

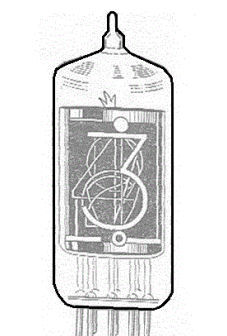
Аннотация: в статье рассматриваются цифровые алфавиты, в которых начертания цифровых знаков могут быть представлены на табло электронных средств отображения информации. Показаны сравнительные характеристики цифровых знаков по восприятию их на стадиях обнаружения, различения и идентификации. Введены новые параметрические характеристики восприятия цифровых знаков: коэффициент разрешающей способности знака, величины эквивалентной площади обнаружения, различения, идентификации знаков. Показаны цифровые алфавиты с наилучшим восприятием знаков на стадиях обнаружения, различения и идентификации.

Ключевые слова: индикаторы 7-сегментные, 4-хсегментные, индикаторы, 8-позиционные, 9-ипозиционные, индикаторы 32-хпозиционные.

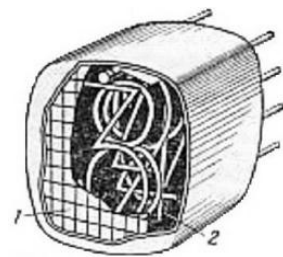
УДК 620.1.085

Введение

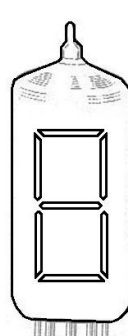
Современные арабские цифры, представляющие собой один из видов визуального кодирования формой, хорошо опознаются, хорошо различимы и прочно укоренились в нашу жизнь, стали достаточно привычными за 300 лет их применения на Руси: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9. Поэтому мы не задумываемся о каком-либо ином виде визуального 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. В газоразрядных знаковых индикаторах отображение информации выполняется либо с боковой стороны - рис.1 [Лисицын Б.Л.- стр.140], либо с торцевой стороны - рис.2- [Печников А.В. – стр.124]. 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.



Газоразрядный индикаторный прибор ИН-8.
Рис.1

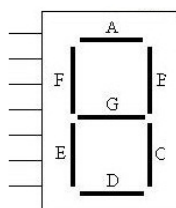


Внешний вид и конструкция индикатора ИВ-3 (1-анод, 2-катод).
Рис.2



Индикатор цифровой одноразрядный вакуумный люминесцентный ИВ-3
Рис.3

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 [Алиев Т.М. – стр.61]. Криволинейные участки арабских цифр при отображениях их на электронных индикаторах заменены прямыми линиями, что позволило разбить каждую арабскую цифру (цифровой знак) на сегменты. 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 [Лисицын Б.Л. – стр.46]. 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.1) 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 [Лисицын Б.Л. – стр.28] значительно снижается объем использованной аппаратуры управления (рис.4).



7-сегментный формат индикатора.
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 [Вуколов Н.И. – стр.68] 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.

Угловой размер цифровых знаков

Важным требованием к цифровым индикаторам является требование наглядности и привычности отображаемой информации, которое определяется предполагаемым составом операторов. Когда с аппаратурой, содержащей средства отображения цифровой информации, могут работать операторы, прошедшие различную подготовку, неизбежно отображение информации, понятной только специалистам. Так, например, при шестисегментном отображении цифровые знаки с удовлетворительной привычностью начертания рис.5а, б [Вуколов Н.И. – стр.91] 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).

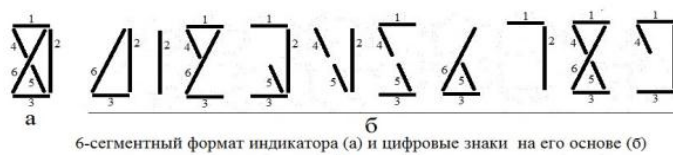


Рис.5



Рис.6

Эти величины при фронтальном наблюдении элемента индикации связаны следующим соотношением: $\alpha_{зн} = 2 \arctg(h_{зн}/2l_{зн})$, где $\alpha_{зн}$ – угловой размер знака; $h_{зн}$ – размер знака по высоте; $l_{зн}$ – расстояние наблюдения элемента индикации [Вуколов Н.И. – стр.101]. Угловой размер знака определяется как угол между прямыми линиями, проведенными от глаза наблюдателя к крайним по высоте точкам знака [Печников А.В. – стр.116]. Приведенное выше соотношение справедливо лишь для цифр 0, 1, 7, при отображении которых не высвечивается средний горизонтальный сегмент G (рис.6). 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: $\alpha_{зн1} = 2 \arctg(h_1/2l_{зн})$, $\alpha_{зн2} = 2 \arctg(h_2/2l_{зн})$, где $\alpha_{зн1} = \alpha_{зн2} = \alpha_{зн}/2$; $h_1 = h_2 = h_{зн}/2$, $l_{зн}$ – расстояние от точки наблюдения до знака индикатора. Таким образом, восприятие отображаемой информации в данном случае ухудшается. В этом случае рассматриваем фактически два знака (A, B, G, F и G, C, D, E), имеющие каждый свой угловой размер: $\alpha_{зн1}$ или $\alpha_{зн2}$. 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 [Патраль А.В. Патент № 2037886]: $\alpha_{зн\text{ эф}} = \alpha_{зн1} = \alpha_{зн2} = 2 \arctg(h_1/2l_{зн})$. Он в два раза меньше углового размера знака. Эффективный угловой размер цифровых знаков, в которых отсутствует средний горизонтальный сегмент G семисегментного индикатора в два раза больше: $\alpha_{зн} = \alpha_{зн\text{ эф}} = 2 \arctg(h_{зн}/2l_{зн})$ и возможность восприятия цифрового знака улучшилась. У 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: $\alpha_{зн} = \alpha_{зн\text{ эф}} = 2 \arctg(h_{зн}/2l_{зн})$, т.е. в два раза больше, чем для цифровых знаков 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9 семисегментного формата (рис. 6в).

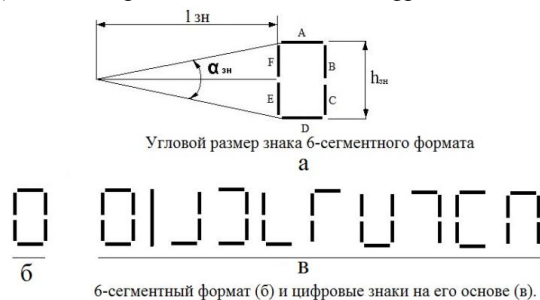


Рис.7

Эффективным угловым размером по высоте, равным угловому размеру знаков 7-сегментного, обладают знаки [Патраль А.В. Патент № 2037886], представленные цифровым алфавитом (рис.8в) на основе 4-сегментного формата индикатора (рис.8б), полученного из верхней или нижней половины 7-сегментного формата (рис.6а) его: $\alpha_{зн\text{ эф}} = \alpha_1 = 2 \arctg(h_1/2l_{зн})$. Расстояния наблюдения цифровых знаков 7-сегментного формата (рис.6в) и 4-сегментного формата (рис.8в) при вдвое меньшем размере их по высоте будут одинаковы.

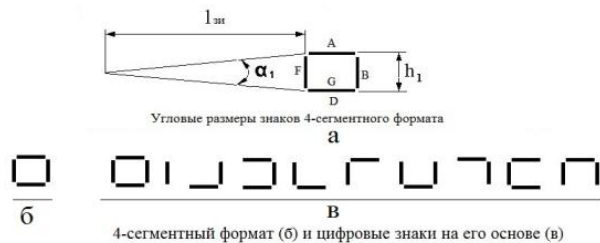


Рис.8

Начертания знаков на основе как 7-сегментного, так и 6-сегментного форматов использовано при построении макета электронных часов (рис.9) на базе семисегментного индикатора. Электронные часы работают, как в 7-позиционном режиме, так и энергосберегающих 4-позиционном (6-сегментном) и 4-позиционном (4-хсегментном) режимах [6, 7, 8, 9]. Однако, при одном и том же угловом размере знаков, даже в пределах одного и того же алфавита, **восприятие** их различно.

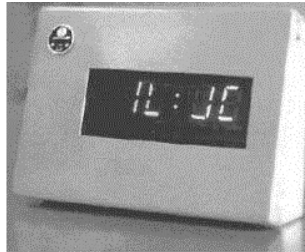


Рис.9

Величина эквивалентной площади обнаружения знака [Патраль А.В. Патент № 2338270].

Под **восприятием** понимают процесс целостного отражения предметов, возникающий при непосредственном воздействии физических раздражителей на рецепторные поверхности органов чувств. Этот многоуровневый процесс, заканчивающийся формированием чувственного образа, включает следующие стадии: **обнаружение**, различение, идентификация, опознание [Алиев Т.М.–стр.46]. **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. [Алиев Т.М. – стр.46]. Для количественной оценки восприятия знаков на стадии обнаружения воспользуемся габаритными размерами матричного индикатора (рис.10а) с видом матрицы 8x8 ($8 \times 8 = 64 \text{ мм}^2$) типа КИПГО2А-8х8Л [Лисицын Б.Л. – стр.353].

