

Восприятие цифровых знаков

Альберт В. Патраль
Россия, Санкт-Петербург
Январь 25, 2014

Современные арабские цифры, представляющие собой один из видов визуального кодирования цифровых знаков, а именно, кодирование формой, хорошо опознаются, хорошо различимы и прочно укоренились в нашу жизнь, стали достаточно привычными за 300 лет их применения на Руси:

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

Поэтому мы не задумываемся о каком-либо ином виде визуального кодирования цифровых знаков, о замене арабских цифр другими цифровыми знаками или символами, обеспечивающими максимальную эффективность обнаружения, различения, идентификации и опознавания их, позволяющими достигнуть как максимальной скорости и надежности приема и переработки цифровой информации, так и максимального экономического эффекта при их применении.

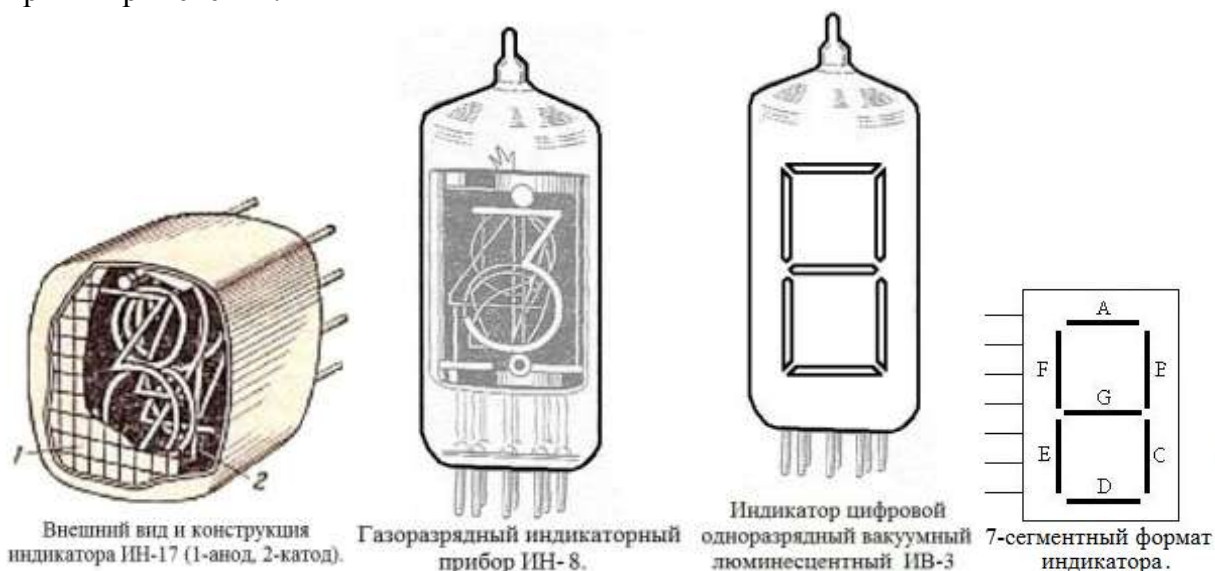


Рис. 2

Рис. 2

Рис. 3

Рис. 4

В газоразрядных знаковых индикаторах отображение информации выполняется либо с торцевой стороны (рис.1-ИН-17 /1/), либо с боковой стороны (рис.2- ИН-8 /2/). Они имеют общий анод, выполненный в виде тонкой сетки и ряд независимых катодов, каждый из которых выполнен в виде цифр арабского происхождения от 0 до 9.

Пакетная конструкция таких индикаторов затрудняет восприятие цифровых знаков, расположенных на своем уровне по глубине конструкции знакового индикатора.

Этот конструктивный недостаток знаковых индикаторов становится особенно заметным при отображении многозначных чисел, когда цифры одних разрядов располагаются ближе к наблюдателю, а цифры других разрядов располагаются дальше от него. Другим большим недостатком применения газоразрядных знаковых индикаторов является большое число линий связей с источником сигнала управления ими, и вследствие этого большой объем использования оборудования.

При современном развитии средств отображения цифровой информации, арабские цифры к настоящему времени уже претерпели незначительные изменения при отображениях их на цифровых индикаторах.

Ведь известно, что скорость и точность опознавания, как цифр, так и букв, зависят от их формы. Чем более сложную комбинацию прямолинейных и криволинейных элементов имеет цифра или буква, тем труднее она опознается.

Цифры и буквы, образованные прямыми линиями, опознаются быстрее и точнее тех, которые включают криволинейные элементы /3/.

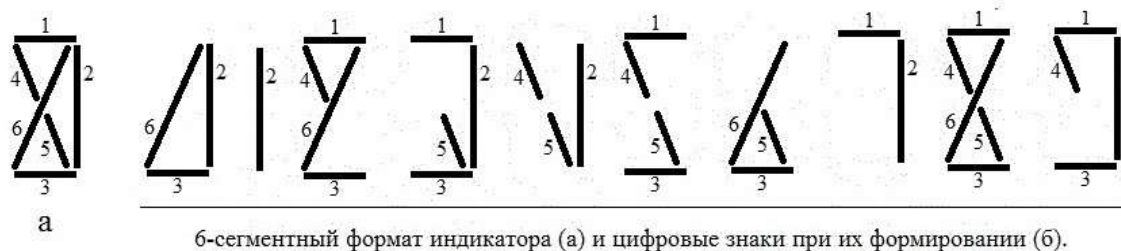
Криволинейные участки арабских цифр при отображениях их на электронных индикаторах заменены прямыми линиями, что позволило разбить каждую арабскую цифру (цифровой знак) на сегменты:

0123456789

Сегментный способ отображения арабских цифр лишил их некоторой привычности начертания, но обеспечил высвечивание всех цифровых знаков от 0 до 9 в одной и той же плоскости в формате, представленном начертанием цифры 8 (рис.3 - семисегментный вакуумный люминесцентный индикатор типа ИВ-3 - /4/).

Это привело к лучшему восприятию цифровой информации, особенно на многозначных электронных табло. Сокращение числа элементов отображения индикатора с 10 (по числу катодов газоразрядного знакового индикатора ИН-8 – рис.2) до 7 (по числу сегментов в цифровом формате семисегментного вакуумного люминесцентного индикатора типа ИВ-3) привело к сокращению числа линий связей с источником сигнала управления. При переходе от применения вакуумных люминесцентных семисегментных индикаторов (например, ИВ-3) к применению полупроводниковых знаковосинтезирующих индикаторов (например, АЛС324А /4/) значительно снижается объем использованной аппаратуры управления (рис.4). Однако число элементов формата индикатора и число линий связи с источником информации осталось большим и равным 7. Относительно высокое энергопотребление и высокая стоимость /5/ полупроводниковых ЗСИ (ПП ЗСИ) объясняется в частности большим числом элементов в отображаемых знаках, обусловленное их начертанием. Большое число элементов отображения в цифровых знаках, которое обуславливает большие габаритные размеры индикаторов, тормозят дальнейшую миниатюризацию электронных устройств с числовой информацией на выходе. Для расширения областей применения полупроводниковых ЗСИ необходимо добиться снижения потребляемой мощности, снижения общей стоимости и габаритных размеров их при сокращении числа элементов в формате индикатора. При этом сокращение числа элементов в формате индикатора не должно сказываться на ухудшении **восприятия цифровых знаков**.

Важным требованием к цифровым индикаторам является требование наглядности и привычности отображаемой информации, которое определяется предполагаемым составом операторов (наблюдателей). Когда с аппаратурой, содержащей средства отображения цифровой информации, могут работать операторы, прошедшие различную подготовку, неизбежно отображение информации, понятной только специалистам.



6-сегментный формат индикатора (а) и цифровые знаки при их формировании (б).

Рис. 5

Так, например, при шестисегментном отображении цифровые знаки с удовлетворительной привычностью начертания (рис.5а, б -/5/) на основе цифр арабского

происхождения требуют при чтении специальной подготовки операторов для их опознания. Снижение числа элементов отображения ухудшило восприятие цифровых знаков.

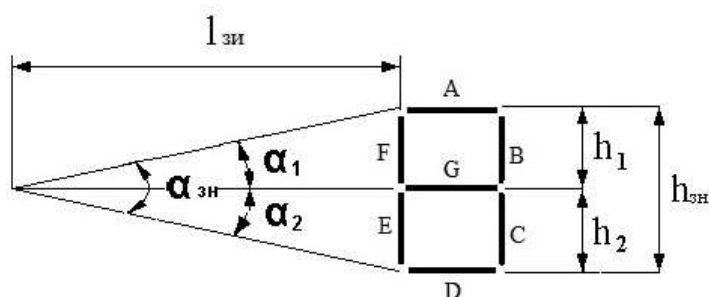
Возможность восприятия отображаемой информации с заданных расстояний наблюдения является одним из важнейших требований к цифровому индикатору.

