

Восприятие цифровых знаков

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

Разрешающая способность знака /10/

Различение – стадия восприятия, на которой оператор способен выделить детали, позиционные элементы отображения знака /3/. 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. Количественно она оценивается числом пар оптических линий («линия-промежуток»), приходящихся на 1мм или 1см, или минимально возможной шириной линий на экране /2/.

Разрешающую способность индикаторов можно оценивать по возможности различения оператором двух воспроизводимых световых точек или линий, находящихся на некотором расстоянии друг от друга.

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 *арабского происхождения* можно до определенного предела, свыше которого изображение не будет восприниматься глазом /2/.

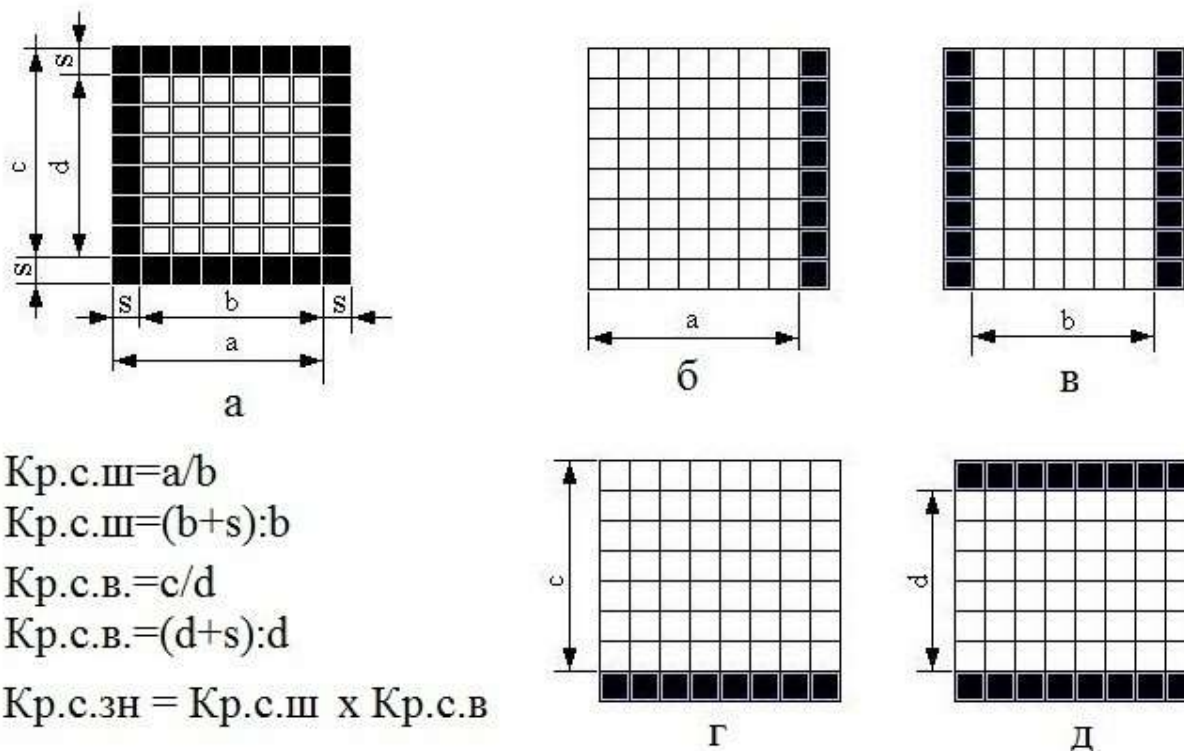
Чем меньше расстояние между параллельно расположенными горизонтальными или вертикальными линиями из точечных элементов (при матричном начертании знака), тем меньше разрешающая способность знака, тем хуже возможность различения его. Разрешающая способность по ширине знака (n) на рис.16а - рис. 16д, определяемая числом пар «линия – промежуток», («промежуток» выбираем равной ширине линии или равной толщине контура знака) возрастает от 1.5 до 5 с возрастанием ширины знака.

Увеличивается возможность различения знака (в относительных единицах) с возрастанием разрешающей способности. Но количественно оценить влияние увеличения разрешающей способности на увеличение эквивалентной площади различения знака (в единицах площади - мм²) по величине числа «пар-промежуток» на этих фигурах нельзя.

Можно сказать только, что разрешающая способность знака по ширине на рис.16д лучше разрешающей способности знака по ширине на рис.16а.

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.16, таблица №4) знака /10/. И с помощью этого коэффициента, определить величину эквивалентной площади различения знака (S_{рзл}). Величина эквивалентной площади различения знака меньше величины эквивалентной площади обнаружения знака на коэффициент разрешающей способности его:

$$S_{рзл} = S_{обн} : Кр.с.ш.$$



Определение разрешающей способности знака.

Рис. 19

Уменьшение величины коэффициента разрешающей способности улучшает возможность восприятие знака. Скорость его опознания увеличивается.

Для определения коэффициента разрешающей способности знака в матричном начертании (рис.19а) по ширине и по высоте (Кр.с.ш. и Кр.с.в.) удобнее разрешающую способность его выразить не числом пар «линия - промежуток», а толщиной вертикальной (горизонтальной) линии из точечных элементов отображения знака (s).

Для измерения коэффициента разрешающей способности знака по ширине (рис.19а) с помощью толщины контура знака измеряем промежуток (a) между одной вертикальной линией контура знака до границы ширины знака (рис.19б). Измеряем промежуток (b) между противоположными вертикальными линиями контура знака (рис.19в).

Т.е., рассматривается возможность различения одной (рис.19б) вертикальной линии контура знака в одном случае и возможность различения каждой из двух вертикальных линий контура знака (рис.19в), во втором случае, расположенных по одной и той же ширине знака. Частное от деления, a/b (безразмерное число) можно характеризовать как относительную величину разрешающей способности знака или величину коэффициента разрешающей способности знака по ширине (Кр.с.ш = a/b).

Чем больше эта величина (Кр.с.ш = a/b), тем меньше разрешающая способность по ширине знака. Величина этого отношения ($a/b > 1$) уменьшает возможность различения каждой из двух вертикальных линий контура знака из точечных элементов отображения (рис.19в) по отношению к возможности различения лишь одной вертикальной линии контура знака из точечных элементов отображения (рис.19б) в пределах одной и той же ширины знака.