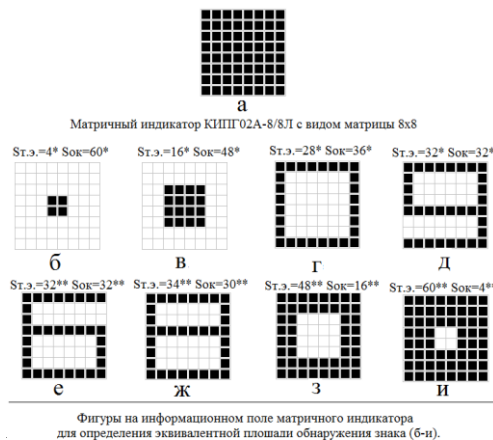


Рис.10

Матричный формат отображения, для удобства вычислений, позволит наглядно, не проставляя размеров на фигурах, зная линейные размеры ($s=1\text{мм}$) точечных элементов (без учета промежутков между ними), определить: габаритные размеры формата знака по числу точечных элементов: величину площади, занимаемую контуром знака из числа высветившихся точечных элементов ($St_{\text{э}}$) формата индикатора; величину площади «окна» знака ($S_{\text{ок}}$) из числа не высветившихся точечных элементов формата индикатора. Придавая величине площади из высветившихся точечных элементов ($St_{\text{э}}$) формата индикатора, значения от 0 до 64 мм^2 дискретно через 2 мм^2 (рис.10б-рис.10и), можно проследить зависимость отношения ($St_{\text{э}}/S_{\text{ок}}$) величины площади из высветившихся точечных элементов формата индикатора ($St_{\text{э}}$) к величине площади его «окна» из не высветившихся точечных элементов ($S_{\text{ок}}$), от величины площади, занимаемой точечными элементами ($St_{\text{э}}$). И обратную зависимость – отношение ($S_{\text{ок}}/St_{\text{э}}$) величины площади «окна» из не высветившихся точечных элементов ($S_{\text{ок}}$) к величине площади из высветившихся точечных элементов ($St_{\text{э}}$) от величины площади высветившихся точечных элементов ($St_{\text{э}}$). Величину площади, занимаемую «окном» знака ($S_{\text{ок}}$) из не высветившихся точечных элементов, вычисляем по формуле: $S_{\text{ок}} = S_{\text{ф}} - St_{\text{э}}$, где $S_{\text{ф}}$ – величина площади формата индикатора, равная 64 мм^2 ($S_{\text{ф}} = St_{\text{э}} + S_{\text{ок}}$). На рис.10б – рис.10и отображено заполнение информационного поля произвольными знаками или фигурами с определенной величиной площади ($St_{\text{э}}$), кратной 2мм^2 , занимающей высветившимися точечными элементами. Для каждой пары величин $St_{\text{э}}$ и $S_{\text{ок}}$, при постоянной величине площади формата ($S_{\text{ф}} = St_{\text{э}} + S_{\text{ок}}$), находим отношение $St_{\text{э}}/S_{\text{ок}}$ (при условии $St_{\text{э}} < S_{\text{ок}}$ возрастающий участок кривой – рис.13) и все цифровые данные заносим в таблицу №1 (рис.11). Для построения убывающего участка кривой (рис.13), для каждой пары величин $St_{\text{э}}$ и $S_{\text{ок}}$ ($St_{\text{э}} > S_{\text{ок}}$), находим величину отношения $S_{\text{ок}}/St_{\text{э}}$ (при $S_{\text{ок}} < St_{\text{э}}$) и все цифровые данные заносим в таблицу №2 (рис.12).

Стэ<Сок Таблица №1				
№ рис.	Стэ	Сок	Стэ : Сок	Собн
	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.

$$S\phi = St\acute{e} + Sok$$

$$Sobn = (St\acute{e} \times Sok) : S\phi$$

Рис.11

Стэ>Сок Таблица №2				
№ рис.	Стэ	Сок	Сок : Стэ	Собн
	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.

$$S\phi = St\acute{e} + Sok$$

$$Sobn = (St\acute{e} \times Sok) : S\phi$$

Рис.12

По данным таблицы №1 построен возрастающий участок ABCM (Стэ=0-32 мм²) кривой (от нуля до точки М) зависимости величины отношения Стэ/Сок (рис.13) от величины площади высветившихся точечных элементов отображения знака (Стэ). Точки А, В, С, М кривой соответствуют значениям величин площади высветившихся точечных элементов, отображенных на рис.10б – рис.10д. В таблице №1 эти точки отмечены «звездочками». Максимальное значение величины отношения Стэ/Сок равно 1 (точка М), достигаемое при равенстве величины площади (рис.10д) из высветившихся точечных элементов и величины площади «окна» (Стэ=Сок=32 мм²) из не высветившихся точечных элементов. Величина отношения Стэ/Сок характеризует возможность обнаружения контура знака (Стэ) из высветившихся точечных элементов без оценки его формы. И чем больше эта величина (при Стэ<Сок), 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 (Стэ = 0 мм² - 32 мм²) выделяется на фоне большей величины площади «окна» его (Сок=64 мм² - 32 мм²) из не высветившихся точечных элементов. В точке М кривой (при Стэ=Сок) величина отношения Стэ/Сок равна обратной величине этого отношения Сок/Стэ (рис.11д, рис.11е), которая также характеризует возможность обнаружения знака из высветившихся точечных элементов. В этой точке возможность обнаружения знака максимальна (Стэ=Сок). По данным таблицы №3 построен убывающий участок MDEF кривой (от точки М вправо до 0) зависимости величины отношения Сок/Стэ от величины площади из высветившихся точечных элементов отображения знака (Стэ).

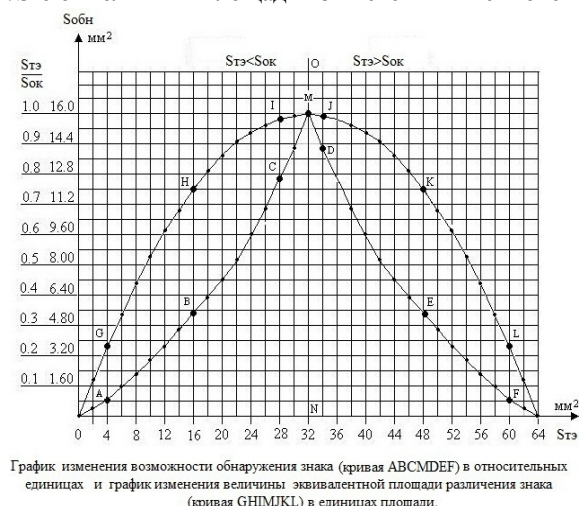


Рис.13

Точки М, D, E, F кривой соответствуют значениям величин площади из высветившихся точечных элементов (рис.11е–рис.11и). В таблице №2 эти точки отмечены двумя звездочками. На убывающем участке кривой ABCMDEF (от точки М вправо до 0) возможность обнаружения контура знака уменьшается (рис.10е - рис.10и) при уменьшении площади «окна» из не высветившихся точечных элементов. Кривая ABCMDEF, состоящая из возрастающего и убывающего участков, характеризует возможность обнаружения контура знака в зависимости от соотношений:

1. величины площади из высветившихся точечных элементов контура знака к величине площади «окна» (Стэ/Сок) из не высветившихся точечных элементов на возрастающем участке кривой при Стэ<Сок от 0 до 1. Увеличивается возможность обнаружения контура знака. 2. величины площади «окна» из не высветившихся точечных элементов к величине площади из высветившихся точечных элементов (Сок/Стэ) на убывающем участке кривой при Сок<Стэ 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 возможности обнаружения контура знака как при отношении величины $St\acute{z}/Sok$, так и при отношении величины $Sok/St\acute{z}$. 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» ($St\acute{z}=Sok$) из не высветившихся точечных элементов. Т.е., отношение величины площади контура знака из высветившихся точечных элементов ($St\acute{z}$) к величине площади «окна» его (Sok) из не высветившихся точечных элементов равно 1 ($St\acute{z}/Sok=1$). Только при достижении равенства значений величин площади «окна» из не высветившихся точечных элементов и площади контура знака из высветившихся точечных элементов ($St\acute{z}=Sok$), возможность обнаружения знака максимальна ($St\acute{z}/Sok=1$). Точка М кривой (рис.13), в которой соблюдено условие равенства величины площади контура знака из высветившихся точечных элементов и величины площади «окна» его ($St\acute{z}=Sok=32\text{ мм}^2$) из не высветившихся точечных элементов, отображена результатами вычислений ($St\acute{z}/Sok$ и $Sok/St\acute{z}$), относящихся к рис.10ж и рис.10е. В двух таблицах №1 и №2 (рис.11, рис.12) 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 ($St\acute{z} \times Sok$), деленному на сумму этих аргументов ($St\acute{z}+Sok$), 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 ($Sobn$) контура знака в каждой точке кривой. Кривая GHIMJKL, отображающая функцию $Sobn=(St\acute{z} \times Sok):(St\acute{z}+Sok)$ в зависимости от величины площади контура знака ($St\acute{z}$), соответствует в каждой точке величине эквивалентной площади обнаружения ($Sobn$) контура знака в пределах формата индикатора. 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 ($St\acute{z}=Sok=32\text{ мм}^2$) из не высветившихся точечных элементов достигается максимальная возможность обнаружения контура знака ($St\acute{z}/Sok=Sok/St\acute{z}=1$). Причем максимальная возможность обнаружения контура знака подтверждается конкретной, имеющей размерность (мм^2), **величиной эквивалентной площадью обнаружения контура знака ($Sobn$): $Sobn=(St\acute{z} \times Sok):(St\acute{z}+Sok)$.**