Исходя из этого требования, основными конструктивными параметрами элемента индикации являются размер знака по высоте, расстояние наблюдения и угловой размер знака (рис.6а).

Эти величины при фронтальном наблюдении элемента индикации связаны следующим соотношением:

$$\alpha_{\text{зн}} = 2 \arctg(h_{\text{зн}}/2l_{\text{зи}}),$$

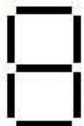
где $\alpha_{\text{зн}}$ – угловой размер знака; $h_{\text{зн}}$ – размер знака по высоте; $l_{\text{зи}}$ – расстояние наблюдения элемента индикации /5/.



Угловые размеры знаков 7-сегментного формата.

а

7-сегментный
формат



б



в

7-сегментный формат (б) и на его основе цифровые знаки арабского происхождения (в).

Рис. 6

Угловой размер знака, таким образом, определяется как угол между прямыми линиями, проведенными от глаза наблюдателя к крайним по высоте точкам знака /2/.

Рассматривая цифровые знаки (рис.6в), формируемые на семисегментном формате индикатора (рис.6б) видим, что приведенное соотношение справедливо лишь для цифр 0, 1, 7, при отображении которых не высвечивается средний горизонтальный сегмент G.

Для остальных цифр (2, 3, 4, 5, 6, 8, 9), при отображении которых высвечивается сегмент G, разделяющий общий размер знака по высоте на два составляющих размера h_1 и h_2 , справедливо соотношение:

$$\alpha_1 = 2 \arctg(h_1/2l_{\text{зи}}), \quad \alpha_2 = 2 \arctg(h_2/2l_{\text{зи}}),$$

где $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_{\text{зн}}/2$; $h_1 = h_2 = h_{\text{зн}}/2$,

$l_{\text{зи}}$ – расстояние от точки наблюдения до знака индикатора.

Т.о., угловой размер знака, хотя и равен сумме двух угловых размеров двух половин знака, однако восприятие отображаемой информации в данном случае ухудшается.

В этом случае рассматриваем фактически два знака (А, В, G, F и G, C, D, E), имеющие каждый свой угловой размер:

$$\alpha_1 \text{ или } \alpha_2 ,$$

т.е. эффективный угловой размер знака с точки зрения наблюдателя при рассмотрении цифровых знаков 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9 равен угловому размеру **верхней** или **нижней** половины **семисегментного** знака индикатора /6/:

$$\alpha_{\text{зн эф}} = \alpha_1 = \alpha_2 = 2\arctg(h_1/2l_{\text{зн}})$$

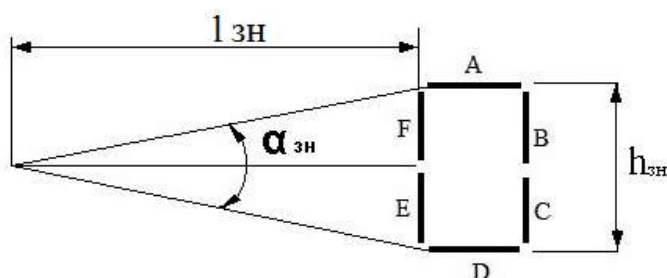
или в два раза меньше углового размера знака.

Так, например, если семисегментный формат индикатора находится на таком расстоянии от наблюдателя, при котором угловые размеры каждой из двух половин цифрового знака будут, скажем, менее 1' (одной минуты), возможность восприятия каждой половины знака будет затруднено. Средний сегмент G достаточно близко «приблизится» одновременно и к сегменту А и к сегменту D.

Таким образом, эффективный угловой размер цифрового знака для семисегментного формата индикатора, при формировании которого присутствует средний горизонтальный сегмент G, определяется как угол между лучами, направленными от глаза наблюдателя к крайним по высоте точкам каждого из вертикальных сегментов цифрового знака.

Если убрать сегмент G из рассмотрения (рис.6в), не изменяя расстояния наблюдения, то оказывается, что угловой размер знака (например, для цифры 0 семисегментного формата) не изменяется и остается прежним и равным 2' (двум минутам).

Возможность восприятия цифрового знака улучшилось, т.е. фактически увеличился вдвое эффективный угловой размер цифровых знаков, в которых отсутствует средний горизонтальный сегмент G.



Угловой размер знаков для 7-сегментного формата, без среднего горизонтального сегмента.

а

6-сегментный
формат



б



в

6-сегментный формат на основе 7-сегментного формата без среднего горизонтального сегмента (б), и формирование цифровых знаков 6-сегментного формата.

Рис. 7

Для **6-сегментного** формата (рис.7а) при формировании цифровых знаков (рис.7в) вертикальные сегменты, расположенные на одной стороне его формата высвечиваются одновременно (4-позиционное управление форматом индикатора). Число линий связи с источником информации снизилось почти в два раза.

Эффективный угловой размер для всех отображаемых цифровых знаков 6-сегментного формата (рис.7в) будет один и тот же и равен:

$$\alpha_{\text{зн}} = \alpha_{\text{зн эф}} = 2\arctg(h_{\text{зн}}/2l_{\text{зн}}),$$



Электронные часы. Рис. 8

т.е. в два раза больше, чем для цифровых знаков 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9 семисегментного формата (рис. 6в).

Начертания знаков на основе как 7-сегментного, так и 6-сегментного форматов использовано при построении **электронных часов** (рис.8) на базе семисегментного индикатора. **Электронные часы** работают, как в 7-позиционном режиме, так и энергосберегающем 4-позиционном (6-сегментном) режиме /6, 7, 8, 9/. С переходом на 4-позиционное (6-сегментное) управление увеличивается дальность расстояния наблюдения. Для 6-сегментного формата индикатора (рис.7а) расстояние наблюдения при формировании цифровых знаков (рис.7в - /6/) и при размере их по высоте равным размеру знаков по высоте (рис.7в) 7-сегментного формата (рис.6а, рис.6б) будет вдвое большим.

Эффективным угловым размером по высоте /6/, равным угловому размеру знаков семисегментного формата при вдвое большем их размере по высоте, обладают знаки, представленные цифровым алфавитом (рис.9в) на основе **4-сегментного** формата индикатора (рис.9б), полученного из верхней или нижней половины 7-сегментного формата (рис.6а) его:

$$\alpha_{\text{зн эф}} = \alpha_1 = 2\arctg(h_1/2l_{\text{зн}}).$$

Расстояния наблюдения цифровых знаков 7-сегментного формата (рис.6в) и 4-сегментного формата (рис.9в) при вдвое меньшем размере их по высоте будут одинаковы.

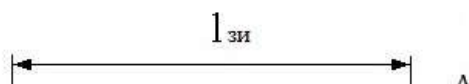


Таблица №1

Высота знака, мм	Расстояние наблюдения, м									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
1.0	34' 24"	17' 12"	11' 26"	8' 56"	6' 32"	5' 44"	4' 56"	4' 18"	3' 50"	3' 26"
1.5	51' 34"	25' 47"	17' 12"	12' 54"	10' 20"	8' 36"	7' 22"	6' 27"	5' 44"	5' 10"
2.0	68' 56"	34' 24"	22' 52"	17' 12"	13' 44"	11' 28"	9' 52"	8' 36"	7' 40"	6' 52"
2.5	85' 56"	41' 42"	28' 40"	21' 30"	17' 12"	14' 22"	12' 16"	10' 44"	9' 34"	8' 36"
3.0	103' 06"	51' 34"	34' 24"	25' 48"	20' 40"	17' 12"	14' 44"	12' 54"	11' 28"	10' 20"
3.5		60' 10"	40' 06"	30' 06"	24' 04"	20' 04"	17' 12"	15' 02"	13' 22"	12' 02"
4.0		68' 56"	45' 44"	34' 22"	27' 28"	22' 56"	19' 44"	17' 12"	15' 20"	13' 44"
4.5			51' 34"	38' 40"	30' 56"	25' 48"	22' 06"	19' 20"	17' 12"	15' 28"
5.0			57' 22"	42' 42"	34' 24"	28' 38"	24' 36"	21' 21"	19' 03"	17' 12"
5.5			63' 02"	47' 16"	37' 44"	31' 30"	27' 00"	23' 38"	21' 00"	18' 54"
6.0			68' 48"	51' 36"	41' 20"	34' 22"	29' 28"	25' 48"	22' 56"	20' 40"
6.5				55' 52"	44' 20"	37' 14"	31' 56"	27' 56"	24' 50"	22' 10"
7.0				60' 10"	48' 08"	40' 08"	34' 24"	30' 04"	26' 44"	24' 04"
7.5				64' 32"	51' 36"	42' 58"	36' 50"	32' 14"	28' 40"	25' 48"

Угловые размеры знаков по высоте.