Определим величины коэффициентов разрешающей способности (Кр.с.ш = a/b) по ширине знака, состоящего из двух вертикальных линий из точечных элементов, расположенных на одном расстоянии друг от друга (рис.17а) и двух вертикальных линий из точечных элементов, расположенных на другом расстоянии друг от друга (рис.17д). Величины отношения a/b (рис.17а и рис.17д), измеренные толщиной вертикальной линии из точечных элементов определяют значения коэффициентов разрешающей способности

по ширине. Отношения a/b (Кр.с.ш = a/b) будут соответственно равны: Кр.с.ш = $2/1 = 2$ (рис.17е, таблица №5, строка 1, колонки 4 - 6) и Кр.с.ш = $9/8 = 1.125$ (рис.17е, таблица №5, строка 8, колонки 4 - 6).

Для подтверждения правильности расчета коэффициента (Кр.с.ш) разрешающей способности того и другого знака (рис.17а, рис.17д) проверяем его другой формулой /10/, используемой для определения величины эквивалентной площади обнаружения знака:

$$\text{Собн} = (\text{Стэ} \times \text{Сок}) : (\text{Стэ} + \text{Сок}).$$

Определяется величина эквивалентной площади обнаружения одной вертикальной линии из точечных элементов при двух (Собн-2) вертикальных линиях из точечных элементов (рис.17а, рис.17д), расположенных параллельно на некотором расстоянии друг от друга, на занимаемой ими площади знака ($\text{Стэ} + \text{Сок}$), по формуле:

$$\text{Собн-2} = (\text{Стэ} \times \text{Сок}) : (\text{Стэ} + \text{Сок}) : 2 \text{ или } \text{Собн-2} = \text{Собн} / 2$$

(рис.17е, таблица №5, колонки 2, 3 и 9, строки 1 и 8, соответственно).

Определяется величина эквивалентной площади обнаружения (Собн-1) одной вертикальной линии (рис.17а*, рис.17д*) из точечных элементов расположенной на той же площади ($\text{Сзн}^* = \text{Стэ}^* + \text{Сок}^*$), по формуле: $\text{Собн-1} = (\text{Стэ}^* \times \text{Сок}^*) : (\text{Стэ}^* + \text{Сок}^*)$, рис.17е, таблица №5 – строки 1 и 8, колонки 7 и 8, соответственно.

Величина эквивалентной площади обнаружения (Собн-1) одной вертикальной линии из точечных элементов расположенного на ограниченном (Сзн^*) пространстве (рис.17а*, рис.17д*) больше величины эквивалентной площади обнаружения (Собн-2) этой же вертикальной линии на том же ограниченном пространстве (Сзн) при расположении второй вертикальной линии на некотором расстоянии от нее (рис.17а, рис.17д).

Величина отношения $\text{Собн-1} / \text{Собн-2}$ определяет коэффициент разрешающей способности по ширине знака (рис.17е – колонка 10, таблица №5), при двух вертикально расположенных линиях из точечных элементов (Кр.с.ш = $\text{Собн-1} / \text{Собн-2}$). Для рис.17а и рис.17д коэффициенты разрешающей способности (рис.17е, таблица №5, колонки 6 и 10, соответственно), определяемые по различным методам расчета (Кр.с.ш = a/b или Кр.с.ш = $\text{Собн-1} / \text{Собн-2}$) в точности совпадают:

для рис.17а - коэффициент разрешающей способности знака по ширине равен:

Кр.с.ш = $a/b = 2:1=2$, или Кр.с.ш = $\text{Собн-1} / \text{Собн-2} = 5.33 \text{ мм}^2 : 2.67 \text{ мм}^2 = 2$, таблица №5 строка 1, колонки 6 и 10, соответственно;

для рис.17д - коэффициент разрешающей способности знака по ширине равен:

Кр.с.ш = $a/b = 9:8 = 1.125$ или Кр.с.ш = $\text{Собн-1} / \text{Собн-2} = 7.20 \text{ мм}^2 : 6.40 \text{ мм}^2 = 1.125$, строка 8, таблица №5, строка 9, колонки 6 и 10 соответственно.

Коэффициент разрешающей способности Кр.с.ш = $(\text{Собн-1}) / (\text{Собн-2})$ показывает уменьшение эквивалентной площади обнаружения одной из двух (Собн-2) линий контура знака из точечных элементов отображения (рис.17а) по отношению к эквивалентной площади обнаружения одной линии контура знака из точечных элементов отображения (Собн-1), расположенной на той же площади (рис.17а*).

Чем больше величина этого отношения, тем меньше величина эквивалентной площади различения (Срзл) знака ($\text{Срзл} = \text{Собн} / \text{Кр.с.ш}$). Для рис.17а величина эквивалентной площади обнаружения знака ($\text{Собн} = 5.33 \text{ мм}^2$), в два раза больше величины эквивалентной площади различения его: $\text{Срзл} = \text{Собн} / \text{Кр.с.ш} = 5.33 \text{ мм}^2 : 2 = 2.67 \text{ мм}^2$.

Возможность различения знака, выраженная величиной эквивалентной площади различения его (Срзл) по ширине знака ($\text{Срзл} = \text{Собн} / \text{Кр.с.ш}$) при сравнении знаков (рис.17а и рис.17д), показана в таблице №5 (рис.17е – строки 1 и 8). На рис.16, рис.17, рис.18 представлены примеры знаков с различной разрешающей способностью по ширине их и результаты величин коэффициентов разрешающей способности знаков, занесенных в таблицы №4, №5, №6. Из этих таблиц видно, что чем больше разрешающая способность знака, чем дальше отстоят друг от друга вертикальные линии из точечных элементов отображения, тем меньше коэффициент разрешающей способности его.

Величина эквивалентной площади различения ($S_{рзл}$) знака меньше величины эквивалентной площади обнаружения его на коэффициент разрешающей способности знака по ширине ($S_{рзл} = S_{обн} / K_{р.с.ш}$). Коэффициент разрешающей способности стремится к 1 при достаточно большом расстоянии между вертикальными линиями из точечных элементов (рис.16е, рис.17е, рис.18е – нижние строки соответствующих таблиц №4, №5, №6). В этом случае величина эквивалентной площади различения знака стремится к величине эквивалентной площади обнаружения знака (вертикальные линии из точечных элементов при большом расстоянии между ними не оказывают никакого влияния друг на друга при их различении).