Результаты вычислений величины эквивалентной площади обнаружения контура знака, по которым построена кривая GHIMJKL, записаны в таблицу №1 (рис.11, колонка 5) и таблицу №2 (рис.12, колонка 5). На кривой увеличенными точками G, H, I и J, K, L показаны результаты вычислений, относящиеся к рис.10б - рис.10д и рис.10е – рис.10и, соответственно, а в таблице № 1 (рис.11) и таблице №2 (рис.12) эти результаты вычислений выделены одной и двумя «звездочками». В таблице №1 (рис.11) результаты вычислений отображают величину эквивалентной площади обнаружения ($Sobn$) контура знака, занимаемую высвеченными точечными элементами его (рис.10б - рис.10д) на фоне большей величины площади «окна» из не высветившихся точечных элементов при $St\acute{z}<Sok$. В таблице №2 (рис.12) результаты вычислений отображают величину эквивалентной площади обнаружения ($Sobn$) контура знака (рис.10е-рис.10и), занимаемую высвеченными точечными элементами его на фоне меньшей величины площади «окна» из не высветившихся точечных элементов при $Sok<St\acute{z}$.

Точка М, в которой соблюдено условие равенства величины площади из высветившихся точечных элементов и величины площади «окна» ($St\acute{z}=Sok=32\text{ мм}^2$) из не высветившихся точечных элементов, отображена результатами вычислений эквивалентной площади обнаружения контура знака, относящихся к рис.10д и рис.10е. В двух таблицах №1 и №2 (рис.11, рис.12, 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 ($St\acute{z}<Sok$) из не высветившихся точечных элементов; 2. величины площади «окна» знака из не высветившихся точечных элементов к величине площади контура знака из высветившихся точечных элементов ($Sok<St\acute{z}$).

В первом случае, величина эквивалентной площади обнаружения контура знака увеличивается (рис.11б - рис.11д) на возрастающем участке GHIM кривой ($St\acute{z}<Sok$) от нуля до точки М (рис.13), при увеличении площади контура знака. Во втором случае, величина эквивалентной площади обнаружения контура знака из высветившихся точечных элементов уменьшается (рис.11е–рис.11и) на убывающем участке кривой MJKL ($Sok<St\acute{z}$), начиная с точки М при увеличении площади «окна». Максимальная величина эквивалентной площади обнаружения достигается при равенстве величины площади контура знака из высветившихся точечных элементов и величины площади «окна» его ($St\acute{z}=Sok=32\text{ мм}^2$) из не высветившихся точечных элементов. Из рис.10б видно, что величина площади контура знака из высветившихся точечных элементов равна 4 мм^2 ($St\acute{z}=4\text{ мм}^2$), а величина площади «окна» из не высветившихся точечных элементов равна 60 мм^2 ($Sok=60\text{ мм}^2$). По результатам вычислений величины эквивалентной площади обнаружения ($Sobn$) контура знака (рис.11, таблица №1, строка 3, колонка 5) показывают 3.75 мм^2 (при $Sok<St\acute{z}$). Несоответствие величины площади знака, представленной на рис.10б ($St\acute{z}=4\text{ мм}^2$), с результатом вычислений по формуле ($Sobn=3.75\text{ мм}^2$) объясняется относительностью восприятия малой величины площади знака ($St\acute{z}$) из высветившихся точечных элементов на ограниченной по величине площади «окна» из не высветившихся точечных элементов.

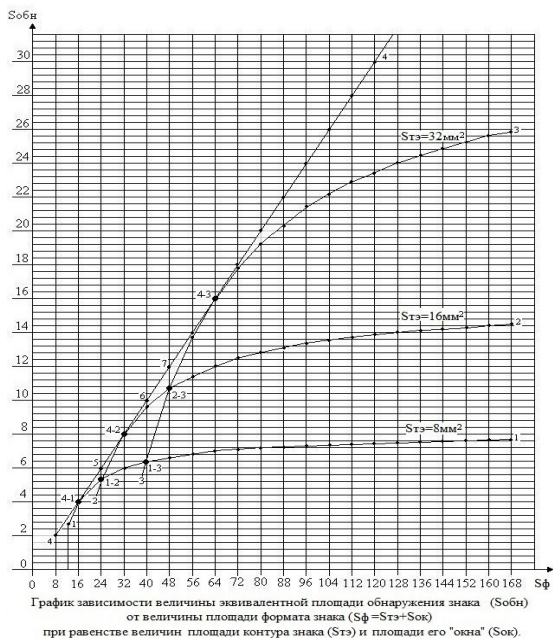
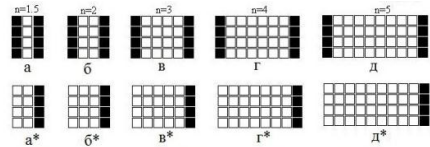


Рис.14

Так, например, если сохранить величину площади контура знака ($S_{тэ}$) из высветившихся точечных элементов, равной 4 мм^2 и увеличить площадь «окна» его ($S_{ок}$) из не высветившихся точечных элементов, скажем, в 10 раз ($S_{ок} = 600 \text{ мм}^2$), увеличив при этом габаритный размер формата знака ($S_{ф}$), то результат вычисления эквивалентной площади обнаружения знака ($S_{обн}$) приблизится к указанной на рис.10б величине площади знака из высветившихся точечных элементов равной 4 мм^2 : $S_{обн}=(S_{тэ} \times S_{ок})/(S_{тэ} + S_{ок}) = (4 \text{ мм} \times 600 \text{ мм})/(4 \text{ мм} + 600 \text{ мм}) = 3.97 \text{ мм}^2$. Точно также, если на рис.10и величина площади «окна» знака из не высветившихся точечных элементов равна 4 мм^2 , а величина эквивалентной площади обнаружения контура знака (рис.12, таблица №2, строка 3 снизу, колонка 5) меньше 4 мм^2 ($S_{обн}=3.75 \text{ мм}^2$). При увеличении площади контура знака из высветившихся точечных элементов, например, до 600 мм^2 , при сохраненной величине площади «окна» из не высветившихся точечных элементов ($S_{ок}=4 \text{ мм}^2$), увеличив при этом габаритный размер формата знака ($S_{ф}$), величина эквивалентной площади обнаружения ($S_{обн}$) также увеличится, приближаясь к величине площади «окна» из не высветившихся точечных элементов, отображенной на рис. 10и (рис.12, таблица №2, строка 3 снизу). 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.14). Три кривые 1-1, 2-2, 3-3 построены по данным таблиц №3, №4, №5 (рис.15е, рис.16е, рис.17е, соответственно). Величина площади «окна» из не высветившихся точечных элементов ($S_{ок}$) и величина эквивалентной площади обнаружения контура знака ($S_{обн}$) 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.15е, рис.16е, рис.17е).



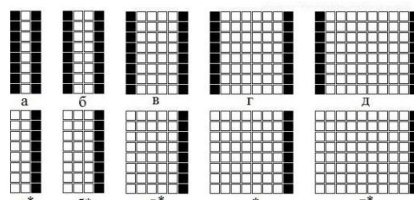
Фрагменты цифровых знаков (а-д, а*-д*) в виде вертикальных линий из точечных элементов, расположенных на равных расстояниях друг от друга, для определения разрешающей способности знака по ширине его.