Рис.10

По таблице №1 /5/ «Угловые размеры знаков по высоте» (рис.10) можно определить расстояние наблюдения того или иного размера знака по высоте.

Для семисегментного формата при высоте знака равным 2мм угловой размер его равен 68'56" (рис.10, таблица №1, строка 3, колонка 2). Но **эффективный угловой размер** цифровых знаков (рис.6в) семисегментного формата в два раза меньше и равен 34'24". С таким угловым размером воспринимается верхняя или нижняя половина знака, например, цифры 8, с высотой ее равной 1мм при расстоянии наблюдения равным 0.1м (рис.10, таблица №1, строка 1, колонка 2).

С точно такого же расстояния наблюдения равным 0.1м при угловом размере равным 34'24" равным эффективному угловому размеру рассматриваются цифровые знаки (рис.9в) 4-сегментного формата индикатора (рис.9б) при вдвое меньшей высоте их (рис.10, таблица №1, строка 1, колонка 2).

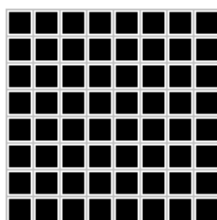
В то же время, для знаков шестисегментного формата индикатора (рис.7в) при высоте их равным 2 мм угловой размер знаков равен 68'56" (рис.10, таблица № 1, строка 3, колонка 2) и соответствует их эффективному угловому размеру. Расстояние наблюдения знаков увеличивается в два раза при угловом размере их равным эффективному угловому размеру знаков (34'24") семисегментного формата (рис.10, таблица №1, строка 3, колонка 3).

Однако, при одном и том же угловом размере знаков, даже в пределах одного и того же алфавита, **восприятие** их различно. Максимально возможному улучшению восприятию знаков цифрового алфавита посвящены материалы данной статьи.

Под **восприятием** понимают процесс целостного отражения предметов, возникающий при непосредственном воздействии физических раздражителей (стимулов) на рецепторные поверхности органов чувств. Этот многоуровневый процесс, заканчивающийся формированием чувственного образа, включает следующие стадии: **обнаружение, различение, идентификация, опознание** /3/.

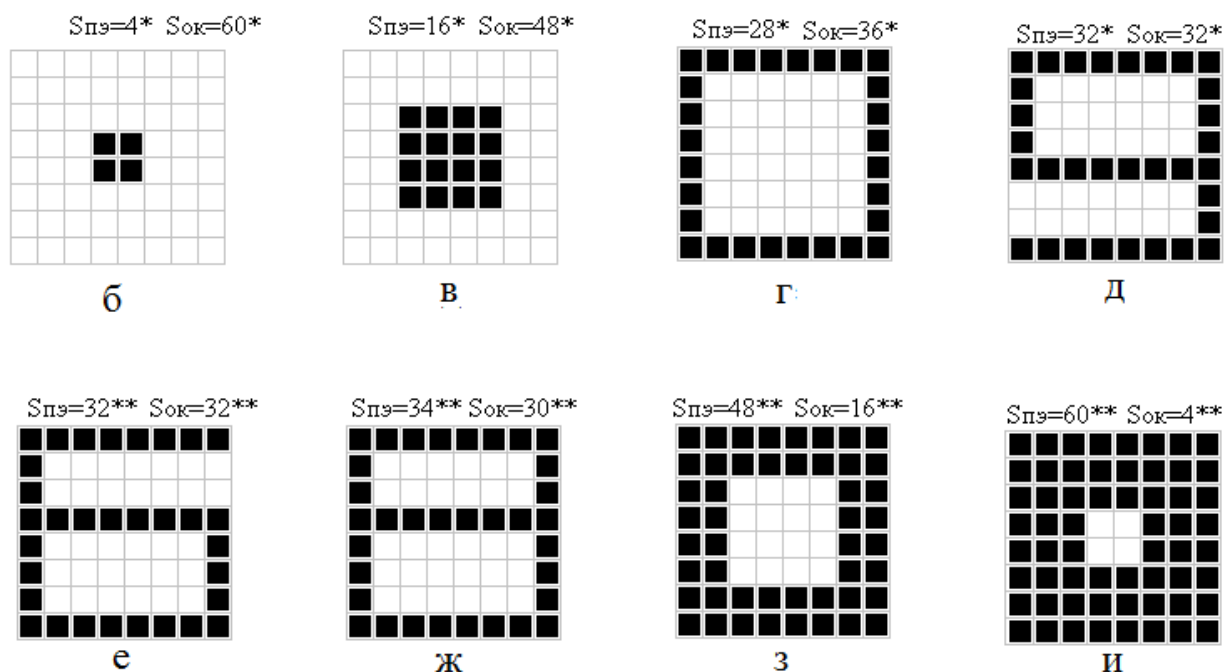
Величина эквивалентной площади обнаружения знака /10/

Обнаружение – стадия восприятия, на которой оператор выделяет объект из фона. При этом устанавливается лишь наличие сигнала в поле зрения без оценки его формы и признаков. /3/. Для количественной оценки восприятия знаков на стадии обнаружения без оценки его формы и признаков воспользуемся габаритными размерами информационного поля матричного индикатора (рис.11а) с видом матрицы 8×8 ($8 \times 8 = 64 \text{ мм}^2$) типа КИПГО2А-8х8Л /4/ без учета промежутков между точечными элементами и при габаритном размере точечного элемента принятого равным 1 мм^2 .



Матричный индикатор КИПГО2А-8/8Л с видом матрицы 8×8 .

а



Расположение на информационном поле матричного индикатора КИПГО2А-8/8 знаков (или фигур) для определения эквивалентной площади обнаружения знака.

Рис. 11

Матричный метод отображения, для удобства вычислений, позволит наглядно, не проставляя размеров на фигурах, зная линейные размеры точечных элементов (без учета промежутков между ними), определить:

габаритные размеры формата знака ($S_{зн} = n \times m$) по числу точечных элементов, расположенных по ширине (n) и высоте (m) его;

величину площади, занимаемую контуром знака из числа высветившихся точечных элементов ($Stэ$) формата индикатора;

величину площади «окна» знака ($Sок$) из числа не высветившихся точечных элементов формата индикатора.

$Stэ < Sок$ Таблица №2

№ рис.	$Stэ$	$Sок$	$Stэ : Sок$	$Sобн$
	мм ²	мм ²	—	мм ²
—	0	64	0	0
—	2	62	0.03	1.94
рис. 11б	4*	60*	0.07*	3.75*
—	6	58	0.10	5.44
—	8	56	0.14	7.00
—	10	54	0.18	8.44
—	12	52	0.23	9.75
—	14	50	0.28	10.94
рис. 11в	16*	48*	0.33*	12.00*
—	18	46	0.39	12.94
—	20	44	0.45	13.75
—	22	42	0.52	14.44
—	24	40	0.60	15.00
—	26	38	0.68	15.44
рис. 11г	28*	36*	0.78*	15.75*
—	30	34	0.88	15.94
рис. 11д	32*	32*	1.00*	16.00*

Таблица №2 для построения возрастающей кривой величины эквивалентной площади различения знака.

$$Sф = Stэ + Sок$$

$$Sобн = (Stэ \times Sок) : Sф$$

Рис. 12

Придавая величине площади из высветившихся точечных элементов ($Stэ$) формата индикатора, значения от 0 до 64 мм² (используется все информационное поле индикатора КИПГО2А-8х8Л) дискретно через 2 мм² (рис.11б-рис.11и), без учета расстояния между точечными элементами, можно проследить зависимость отношения ($Stэ/Sок$) величины площади из высветившихся точечных элементов формата индикатора ($Stэ$) к величине площади его «окна» из не высветившихся точечных элементов ($Sок$), от величины площади, занимаемой точечными элементами ($Stэ$).

И обратную зависимость – отношение ($Sок/Stэ$) величины площади «окна» из не высветившихся точечных элементов ($Sок$) к величине площади из высветившихся точечных элементов ($Stэ$) от величины площади высветившихся точечных элементов ($Stэ$).