Точно также определяется коэффициент разрешающей способности знака ($K_{р.с.в} = c/d$) по высоте его (рис.19г, рис.19д). При определении величины коэффициента разрешающей способности по высоте знака, имеющего одну горизонтальную линию из точечных элементов (рис.19г), измеряется расстояние (c) толщиной этой горизонтальной линии до границы высоты знака и измеряется расстояние (d) промежутка (рис.19д) между двумя горизонтальными линиями из точечных элементов, расположенными по границе высоты знака. Частное от деления, c/d (безразмерное число) можно характеризовать как относительную величину разрешающей способности знака или величину коэффициента разрешающей способности знака по высоте ($K_{р.с.в} = c/d$). Чем больше эта величина ($K_{р.с.в} = c/d$), тем ниже разрешающая способность знака по высоте его.

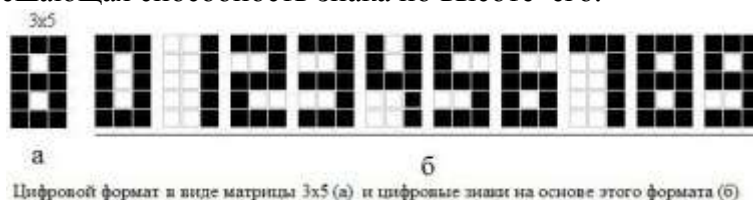


Рис. 20

Используя конструктивные параметры информационного поля стандартного корпуса матричного индикатора КИПГ02А-8/8Л /4/ с видом матрицы 8x8 (рис.19а), определим, для сравнительного анализа восприятия цифровых знаков арабского происхождения (рис.20б) в наименьшем для этих знаков формате с видом матрицы 3x5, без учета промежутков между точечными элементами (рис.20а) их параметры (габаритные размеры точечного элемента (s) принимаем равным 1 мм²). Цифровым форматом для такого алфавита является цифра 8 (рис.20б). Среднее число точечных элементов на знак (n) в цифровом алфавите равно 10,3 ($n_{ср.} = 10.3$). Цифровые знаки на информационном поле матричного индикатора не имеют отклонения от вертикали.

Для цифрового знака (рис.20б) в формате ($S_{ф}$) с видом матрицы 3x5 ($S_{ф} = 15$ мм²) определяем:

1. величину площади контура его из высветившихся точечных элементов ($S_{тэ}$);
2. величину площади «окна» ($S_{ок}$) из не высветившихся точечных элементов;
3. величину эквивалентной площади обнаружения знака по формуле:

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

4. величины коэффициентов разрешающей способности по ширине ($K_{р.с.ш} = a/b$ и по высоте ($K_{р.с.в} = c/d$ знака);

5. коэффициент разрешающей способности знака: $K_{р.с.зн} = K_{р.с.в} \times K_{р.с.ш}$;

6. величину эквивалентной площади различения знака:

$$S_{рзл} = S_{обн} / K_{р.с.зн} / 10/;$$

Таблица №7

цифра	Sф мм ²	n т.э.	Ст.э. мм ²	Сок мм ²	Собн мм ²	Кр.с.ш	Кр.с.в	Кр.с.зн	Срэл мм ²	Срэл 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	

$$Sф = 3s \times 5s$$

$$Ст.э. = n \times s$$

$$Сок = Sф - Ст.э.$$

$$Собн = (Ст.э \times Сок) : Sф$$

$$Срэл = Собн \times Кр.с.зн$$

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

Рис. 21

Все величины заносим в таблицу №7 (рис.21).

По числу (n) высвеченных точечных элементов в формате знака (рис.20б) определяем величину площади контура его ($Ст.э = n \times s$) и заносим ее в таблицу №7, колонка 4 (рис.21) для всех цифровых знаков.

По оставшемуся числу не высвеченных точечных элементов в формате знака (рис.20б) определяем величину площади «окна» его ($Сок = Sф - Ст.э$) и заносим ее в таблицу №7, колонка 5 (рис.21) для всех цифровых знаков.

Суммарная величина площади формата знака (Sф) с видом матрицы 3x5 равна: $Sф = (Ст.э + Сок)$, которая входит в формулу расчета величины эквивалентной площади обнаружения знака (Собн).

Определяем величину эквивалентной площади обнаружения цифровых знаков по формуле: $Собн = (Ст.э \times Сок) : (Ст.э + Сок) = (Ст.э \times Сок) : Sф$ и заносим ее в таблицу №7, колонка 6 (рис.21). Определяем величины коэффициентов разрешающей способности по ширине знака /10/ для цифр 0 и 8: $Кр.с.ш = a/b$, где, $a = 2s$, и $b = s$ (рис.22, рис.21, колонка 7), при $s = 1 \text{ мм}^2$.

Определяем величины коэффициентов разрешающей способности по ширине знака для цифр 1, 2, 3, 5, 7 (рис.20б), у которых вторая вертикальная линия из точечных элементов отсутствует /10/, относительно которой измеряется расстояние b, и формула будет выглядеть так: $Кр.с.ш = a/b = a/a = 1$, при $b = a$.

$$\begin{aligned} a &= 2s & b &= s \\ c &= 2s & d &= s \\ c^* &= 4s & d^* &= 3s \end{aligned}$$

Для цифр 4, 6, 9

$$\text{Кр.с.ш} = 2a/(b+a) = 4s:3s$$

Для цифр 0 и 8

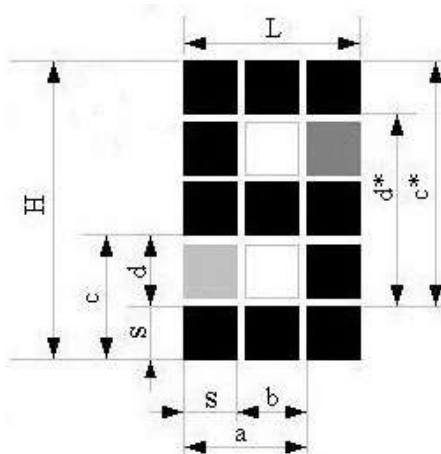
$$\text{Кр.с.ш} = a/b = 2s:s$$

Для цифр 2, 3, 5, 6, 8, 9

$$\text{Кр.с.в} = c/d = 2s:s$$

Для цифры 0

$$\text{Кр.с.в} = c^*/d^* = 4s:3s$$



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

Рис. 22

В этом случае измеряется расстояние (a) от одной вертикальной линии из точечных элементов до границы знака (рис.19б, рис.22) и измеряется то же расстояние от той же вертикальной линии из точечных элементов также до границы знака (b=a), при отсутствии второй вертикальной линии из точечных элементов знака эквивалентно расположению ее на достаточно большом расстоянии, не оказывающем влияние на различение одной вертикальной линии из точечных элементов. Коэффициент разрешающей способности в этом случае будет равен $\text{Кр.с.ш} = 1$.