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

$S_{ф}=S_{тэ}+S_{ок}$
 $S_{ф}^*=S_{тэ}^*+S_{ок}^*$
 $S_{обн}=(S_{тэ} \times S_{ок}) : S_{ф}$
 $S_{обн-1}=(S_{тэ}^* \times S_{ок}^*) : S_{ф}^*$
 $S_{обн-2}=S_{обн} : 2$
 $S_{рзл}=S_{обн} : K_{р.с.ш.}$

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

Рис.15



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	$S_{тэ}=8 \text{ мм}^2$				$S_{тэ}=16 \text{ мм}^2$				Таблица №4			
	$S_{ок} \text{ мм}^2$	$S_{обн} \text{ мм}^2$	$S_{обн-2} \text{ мм}^2$	$S_{ф} \text{ мм}^2$	$S_{ок} \text{ мм}^2$	$S_{обн} \text{ мм}^2$	$S_{обн-2} \text{ мм}^2$	$S_{ф} \text{ мм}^2$	$S_{ок} \text{ мм}^2$	$S_{обн} \text{ мм}^2$	$S_{обн-2} \text{ мм}^2$	$S_{ф} \text{ мм}^2$
а, а*	8	5.33*	2.67	2	1	2.00	16	5.33	2.00	2.67		
б, б*	16	8.00**	4.00	3	2	1.50	24	6.00	1.50	5.33		
в, в*	24	9.60	4.80	4	3	1.33	32	6.40	1.33	7.21		
г, г*	32	10.67*	5.33	5	4	1.25	40	6.67	1.25	8.54		
д, д*	40	11.43	5.71	6	5	1.20	48	6.86	1.20	9.52		
а, а*	48	12.00	6.00	7	6	1.17	56	7.00	1.17	10.26		
б, б*	56	12.44	6.22	8	7	1.14	64	7.11	1.14	10.91		
в, в*	64	12.80	6.40	9	8	1.125	72	7.20	1.125	11.38		
г, г*	72	13.09	6.54	10	9	1.112	80	7.27	1.112	11.77		
а, а*	80	13.33	6.67	11	10	1.099	88	7.33	1.099	12.13		
б, б*	120	14.12	7.06	16	15	1.066	128	7.53	1.066	13.25		
в, в*	128	14.22	7.11	17	16	1.063	136	7.56	1.063	13.38		
г, г*	136	14.32	7.16	18	17	1.059	144	7.58	1.059	13.52		
а, а*	144	14.40	7.20	19	18	1.056	152	7.60	1.056	13.64		
б, б*	152	14.48	7.24	20	19	1.052	160	7.62	1.052	13.64		
в, в*	8000	15.96	7.98	1001	1000	1.001	8008	7.99	1.001	15.94		

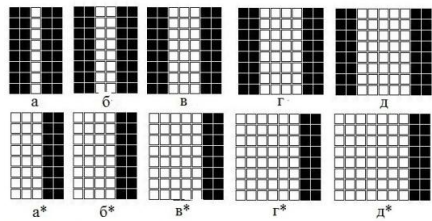
$S_{ф}=S_{тэ}+S_{ок}$
 $S_{ф}^*=S_{тэ}^*+S_{ок}^*$
 $S_{обн}=(S_{тэ} \times S_{ок}) : S_{ф}$
 $S_{обн-1}=(S_{тэ}^* \times S_{ок}^*) : S_{ф}^*$
 $S_{обн-2}=S_{обн} : 2$
 $S_{рзл}=S_{обн} : K_{р.с.ш.}$

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

Рис.16

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» ($S_{ок}$) стремиться (рис.14, рис.15, рис.16, рис.17) к величине площади из высветившихся точечных элементов ($S_{тэ}$). При достаточно большой величине площади ($S_{ок}$) «окна» (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 ($S_{тэ}$.) 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.14) 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.15е, строка 4 и рис.16е, строка 1), но величина площади контура знака ($S_{тэ.э.}$) у формата знака на рис.16а ($S_{тэ}=16 \text{ мм}^2$, $S_{ок}=8 \text{ мм}^2$) в два раза больше, чем у формата знака на рис.15в ($S_{тэ}=8 \text{ мм}^2$, $S_{ок}=16 \text{ мм}^2$). Увеличенная площадь контура знака ($S_{тэ.э.}$) в сравнении с величиной площади ($S_{ок}$) «окна» (при $S_{тэ}>S_{ок}$) у формата знака на рис.16а не дала преимущества в величине эквивалентной площади обнаружения контура знака ($S_{обн}$) перед форматом знака на рис.16в, со значительно меньшей величиной площади контура знака ($S_{тэ.э.}$).



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

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

$S_{ф} = S_{тэ} + S_{ок}$
 $S_{ф}^* = S_{тэ}^* + S_{ок}^*$
 $S_{обн} = (S_{тэ} \times S_{ок}) : S_{ф}$
 $S_{обн-1} = (S_{тэ}^* \times S_{ок}^*) : S_{ф}^*$
 $S_{обн-2} = S_{обн} : 2$
 $S_{рэл} = S_{обн} : \text{Кр.с.ш.}$

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

Рис.17

Точка (2-3) пересечения кривой 3-3 с кривой 2-2 показывает (рис.14), 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.16е, строка 4 и рис.17е, строка 2). Но величина площади контура знака ($S_{тэ}=32 \text{ мм}^2$) у формата знака на рис.17б в два раза больше чем площадь контура знака ($S_{тэ}=16 \text{ мм}^2$) у формата знака на рис.16в. Увеличенная площадь контура знака ($S_{тэ.э.}$) в сравнении с величиной площади «окна» ($S_{ок}$) при $S_{тэ}>S_{ок}$ на рис.17б не дала преимущества перед величиной эквивалентной площади обнаружения знака ($S_{обн}$) со значительно меньшей величиной площади контура знака ($S_{тэ.э.}$) на рис.16в. Точка (1-3) пересечения кривой 3-3 с кривой 1-1 показывает (рис.14), 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.15е, строка 8 и рис.17е, строка 1), но у контура знака на рис.17а ($S_{тэ}=32 \text{ мм}^2$, $S_{ок}=8 \text{ мм}^2$), в четыре раза больше чем у контура знака на рис.15д ($S_{тэ}=8 \text{ мм}^2$, $S_{ок}=32 \text{ мм}^2$). Увеличенная площадь из контура знака ($S_{тэ.э.}$) в сравнении с величиной площади «окна» ($S_{ок}$) при $S_{тэ}>S_{ок}$ на рис.17а не дала преимущества перед величиной эквивалентной площади обнаружения контура знака ($S_{обн}$) со значительно меньшей величиной площади контура знака ($S_{тэ.э.}$) на рис.15д. Зависимость величины эквивалентной площади обнаружения контура знака ($S_{обн}$) от величины площади ($S_{ф}$) формата знака при соблюдении равенства величины площади контура знака с величиной площади его «окна» ($S_{тэ}=S_{ок}$), показывает прямая 4-4 (рис.14) 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 которых равна величине площади его «окна»:

- рис.15б - $S_{тэ}=8 \text{ мм}^2$, $S_{ок}=8 \text{ мм}^2$, $S_{обн}=4 \text{ мм}^2$ – рис.15е, строка 2
- рис.16б - $S_{тэ}=16 \text{ мм}^2$, $S_{ок}=16 \text{ мм}^2$, $S_{обн}=8 \text{ мм}^2$ – рис.16е, строка 2;
- рис.17г - $S_{тэ}=32 \text{ мм}^2$, $S_{ок}=32 \text{ мм}^2$, $S_{обн}=16 \text{ мм}^2$ – рис.17е, строка 4.

График зависимости величины эквивалентной площади обнаружения контура знака ($S_{обн}$) от величины площади формата знака ($S_{ф}$), построенный по результатам таблиц (рис.15е, рис.16е, рис.17е), показывает (рис.14 - кривая 1-1, кривая 2-2 и кривая 3-3, соответственно), что при увеличении площади «окна» ($S_{ок}$) и постоянной площади контура знака ($S_{тэ}=8 \text{ мм}^2$ - кривая 1-1, $S_{тэ}=16 \text{ мм}^2$ – кривая 2-2, $S_{тэ}=32 \text{ мм}^2$ – кривая 3-3) величина эквивалентной площади обнаружения знака ($S_{обн}$) приближается к величине контура знака ($S_{тэ}$). Увеличивать площадь контура знака до величины, когда величина эквивалентной площади обнаружения знака ($S_{обн}$) достигла бы величины площади контура знака ($S_{тэ}$) его не имеет смысла. При достижении равенства величины эквивалентной площади обнаружения ($S_{обн}$) контура знака ($S_{тэ}$) габаритный размер знака неоправданно велик. Оптимальной характеристикой, при выборе величины площади из ($S_{тэ}$) контура знака и равной ей величине площади «окна» его ($S_{ок}$) при заданном габаритном размере формата знака ($S_{ф}$), является прямая, касательная одновременно к кривой 1-1, кривой 2-2 и кривой 3-3 (рис.14). Эта прямая касается каждой кривой в тех точках ее, в которых соблюдается равенство $S_{тэ}=S_{ок}=S_{ф}/2$ для данного габаритного размера формата знака ($S_{ф}=S_{тэ}+S_{ок}$). Так, например, по точкам прямой 5, 6, и 7 (рис.14) площадь формата знака в которых равна соответственно 24 мм^2 , 40 мм^2 , и 48 мм^2 оптимальной величиной площади контура знака будут 12 мм^2 , 20 мм^2 , и 24 мм^2 , соответственно. Величина эквивалентной площади обнаружения знака будет при этом равна (рис.14). 6 мм^2 , 10 мм^2 и 12 мм^2 , соответственно, или определяется в этих точках по формуле: $S_{обн} = (S_{тэ} \times S_{ок}) : (S_{тэ} + S_{ок}) = S_{ф}/4$ [Патраль А.В. Патент № 2338270]. При увеличении площади контура знака ($S_{тэ.э.}$) по отношению к величине площади «окна» ($S_{ок}$), т.е. при $S_{тэ}>S_{ок}$, не приведет к увеличению величины эквивалентной площади обнаружения знака, т.е. не приведет к улучшению возможности его обнаружения. Только при равенстве величины площади контура знака ($S_{тэ.э.}$) и величины площади «окна» ($S_{ок}$) достигается максимальная величина эквивалентной площади обнаружения знака ($S_{обн}$) и максимальная возможность его ($S_{тэ}/S_{ок} = S_{ок}/S_{тэ}=1$) обнаружения (точка М на кривой АВМCD и на кривой ЕFMGH - рис.13). Наилучшим восприятием знаков на стадии обнаружения обладает цифровой алфавит, все знаки которого при их начертании имеют величину площади из высветившихся элементов равную величине площади «окна». Время восприятия знака на стадии его обнаружения уменьшается.