Величину площади, занимаемую «окном» знака ($S_{ок}$) из не высветившихся точечных элементов, вычисляем по формуле $S_{ок} = S_{ф} - S_{тэ}$, где $S_{ф}$ – величина площади формата индикатора, равная 64 мм^2 ($S_{ф} = S_{тэ} + S_{ок}$).

На рис.11б – рис.11и отображено заполнение информационного поля произвольными знаками или фигурами с определенной величиной площади ($S_{тэ}$), кратной 2 мм^2 , занимающей высветившимися точечными элементами.

Для каждой пары величин $S_{тэ}$ и $S_{ок}$, при постоянной величине площади формата ($S_{ф} = S_{тэ} + S_{ок}$), находим отношение $S_{тэ}/S_{ок}$ (при условии $S_{тэ} < S_{ок}$) и все цифровые данные заносим в таблицу №2 (рис.12). По данным таблицы №2 построен возрастающий участок АВСМ (рис.13) кривой (от нуля до точки М) зависимости величины отношения $S_{тэ}/S_{ок}$ (рис.13) от величины площади высветившихся точечных элементов отображения знака ($S_{тэ}$). Точки А, В, С, М кривой соответствуют значениям величин площади высветившихся точечных элементов, отображенных на рис.11б – рис.11д, соответственно.

В таблице №2 эти точки отмечены «звездочками».

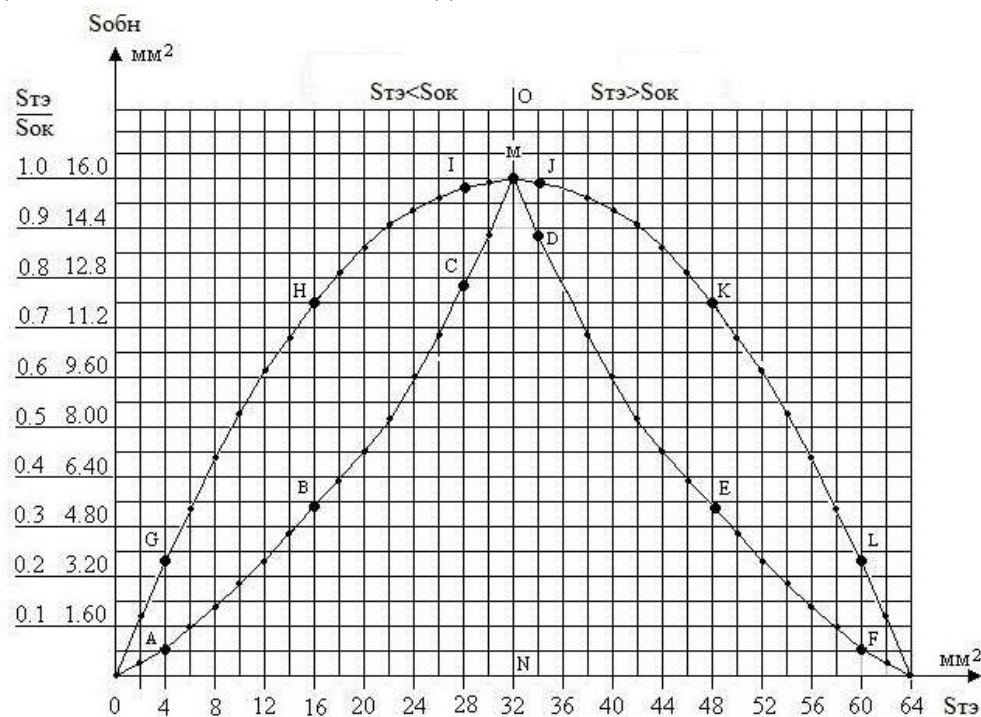


График изменения возможности обнаружения знака (кривая ABCMDEF) в относительных единицах и график изменения величины эквивалентной площади различения знака (кривая GHIMJKL) в единицах площади.

Рис. 13

Максимальное значение величины отношения $S_{тэ}/S_{ок}$ равно 1 (точка М), достигаемое при равенстве величины площади (рис.11д) из высветившихся точечных элементов и величины площади «окна» ($S_{тэ} = S_{ок} = 32 \text{ мм}^2$) из не высветившихся точечных элементов. Величина отношения $S_{тэ}/S_{ок}$ характеризует возможность обнаружения контура знака ($S_{тэ}$) из высветившихся точечных элементов без оценки его формы. И чем больше эта величина (при $S_{тэ} < S_{ок}$), тем возможность обнаружения знака выше. На возрастающем участке кривой ABCMDEF (рис.13) возможность обнаружения знака увеличивается (рис.11а-рис.11д), когда меньшая величина площади знака из высветившихся точечных элементов ($S_{тэ} = 0 \text{ мм}^2 - 32 \text{ мм}^2$) выделяется на фоне большей величины площади «окна» его ($S_{ок} = 64 \text{ мм}^2 - 32 \text{ мм}^2$) из не высветившихся точечных элементов.

В точке М кривой (при $S_{тэ} = S_{ок}$) величина отношения $S_{тэ}/S_{ок}$ равна обратной величине этого отношения $S_{ок}/S_{тэ}$ (рис.11д, рис.11е), которая также характеризует возможность обнаружения знака из высветившихся точечных элементов. В этой точке возможность обнаружения знака максимальна ($S_{тэ} = S_{ок}$).

Для построения убывающего участка кривой (рис.13), для каждой пары величин St_3 и $S_{ок}$ ($St_3 > S_{ок}$), находим величину отношения $S_{ок}/St_3$ (при $S_{ок} < St_3$) и все цифровые данные заносим в таблицу №3 (рис.14). По данным таблицы №3 построен убывающий участок MDEF кривой (от точки М вправо до 0) зависимости величины отношения $S_{ок}/St_3$ от величины площади из высветившихся точечных элементов отображения знака (St_3). Точки М, D, E, F кривой соответствуют значениям величины площади из высветившихся точечных элементов, отображенных на рис.11е–рис.11и, соответственно. В таблице №3 эти точки отмечены двумя звездочками.

На убывающем участке кривой ABCMDEF (от точки М вправо до 0) возможность обнаружения контура знака уменьшается (рис.11е - рис.11и) при уменьшении площади «окна» ($S_{ок}=32 \text{ мм}^2-0$) из не высветившихся точечных элементов.

Все более выявляется величина площади «окна» из не высветившихся точечных элементов на фоне большей величины площади из высветившихся точечных элементов ($St_3 = 32 \text{ мм}^2 - 64 \text{ мм}^2$).

Таблица №3				
$St_3 > S_{ок}$				
№ рис.	St_3	$S_{ок}$	$S_{ок} : St_3$	$S_{обн}$
—	мм^2	мм^2	—	мм^2
рис. 11е	32**	32**	1.00**	16.00**
рис. 11ж	34**	30**	0.88**	15.94**
—	36	28	0.78	15.75
—	38	26	0.68	15.44
—	40	24	0.60	15.00
—	42	22	0.52	14.44
—	44	20	0.45	13.75
—	46	18	0.39	12.94
рис. 11з	48**	16**	0.33**	12.00**
—	50	14	0.28	10.94
—	52	12	0.23	9.75
—	54	10	0.18	8.44
—	56	8	0.14	7.00
—	58	6	0.10	5.44
рис. 11и	60**	4**	0.07**	3.75**
—	62	2	0.03	1.94
—	64	0	0	0

Таблица №3 для построения убывающей кривой величины эквивалентной площади различения знака.

$$S_{\phi} = St_3 + S_{ок}$$

$$S_{обн} = (St_3 \times S_{ок}) : S_{\phi}$$

Рис. 14

Кривая ABCMDEF, состоящая из возрастающего и убывающего участков, характеризует возможность обнаружения контура знака в зависимости от соотношений:

а. величины площади из высветившихся точечных элементов контура знака к величине площади «окна» его ($Stэ/Sок$) из не высветившихся точечных элементов на возрастающем участке кривой при $Stэ < Sок$ от 0 до 1 (увеличивается возможность обнаружения контура знака);

б. величины площади «окна» из не высветившихся точечных элементов к величине площади из высветившихся точечных элементов ($Sок/Stэ$) на убывающем участке кривой при $Sок < Stэ$ от 1 до 0 (уменьшается возможность обнаружения контура знака).

