3. РАСЧЕТ РАЗМЕРОВ ПАНЕЛЕЙ УПРАВЛЕНИЯ

Размеры (площадь) ПУ определяются не только конструкторскими требованиями (суммарной площадью компонентов, которые необходимо расположить на панели с учетом коэффициента заполнения панели), но и требованиями инженерной психологии.

Максимально допустимый размер ПУ определяется исходя из горизонтального и вертикального угловых размеров зоны периферического зрения оператора и заданного расстояния до ПУ (рис. 3.1).

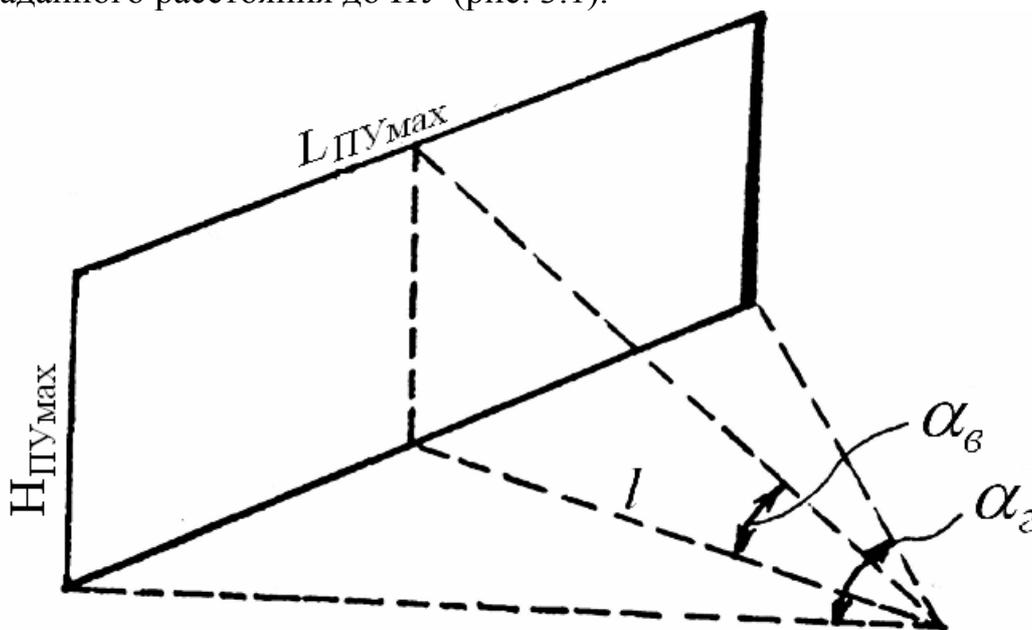


Рис 3.1. Определение максимально допустимых размеров панели управления

Тогда максимальная длина, высота и площадь ПУ равны

$$L_{П.У\max} = 2l \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha_2}{2}, \quad (3.1)$$

$$H_{П.У\max} = 2l \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha_1}{2}, \quad (3.2)$$

$$S_{П.У\max} = L_{\max} \cdot H_{\max}, \quad (3.3)$$

где l – расстояние до ПУ;

α_2 – горизонтальный угол периферического зрения;

α_6 – вертикальный угол периферического зрения.

Для зоны периферического зрения оператора принимают $\alpha_2 = 90^\circ$, $\alpha_6 = 75^\circ$ [3], если нет ограничений по условиям работы оператора.

Расстояние до ПУ определяется зонами досягаемости рук оператора или реальным рабочим расстоянием, с которого ведется управление прибором или считывание информации [3] (см. прил. 1).

Минимально допустимые размеры ПУ определяются исходя из объема оперативной памяти и оперативного (центрального) поля зрения оператора. В соответствии с требованиями инженерной психологии в поле зрения оператора, ограниченном углом оперативного поля зрения $\alpha_{ПЗ}$, должно попадать 6 ± 2 компонента ПУ (рис. 3.2).