Различение – стадия восприятия, на которой оператор способен выделить детали, позиционные элементы отображения знака [Алиев Т.М. – стр.46]. Способность средств отображения информации воспроизводить мелкие детали характеризуется их разрешающей способностью.

Разрешающая способность, это одна из параметрических характеристик цифровых знаков индикатора, определяемая особенностью восприятия зрительной информации человеком – оператором. Разрешающая способность определяется как максимальное число отдельных участков на единицу длины или поверхности индикатора, имеющих достаточный для их восприятия контраст. Разрешающую способность индикаторов можно оценивать по возможности различения оператором двух воспроизводимых световых точек или линий, находящихся на некотором расстоянии друг от друга или же числом пар оптических линий («линия-промежуток»), приходящихся на 1мм или 1см. При низкой разрешающей способности оператор принимает две точки (линии) за одну, а при высокой разрешающей способности две очень близкие точки (линии) воспринимаются как отдельные. Повышать разрешающую способность цифровых знаков можно до определенного предела, свыше которого изображение не будет восприниматься глазом [Печников А.В. – стр.115]. Чем меньше расстояние между параллельно расположенными горизонтальными или вертикальными линиями из точечных элементов, тем меньше разрешающая способность знака, тем хуже возможность различения его. Разрешающая способность по ширине знака (n) на рис.15а - рис. 15д, определяемая числом пар «линия – промежуток», («промежуток» выбираем равной ширины линии или равной толщине контура знака) возрастает от 1.5 до 5 с возрастанием ширины знака. Увеличивается возможность различения знака с возрастанием разрешающей способности. Но количественно оценить влияние увеличения разрешающей способности на возможность различения знака нельзя. Можно сказать только, что разрешающая способность знака по ширине на рис.15д лучше разрешающей способности знака по ширине на рис.15а. Чтобы количественно оценить влияние разрешающей способности знака на восприятие знака на стадии его различения необходимо ввести **коэффициент разрешающей способности (Кр.с.ш)** по ширине (рис.15, таблица №) знака [Патраль А.В. Патент № 2338270].

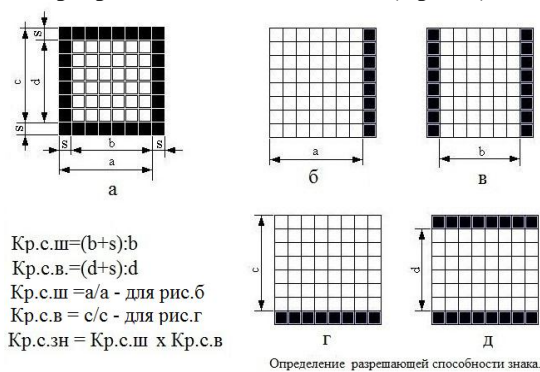
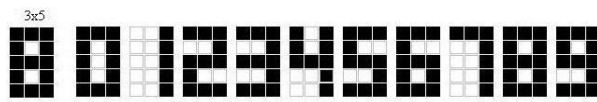


Рис.18

И с помощью этого коэффициента, определить величину эквивалентной площади различения ($S_{рзл}$) знака, которая определяется по формуле: $S_{рзл} = S_{обн} \cdot \text{Кр.с.ш}$. Уменьшение величины коэффициента разрешающей способности улучшает возможность восприятие знака на стадии его различения. Для определения коэффициента разрешающей способности знака при матричном начертании его (рис.18а) по ширине и по высоте (Кр.с.ш. и Кр.с.в.) удобнее разрешающую способность его выразить не числом пар «линия - промежуток», а толщиной линии из точечных элементов отображения знака (s). С помощью толщины линии (s) измеряем промежуток ($a=b+s$) между одной вертикальной линией до границы ширины формата (рис.18в). Измеряем промежуток (b) между противоположными вертикальными линиями (рис.18в). Т.е., рассматривается возможность различения одной (рис.18б) вертикальной линии формата в одном случае и возможность различения каждой из двух вертикальных линий формата (рис.18в), во втором случае, расположенных на одном и том же формате. Частное от деления, $(b+s)/b$ (безразмерное число) можно характеризовать как относительную величину разрешающей способности знака или величину коэффициента разрешающей способности знака по ширине формата ($\text{Кр.с.ш} = a/b$). Чем больше эта величина ($\text{Кр.с.ш} = a/b$), тем меньше разрешающая способность по ширине формата. Коэффициент разрешающей способности одной линии (рис.18б), максимален и равен: $\text{Кр.с.ш} = a/a = 1$. Определим величины коэффициентов разрешающей способности ($\text{Кр.с.ш} = a/b$) по ширине формата, состоящего из двух вертикальных линий из точечных элементов, расположенных на одном расстоянии друг от друга (рис.16а) и двух вертикальных линий из точечных элементов, расположенных на другом расстоянии друг от друга (рис.16д). Величины отношения a/b (рис.16а и рис.16д), измеренные толщиной (s) вертикальной линии определяют значения коэффициентов разрешающей способности по ширине формата. Отношения a/b ($\text{Кр.с.ш} = a/b$) будут соответственно равны: $\text{Кр.с.ш} = 2/1 = 2$ (рис.16е, таблица №4, строка 1, колонки 4 - 6) и $\text{Кр.с.ш} = 9/8 = 1.125$ (рис.16е, таблица №4, строка 8, колонки 4 - 6). Точно также определяется коэффициент разрешающей способности знака по высоте формата ($\text{Кр.с.в} = c/d$ рис.18д и $\text{Кр.с.в} = c/c = 1$).

Для подтверждения правильности расчета коэффициента (Кр.с.ш) разрешающей способности того и другого знака (рис.16а, рис.16д) проверяем его другой формулой, используемой для определения величины эквивалентной площади обнаружения знака: $S_{обн} = (S_{тз} \times S_{ок}) : (S_{тз} + S_{ок})$. Определяется величина эквивалентной площади обнаружения **одной** вертикальной линии из точечных элементов при **двух** вертикальных линиях из точечных элементов (рис.16а, рис.16д), расположенных параллельно на некотором расстоянии друг от друга, на занимаемой ими площади формата ($S_{тз} + S_{ок}$), по формуле: $S_{обн-2} = S_{обн-2} = (S_{тз} \times S_{ок}) : (S_{тз} + S_{ок}) : 2$ или (рис.16е, таблица №4, колонки 2, 3, 4, строки 1 и 8, соответственно). Определяется величина эквивалентной площади обнаружения ($S_{обн-1}$) одной вертикальной линии (рис.16а*, рис.16д*) из точечных элементов расположенной на той же площади ($S_{зн}^* = S_{тз}^* + S_{ок}^*$), по формуле: $S_{обн-1} = (S_{тз}^* \times S_{ок}^*) : (S_{тз}^* + S_{ок}^*)$, рис.16е, таблица №4 – строки 1 и 8, колонки 8 и 9, соответственно. Для рис.16а и рис.16д коэффициенты разрешающей способности (рис.16е, таблица №4, колонки 4, 7, 10, соответственно), определяемые по различным методам расчета ($\text{Кр.с.ш} = a/b$ или $\text{Кр.с.ш} = S_{обн-1}/S_{обн-2}$) в точности совпадают (рис.16е, таблица №4, строки 1и 9, колонки 6 и 10, соответственно). Подобным образом, коэффициенты разрешающей способности знаков по ширине и возможность различения их, выраженные величиной эквивалентной площади различения, определены для таблиц №3 и №5 (рис.15 и рис.17, соответственно). Величина эквивалентной площади различения ($S_{рзл}$) знака меньше величины эквивалентной площади обнаружения его на коэффициент разрешающей способности знака по ширине ($S_{рзл} = S_{обн}/\text{Кр.с.ш}$ – указана в таблицах №3-№5, рис.15-рис.17).



а б
Цифровой формат в виде матрицы 3x5 (а) и цифровые знаки на основе этого формата (б).