Симметричная форма двух участков общей кривой относительно прямой (OMN), проходящей через точку М перпендикулярно оси абсцисс подтверждает равнозначность отношения величин $Stэ/Sок$ и $Sок/Stэ$ по возможности обнаружения контура знака, расположенные по разные стороны от оси симметрии.

Максимальной возможностью обнаружения контура знака (точка М на кривой) является условие, при котором величина площади контура знака из высветившихся точечных элементов равна величине площади его «окна» ($Stэ=Sок$) из не высветившихся точечных элементов. И, следовательно, отношение величины площади контура знака из высветившихся точечных элементов ($Stэ$) к величине площади «окна» его ($Sок$) из не высветившихся точечных элементов равно 1 ($Stэ/Sок=1$). Или, что тоже самое, равно 1 отношение величины площади «окна» знака из не высветившихся точечных элементов к величине площади контура его из высветившихся точечных элементов ($Sок/Stэ=1$). Только при достижении равенства значений величин площади «окна» из не высветившихся точечных элементов и площади из знака высветившихся точечных элементов ($Stэ=Sок$), возможность обнаружения знака максимальна ($Stэ/Sок=1$).

Точка М кривой (рис.13), в которой соблюдено условие равенства величины площади контура знака из высветившихся точечных элементов и величины площади «окна» его ($Stэ=Sок=32 \text{ мм}^2$) из не высветившихся точечных элементов, отображена результатами вычислений ($Stэ/Sок$ и $Sок/Stэ$), относящихся к рис.11ж и рис.11е. В двух таблицах №2 и №3 (рис.12, рис.14) эти результаты отмечены одной и двумя «звездочками», соответственно.

Подобным же образом построена кривая GHIMJKL (рис.13). Для построения этой кривой выбран другой метод, который отличается тем, что функция равная произведению аргументов ($Stэ \times Sок$), деленному на сумму этих аргументов ($Stэ+Sок$), выражена величиной с размерностью площади (мм^2).

Т.е. числовые значения функции показывают не просто возможность обнаружения контура знака в относительных величинах, а показывают величину эквивалентной площади обнаружения ($Sобн$) контура знака в каждой точке кривой. Кривая GHIMJKL, отображающая функцию $Sобн=(Stэ \times Sок):(Stэ+Sок)$ в зависимости от величины $Stэ$, соответствует в каждой точке конкретной величине эквивалентной площади обнаружения ($Sобн$) контура знака в пределах формата индикатора с видом матрицы 8x8.

Максимум кривой GHIMJKL в точке М совпадает с максимумом кривой ABCMDEF в той же точке М при выбранном масштабе по оси ординат. В этой точке при равенстве величины площади из высветившихся точечных элементов отображения контура знака и величины площади «окна» его ($Stэ=Sок=32 \text{ мм}^2$) из не высветившихся точечных элементов достигается максимальная возможность обнаружения контура знака ($Stэ/Sок=Sок/Stэ=1$). Причем максимальная возможность обнаружения контура знака подтверждается конкретной, имеющей размерность (мм^2), **величиной эквивалентной площадью обнаружения контура знака ($Sобн$): $Sобн=(Stэ \times Sок):(Stэ+Sок)$.**

Результаты вычислений величины эквивалентной площади обнаружения контура знака, по которым построена кривая GHIMJKL, записаны в таблицу №2 (рис.12, колонка 5) и таблицу №3 (рис.14, колонка 5). На кривой увеличенными точками G, H, I и J, K, L показаны результаты вычислений, относящиеся к рис.11б - рис.11д и рис.11е - рис.11и, соответственно, а в таблице № 2 (рис.12) и таблице №3 (рис.14) эти результаты вычислений выделены одной и двумя «звездочками».

В таблице №2 (рис.12) результаты вычислений отображают величину эквивалентной площади обнаружения ($S_{обн}$) контура знака, занимаемую высвеченными точечными элементами его (рис.11б - рис.11д) на фоне большей величины площади «окна» из не высветившихся точечных элементов при $Stэ < S_{ок}$.

В таблице №3 результаты вычислений отображают величину эквивалентной площади обнаружения ($S_{обн}$) контура знака (рис.11е-рис.11и), занимаемую высвеченными точечными элементами его на фоне меньшей величины площади «окна» из не высветившихся точечных элементов при $S_{ок} < Stэ$. Точка М, в которой соблюдено условие равенства величины площади из высветившихся точечных элементов и величины площади «окна» ($Stэ = S_{ок} = 32 \text{ мм}^2$) из не высветившихся точечных элементов, отображена результатами вычислений эквивалентной площади обнаружения контура знака, относящихся к рис.11д и рис.11е.

В двух таблицах №2 и №3 (рис.12, рис.14, соответственно) эти результаты отмечены одной и двумя «звездочками».

Кривая GHIMJKL характеризует изменение величины эквивалентной площади обнаружения контура знака в зависимости от соотношений:

1. величины площади контура знака из высветившихся точечных элементов к величине площади «окна» его ($Stэ < S_{ок}$) из не высветившихся точечных элементов;

2. величины площади «окна» знака из не высветившихся точечных элементов к величине площади контура знака из высветившихся точечных элементов ($S_{ок} < Stэ$).

В первом случае, величина эквивалентной площади обнаружения контура знака увеличивается (рис.11б - рис.11д) на возрастающем участке GHIM кривой ($Stэ < S_{ок}$) от нуля до точки М (рис.13), при увеличении площади из высветившихся точечных элементов. Фактически обнаруживается в поле зрения величина эквивалентной площади контура знака из высветившихся точечных элементов на фоне площади «окна» из не высветившихся точечных элементов.

Во втором случае, величина эквивалентной площади обнаружения контура знака из высветившихся точечных элементов уменьшается (рис.11е-рис.11и) на убывающем участке кривой MJKL ($S_{ок} < Stэ$), начиная с точки М при увеличении площади «окна» из не высветившихся точечных элементов. Фактически обнаруживается в поле зрения величина эквивалентной площади «окна» из не высветившихся точечных элементов на фоне большей площади контура знака из высветившихся точечных элементов.

Максимальная величина эквивалентной площади обнаружения при постоянной площади формата индикатора достигается при равенстве величины площади контура знака из высветившихся точечных элементов и величины площади «окна» его ($Stэ = S_{ок} = 32 \text{ мм}^2$) из не высветившихся точечных элементов.

При других соотношениях величины площади из высветившихся точечных элементов и величины площади «окна» из не высветившихся точечных элементов величина эквивалентной площади обнаружения контура знака будет меньше.

Если из рис.11б, например, видно, что величина площади контура знака из высветившихся точечных элементов равна 4 мм^2 ($Stэ = 4 \text{ мм}^2$), а величина площади «окна» из не высветившихся точечных элементов равна 60 мм^2 ($S_{ок} = 60 \text{ мм}^2$), то результаты вычислений величины эквивалентной площади обнаружения ($S_{обн}$) контура знака (рис.12, таблица №2, строка 3, колонка 5) показывают 3.75 мм^2 (при $S_{ок} < Stэ$). Фактически обнаруживается в поле зрения величина эквивалентной площади знака из высветившихся точечных элементов на фоне ограниченной площади «окна» из не высветившихся точечных элементов. Несоответствие величины площади знака, представленной на рис.11б ($Stэ = 4 \text{ мм}^2$), с результатом вычислений по формуле ($S_{обн} = 3.75 \text{ мм}^2$) объясняется относительностью восприятия малой величины площади знака ($Stэ$) из высветившихся точечных элементов на ограниченной по величине площади «окна» из не высветившихся точечных элементов.