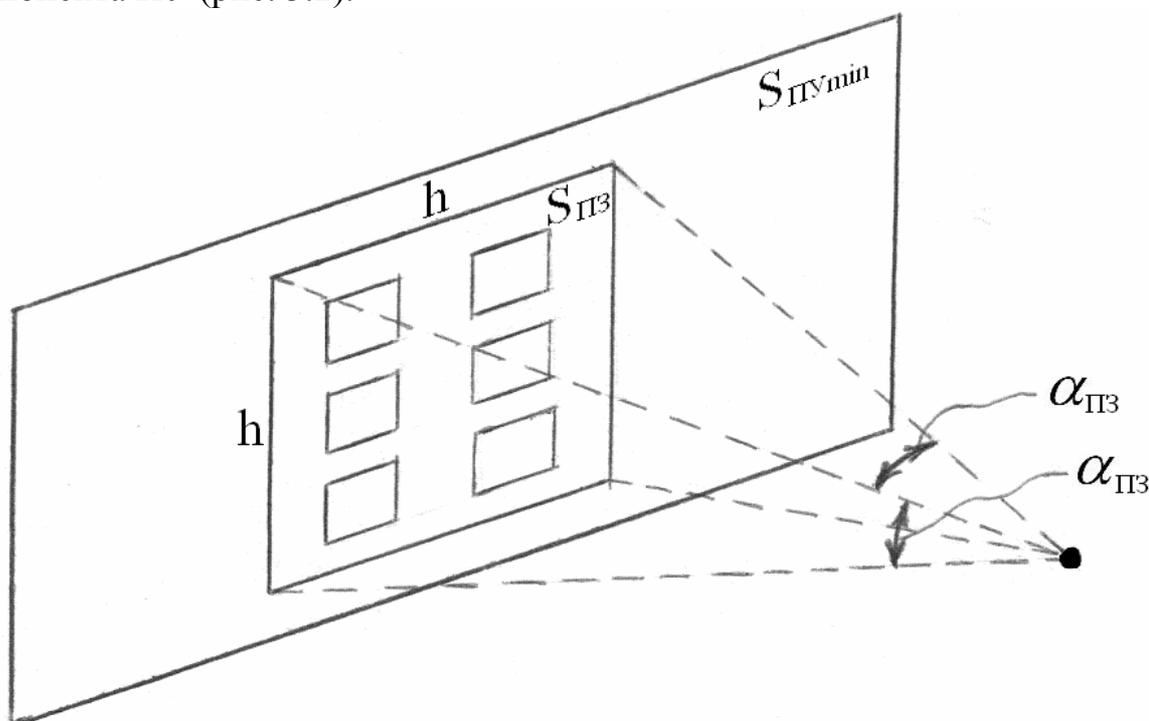


Рис 3.2. Определение минимально допустимых размеров панели управления

Тогда площадь оперативного поля зрения может быть определена как

$$S_{ПЗ} = h \cdot h = \left(2l \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha_{ПЗ}}{2} \right)^2, \quad (3.4)$$

где h и $\alpha_{ПЗ}$ – линейный и угловой размеры оперативного поля зрения. Следовательно, минимальная площадь ПУ, удовлетворяющая требованиям инженерной психологии, будет равна

$$S_{ПУ\min} = \frac{N}{6 \pm 2} \cdot S_{ПЗ}, \quad (3.5)$$

где N – количество компонентов, расположенных на ПУ.

Величина угла оперативного (центрального) поля зрения принимается равной $\alpha_{п.з} = 4^\circ \dots 10^\circ$ [4].

Фактическая площадь ПУ $S_{ПУ\phi}$ должна лежать в пределах

$$S_{п.з \min} \leq S_{п.з \phi} \leq S_{п.з \max} .$$

4. РАСЧЕТ РАЗМЕРОВ КОМПОНЕНТОВ ПАНЕЛЕЙ УПРАВЛЕНИЯ

Размеры компонентов ПУ, высота надписей, символов, знаков на ПУ и на компонентах (органах управления и индикации) должны быть такими, чтобы с заданного до ПУ расстояния оператор мог надежно их распознавать и безошибочно считывать информацию с индикаторов и надписей. Требуемая высота знака зависит как от расстояния до него, так и от освещенности [4] (см. прил. 2).

Минимально допустимая высота знака может быть определена как

$$H_{з \min} = 2l \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha_3}{2}, \quad (4.1)$$

где l – расстояние до ПУ,

α_3 – допустимый (минимальный) угловой размер знака.

Для простых знаков $\alpha_3 = 15'$, для сложных знаков $\alpha_3 = 30' \dots 40'$ (для справки: $\operatorname{tg} 15'/2 = 0,0022$; $\operatorname{tg} 30'/2 = 0,0044$).

Минимально допустимая ширина знака определяется по формуле

$$B_{з \min} = F \cdot H_{з \min}, \quad (4.2)$$

где F – формат знака (обычно $F = 2/3, 3/5, 5/7 \dots$).

Расстояние между знаками по горизонтали принимается равным половине ширины, а расстояние между знаками по вертикали – половине высоты знака. Минимальное расстояние от краев индикаторного устройства до ближайшего знака, отображаемого на нем, должно быть равно ширине (высоте) знака. Тогда минимальные размеры (высота и ширина) многоэлементного индикаторного устройства могут быть определены по формулам

$$H_{И \min} = 1,5 (N_г + 1) H_{з \min}, \quad (4.3)$$

$$B_{И \min} = 1,5 (N_2 + 1) B_{з \min}, \quad (4.4)$$

где $N_г$ и N_2 – число знаков индикаторного устройства, расположенных соответственно по вертикали и горизонтали.

Определив минимально допустимые размеры знаков и индикаторных многоэлементных устройств, проводят сравнение фактических размеров компонентов ПУ, которые должны быть больше минимальных.

5. РАСЧЕТ СВЕТОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОНЕНТОВ ПАНЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ

Все компоненты ПУ должны иметь не только соответствующие размеры, определенные в разделе 4, но и хорошо выделяться на окружающем их фоне при соответствующей (заданной) внешней освещенности. То есть они должны иметь необходимый контраст по отношению к фону.

В соответствии с требованиями инженерной психологии для обеспечения оптимального восприятия компонента (предмета) на некотором фоне необходимо обеспечить контрастность в пределах [3]

$$0,6 \leq K \leq 0,95, \quad (5.1)$$

где K – коэффициент контраста.

При этом различают прямой контраст, когда предмет темнее фона, и обратный контраст, когда предмет светлее фона.

Для прямого и обратного контраста коэффициент контраста определяется по формулам

$$K_{\Pi} = (B_{\Phi} - B_{\Pi}) / B_{\Phi}, \quad (5.2)$$

$$K_{O} = (B_{\Pi} - B_{\Phi}) / B_{\Pi}, \quad (5.3)$$

где B_{Φ} – яркость фона;

B_{Π} – яркость предмета (компонента, надписи, индикатора).

Размерность яркости: кандела на метр квадратный, кд/м².

В общем случае яркость предмета или фона может состоять из двух составляющих – яркости отражения B_{O} и яркости излучения $B_{И}$:

$$B_{\Pi(\Phi)} = B_{O} + B_{И}. \quad (5.4)$$

Для пассивных (несветящихся) компонентов $B_{\Pi} = B_{O}$, для активных (светящихся) компонентов $B_{\Pi} = B_{O} + B_{И}$.

Яркость отражения B_{O} определяется уровнем внешней освещенности данной поверхности и ее отражающими свойствами:

$$B_{O} = \frac{E \cdot \rho}{\pi}, \quad (5.5)$$

где E – освещенность поверхности;

ρ – коэффициент отражения поверхностью.

Размерности освещенности: люмен на метр квадратный (лм/м²), люкс (лк), (1 лм/м² = 1 лк). По размерности 1лк = 1кд/м². Нормы освещенности приведены в прил. 3.