Определяем величины коэффициентов разрешающей способности по ширине знака /10/ для цифр 4, 9 и 6 (рис.20б), у которых отсутствует (рис.22 – слабо затемненные точечные элементы) вертикальная линия из точечных элементов слева в нижней половине знака (цифры 4 и 9) и справа в верхней половине знака (цифра 6). для цифр 4 и 9:

а. измеряется суммарное расстояние (a+a) от правой нижней вертикальной линии из точечных элементов до границы знака (a) и от правой верхней вертикальной линии из точечных элементов до границ знака (a);

б. измеряется суммарное расстояние (a+b) от правой нижней вертикальной линии из точечных элементов до границы знака (a) и от правой верхней вертикальной линии из точечных элементов до границ знака (b).

Коэффициент разрешающей способности по ширине знака вычисляется по формуле /10/:

$$\text{Кр.с.ш} = (a+a) : (a+b), \text{ где } a = 4s \text{ и } b = 3s. (s=1\text{мм})$$

$$\text{Кр.с.ш} = 4\text{мм} : 3\text{мм} = 1.33 \text{ (рис.21, табл. №7, колонка 7, строки снизу 1 и 6, соответственно).}$$

Такая же величина коэффициента разрешающей способности по ширине знака ($\text{Кр.с.ш} = 1.14$) будет равна и для цифры 6 (рис.20б, рис.21, таблица №7, колонка 7, строка 4 снизу);

Определяем величины коэффициентов разрешающей способности по высоте знака для цифр 2, 3, 5, 6, 8 и 9 (рис.20б, рис.22):

$$\text{Кр.с.в} = c/d, \text{ где } c = 2s \text{ и } d = s, \quad \text{Кр.с.в} = 2s : s = 2.00$$

(рис.21, таблица №7, строки снизу 8, 7, 5, 4, 2, 1 соответственно, колонка 8);

Определяем величину коэффициента разрешающей способности по высоте для знака 0:

$$\text{Кр.с.в} = c^*/d^*, \text{ где } c^* = 4s \text{ и } d^* = 3s \text{ (рис.22), } \text{Кр.с.в} = 4s : 3s = 1.33$$

(рис.21, таблица №7, строка 10 снизу, колонка 8);

Величины коэффициентов разрешающей способности по высоте для знаков 4 и 7:

$$\text{Кр.с.в} = c/d = 1 \text{ (при } d=c);$$

Величину коэффициента разрешающей способности по высоте для знака 1 равен 1 (у этого знака нет второй вертикальной линии, ухудшающей восприятию его).

$Kp.c.v = 1$ (у этого знака нет горизонтальных линий из точечных элементов).

Величина коэффициента разрешающей способности знака равна произведению величины коэффициента разрешающей способности по ширине знака на величину коэффициента разрешающей способности по высоте знака /10/:

$$Kp.c.zh = Kp.c.sh \times Kp.c.v.$$

Определяем величины коэффициентов разрешающей способности знака (рис.21) и заносим их в таблицу №7 (колонка 9).

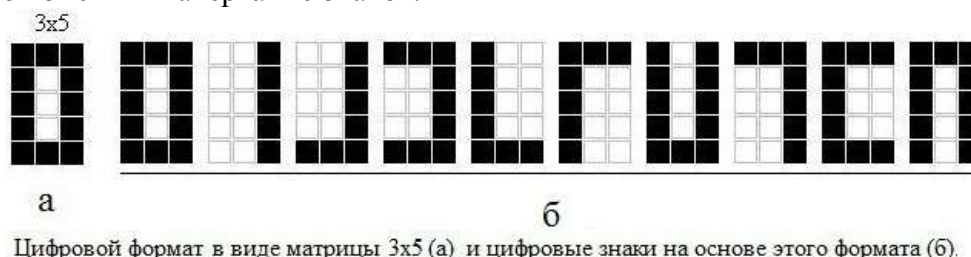
Определяем величину эквивалентной площади различения знака:

$$(Spzl = Sobn / Kp.c.zh) - \text{рис.21, таблица №7, колонка 10.}$$

Величина эквивалентной площади различения знака ($Spzl$) меньше величины эквивалентной площади обнаружения знака ($Sobn$) на величину коэффициента разрешающей способности знака ($Kp.c.zh$). Чем больше величина коэффициента разрешающей способности знака, тем значительно уменьшается величина эквивалентной площади различения знака по сравнению с величиной эквивалентной площади обнаружения его. При величине эквивалентной площади обнаружения знака (цифра 8) равной $Sobn = 2.95 \text{ мм}^2$, величина эквивалентной площади различения уменьшилась в 4 раза, до 0.74 мм^2 , при величине коэффициента разрешающей способности знака равной 4.00 (рис.21, таблица №7, колонка 9). Из таблицы №7 (рис.21) видно, что величина эквивалентной площади различения ($Spzl$) у большинства цифровых знаков меньше чем величина эквивалентной площади обнаружения ($Sobn$) на величину коэффициента разрешающей способности знака.

И только у цифровых знаков 1 и 7, у которых коэффициент разрешающей способности знака равен 1, величина эквивалентной площади различения равна величине эквивалентной площади обнаружения: ($Sobn = Spzl$).