Так, например, если сохранить величину площади контура знака ($Stэ$) из высветившихся точечных элементов, равной 4 мм^2 и увеличить площадь «окна» его ($Sок$) из не высветившихся точечных элементов, скажем, в 10 раз ($Sок = 600 \text{ мм}^2$), увеличив при этом габаритный размер формата знака ($Sф$), то результат вычисления эквивалентной площади обнаружения знака приблизится к указанной на рис.11б величине площади знака из высветившихся точечных элементов равной 4 мм^2 :

$$S_{обн} = (Stэ \times S_{ок}) / (Stэ + S_{ок}) = (600 \times 4) : (600 + 4) = 3.97 \text{ мм}^2.$$

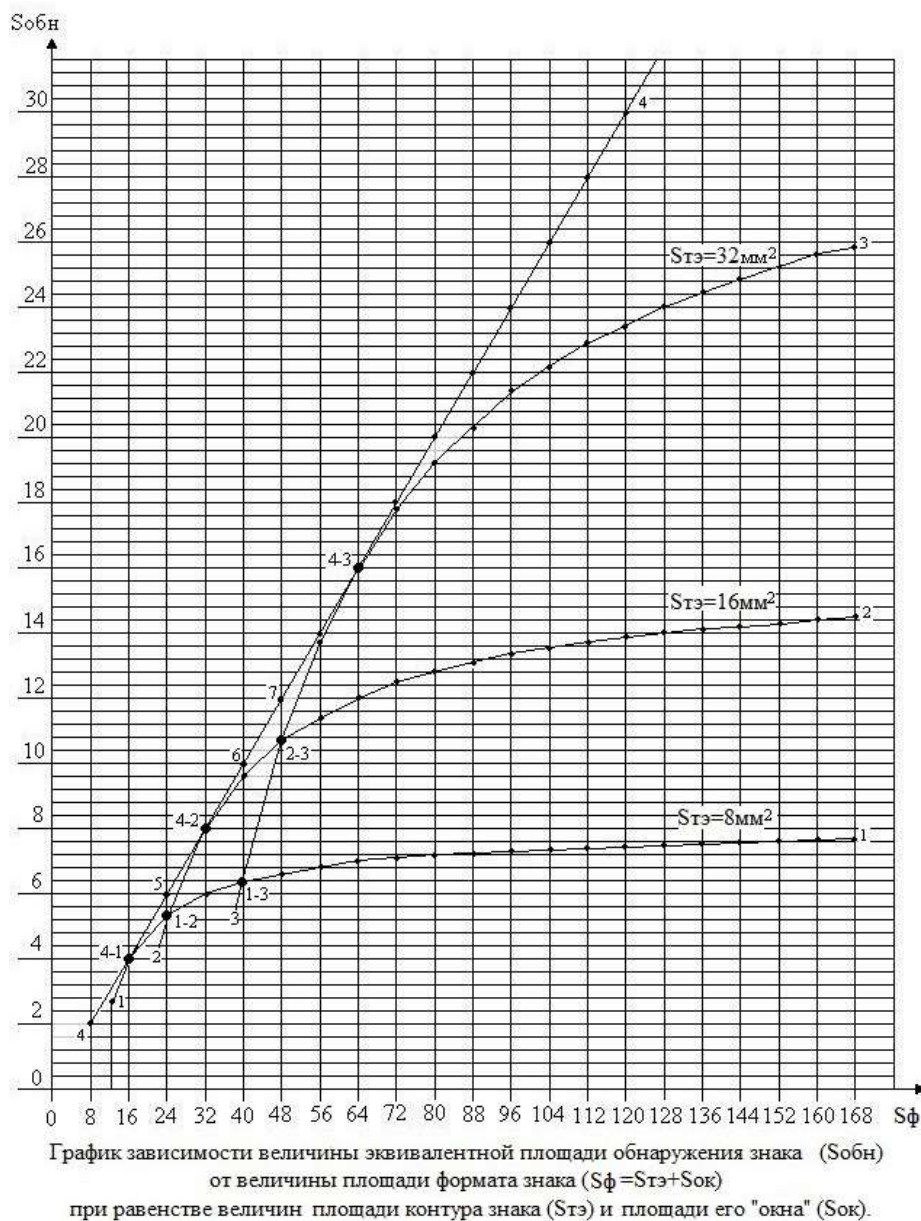


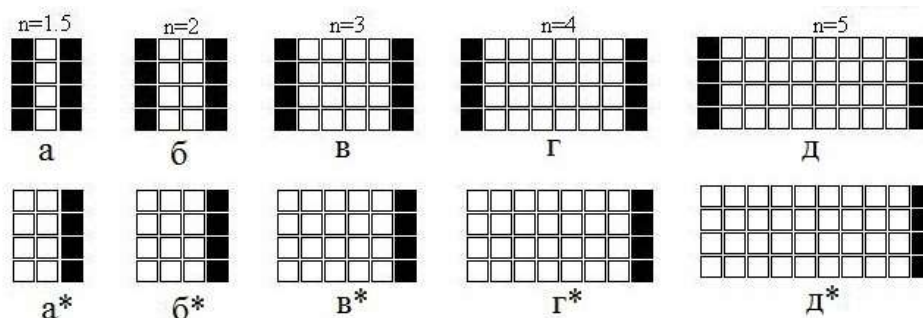
Рис. 15

Точно также, если на рис.11и величина площади «окна» знака из не высветившихся точечных элементов равна 4 мм^2 , а величина площади контура знака из высветившихся точечных элементов равна $Stэ = 60 \text{ мм}^2$, то величина эквивалентной площади обнаружения контура знака (рис.14, таблица №3, строка 3 снизу, колонка 5) будет меньше ($S_{обн} = 3.75 \text{ мм}^2$) величины площади из высветившихся точечных элементов ($Stэ = 4 \text{ мм}^2$).

$$S_{обн} = (Stэ \times S_{ок}) / (Stэ + S_{ок}) = (60 \text{ мм}^2 \times 4 \text{ мм}^2) : (60 \text{ мм}^2 + 4 \text{ мм}^2) = 3.75 \text{ мм}^2.$$

При увеличении площади «окна» знака из не высветившихся точечных элементов, например, до 600 мм^2 , при сохраненной величине площади контура его из высветившихся точечных элементов ($Stэ = 4 \text{ мм}^2$), увеличив при этом габаритный размер формата знака ($S_{ф}$), величина эквивалентной площади обнаружения контура знака также увеличится,

приближаясь к величине площади из высветившихся точечных элементов, отображенной на рис. 11и: $S_{обн}=(S_{тэ} \times S_{ок}):(S_{тэ} + S_{ок}) = (4 \times 600):(4+600) = 3.97 \text{ мм}^2$ (рис.14, таблица №3, строка 3 снизу).



Фрагменты цифровых знаков (а-д, а*-д*) в виде вертикальных линий из точечных элементов, расположенных на разных расстояниях друг от друга, для определения разрешающей способности знака по ширине его.

№ рисунка	Стэ=8мм ²					Стэ*=4мм ²					Таблица №4
	Сок мм ²	Собн мм ²	а мм	б мм	Кр.с.ш. а/б	Сок* мм ²	Собн-1 мм ²	Собн-2 мм ²	Кр.с.ш. Собн-1 Собн-2	Срзл мм ²	
а, а*	4	2.67	2	1	2.00	8	2.67	1.33	2.00	1.33	
б, б*	8**	4.00**	3	2	1.50	12	3.00	2.00	1.50	2.67	
—	12	4.80	4	3	1.33	16	3.20	2.40	1.33	3.61	
в, в*	16*	5.33*	5	4	1.25	20	3.33	2.67	1.25	4.26	
—	20	5.71	6	5	1.20	24	3.43	2.86	1.20	4.76	
г, г*	24	6.00	7	6	1.17	28	3.50	3.00	1.17	5.13	
—	28	6.22	8	7	1.14	32	3.56	3.11	1.14	5.46	
д, д*	32*	6.40*	9	8	1.125	36	3.60	3.20	1.125	5.69	
—	36	6.54	10	9	1.111	40	3.64	3.27	1.111	5.89	
—	40	6.67	11	10	1.099	44	3.67	3.34	1.099	6.07	
—	60	7.06	16	15	1.067	64	3.76	3.53	1.067	6.62	
—	64	7.11	17	16	1.062	68	3.78	3.56	1.062	6.69	
—	68	7.16	18	17	1.059	72	3.79	3.58	1.059	6.76	
—	72	7.20	19	18	1.056	76	3.80	3.60	1.056	6.82	
—	80	7.27	21	20	1.050	84	3.82	3.64	1.050	6.92	
—	100	7.41	26	25	1.040	104	3.85	3.70	1.040	7.12	
—	120	7.50	31	30	1.033	124	3.88	3.75	1.034	7.25	
—	160	7.62	41	40	1.025	164	3.90	3.81	1.024	7.44	
—	4000	7.984	1001	1000	1.001	4004	3.996	3.992	1.001	7.976	

$$S_{ф}=S_{тэ}+S_{ок}$$

е

$$S_{ф}^*=S_{тэ}^*+S_{ок}^*$$

$$S_{обн}=(S_{тэ} \times S_{ок}) : S_{ф}$$

$$S_{обн-1}=(S_{тэ}^* \times S_{ок}^*) : S_{ф}^*$$

$$S_{обн-2}=S_{обн} : 2$$

$$S_{рзл}=S_{обн} : K_{р.с.ш.}$$

Таблица величин параметров фрагментов цифровых знаков (Собн, Кр.с.зн, Срзл) по ширине их в зависимости от расстояния между параллельно расположенными вертикальными линиями из точечных элементов.