Если известна сила источника внешнего освещения, то освещенность поверхности на некотором расстоянии от него определяется по формуле

$$E = \frac{I}{R^2} \cdot \cos \beta, \quad (5.6)$$

где I – сила света источника;

R – расстояние от источника до освещаемой поверхности;

β – угол между направлением распространения света и нормалью к освещаемой поверхности.

Сила света берется в канделах, а расстояние – в метрах. Сила света источников освещения приводится в соответствующих справочниках, проспектах или технических условиях на конкретный вид источника освещения.

Коэффициент отражения зависит от цвета поверхности и качества ее обработки. Так, для полированных или глянцевых поверхностей коэффициент отражения будет зависеть от угла падающего и отраженного света. Коэффициент отражения показывает, какая часть падающего на поверхность светового потока отражается ею. Приблизительные значения коэффициентов поверхностей различного цвета приведены в прил. 4. Более точные значения коэффициентов могут быть найдены в справочной литературе, например [15, цветная вклейка XVI], в проспектах на краски, атласах стандартных образцов цвета, а также путем сопоставления отражательных характеристик данной поверхности с эталонным образцом.

Яркость излучения $B_{И}$ определяется силой света источника излучения и величиной площади светящейся поверхности:

$$B_{И} = \frac{I}{S \cdot \cos \beta}, \quad (5.7)$$

где I – сила света источника в рассматриваемом направлении;

S – площадь светящейся поверхности;

β – угол, под которым видна светящаяся поверхность наблюдателю (угол между нормалью к светящейся поверхности и рассматриваемым направлением).

Размерность силы света: кандела (кд). Размерность площади: метр квадратный (м^2). Сила света или яркость источника (индикатора) указывается в технических условиях, соответствующих проспектах и в справочниках, например, [6, 7].

Формулой (5.7) необходимо пользоваться тогда, когда в справочнике на соответствующий индикатор вместо его яркости дается сила света. Однако следует иметь в виду, что сила света дается в направлении нормали к поверхности индикатора, то есть для $\beta = 0$. Поэтому чтобы определить силу света в рассматриваемом направлении, для $\beta \neq 0$ необходимы дополнительные данные для индикатора в виде диаграммы направленности, по которой и определяется сила света в этом направлении. Однако не во всех справочниках могут приводиться диаграммы направленности. Поэтому необходимо пользоваться дополнительными источниками информации для конкретного индикатора. Ориентировочные значения яркости некоторых типов индикаторов приведены в прил. 5.

Условие (5.1) для любых пассивных компонентов ПУ (в том числе и активных, но не светящихся в данный момент), обладающих как прямым, так и обратным контрастом, является необходимым, но еще недостаточным для оптимального восприятия их оператором.

Как видно из (4.1), оптимальное восприятие зависит и от углового размера компонента, который вместе с освещенностью определяет уровень порогового контраста $K_{пор}$.

Пороговый контраст характеризует предельно возможное для глаза различие между яркостями предмета и фона для данной освещенности и размера (высоты) предмета. Оперативный порог должен быть в 10...15 раз больше предельно возможного, то есть

$$K_{П}, K_0 \geq (10...15) K_{пор}. \quad (5.8)$$

Величина порогового контраста $K_{пор}$ определяется по графику (рис. 5.1) для соответствующих значений яркости фона B_{ϕ} , рассчитанных по формулам (5.2) и (5.3), и угловых размеров компонентов (знаков), рассчитанных по формуле

$$\alpha_3 = 2 \arctg \frac{H_3}{2l}, \quad (5.9)$$

где H_3 – высота компонента ПУ (знака, символа, ручки, кнопки, светодиода);
 l – расстояние до ПУ.

Если условие (5.8) не выполняется, то необходимо увеличить размер (высоту) компонентов ПУ или повысить внешнюю освещенность, если это допускается по условиям эксплуатации или техническим требованиям. На графике (рис. 5.1) приведены зависимости для четырех угловых размеров знаков и яркостей от 1 до 1000 кд/м². При необходимости использования других данных необходимо провести экстраполяцию графика или обратиться к литературе [3].

В заключение следует отметить, что в поле зрения оператора могут попадать сигналы с разной яркостью. При этом сигналы с большей яркостью могут вызвать ослепление оператора. Слепящая яркость определяется эмпирической формулой

$$B_C = B_A + 840 \cdot \frac{\sqrt[3]{B_A}}{\sqrt[4]{W}}, \quad (5.10)$$

где B_A – яркость поля адаптации (в большинстве случаев – яркость фона);

W – телесный угол, под которым оператору видна светящаяся поверхность (в стерadiansах).

Следовательно, для создания оптимальных условий зрительного восприятия необходимо не только обеспечить требуемую яркость и контраст сигналов, но также и равномерность распределения яркостей в поле зрения оператора. В случаях, когда невозможно использовать для расчетов формулу (5.10), необходимо обеспечивать перепады яркостей не более 1:30 [3].