Невозможно при начертании цифровых знаков арабского происхождения устранить влияние коэффициента разрешающей способности знака на величину эквивалентной площади различения. При уменьшении величины коэффициента разрешающей способности величина эквивалентной площади обнаружения знака стремится к величине эквивалентной площади различения его. Но для уменьшения величины коэффициента разрешающей способности при формировании таких знаков необходимо увеличивать площадь «окна» расположенную между вертикальными и горизонтальными линиями из точечных элементов. Увеличение площади «окна» приводит к увеличению формата знака. Чтобы у каждого цифрового знака величина эквивалентной площади обнаружения ($Sobn$) была бы равна величине эквивалентной площади различения ($Spzl$) без увеличения площади «окна», необходимо изменить начертание знаков.



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

Рис. 23

Таблица №8

цифра	Sф мм ²	n т.э.	Ст.э. мм ²	Сок мм ²	Собн мм ²	Кр.с.ш	Кр.с.в	Кр.с.зн	Срзл мм ²	Срзл 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	

$$Sф = 3s \times 5s$$

$$Ст.э. = n \times s$$

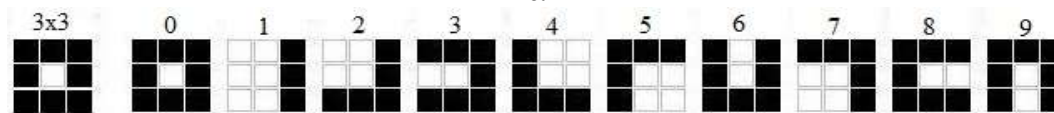
$$Сок = Sф - Ст.э.$$

$$Собн = (Ст.э. \times Сок) : Sф$$

$$Срзл = Собн \times Кр.с.зн$$

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

Рис. 24



а

б

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

Рис. 25

Уменьшить среднюю величину эквивалентной площади различения на знак можно изменив начертания знаков цифрового алфавита, увеличив число знаков, у которых величина коэффициента разрешающей способности знака (Кр.с.зн) была бы минимальной и равна 1/10/. Для построения нового цифрового алфавита воспользуемся форматом с видом матрицы 3x5. Цифровым форматом (рис.23а) нового алфавита (рис.23б) является цифра 0 арабского происхождения.

Сокращение числа точечных элементов в цифровом формате (рис.20а, рис.23а) позволило создать алфавит знаков с меньшим числом точечных элементов на знак ($n_{ср.} = 8.5$), с меньшим потреблением электроэнергии. С уменьшением величины коэффициента разрешающей способности в знаках (2, 3, 4, 5, 6, 8, 9) увеличилась средняя величина эквивалентной площади различения (Срзл ср.) на знак (рис. 24, таблица №8).

Возможность уменьшения габаритного размера формата знака по высоте (рис.23а, рис.25а) очевидна.

Уменьшение габаритного размера цифрового формата без изменения начертания знаков, приводит к еще большему снижению числа точечных элементов в цифровом алфавите на знак ($n_{ср.} = 5.9$), к еще большему снижению энергопотребления.

Таблица №9

цифра	Sф мм ²	n т.э.	Ст.э. мм ²	Сок мм ²	Собн мм ²	Кр.с.ш	Кр.с.в	Кр.с.зн	Срзл мм ²	Срзл ср. мм ²
0	7.50	8	6.62	0.88	0.78	2.00	2.00	4.00	0.20	1.19
1		3	2.48	5.02	1.66	1.00	1.00	1.00	1.66	
2		5	4.14	3.36	1.85	1.00	1.00	1.00	1.85	
3		7	5.80	1.70	1.31	1.00	2.00	2.00	0.66	
4		5	4.14	3.36	1.85	1.00	1.00	1.00	1.85	
5		5	4.14	3.36	1.85	1.00	1.00	1.00	1.85	
6		7	5.80	1.70	1.31	2.00	1.00	2.00	0.66	
7		5	4.14	3.36	1.85	1.00	1.00	1.00	1.85	
8		7	5.80	1.70	1.31	1.00	2.00	2.00	0.66	
9		7	5.80	1.70	1.31	2.00	1.00	2.00	0.66	

$$Sф = 3s \times 3s$$

$$Ст.э. = n \times s^2$$

$$Сок = Sф - Ст.э.$$

$$Собн = (Ст.э. \times Сок) : Sф$$

$$Срзл = Собн \cdot Кр.с.зн$$

а

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

$$H = 2.73 \text{ мм}$$

$$L = 2.73 \text{ мм}$$

$$s = 0.91 \text{ мм}$$

$$a = 1.82 \text{ мм}$$

$$b = 0.91 \text{ мм}$$

$$c = 1.82 \text{ мм}$$

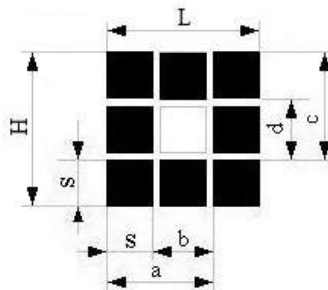
$$d = 0.91 \text{ мм}$$

$$Кр.с.ш = a/b = 2.00$$

для цифр 0 6 9

$$Кр.с.в = c/d = 2.00$$

для цифр 0 3 8



$$Кр.с.ш = 1 \text{ для цифр } 1\ 2\ 3\ 4\ 5\ 7\ 8$$

$$Кр.с.в = 1 \text{ для цифр } 1\ 2\ 4\ 5\ 6\ 7\ 9$$

б

Конструктивные размеры формата с видом матрицы 3x3 для определения разрешающей способности цифровых знаков с увеличенным эффективным угловым размером.

Рис. 26

При формировании знаков 2, 5 и 8 у цифрового алфавита (рис.20) арабского происхождения формата с видом матрицы 3x5 величина эквивалентной площади различения меньше (рис.21, таблица №7), чем у цифрового алфавита с увеличенным эффективным угловым размером знаков формата с видом матрицы 3x3 (рис.25, рис. 26, таблица №9).

Уменьшенный габаритный размер ($Sф=7.50 \text{ мм}^2$) цифрового формата (рис.26б) на 50% в сравнении с цифровым форматом (рис.22, рис.21, таблица №7) показывает уменьшение средней величины эквивалентной площади различения на знак ($Срзл \text{ ср.}$) на 30% (рис.26а, таблица №9). При большем габаритном размере формата цифровых знаков арабского происхождения, они имеют большую величину коэффициента разрешающей способности на знак.