Рис.19

Конструктивные параметры информационного поля стандартного корпуса матричного индикатора КИПГ02А-8/8Л [Лисицын Б.Л. –стр. стр.353] с видом матрицы 8x8 (рис.19а) позволяют отобразить цифровые знаки (рис.19б) арабского происхождения наименьшего формата (рис.19а) с видом матрицы 3x5. Без учета промежутков между точечными элементами определим параметры цифровых знаков при габаритном размере точечного элемента (s) равным 1 мм. Среднее число точечных элементов на знак (n) в цифровом алфавите равно 10,3 (n ср.=10.3). Для цифрового формата (рис.19а) с видом матрицы 3x5 величина площади (Sф) равна 15 мм² (Sф=15 мм²) определяем:

1.величину площади контура знака (Стэ) по числу (n) высветившихся точечных элементов (рис.20, таблица №6, колонка 4 и 3, соответственно); 2. величину площади «окна» (Sок) знака по числу (n) не высветившихся точечных элементов (рис.20, таблица №6, колонка 5); 3. величину эквивалентной площади обнаружения знака по формуле: $S_{обн} = (Стэ \times S_{ок}) : (Стэ + S_{ок})$ - рис.20, таблица №6, колонка 6; 4. Определяем величины коэффициентов разрешающей способности (рис.21) знака по ширине (Кр.с.ш) и по высоте (Кр.с.в) знака. Коэффициент разрешающей способности знака по формуле: $Кр.с.зн = Кр.с.в \times Кр.с.ш$. 5. величину эквивалентной площади различения знака: $Spзл = S_{обн} / Кр.с.зн$ [Патраль А.В. Патент № 2338270] – рис.20, таблица №6, колонка 10. Из таблицы №6

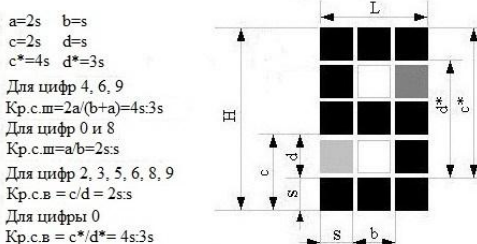
Таблица №6

цифра	Sф мм ²	n т.э.	Ст.э. мм ²	Sок мм ²	Sобн мм ²	Кр.с.ш	Кр.с.в	Кр.с.зн	Spзл мм ²	Spзл ср. мм ²
0	15.00	12	12	3	2.40	2.00	1.33	2.66	0.90	1.73
1		5	5	10	3.33	1.00	1.00	1.00	3.33	
2		11	11	4	2.93	1.00	2.00	2.00	1.46	
3		11	11	4	2.93	1.00	2.00	2.00	1.46	
4		9	9	6	3.60	1.33	1.00	1.33	2.71	
5		11	11	4	2.93	1.00	2.00	2.00	1.46	
6		12	12	3	2.40	1.33	2.00	2.66	0.90	
7		7	7	8	3.73	1.00	1.00	1.00	3.73	
8		13	13	2	1.73	2.00	2.00	4.00	0.43	
9		12	12	3	2.40	1.33	2.00	2.66	0.90	

Sф=3s x 5s
Ст.э. =n x s
Sок =Sф-Ст.э.
Sобн=(Стэ x Sок):Sф
Spзл=Sобн:Кр.с.зн

Таблица величин параметров знаков арабского происхождения от 0 до 9 (Sобн, Кр.с.зн, Spзл) в зависимости от их начертания.

Рис.20

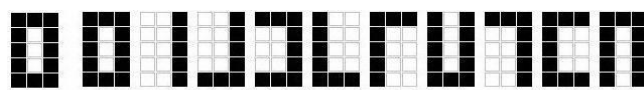


Цифровой формат 3x5 для определения коэффициента разрешающей способности знаков арабского происхождения.

Рис.21

(рис.21) видно, что только у цифровых знаков 1 и 7, у которых коэффициент разрешающей способности знака равен 1, величина эквивалентной площади различения равна величине эквивалентной площади обнаружения: (Sобн=Spзл). Невозможно при начертании цифровых знаков арабского происхождения устранить влияние коэффициента разрешающей способности знака на величину эквивалентной площади

различения. Увеличить среднюю величину эквивалентной площади различения на знак (рис.21, таблица №6, колонка 11) можно изменив начертания знаков, уменьшив величину коэффициента разрешающей способности (Кр.с.зн) у знаков. Для построения нового цифрового алфавита воспользуемся форматом с видом матрицы 3x5. Цифровым форматом (рис.22а) нового алфавита (рис.22б) является цифра 0 арабского происхождения. Сокращение числа точечных элементов в цифровом формате (рис.19а, рис.22а) позволило создать алфавит знаков с меньшим числом точечных элементов на знак (n ср. = 8.5), с меньшим потреблением электроэнергии.



а б
Цифровой формат с видом матрицы 3x5 (а) и цифровые знаки на его основе (б).

Рис.22

Таблица №7

цифра	Sф мм ²	n т.э.	Ст.э. мм ²	Sок мм ²	Sобн мм ²	Кр.с.ш	Кр.с.в	Кр.с.зн	Spзл мм ²	Spзл ср. мм ²
0	15.00	12	12	3	2.40	2.00	1.33	2.66	0.90	2.75
1		5	5	10	3.33	1.00	1.00	1.00	3.33	
2		7	7	8	3.73	1.00	1.00	1.00	3.73	
3		9	9	6	3.60	1.00	1.33	1.33	2.71	
4		7	7	8	3.73	1.00	1.00	1.00	3.73	
5		7	7	8	3.73	1.00	1.00	1.00	3.73	
6		11	11	4	2.93	2.00	1.00	2.00	1.46	
7		7	7	8	3.73	1.00	1.00	1.00	3.73	
8		9	9	6	3.60	1.00	1.33	1.33	2.71	
9		11	11	4	2.93	2.00	1.00	2.00	1.46	

Sф=3s x 5s
Ст.э. =n x s
Sок =Sф-Ст.э.
Sобн=(Стэ x Sок):Sф
Spзл=Sобн:Кр.с.зн

Таблица величин параметров знаков арабского происхождения от 0 до 9 (Sобн, Кр.с.зн, Spзл) в зависимости от их начертания.

Рис.23

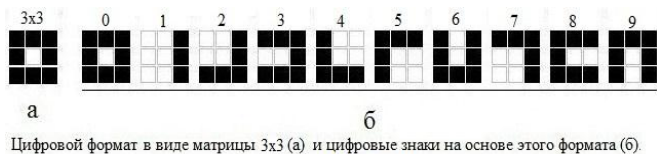
С уменьшением величины коэффициента разрешающей способности в знаках (2, 3, 4, 5, 6, 8, 9) арабского происхождения увеличилась средняя величина эквивалентной площади различения (Spзл ср.) на знак (рис. 23, таблица №7). Уменьшение габаритного размера цифрового формата с видом матрицы 3x3, приведёт к еще большему снижению числа точечных элементов в цифровом алфавите на знак, к еще большему снижению энергопотребления. Возможность уменьшения габаритного размера формата знака по высоте, при сохранении начертания их, очевидна, и не только для матричного, но и для сегментного формата.

Цифровые знаки с постоянным числом точечных элементов в них

[Патраль А.В. Патент № 2417455]

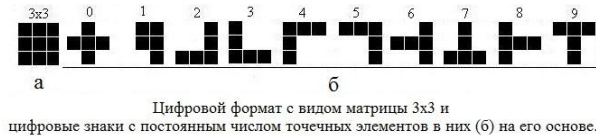
Чтобы у каждого цифрового знака величина эквивалентной площади обнаружения (Sобн) была бы равна величине эквивалентной площади различения (Spзл) без увеличения площади «окна», необходимо изменить начертание знаков. В цифровом формате индикатора с

видом матрицы 3x3 (рис.24а) используются 8 активных точечных элемента из 9, из которых формируются контуры десяти цифровых знаков. Точечный элемент (светлый фон на рис.24а) в цифровом формате пассивен. Он не участвует в формировании контура цифрового знака. При формировании любого цифрового знака на этот точечный элемент не поступает сигнал управления. Пассивный точечный элемент цифрового формата составляет постоянную часть площади «окна» при формировании знака, ухудшающий восприятие знака на стадии его различения (цифры 0, 3, 6, 8, 9 - рис.24б). Величина коэффициента разрешающей способности для этих знаков больше 1. Для построения цифрового алфавита, у всех цифровых знаков которого при их формировании площадь «окна» будет вынесена наружу по отношению к контуру знака, необходимо активно использовать все точечные элементы в формате индикатора с видом матрицы 3x3 (рис.25а).



Цифровой формат в виде матрицы 3x3 (а) и цифровые знаки на основе этого формата (б).

Рис.24



Цифровой формат с видом матрицы 3x3 и цифровые знаки с постоянным числом точечных элементов в них (б) на его основе.

Рис.25



Цифровой формат в виде матрицы 3x3
Цифровые знаки формата в виде матрицы 3x3 расположены на информационном поле формата матрицы в виде 5x5. Площадь "окна" формата знака вынесена за пределы контура знака.