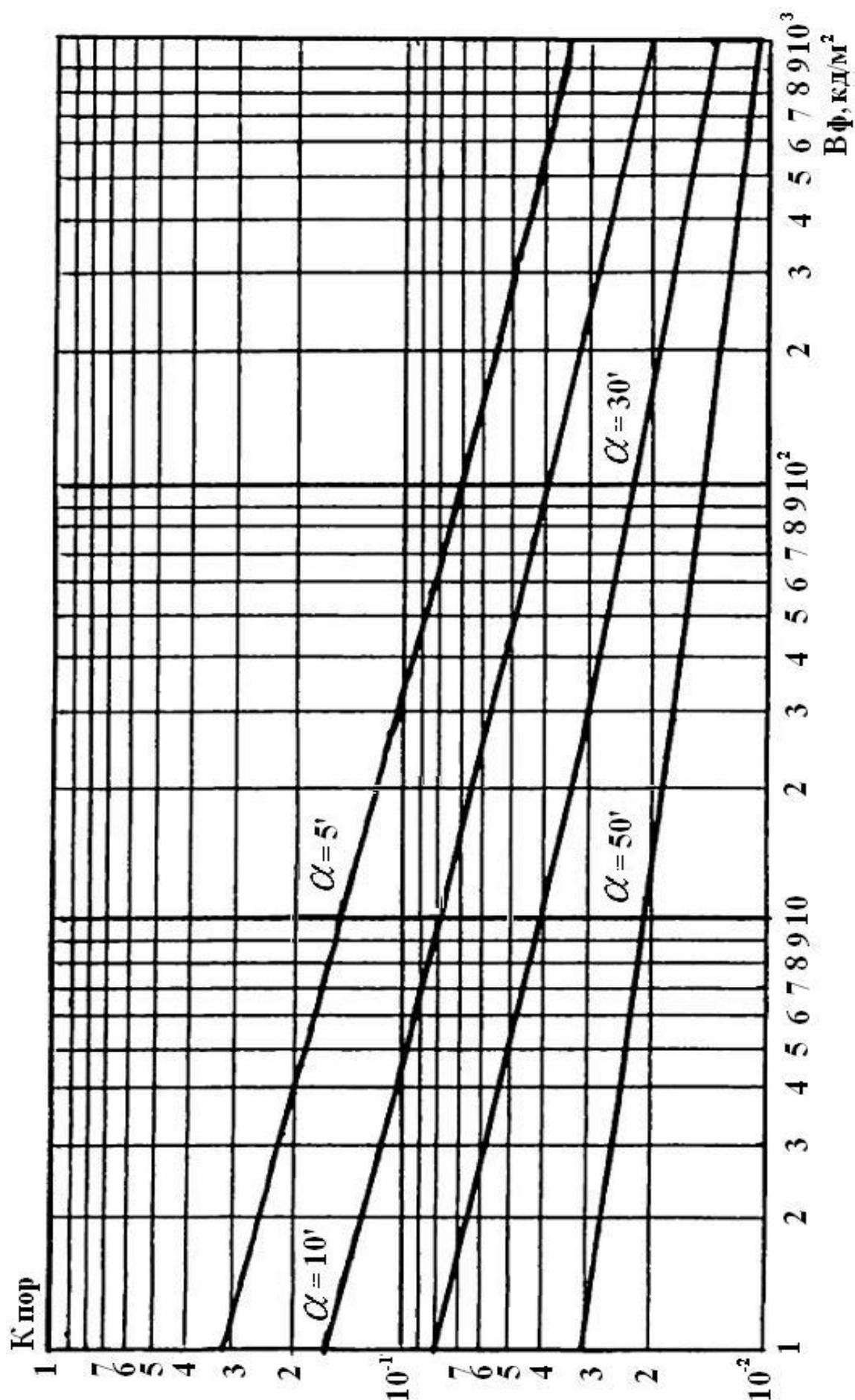


Рис. 5.1. Зависимость порогового контраста от яркости фона (адаптации) и угловых размеров компонента

6. РАСЧЕТ ЭРГОНОМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ

Органы управления, являющиеся компонентами ПУ, должны быть не только хорошо различимы на ПУ, но и отвечать эргономическим требованиям. Их форма должна быть удобной для захвата рукой оператора, а размеры обеспечивать требуемые усилия для приведения их в действие.

К органам управления относятся тумблеры, переключатели (кнопочные, поворотные), компоненты РЭС с переменными параметрами (переменные резисторы, конденсаторы и др.). Они состоят из самого компонента, выполняющего функцию управления, и приводного элемента (ПЭ) (ручки, кнопки). При этом на оси органа управления могут быть закреплены ПЭ различной формы и размеров. Это позволяет, не меняя типа органа управления, обеспечивать необходимые эргономические требования к нему.

Для определения требуемых размеров ПЭ необходимо знать величину усилия для переключения органа управления (сопротивление перемещению на его оси), диаметр оси и допустимое усилие, развиваемое на ПЭ рукой оператора. Очевидно, что размер ПЭ должен быть во столько раз больше размера оси, во сколько раз допустимое усилие меньше сопротивления перемещению. Тогда для ПЭ поворотного действия (ручек управления) их диаметр может быть определен как

$$D_{П.Э} \geq \frac{F_C \cdot D_O}{F_D}, \quad (6.1)$$

где F_C – сопротивление перемещению на оси органа управления;

D_O – диаметр оси органа управления;

F_D – допустимое усилие.

Сопротивление перемещению на оси F_C и диаметр оси D_O задаются в технических условиях на ПЭ или указываются в справочной литературе. Величина допустимого усилия в соответствии с эргономическими требованиями для ПЭ поворотного действия должна лежать в пределах $F_D = 5...50$ Н. Иногда вместо величины F_C задается величина крутящего момента $M = (D_O / 2) \cdot F_C$. Тогда диаметр ПЭ определяется как

$$D_{П.Э} \geq \frac{2M}{F_D}. \quad (6.2)$$

Для ПЭ нажимного действия (кнопки управления) их размер (площадь) может быть определен как

$$S_{П.Э} \geq \frac{F_C \cdot S_O}{F_D}, \quad (5.3)$$

где F_C – сопротивление нажатию на оси органа управления;

S_O – площадь оси органа управления.

Величина допустимого усилия для ПЭ нажимного действия должна лежать в пределах $F_D = 1,4 \dots 6$ Н. Рекомендуемые допустимые усилия кнопок, тумблеров, переключателей «легкого типа» должны лежать в пределах $1,4 \dots 1,6$ Н, «тяжелого типа» – в пределах $6 \dots 12$ Н.

В прил. 6 приведены характеристики тумблеров, кнопочных и поворотных переключателей. Для получения информации о более широкой номенклатуре органов управления необходимо обратиться к литературе [4], а также к справочникам, каталогам и техническим условиям на них.