У цифровых знаков с увеличенным эффективным угловым размером, вследствие их начертания, половина знаков (1, 2, 4, 5, 7) цифрового алфавита имеют наименьшую величину коэффициента разрешающей способности (рис.25, рис. 26, таблица №9), при которой величина площади обнаружения знака равна величине площади различения знака.

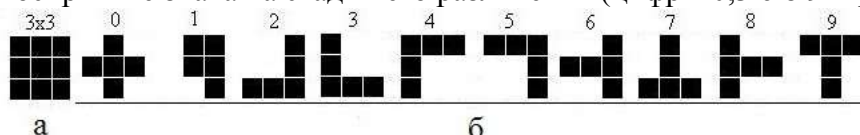
Дальнейшее уменьшение величины коэффициента разрешающей способности в начертаниях во всех знаках цифрового алфавита до минимального значения приведет к увеличению средней площади различения на знак.

Равенство величин эквивалентной площади обнаружения и эквивалентной площади различения ($Собн = Срзл$) показывает, что две стадии восприятия знака – обнаружение и различение сливаются в одну стадию, на которой оператор выделяет элементы знака.

Различение знака обеспечивается уже на стадии его обнаружения. Время опознания знака уменьшается.

Цифровые знаки с постоянным числом точечных элементов в них /11/

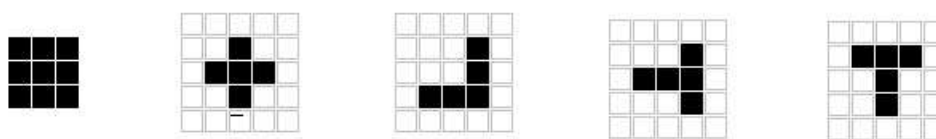
В цифровом формате индикатора с видом матрицы 3x3 (рис.25а) используются 8 активных точечных элемента из 9, из которых формируются контуры десяти цифровых знаков. Точечный элемент (светлый фон на рис.25а) в цифровом формате пассивен. Он не участвует в формировании контура цифрового знака. При формировании 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.25б).



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

Рис. 27

Для построения цифрового алфавита (рис.27б), 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 с видом матрицы 3x3 (рис.27а). Начертание контура любого цифрового знака, состоящего из точечных элементов, представлено не более чем из одной горизонтальной и одной вертикальной линии.



а
Цифровой формат в виде матрицы 3x3

б
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. 28

При изменении начертания цифровых знаков изменилась разрешающая способность их. На демонстративном информационном поле индикатора с видом матрицы 5x5 (рис.28) сформированы цифровые знаки (рис.28б) на основе цифрового формата с видом матрицы 3x3 (рис.28а). Рисунок наглядно демонстрирует вынесение площади «окна» знака за пределы контура знака. Или иначе, контур из высветившихся элементов цифрового формата находится внутри площади «окна» знака из не высветившихся элементов его. Вынесение площади «окна» знака из не высветившихся точечных элементов цифрового формата за пределы контура цифрового знака из высветившихся точечных элементов (рис.28) уменьшило коэффициент разрешающей способности при формировании знаков до минимального его значения: $K_{р.с.зн.}=1$. При использовании наименьшего матричного формата (рис.27а) с видом матрицы 3x3, все точечные элементы которого активно участвуют в формировании знаков, создан цифровой алфавит (рис.27б) с наименьшим и постоянным числом точечных элементов в них.

Таблица №10

цифра	Sф мм ²	Стэ мм ²	Сок мм ²	Собн мм ²	Кр.с.зн	Срзл мм ²
0-9	7.50	4.14	3.36	1.85	1.00	1.85

$$Собн = (Стэ \times Сок) : (Стэ + Сок)$$

$$Срзл = Собн : Кр.с.зн$$

$$Кр.с.зн = 1$$

$$H = 2.73 \text{ мм}$$

$$L = 2.73 \text{ мм}$$

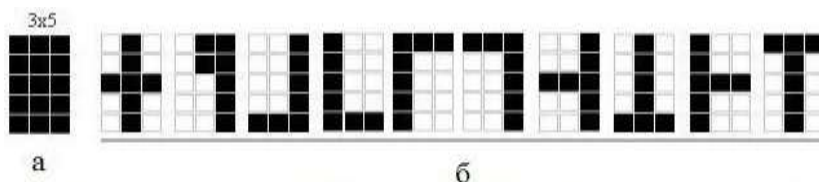
$$s = 0.91 \text{ мм}$$

Параметры цифровых знаков с наибольшей разрешающей способностью их.

Рис. 29

По величине площади зачерненных точечных элементов в цифровом знаке (рис.27б) вычисляем величину площади контура его ($Ст.э.=5s^2$). По величине площади не зачерненных точечных элементов в цифровом знаке вычисляем (рис.29, таблица №10) величину площади его «окна» ($Сок = 4s^2$). Вычисляем величину эквивалентной площади обнаружения знака (без учета промежутков между точечными элементами): $Собн = (Стэ \times Сок) : (Стэ + Сок)$ и результаты заносим в таблицу №10 (рис.29). Величина эквивалентной площади различения (Срзл) знаков (в формате 3x3) с постоянным числом точечных элементов в контуре их ($n=5$ – рис.27б) равна величине эквивалентной площади обнаружения (Собн) знаков (рис.29, таблица №10): $Срзл=Собн:Кр.с.зн=Собн$, при $Кр.с.зн=1$

У цифровых знаков с постоянным числом точечных элементов в них (рис.27), при наименьшем габаритном размере цифровых знаков, наименьшем числе точечных элементов в знаках и наименьшем потреблении энергии, средняя величина эквивалентной площади различения на знак у них выше (таблица №10), чем у цифровых знаков арабского происхождения (рис.21, таблица №7).



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

Рис. 30

Таблица №11

цифра	Sф мм ²	Стэ мм ²	Сок мм ²	Собн мм ²	Срзл мм ²
0-9	15	7	8	3.73	3.73

$$Собн = (Стэ \times Сок) : (Стэ + Сок)$$

$$Срзл = Собн : Кр.с.зн$$

$$Кр.с.зн = 1$$

Параметры цифровых знаков с наилучшим восприятием их на стадии различения.