Рис. 16

Проследить зависимость величины эквивалентной площади обнаружения контура знака ($S_{обн}$) от величины площади формата знака ($S_{ф}=S_{тэ}+S_{ок}$), при постоянной величине площади из высветившихся точечных элементов ($S_{тэ}$) с изменением величины площади «окна» из не высветившихся точечных элементов, можно с помощью графика (рис.15).

Три кривые 1-1, 2-2, 3-3 построены по данным таблиц №4, №5, №6 (рис.16е, рис.17е, рис.18е, соответственно). Величина площади «окна» из не высветившихся точечных элементов ($S_{ок}$) и величина эквивалентной площади обнаружения контура знака $S_{обн} = (S_{тэ} \times S_{ок}) : (S_{тэ} + S_{ок})$ занесены во 2 и в 3 колонки этих таблиц, при постоянной величине площади из высветившихся точечных элементов ($S_{тэ} = 8 \text{ мм}^2$, $S_{тэ} = 16 \text{ мм}^2$, $S_{тэ} = 32 \text{ мм}^2$, соответственно - рис.16е, рис.17е, рис.18е).

В первой колонке этих таблиц указаны номера рисунка (а, б, в, г, д – без «звездочек»), по которым производился расчет величины эквивалентной площади обнаружения контура знака ($S_{обн}$).

Величина эквивалентной площади обнаружения контура знака ($S_{обн}$), с увеличением площади «окна» из не высветившихся точечных элементов стремиться (рис.15) к величине площади из высветившихся точечных элементов ($S_{тэ}$).

При достаточно большой величине площади «окна» из не высветившихся точечных элементов (рис.16е-4000 мм^2 , рис.17е-8000 мм^2 , рис.18е-8000 мм^2) величина эквивалентной площади обнаружения контура знака ($S_{обн} = 7.99 \text{ мм}^2$, $S_{обн} = 15.96 \text{ мм}^2$ и $S_{обн} = 31.87 \text{ мм}^2$, соответственно) вплотную приближается к величине площади из высветившихся точечных элементов ($S_{обн} = 8.00 \text{ мм}^2$, $S_{обн} = 16.00 \text{ мм}^2$ и $S_{обн} = 32.00 \text{ мм}^2$).

Точка пересечения (1-2) кривой 1-1 и кривой 2-2 (рис.15) показывает, что величина эквивалентной площади обнаружения контура знака ($S_{обн} = 5.33 \text{ мм}^2$) при одной и той же величине площади формата знака ($S_{ф} = S_{тэ} + S_{ок} = 24 \text{ мм}^2$) одна и та же (рис.16е, строка 4 и рис.17е, строка 1), но величина площади из высветившихся точечных элементов у формата знака на рис.17а ($S_{тэ} = 16 \text{ мм}^2$, $S_{ок} = 8 \text{ мм}^2$) в два раза больше, чем у формата знака на рис.16в ($S_{тэ} = 8 \text{ мм}^2$, $S_{ок} = 16 \text{ мм}^2$).

Увеличенная площадь из высветившихся точечных элементов в сравнении с величиной площади «окна» (при $S_{тэ} > S_{ок}$) у формата знака на рис.17а не дала преимущества в величине эквивалентной площади обнаружения контура знака ($S_{обн}$) перед форматом знака на рис.16в, со значительно меньшей величиной площади из высветившихся точечных элементов контура знака.

Точка (2-3) пересечения кривой 3-3 с кривой 2-2 показывает (рис.15), что величина эквивалентной площади обнаружения контура знака ($S_{обн} = 10.67 \text{ мм}^2$) при одной и той же величине площади формата знака ($S_{ф} = 48 \text{ мм}^2$) одна и та же (рис.17е, строка 4 и рис.18е, строка 2).

Но величина площади из высветившихся точечных элементов ($S_{тэ} = 32 \text{ мм}^2$) у формата знака на рис.18б в два раза больше чем площадь из высветившихся точечных элементов ($S_{тэ} = 16 \text{ мм}^2$) у формата знака на рис.17в.

Увеличенная площадь из высветившихся точечных элементов контура знака в сравнении с величиной площади «окна» ($S_{ок}$) из не высветившихся точечных элементов (при $S_{тэ} > S_{ок}$) на рис.18б не дала преимущества в величине эквивалентной площади обнаружения контура знака со значительно меньшей величиной площади из высветившихся точечных элементов контура знака на рис.17в.

Точка (1-3) пересечения кривой 3-3 с кривой 1-1 показывает (рис.15), что эквивалентная площадь обнаружения контура знака ($S_{обн} = 6.40 \text{ мм}^2$) при одной и той же площади формата знака ($S_{ф} = 40 \text{ мм}^2$) одна и та же (рис.16е, строка 8 и рис.18е, строка 1), но площадь из высветившихся точечных элементов у контура знака на рис.18а ($S_{тэ} = 32 \text{ мм}^2$, $S_{ок} = 8 \text{ мм}^2$), в четыре раза больше чем у контура знака на рис.16д ($S_{тэ} = 8 \text{ мм}^2$, $S_{ок} = 32 \text{ мм}^2$).

Увеличенная площадь из высветившихся точечных элементов контура знака в сравнении с величиной площади «окна» ($S_{ок}$) из не высветившихся точечных элементов (при $S_{тэ} > S_{ок}$) на рис.18а не дала преимущества в величине эквивалентной площади обнаружения контура знака со значительно меньшей величиной площади из высветившихся точечных элементов контура знака на рис.16д. Зависимость величины эквивалентной площади обнаружения

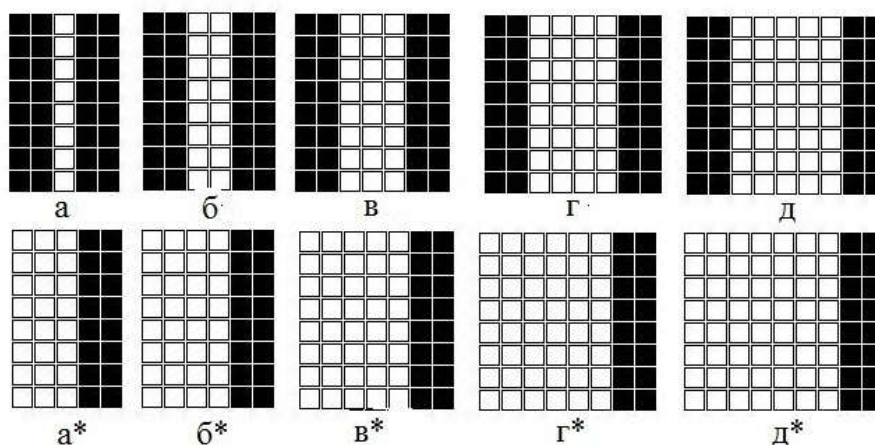
контура знака ($S_{обн}$) от величины площади (S_{ϕ}) формата знака при соблюдении равенства величин площади контура знака и площади его «окна» ($S_{тэ}=S_{ок}$), показывает прямая 4-4 (рис.15) касательная к каждой из кривых (1-1, 2-2, 3-3) в точках (4-1, 4-2, 4-3 соответственно).

Этим точкам соответствует форматы знаков, величина площади контура знака из высветившихся точечных элементов которых равна величине площади его «окна» из не высветившихся точечных элементов:

рис.16б - $S_{тэ}=8 \text{ мм}^2$, $S_{ок}=8 \text{ мм}^2$, $S_{обн}=4 \text{ мм}^2$ – рис.16е, строка 2;

рис.17б - $S_{тэ}=16 \text{ мм}^2$, $S_{ок}=16 \text{ мм}^2$, $S_{обн}=8 \text{ мм}^2$ – рис.17е, строка 2;

рис.18г - $S_{тэ}=32 \text{ мм}^2$, $S_{ок}=32 \text{ мм}^2$, $S_{обн}=16 \text{ мм}^2$ – рис.18е, строка 4.



Фрагменты цифровых знаков (а-д, а*-д*) в виде вертикальных линий из точечных элементов, расположенных на разных расстояниях друг от друга, для определения разрешающей способности знака по ширине его.