7. РАСЧЕТ ВРЕМЕНИ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОИСКА

Для некоторых видов деятельности оператора процесс восприятия сводится к информационному поиску – нахождению на ПУ компонента с заданными признаками. Такими признаками могут быть:

- проблесковое свечение (мигание) индикатора;
- загорание или погасание индикатора;
- изменение показаний цифрового индикатора;
- изменение показаний стрелочного индикатора;
- особая форма или цвет компонента ПУ и т. п.

Задача оператора заключается в нахождении на ПУ компонента с заданными признаками. На решение этой задачи оператор затрачивает определенное время, которое называется временем информационного поиска [3].

Общее время информационного поиска может быть определено по формуле

$$t_{И.П} = \sum_{i=1}^n (t_{Пi} + t_{Фi}), \quad (7.1)$$

где $t_{Пi}$ – время i -го перемещения взора;

$t_{Фi}$ – время i -ой фиксации взора;

n – число шагов поиска (число фиксаций), затрачиваемых для нахождения компонента с заданными признаками.

Время перемещения взора $t_{П}$ определяется углом перемещения.

Время фиксации $t_{Ф}$ зависит от свойств информационного поля, степени сложности искомых компонентов, условий работы оператора и др. Однако в условиях конкретного информационного поля (особенно при однородности его компонентов) и конкретной задачи, стоящей перед оператором, время фиксации является величиной относительно постоянной. Так, например, для некоторых ситуаций время фиксации составляет:

- ознакомление с ситуацией, обозначенной условными знаками – 640 мс;
- поиск отметки на экране ЭЛТ – 370 мс;
- чтение буквы или цифры – 310 мс;
- поиск условных знаков – 300 мс;
- фиксация загорания (погасания) индикатора – 280 мс;

– поиск простых геометрических фигур – 200 мс.

Как показали исследования, общее время фиксаций составляет 90...95 % от времени зрительного восприятия. Величина t_{II} в среднем составляет 0,025 с, а t_{ϕ} – 0,25... 0,65 с. Таким образом, $t_{II} \ll t_{\phi}$.

Учитывая, что в условиях конкретной задачи, при которых t_{ϕ} постоянно и $t_{II} \ll t_{\phi}$, выражение (7.1) принимает вид

$$t_{II.II} = n \cdot t_{\phi}, \quad (7.2)$$

где n – число зрительных фиксаций, необходимых для нахождения компонента с заданными признаками.

С учетом этого время информационного поиска может быть определено как

$$t_{II.II} = \frac{\left(\frac{N}{A} + 1\right)}{M + 1} \cdot t_{\phi}, \quad (7.3)$$

где N – объем информационного поля (число компонентов на ПУ);

M – число компонентов, обладающих заданными для поиска признаками (одинаковая форма, цвет и т.п.);

A – объем зрительного восприятия (6 ± 2 компонента).

На основании выражения (7.3) можно определить основные требования к организации информационного поля (размещению компонентов на ПУ) с точки зрения минимизации времени информационного поиска:

– компоненты следует располагать так, чтобы в центральное поле зрения (зона ясного видения), ограниченное зоной 10x10 градусов, попадало не более 4... 8 компонентов;

– следует по возможности уменьшать объем информационного поля, не допуская в нем нахождения ненужных (лишних) компонентов;

– искомые компоненты следует выделять таким образом, чтобы обеспечить наименьшее время фиксации (выделение компонента другим цветом, световым маркером, изменением размера или яркости и т.п.).

8. РАСЧЕТ АЛГОРИТМА РАБОТЫ ОПЕРАТОРА

Алгоритм работы оператора с РЭС представляет собой целенаправленный порядок работы (действий) с органами управления, коммутации и индикации ПУ РЭС. Любой алгоритм состоит из элементарных операторов и логических условий.

Элементарные операторы – это активные действия, связанные с нажатием кнопки, поворотом переключателя и т. п.

Логические условия – это пассивные действия, связанные с фиксацией отклонения стрелки стрелочного прибора, изменения показаний цифрового прибора, загоранием (погасанием, миганием) светодиода, лампочки и т.п. Следует отметить, что логические условия не всегда могут быть выражены в явном виде. Так, например, при отсутствии светодиода (лампочки) индикации включе-

ния сети логическое условие все равно имеет место после элементарного оператора «включение сети». То есть после элементарного оператора «включение сети» необходимо принять решение (логическое условие) о дальнейшей работе с прибором, если он включился, или о прекращении дальнейших действий, если он не включился.

Поэтому для правильного составления и расчета алгоритма работы оператора необходимо четко определять элементарные операторы и логические условия. При этом необходимо иметь в виду, что алгоритм всегда начинается с элементарного оператора, а оканчивается логическим условием, даже если это условие не представлено в явном виде (например отсутствует индикация включения сети).

Алгоритм работы может быть составлен на основании описания порядка работы (настройки, проверки) с РЭС, который приводится в инструкции по работе с РЭС или может быть составлен самостоятельно.

Алгоритм работы может быть записан в двух видах, на основании которых затем составляется его логическая запись для проведения необходимых расчетов. Первый вид представляет собой запись на основе условных обозначений компонентов ПУ по электрической схеме согласно ГОСТ 2.710-81 (латинские буквы) и условных обозначений действий над ними (русские буквы). Например, OS1 («ВКЛ») → КН1 → →КН2 → КР2 → OS6 («ВНУТР») → ФS4 («КОНТР») → OS7 («АВТОМ») → ПSE9 → ФS5 → ИН2 ..., где буквами обозначены:

действия:

- О – оперирование двухпозиционным переключателем;
- Ф – фиксация;
- П – плавная регулировка;
- К – контроль;
- И – считывание показаний индикатора;

органы управления:

- S – фиксируемые;
- SE – плавной регулировки;

индикаторы:

- Н – самосветящиеся;
- Р – стрелочные.

В скобках указаны некоторые пояснения. Такая форма записи алгоритма является фактически сжатой формой записи порядка работы с прибором.