Рис. 31

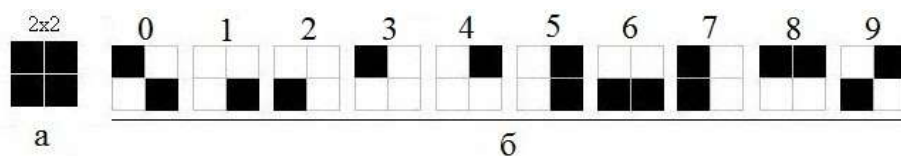
Определим величину эквивалентной площади различения, у знаков с постоянным числом ($n=7$) высветившихся точечных элементов в них, при габаритном размере цифрового формата (рис.30) равного по величине габаритному размеру цифрового формата ($Sф=15 \text{ мм}^2$) при формировании цифровых знаков арабского происхождения.

По числу высветившихся точечных элементов в цифровом формате (рис.30б) вычисляем величину площади контура знака ($Ст.э.$), а по числу не высветившихся точечных элементов величину площади ($Сок$) его «окна» (рис.31, таблица №11), без учета промежутков между точечными элементами.

Величина эквивалентной площади различения цифровых знаков с постоянным числом ($n=7$) высветившихся точечных элементов в них (рис.31, таблица №11) в два раза превышает величину эквивалентной площади различения цифровых знаков арабского происхождения (рис.21, таблица №7) того же формата с видом матрицы 3x5.

Величина эквивалентной площади различения (Срзл) знаков (в формате 3x5) с постоянным числом точечных элементов в контуре их ($n=7$ – рис.30б) равна величине эквивалентной площади обнаружения (Собн) знаков (рис.31, таблица №11):

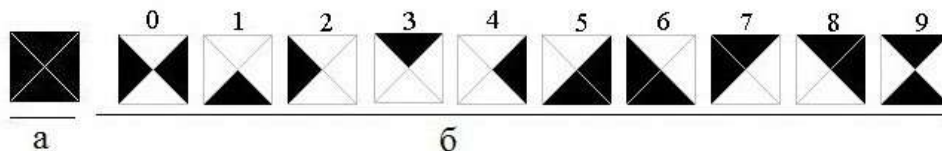
$$Срзл=Собн:Кр.с.зн=Собн, \text{ при } Кр.с.зн=1.$$



Цифровой формат с видом матрицы 2x2 (а) и на его основе цифровые знаки (б).

Рис. 32

Использование наименьшего цифрового формата с видом матрицы 2x2 (рис.32а) не имеет смысла, в связи с затрудненной идентификацией знаков (рис.32б) по расположению в ряду многозначного числа (1-2, 3-4, 5-7).



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

Рис. 33

Если тот же самый, по габаритным размерам цифровой формат с видом матрицы 2x2 в виде квадрата (рис.32а), разделить на четыре элемента не перпендикулярными линиями к сторонам квадрата через центр его, а диагоналями этого квадрата /12/, то получим иное расположение элементов цифрового формата (рис.33а).

Таблица №12

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
2x2 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	

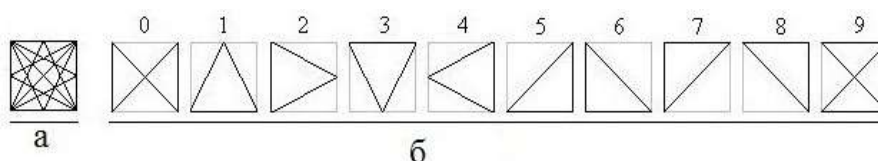
$$S_{обн} = S_{рзл} = (S_{тэ} \times S_{ок}) : S_{ф}$$

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

Рис. 34

Начертания цифровых знаков формата на 2x2 элемента отображения (рис.33б) 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 /3/, лучше различаются и распознаются. В таблице №12 (рис.34) определена средняя величина эквивалентной площади различения знаков цифрового алфавита (Срзл ср.) без учета промежутков между элементами отображения и при Кр.с.зн = 1.

Недостаток цифрового формата 2x2 элемента отображения (рис.33а), цифровые элементы которого ориентированы в плоскости расположения его (рис.33б): величина площади из высветившихся элементов отображения (Стэ) у фигур, представляющих цифровые знаки 1-4 (рис.34, таблица №12) в два раза меньше, чем у фигур, представляющие цифровые знаки 0, 5-9.

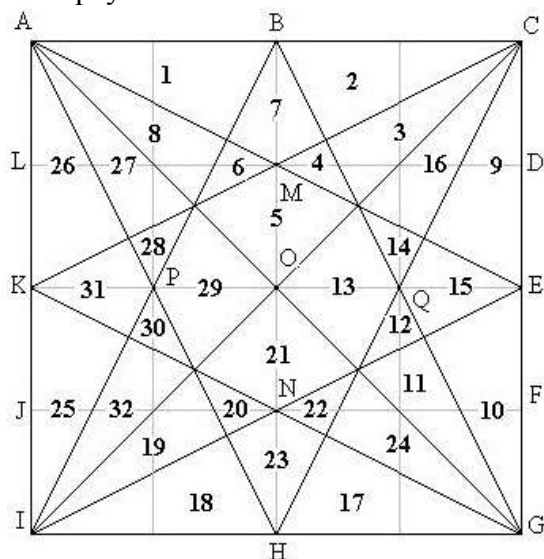


Цифровой формат (а) и цифровые контуры знаков на его основе (б).

Рис. 35

Для увеличения площади фигур, представленных цифровыми знаками 1-4 (рис.33б), необходимо увеличить высоту треугольников у цифровых знаков 1-4.