Рис.26

Начертание контура любого цифрового знака, на основе цифрового формата без постоянной площади его «окна». Площадь «окна» знака формируется одновременно с формированием контура знака. На информационном поле индикатора с видом матрицы 5x5 (рис.26а) сформированы цифровые знаки (рис.26б) на основе цифрового формата с видом матрицы 3x3 (рис.26а). Рисунок наглядно демонстрирует вынесение площади «окна» знака за пределы контура знака. При изменении начертания цифровых знаков увеличилась разрешающая способность их. Коэффициент разрешающей способности при формировании знаков уменьшился до минимального значения: $Kp.c.zn=1$. Создан цифровой алфавит (рис.25б) на базе матричного формата с наименьшим и **постоянным числом (n=5) точечных элементов** в них. По величине площади зачерненных точечных элементов в цифровом знаке (рис.25б) вычисляем величину площади контура его ($St.э.=5s^2$). По величине площади не зачерненных точечных элементов (рис.25б) в цифровом знаке вычисляем величину площади его «окна» ($Sф-St.э.=Sок$). Вычисляем величину эквивалентной площади обнаружения знака (без учета промежутков между точечными элементами). Все результаты записываем в таблицу №8 (рис.27). Величина эквивалентной площади различения ($Spзл$) знаков (в формате 3x3) с постоянным числом точечных элементов в контуре их ($n=5$ – рис.25б) равна величине эквивалентной площади обнаружения ($Sобн$) знаков (рис.27, таблица №8): $Spзл=Sобн$; $Kp.c.zn=Sобн$, при $Kp.c.zn=1$. У цифровых знаков с постоянным числом точечных элементов в них (рис.27), при вдвое меньшем габаритном размере цифровых знаков, наименьшем, средняя величина эквивалентной площади различения на знак у них значительно выше (рис.27, таблица №8), чем у цифровых знаков арабского происхождения (рис.20, таблица №6).

Таблица №8

цифра	Sф мм ²	Стэ мм ²	Sок мм ²	Sобн мм ²	Kp.c.zn	Spзл мм ²
0-9	15.0	8.06	6.94	3.73	1.0	3.73

$Sобн = (Stэ \times Sок) : (Stэ + Sок)$

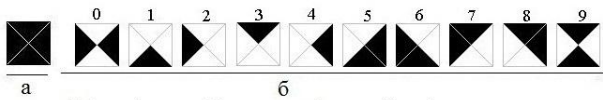
$Spзл = Sобн : Kp.c.zn$

$Kp.c.zn = 1$

$s = 1.27 \text{ мм}$

Параметры цифровых знаков с наибольшей разрешающей способностью их.

Рис.27



Цифровой формат на 2x2 элемента отображения (а) и цифровые знаки, кодированные формой и ориентацией в плоскости расположения формата.

Рис.28

Если цифровой формат в виде квадрата (рис.28а), разделить на четыре элемента его диагоналями [Патраль А.В. Патент № 2427928], то получим иное расположение элементов цифрового формата. Начертания цифровых знаков (рис.28б) формата на **4 элемента** отображения при их формировании в виде треугольников и их сочетаний визуально ориентированы. Кодирование формой является универсальным средством представления информации благодаря алфавиту различных символов. Простые геометрические фигуры, состоящие из небольшого количества элементов лучше различаются и распознаются[Алиев Т.М – стр.61]. В таблице №9 (рис.29) определена средняя величина эквивалентной площади различения ($Spзл ср.$) знаков цифрового формата ($Spзл ср.=3.37 \text{ мм}^2$) без учета промежутков между элементами отображения и при $Kp.c.zn = 1$. Недостаток цифрового формата (рис.28а) с наименьшим числом ($n=4$) элементов отображения (рис.28б) состоит в том, что величина площади из высветившихся элементов отображения ($Стэ$) у фигур, представляющих цифровые знаки 1-4 в два раза меньше, чем у фигур, представляющие цифровые знаки 0, 5-9 (рис.28, рис.29, таблица №9). Для увеличения площади фигур, представленных цифровыми знаками 1-4 (рис.28б), необходимо увеличить высоту треугольников при их начертании. Вершина при начертании цифровых знаков 1-4 в этом случае должна переместиться из точки пересечения диагоналей квадрата на середину стороны квадрата, противоположную основанию треугольника. Чтобы создать цифровой формат, на основании которого можно было бы сформировать десять цифровых знаков, необходимо на плоскость в виде квадрата (рис.30а) нанести контуры этих 10 фигур (рис.30б), представляющие цифровые знаки. В результате пересечений контуров всех треугольников (рис.31) на информационном поле цифрового индикатора, в ограниченной сторонами квадрата плоскости, образовалось 32 элемента отображения [Патраль А.В. Патент №2460151], из которых можно сформировать цифровые знаки.

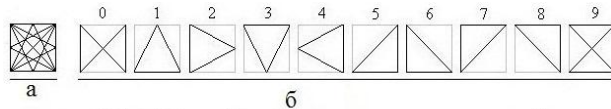
Таблица №9

Формат	Цифры	Sф мм ²	s ² мм ²	n	Стэ мм ²	Сок мм ²	Собн мм ²	Срзл мм ²	Срзл ср. мм ²
2х2 элемента отображ.	056789	15.0	3.75	2	7.50	7.50	3.75	3.75	3.37
	1234			1	3.75	11.25	2.81	2.81	

Собн=Срзл= (Стэ x Сок): Сф

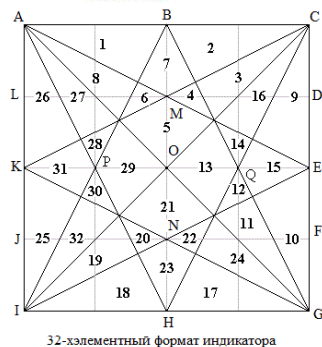
Параметры цифровых знаков на основе формата с наименьшим числом элементов отображения, ориентированных в плоскости его расположения.

Рис.29



Цифровой формат (а) и цифровые контуры знаков на его основе (б).

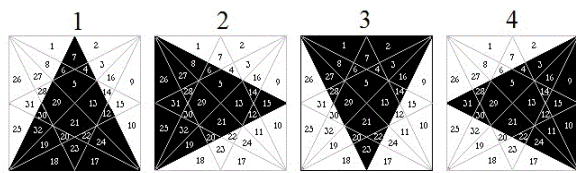
Рис.30



32-элементный формат индикатора

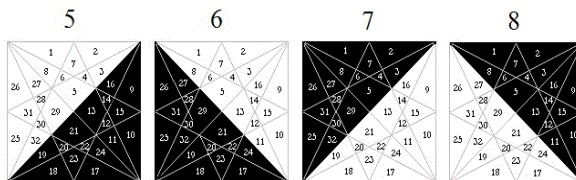
Рис.31

Начертания фигур, в виде равнобедренных треугольников, основаниями которых являются стороны квадрата, а вершины их расположены на середине противоположных к основаниям сторонах квадрата, представим в виде цифровых знаков 1-4 (рис.32). Начертания фигур, в виде равнобедренных треугольников, основаниями которых являются диагонали квадрата, а вершины их расположены по соответствующим углам квадрата, представим в виде цифровых знаков 5-8 (рис.33). Начертание фигур в виде двух равнобедренных треугольников, основанием которых являются противоположные стороны квадрата, а вершины их расположены в точке пересечения диагоналей квадрата, представим в виде цифровых знаков 0 и 9, соответственно (рис.34). При формировании цифровых знаков величина площади из высветившихся элементов (Стэ) равна величине площади из не высветившихся элементов (Сок). Без учета величины промежутков (t) между элементами отображения параметры восприятия цифровых знаков (рис.32, рис.33, рис.34) на стадии обнаружения и различения достигают максимального значения [Патраль А.В. Патент № 2338270]: $\text{Собн}=\text{Срзл}=\text{Сф}/4$. Величина эквивалентной площади (Срзл) различения знака равна величине эквивалентной площади (Собн) обнаружения знака (рис.35, таблица №10). Величина эквивалентной площади различения знака у цифровых знаков с наилучшим их восприятием ($\text{Сф}=15\text{мм}^2$) более чем в два раза превышает величину эквивалентной площади различения цифровых знаков арабского происхождения в матричном исполнении (рис.20, таблица №6).



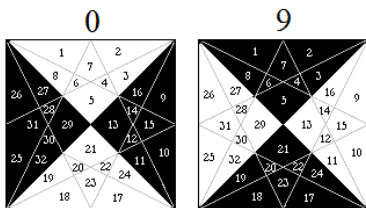
Фигуры, представленные цифровыми знаками 1-4 на основании цифрового формата (рис.36).

Рис.32



Фигуры, представленные цифровыми знаками 5-8 на основании цифрового формата (рис.36)

Рис.33



Фигуры, представленные цифровыми знаками 0 и 9 на основании формата (рис.36).

Рис.34

Таблица №10

цифра	Sф мм ²	Стэ мм ²	Сок мм ²	Собн мм ²	Срзл мм ²
0-9	15	7.5	7.5	3.75	3.75

Собн = (Стэ x Сок) : (Стэ + Сок)

Срзл = Собн : Кр.с.зн

Кр.с.зн = 1

Параметры цифровых знаков с наилучшим восприятием их.