Второй вид записи алгоритма аналогичен структурным схемам алгоритмов, используемых в вычислительной технике в соответствии с ГОСТ 19.701-90, и состоит из прямоугольников и ромбов, в которых записываются соответствующие действия.

Прямоугольники соответствуют элементарным операторам, а ромбы – логическим условиям. Последняя форма записи (представления) алгоритма более наглядна, чем первая.

На основании рассмотренных видов записей алгоритма может быть записана его логическая форма, удобная для дальнейших расчетов, в следующем виде:

$$A_1 P_2 A_3 A_4 P_5 A_6 P_7 A_8 A_9 P_{10} A_{11} P_{12} \dots A_n P_{n+1},$$

где индексом A_n обозначены элементарные операторы, а индексом P_n – логические условия.

Сложность алгоритма работы оператора характеризуется коэффициентами стереотипности Z_n и логической сложности L_n [3].

Для вычисления коэффициента стереотипности Z_n разобьем алгоритм, начиная с левого края, на комплексные группы так, чтобы каждая из них начиналась с элементарного оператора, а заканчивалась логическим условием перед следующим элементарным оператором. Тогда в указанном выше примере такими группами будут

$$A_1 P_2; \quad A_3 A_4 P_5; \quad A_6 P_7; \quad A_8 A_9 P_{10}; \quad A_{11} P_{12}.$$

Всего комплексных групп получилось $n_o = 5$, причем каждая группа состоит из m элементов, из которых m_o – число элементарных операторов и m_l – число логических условий. Так, например, вторая группа ($A_3 A_4 P_5$) содержит $m = 3$ элемента, $m_o = 2$ элементарных оператора и $m_l = 1$ логическое условие. Коэффициент стереотипности вычисляется по формуле

$$Z_H = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{n_o} \frac{m_{oi}^2}{m_i}, \quad (8.1)$$

где N – общее число членов алгоритма;

m_{oi} – число элементарных операторов в каждой группе;

m_i – число элементов в каждой группе;

n_o – число комплексных групп.

Нормальная работа оператора будет обеспечиваться, если выполняется условие

$$0,25 \leq Z_H \leq 0,85. \quad (8.2)$$

В нашем примере это условие выполняется:

$$Z_H = (1/12) \times ((1^2/2) + (2^2/3) + (1^2/2) + (2^2/3) + (1^2/2)) = 0,35.$$

Для вычисления коэффициента логической сложности L_H разобьем алгоритм на комплексные группы, каждая из которых начинается с логического условия, а заканчивается элементарным оператором перед следующим логическим условием (кроме последней). Тогда в указанном выше примере такими группами будут следующие:

$$P_2 A_3 A_4; \quad P_5 A_6; \quad P_7 A_8 A_9; \quad P_{10} A_{11}; \quad P_{12}.$$

В этом случае всего комплексных групп $n_{\text{Л}} = 5$, причем каждая группа состоит из m элементов, из которых $m_{\text{О}}$ – число элементарных операторов и $m_{\text{Л}}$ – число логических условий. Коэффициент логической сложности вычисляется по формуле:

$$L_H = \frac{1}{N^*} \sum_{j=1}^{n_{\text{Л}}} \frac{m_{\text{Л}j}^2}{m_j}, \quad (8.3)$$

где N^* – число членов алгоритма, полученное из общего числа N путем вычитания числа элементарных операторов, стоящих в алгоритме слева до первого логического условия (в нашем примере это оператор А1, тогда $N^* = N - 1 = 11$);

$m_{\text{Л}j}$ – число логических условий в каждой группе;

m_j – число элементов в каждой группе;

$n_{\text{Л}}$ – число комплексных групп.

Нормальная работа оператора будет обеспечиваться, если выполняется условие

$$L_H \leq 0,2. \quad (8.4)$$

В нашем примере это условие не выполняется:

$$L_H = (1/11) \times ((1^2/3) + (1^2/2) + (1^2/3) + (1^2/2) + (1^2/1)) = 0,24.$$

Следовательно, необходимо провести корректировку алгоритма по коэффициенту логической сложности.

Следует отметить, что если алгоритм работы с РЭС задан жестко (порядок включения, порядок настройки), то он определяется электрической схемой самого прибора. Поэтому его корректировка может быть осуществлена путем изменения электрической схемы (добавлением или удалением соответствующих компонентов ПУ), которое проводится разработчиком схемы по рекомендациям конструктора.

Если алгоритм работы с РЭС задан гибко (проведение расчета по формуле, настройка параметров телевизионной программы), то его корректировка может быть осуществлена самим пользователем РЭС путем анализа составляющих (числителя или знаменателя) соответствующей формулы (8.3) или (8.4).

ЛИТЕРАТУРА

1. Шамгин, Ю.В. Проектирование приборных панелей радиоэлектронной аппаратуры: Метод. пособие по курсу «Конструирование и микроминиатюризация радиоэлектронной аппаратуры» для спец. «Конструирование и производство радиоаппаратуры» / Ю. В. Шамгин [и др.]. – Минск: МРТИ, 1986. – 62 с.
2. Алефиренко, В.М. Инженерно-психологическое проектирование лицевых панелей РЭС: метод. пособие по курсу «Инженерная психология» для студ. спец. «Проектирование и производство РЭС»/ В.М. Алефиренко, Ю.В. Шамгин. – Минск: БГУИР, 1996. – 36 с.
3. Основы инженерной психологии: учебник для техн. вузов / под ред. Б. Ф. Ломова. – М.: Высш. шк., 1986. – 448 с.
4. Справочник по инженерной психологии / под ред. Б. Ф. Ломова. – М.: Машиностроение, 1982. – 368 с.
5. Шпара, П.Е. Техническая эстетика и основы художественного конструирования./ П.Е. Шпара. – Киев: Вища школа, 1984. – 200 с.
6. Пароль, Н.В. Знакосинтезирующие индикаторы и их применение / Н.В. Пароль, С.А. Кайдалов. – М.: Радио и связь, 1989. – 128 с.
7. Вуколов, Н.И. Приемные электронно-лучевые трубки / Н.И. Вуколов, А.И. Гербин, Г.С. Котовщиков. – М.: Радио связь, 1993. – 576 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