	Стз=32мм ²					Стз*=16мм ²		Таблица № 6		
№ рисунка	Сок мм ²	Соbn мм ²	a мм	b мм	Кр.с.ш. a/b	Сок* мм ²	Соbn-1 мм ²	Соbn-2 мм ²	Кр.с.ш. Соbn-1 Соbn-2	Срзл мм ²
а, а*	8	6.40*	1.5	0.5	3.00	24	9.60	3.20	3.00	2.13
б, б*	16	10.67*	2	1	2.00	32	10.67	5.33	2.00	5.34
в, в*	24	13.71	2.5	1.5	1.67	40	11.43	6.86	1.67	8.21
г, г*	32	16.00**	3	2	1.50	48	12.00	8.00	1.50	10.67
д, д*	40	17.78	3.5	2.5	1.40	56	12.44	8.89	1.40	12.70
—	48	19.20	4	3	1.33	64	12.80	9.60	1.33	14.40
—	56	20.36	4.5	3.5	1.29	72	13.09	10.18	1.29	15.91
—	64	21.33	5	4	1.25	80	13.33	10.67	1.25	17.06
—	72	22.15	5.5	4.5	1.22	88	13.54	11.08	1.22	18.16
—	80	22.86	6	5	1.20	96	13.71	11.43	1.20	19.05
—	120	25.26	8.5	7.5	1.13	136	14.32	12.63	1.13	22.35
—	128	25.60	9	8	1.125	144	14.40	12.80	1.125	22.76
—	136	25.90	9.5	8.5	1.118	152	14.48	12.95	1.118	23.17
—	8000	31.87	1002	1000	1.002	8016	15.97	15.94	1.002	31.80

$$S_{\phi}=S_{тэ}+S_{ок}$$

$$S_{\phi}^*=S_{тэ}^*+S_{ок}^*$$

$$S_{обн}=(S_{тэ} \times S_{ок}) : S_{\phi}$$

$$S_{обн-1}=(S_{тэ}^* \times S_{ок}^*) : S_{\phi}^*$$

$$S_{обн-2}=S_{обн} : 2$$

$$S_{рзл}=S_{обн} : \text{Кр.с.ш.}$$

Таблица величин параметров фрагментов цифровых знаков ($S_{обн}$, Кр.с.ш., $S_{рзл}$) по ширине их в зависимости от расстояния между параллельно расположенными вертикальными линиями из точечных элементов.

Рис. 18

График зависимости величины эквивалентной площади обнаружения контура знака ($S_{обн}$) от величины площади формата знака ($S_{ф}$), построенный по результатам таблиц (рис.16е, рис.17е, рис.18е), показывает (рис.15 - кривая 1-1, кривая 2-2 и кривая 3-3, соответственно), что при увеличении площади «окна» из не высветившихся точечных элементов и постоянной площади из высветившихся точечных элементов ($Stэ=8 \text{ мм}^2$ - кривая 1-1, $Stэ=16 \text{ мм}^2$ - кривая 2-2, $Stэ=32 \text{ мм}^2$ - кривая 3-3) величина эквивалентной площади обнаружения контура знака ($S_{обн}$) приближается к величине площади из высветившихся точечных элементов ($Stэ$).

Увеличивать площадь знака до величины, когда величина эквивалентной площади обнаружения контура знака ($S_{обн}$) достигла бы величины площади из высветившихся точечных элементов ($Stэ$) его не имеет смысла.

При достижении равенства величины эквивалентной площади обнаружения ($S_{обн}$) и величины площади из высветившихся элементов отображения знака ($Stэ$) габаритный размер знака неоправданно велик.

Оптимальной характеристикой, при выборе величины площади из высветившихся точечных элементов ($Stэ$) отображения контура знака и равной ей величине площади «окна» его из не высветившихся точечных элементов ($S_{ок}$) при заданном габаритном размере формата знака ($S_{ф}$), является прямая, касательная одновременно к кривой 1-1, кривой 2-2 и кривой 3-3 (рис.15). Эта прямая касается каждой кривой в тех точках ее, в которых соблюдается равенство $Stэ=S_{ок}=S_{ф}/2$ для данного габаритного размера формата знака ($S_{ф}=Stэ+S_{ок}$).

Так, например, по точкам прямой 5, 6, и 7 (рис.15) площадь формата знака в которых равна соответственно 24 мм^2 , 40 мм^2 , и 48 мм^2 оптимальной величиной площади из высветившихся точечных элементов его будут 12 мм^2 , 20 мм^2 , и 24 мм^2 , соответственно.

Величина эквивалентной площади обнаружения каждого контура знака будет при этом равна (рис.15). 6 мм^2 , 10 мм^2 и 12 мм^2 .

Величина эквивалентной площади обнаружения контура знака в этих точках равна: $S_{обн} = (Stэ \times S_{ок}) : (Stэ + S_{ок}) = S_{ф}/4$. И при увеличении площади из высветившихся точечных элементов по отношению к величине площади «окна» из не высветившихся точечных элементов, т.е. при $Stэ > S_{ок}$, при рассматриваемом габаритном размере формата знака, не приведет к увеличению величины эквивалентной площади обнаружения контура знака, т.е. не приведет к улучшению возможности его обнаружения.

Только при равенстве величины площади из высветившихся точечных элементов и величины площади «окна» его из не высветившихся точечных элементов достигается максимальная величина эквивалентной площади обнаружения контура знака ($S_{обн}$) и максимальная возможность его ($Stэ/S_{ок} = S_{ок}/Stэ = 1$) обнаружения (точка М на кривой АВМСD и на кривой ЕFМGH - рис.13).

Наилучшим восприятием знаков на стадии обнаружения обладает цифровой алфавит, все знаки которого при их начертании имеют величину площади из высветившихся элементов отображения ($Stэ$) равную величине площади «окна» ($S_{ок}$). При этом величина эквивалентной площади обнаружения знака ($S_{обн}$) достигает максимального значения и равна одной четверти величины площади цифрового формата знака ($S_{ф}$): $S_{обн} = (Stэ \times S_{ок}) : (Stэ + S_{ок}) = S_{ф}/4$ /10/. Время восприятия знака на стадии его обнаружения при этом условии уменьшается.

Литература

1. Лисицын Б.Л. Элементы индикации. Москва. «Энергия». 1978.
2. Печников А.В., Сидоренко Г.В., Федорова С.А. Средства передачи и отображения информации. Москва. «Радио и связь». 1991
3. Алиев Т.М., Вигдоров Д.И., Кривошеев В.П. Системы отображения информации. Москва. «Высшая школа». 1988.

4. Б.Л. Лисицын. «Отечественные приборы индикации и их зарубежные аналоги». Изд-во «Радио и связь». Москва. 1993 г.
5. Вуколов Н.И., Михайлов А.Н. Знакосинтезирующие индикаторы. Справочник. Москва. «Радио и связь». 1987.
6. Патент № 2037886 на изобретение «Устройство для индикации», выдан 19 июня 1995 года. Приоритет изобретения от 19 февраля 1992 года. Заявка № 5037630. Автор Патраль А.В.
7. Патент № 2249912 на изобретение «Устройство для индикации с увеличенной информационной емкостью», выдан 10 апреля 2005 года. Приоритет изобретения от 21 апреля 2003 года. Заявка № 2003111732. Автор Патраль А.В.
8. Патент № 2432621 на изобретение «Устройство для индикации с масштабированием сегментного знака», выдан 27 октября 2011 года. Приоритет изобретения от 11 января 2010 года. Заявка № 2010100684. Автор Патраль А.В.
9. Патент № 2427928 на изобретение «Устройство для индикации цифровых знаков с энергосберегающим режимом», выдан 27 августа 2011 года. Приоритет изобретения от 20 апреля 2010 года. Заявка № 2010115728. Автор Патраль А.В.
10. Патент № 2338270 на изобретение «Индикатор матричный с наилучшим восприятием цифровых знаков», выдан 19 ноября 2008 года. Приоритет изобретения от 21 мая 2007 года. Автор Патраль А.В.
11. Патент № 2417455 на изобретение «Индикатор девятипозиционный». Выдан 27 апреля 2011 года. Приоритет изобретения 04 мая 2009 года. Заявка № 2009116959. Автор Патраль А.В.
12. Патент № 2427928 на изобретение «Индикатор цифровой многоразрядный 3х3 с форматом знаков 2х2». Выдан 27 августа 2011 года. Приоритет изобретения 20 апреля 2010 года. Заявка № 2010115728. Автор Патраль А.В.
13. Патент № 2460151 на изобретение «Устройство для индикации с наилучшей идентификацией знаков». Выдан 27 августа 2012 года. Приоритет изобретения от 12 января 2011 года. Заявка № 2011101243. Автор Патраль А.В.