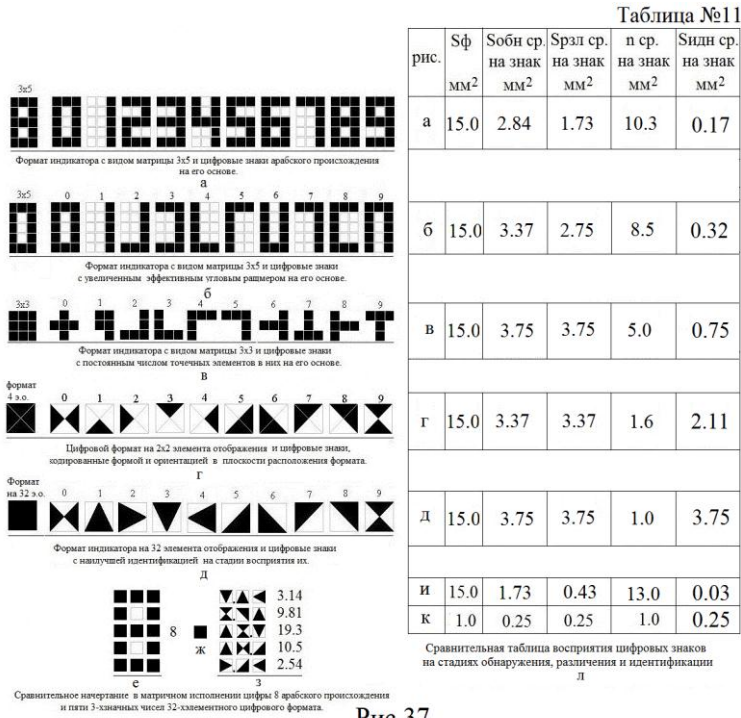
Рис.35

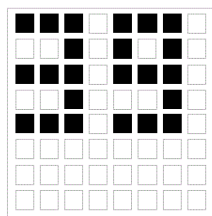
Идентификация – стадия восприятия [Алиев Т.М. – стр.46], на которой оператор отождествляет объект с эталоном, хранящимся в памяти (или отождествляет два одновременно воспринимаемых объекта).

Идентифицировать цифровые знаки арабского происхождения при некотором удалении от наблюдателя затруднительно. Начертания цифровых знаков с большой величиной коэффициента разрешающей способности трудно различимы (рис.19, рис.20, таблица №6) и идентифицировать такие знаки цифрового затруднительно. Так, например, в цифровом алфавите арабского происхождения ряд цифровых знаков матричного исполнения (рис.36) отличаются по начертанию одним лишь точечным элементом (цифра 9 - от цифр 3, 5 и 8; цифра 6 - от цифр 5 и 8; цифра 3 - от цифры 9; цифра 8 – от цифр 6 и 9). Только при различении каждого высветившегося точечного элемента в знаке оператор способен идентифицировать любой знак из предлагаемого цифрового алфавита. Если величину эквивалентной площади различения знака (Spзл) отнести к числу визуально различимых элементов его, то получим величину эквивалентной площади различения точечного элемента (Spзл.т.э.) знака. Величина эквивалентной площади различения точечных элементов в знаке (Spзл.т.э.) является величиной эквивалентной площади идентификации этого знака (Сидн). При среднем числе **визуально различимых** точечных элементов на знак (n) в алфавите у цифровых знаков арабского происхождения (рис.19б) равным 10.3, величина эквивалентной площади идентификации на знак (Сидн ср.) будет равна: Сидн = Spзл ср. : n = 0.17 мм² (рис.37, таблица №11). Средняя величина эквивалентной площади различения у цифровых знаков на **основе 32-хэлементного формата** равна: Spзл ср. = 3.75 мм² (рис.35, таблица №10). Начертание любого из знаков цифрового алфавита представляет фигуру, **визуально** представленную единственным замкнутым контуром (число идентифицируемых элементов n=1), который **идентифицируется только с одним** из знаков цифрового алфавита. Причем ни один дополнительно высветившийся (или не высветившийся) элемент цифрового формата, не принадлежащий высветившейся фигуре не вызывает сомнения в идентификации этой фигуры, идентифицируемой только с одним из знаков цифрового алфавита [Патраль А.В. Патент №2460151].



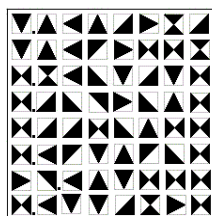
Сравнение цифровых знаков по восприятию наглядно показано на рис.37, таблица 11. Если величина эквивалентной площади различения цифрового знака 8 арабского происхождения с видом матрицы 3x5 равна 0.43 мм² (Spзл =0.43 мм² – рис.20, таблица №6, строка 2 снизу) при 13 (n=13) идентифицируемых точечных элементах в контуре знака, то величина эквивалентной площади идентификации знака при этом равна: Сидн = Spзл : n = **0.03 мм²** (рис.37, таблица №11, строка 2 снизу). При величине габаритного размера 32-хэлементного цифрового формата равного одному точечному элементу формата (Sф₁ = **1мм²** - рис.37ж), величины эквивалентной площади идентификации, различения, обнаружения и идентификации (рис.37ж, таблица №11, строка 1 снизу) равны: Sobн:Кр.с.зн=Spзл:n=Сидн=Sф/4=**0.25 мм²** (при Кр.с.зн =1, n=1). 15 цифровых форматов (Sф₁ = 1мм²), без учета промежутков между ними, можно разместить на информационном поле формата индикатора с габаритным размером Sф=15 мм² (рис.37з). На лицевой стороне корпуса матричного индикатора типа КИПГО2А-8х8Л [4] можно разместить два разряда цифровых форматов с видом матрицы 3x5 (рис.38а) с не высоким качеством восприятия цифровых знаков арабского происхождения. Начертания, например, цифровых знаков 3 и 9 (рис.38а) при их формировании отличаются всего одним точечным элементом, и идентифицировать такие знаки затруднительно. На той же площади информационного поля индикатора КИПГО2А-8х8Л (рис.38б) можно разместить восемь 8-разрядных цифровых разрядов или 64 32-хэлементных формата цифровых знаков. И при формировании цифровых знаков, фигура, представленная тем или иным знаком, хорошо идентифицируется. Сравнительная таблица начертания цифровых знаков в различных системах нумераций приведена на рис.49 (таблица №12).





а

Лицевая сторона корпуса K13-1 матричного индикатора КИПГ02А-8х8Л.



б

Индикатор многоазрадный с наилучшей идентификацией цифровых знаков.

Рис.38

Таблица №12

Таблица 4.1.1												
EGYPT		I	II	III	IIII	IIII II	IIII III	IIII III	IIII III	IIII III	∩	
АТТИКА		I	II	III	IIII	Г	ГГ	ГГГ	ГГГГ	ГГГГ	Δ	
ROMAN		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
АРАБСКАЯ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
На основе 7-сегментного формата	8	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
На основе 4-хсегментного формата	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
На основе матричного формата 3x3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
На основе 4-элементного формата	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
На основе 32-элементного формата	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

СИСТЕМЫ НУМЕРАЦИЙ

Рис.39

Литература

1. Алиев Т.М., Вигдоров Д.И., Кривошеев В.П. Системы отображения информации. Москва. «Высшая школа». 1988. 223 с.: ил.
2. Вуколов Н.И., Михайлов А.Н. Знакосинтезирующие индикаторы. Справочник. Москва. «Радио и связь». 1987. 576 с.: ил.
3. Лисицын Б.Л. «Отечественные приборы индикации и их зарубежные аналоги». Изд-во «Радио и связь». Москва. 1993 г. 432 с.: ил.
4. Лисицын Б.Л. Элементы индикации. Москва. «Энергия». 1978. 224 с.: ил.
5. Патент № 2037886 на изобретение «Устройство для индикации», выдан 19 июня 1995 года. Автор Патраль А.В.
6. Патент № 2249912 на изобретение «Устройство для индикации с увеличенной информационной емкостью», выдан 10 апреля 2005 года. Автор Патраль А.В.
7. Патент № 2338270 на изобретение «Индикатор матричный с наилучшим восприятием цифровых знаков», выдан 19 ноября 2008 года. Автор Патраль А.В.
8. Патент № 2417455 на изобретение «Индикатор девятипозиционный». Выдан 27 апреля 2011 года. Автор Патраль А.В.
9. Патент № 2427928 на изобретение «Устройство для индикации цифровых знаков с энергосберегающим режимом», выдан 27 августа 2011 года. Автор Патраль А.В.
10. Патент № 2427928 на изобретение «Индикатор цифровой многоазрадный 3х3 с форматом знаков 2х2». Выдан 27 августа 2011 года. Автор Патраль А.В.
11. Патент № 2432621 на изобретение «Устройство для индикации с масштабированием сегментного знака», выдан 27 октября 2011 года. Автор Патраль А.В.
12. Патент № 2460151 на изобретение «Устройство для индикации с наилучшей идентификацией знаков». Выдан 27 августа 2012 года. Автор Патраль А.В.
13. Печников А.В., Сидоренко Г.В., Федорова С.А. Средства передачи и отображения информации. Москва. «Радио и связь». 1991. 224 с.: ил.