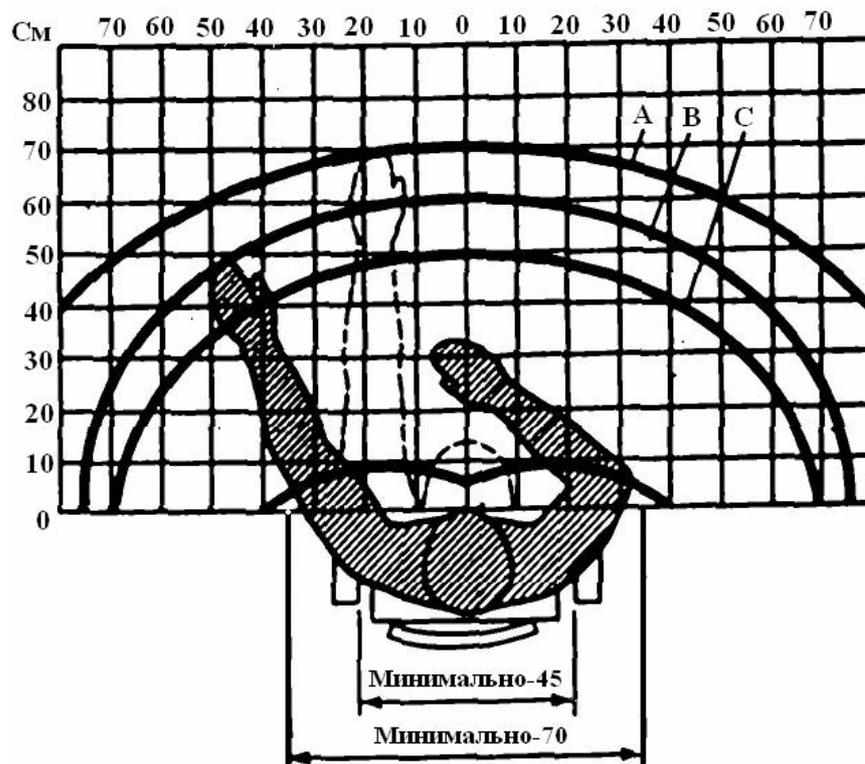


Рис. П 1.1. Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости:
 А – максимальная; В – допустимая; С – оптимальная



Рис. П 1.2. Зоны досягаемости рук в вертикальной плоскости

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Таблица П 2.1

Рекомендуемая высота знаков в надписях

Расстояние до лицевой панели, м	При освещённости 200...500 лк		При освещённости свыше 500 лк	
	Важные надписи, мм	Обычные надписи, мм	Важные надписи, мм	Обычные надписи, мм
0,7	4...8	2,5...5	2,5...5	1,2...4
1,0	5...10	3,3...6,6	3,3...6,6	1,5...4,5
2,0	10...20	6,6...12	6,6...12	3,3...10
5,0	33...65	22...43	22...43	11...33

Таблица П 2.2

Яркостные характеристики знаков в надписях

Характеристика знаков	Размеры знаков, угл. мин			
	10...25		25...40	
Яркость фона, кд/м ²	≥ 30	≥ 30	≥ 10	≥ 10
Коэффициент отражения фона	> 0,4	0,2...0,4	> 0,4	0,2...0,4
Освещённость надписи, лк	200...400	> 400	100...200	> 200
Контраст надписи с фоном	≥ 0,65	≥ 0,65	≥ 0,65	≥ 0,65

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Таблица П 3.1

Показатели минимальной освещенности

Требуемая освещенность	Общее освещение, лк	Местное освещение, лк	Дополнительное общее освещение, лк
Очень слабая	30	–	–
Слабая	60	–	–
Средняя	100	250	20
Сильная	250	500	40
Очень сильная	600	1000	20
Исключительно сильная	–	4000	300

Таблица П 3.2

Нормы освещенности на рабочих местах оператора

Тип рабочего места или характер выполняемой работы	Рекомендуемые значения, лк	Минимальные значения, лк
Периферийные устройства ПЭВМ Офисное оборудование	1000	500
Измерительные приборы Испытания и проверка РЭС Простые задачи наблюдения	500	300
Ремонтные работы: общие	500	300
приборные	2000	1000
Выполнение записей	700	500

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Приближенные значения коэффициентов отражения поверхностей
различного цвета

Цвет	Оттенок		
	светлый	средний	темный
Желтый	0,7	0,5	0,3
Бежевый	0,65	0,45	0,25
Коричневый	0,5	0,25	0,08
Красный	0,35	0,2	0,1
Зеленый	0,6	0,3	0,12
Синий	0,5	0,2	0,05
Серый	0,6	0,35	0,2
Голубой	0,55	0,4	0,25
Белый	0,85	0,65	–
Черный	–	0,04	–
Серебристый	–	0,9	–

Таблица П 5.1

Инженерно-психологические характеристики индикаторов

Тип индикатора	Высота знака, мм	Цвет свечения	Яркость свечения, Кд/м ²	Угол обзора, град	Индигируемые символы
Электронно-лучевые трубки	–	Многоцветный	50...300	120	Цифры, буквы, знаки
Электрoluminesцентные	20 и более	Зеленый, голубой, желтый, красный	20...50 для зеленого, 6...40 для остальных цветов	160	Цифры, буквы, знаки
Вакуумные накаливаемые	10...20	Соломенно-желтый	1700...10000	140	Цифры, буквы, знаки
Вакуумные люминесцентные	5...25	Зеленый	250...1 000	140	Цифры, буквы, Знаки
Тиратроны тлеющего разряда	7...13	Красный, желтый, зеленый	40...70	100	Цифры
Газоразрядные	До 20	Красный	50...200	90	Цифры, буквы, знаки
Светоизлучающие знаково-синтезирующие диоды	5...10	Красный, зеленый, желтый	50...350	120	Цифры, буквы, знаки
Светоизлучающие точечные диоды	–	Красный, оранжево-красный, желтый, зеленый	5...350 20...400 10...80 60...450	25...60 25...60 25...60 25...60	– – – –
Жидкокристаллические	1...15	Темный	Не излучает, контраст 0,8...0,9	120	Цифры, буквы

Таблица П 6.1

Характеристики тумблеров

Сопротивление перемещению приводного элемента, H	Длина приводного элемента, мм	Минимальный диаметр приводного элемента, мм	Доп. усилие для перемещения приводного элемента, H	Назначение и частота переключений n , раз/мин
до 2,0	10	3...8	2,0	Для широкого применения, $n \leq 10$ Для спец. применения, $n \leq 1$
2,0...3,0	10...15	3...8	3,0...2,0	
3,0...5,0	15...20	3...8	3,3...2,5	
5,0...7,0	20...25	3...8	3,5...2,8	
7,0...10,0	25...30	8...15	4,0...3,3	
10,0...15,0	30...35	8...15	5,0...4,2	
15,0...20,0	35...40	8...15	5,7...5,0	
20,0...25,0	40...45	8...15	6,2...5,0	

Таблица П 6.2

Характеристики кнопочных переключателей

Сопротивление нажатию на оси переключателя, H	Минимальные размеры приводного элемента, мм		Назначение и частота нажатий n , раз/мин
	Ширина для квадратного	Диаметр для круглого	
до 1	10	3...5	Микроэлектронная аппаратура, $n \leq 2$ Панели и пульты РЭС, $n \leq 1$
1...2	12	10	
2...4	18	12	
4...8	20	15	
8...20	—	30	Кнопки сброса, аварийные кнопки, $n \leq 5$ Панели и пульты РЭС, $n \leq 1$
20...35	—	30	
4...6	18	—	
6...16	18...20	—	

Характеристики поворотных переключателей

Сопротивление перемещению на оси переключателя, H	Размеры приводного элемента, мм							Доп. усилие для перемещения при- водного элемента, H
	Тип I			Тип II		Тип III		
	L	B	H	D	H	d	h	
до 0,5	—	—	—	—	—	6	12	1,6
0,5...1,0	—	—	—	—	—	10	13	2,0
1,0...1,5	—	—	—	—	—	15	13	2,0
1,5...2,0	—	—	—	—	—	20	15	2,0
4,5...5,0	—	—	—	50	38	—	—	1,6
5,0...10,0	—	—	—	60	40	—	—	3,3
10,0...15,0	—	—	—	70	45	—	—	4,2
15,0...20,0	—	—	—	75	45	—	—	5,3
до 2,0	20	2-3	10	—	—	—	—	2,0
2,0...3,0	25	3-4	12	—	—	—	—	2,4
3,0...5,0	30	3-5	12	—	—	—	—	3,3
5,0...10,0	35	3-5	15	—	—	—	—	5,7

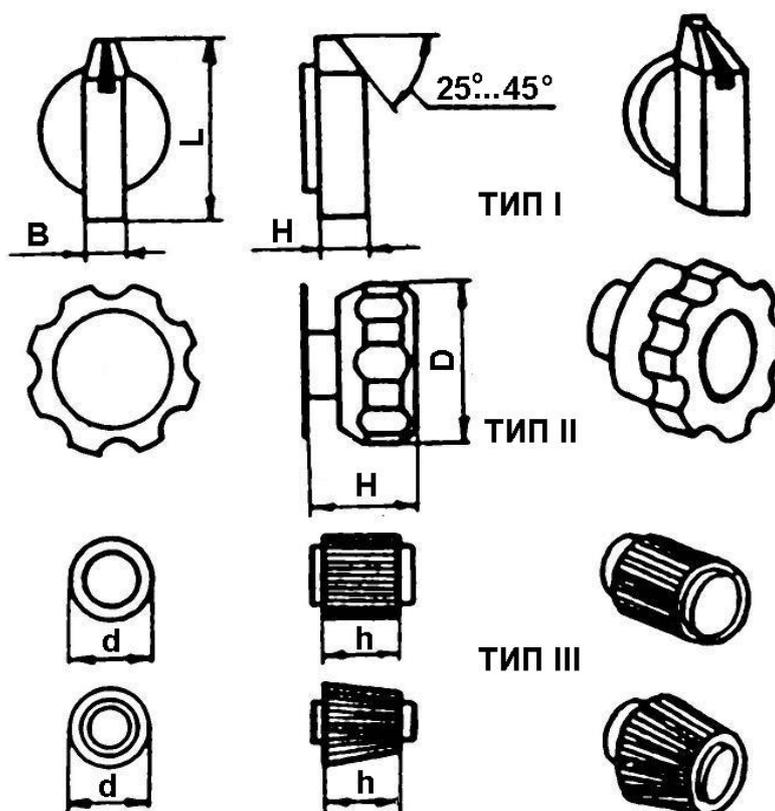


Рис. П 6.1. Типы поворотных переключателей

Учебное издание

Алефиренко Виктор Михайлович
Боровиков Сергей Максимович

**ИНЖЕНЕРНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПАНЕЛЕЙ
УПРАВЛЕНИЯ РЭС**

Методическое пособие по дисциплине
«Инженерная психология» для студентов специальностей
«Моделирование и компьютерное проектирование РЭС»,
«Техническое обеспечение безопасности»
заочной формы обучения

Редактор Т.П. Андрейченко
Корректор

Подписано в печать
Гарнитура «Таймс».
Уч.-изд. л. 1,7.

Формат 60x84 1/16.
Печать ризографическая.
Тираж 250 экз.

Бумага офсетная.
Усл. печ. л.
Заказ 149.

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
ЛИ № 02330/0056964 от 01.04.2004. ЛИ № 02330/0131666 от 30.04.2004.
220013, Минск, П. Бровки, 6