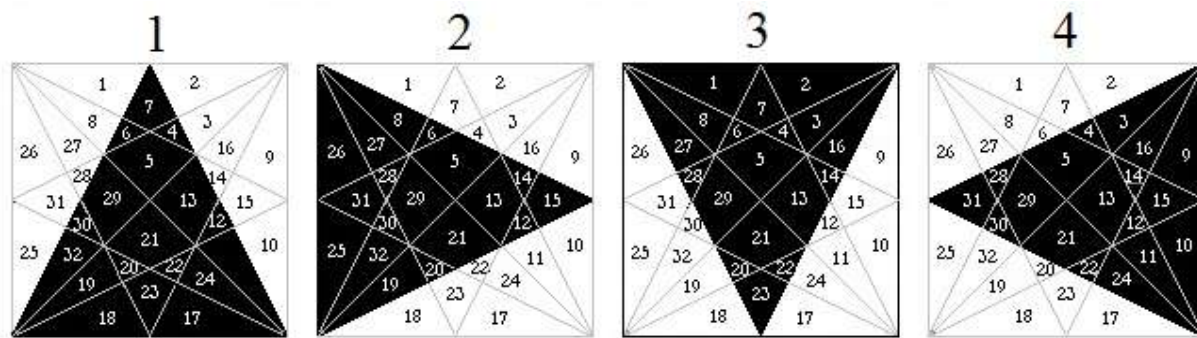
Вершина при начертании цифровых знаков 1-4 в этом случае переместится из точки пересечения диагоналей квадрата на середину стороны квадрата (рис.35), противоположную основанию треугольника /13/.



Цифровой формат на 32 элемента отображения

Рис. 36

Чтобы создать цифровой формат, на основании которого можно было бы сформировать десять цифровых знаков, необходимо на плоскость в виде квадрата (рис.35а) нанести контуры этих 10 фигур (рис.35б), представляющие цифровые знаки.



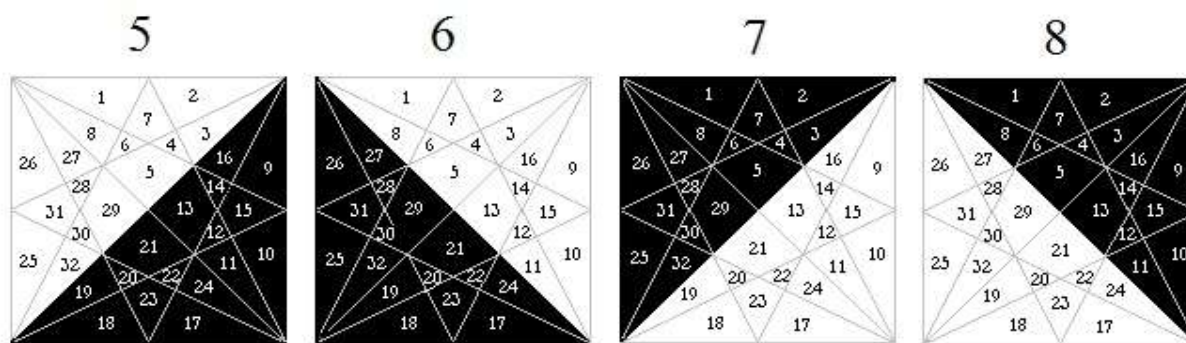
Фигуры, представленные цифровыми знаками 1-4 на основании цифрового формата (рис.36).

Рис. 37

В результате пересечений контуров всех треугольников (рис.36) на информационном поле цифрового индикатора, в ограниченной сторонами квадрата плоскости, образовалось 32 элемента отображения /13/, из которых можно сформировать цифровые знаки. 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.37).

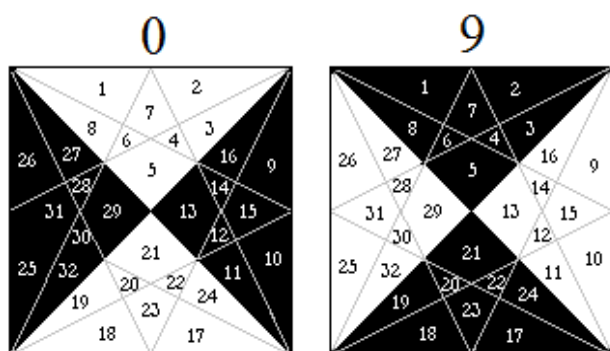
Начертания фигур, в виде равнобедренных треугольников, основаниями которых являются диагонали квадрата, а вершины их расположены по соответствующим углам квадрата, представим в виде цифровых знаков 5-8 (рис.38).

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.39).



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

Рис. 38



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

Рис. 39

Таблица №13

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

$$Собн = (Стэ \times Сок) : (Стэ + Сок)$$

$$Срзл = Собн : Кр.с.зн$$

$$Кр.с.зн = 1$$

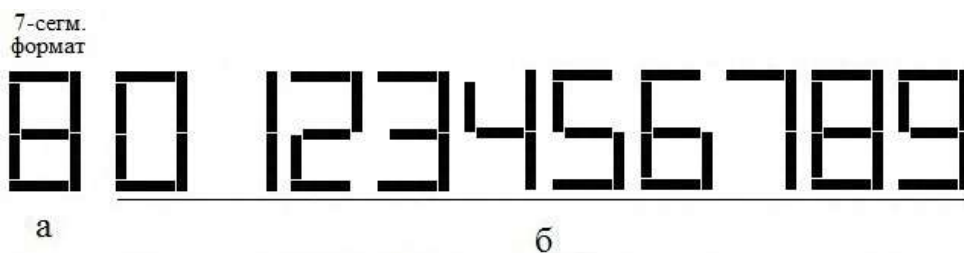
Параметры цифровых знаков с наилучшим восприятием их.

Рис. 40

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.37, рис.38, рис.39) на стадии обнаружения и различения достигают максимального значения /10, 13/: $Собн = Срзл = Sф/4$.

При габаритном размере цифрового формата равного 15 мм², величина эквивалентной площади (Срзл) различения знака будет равна величине эквивалентной площади (Собн) обнаружения знака (рис.40, таблица №13). Величина эквивалентной площади различения знака у цифровых знаков с наилучшим их восприятием (таблица №13) более чем в два раза превышает величину эквивалентной площади различения у цифровых знаков арабского происхождения в матричном исполнении (рис.21, табл. №7).

Восприятие цифровых знаков арабского происхождения в сегментном исполнении (рис. 41б) на стадии их различения, при одних и тех же габаритных размерах форматов, лучше восприятия знаков арабского происхождения матричного исполнения. Это объясняется тем, что толщину контура сегментного формата (рис.41а, рис.41г) можно выбрать таким образом, чтобы у тех цифровых знаков (0, 6, 8, 9), у которых величина коэффициента разрешающей способности знаков при их начертании имеет максимальное значение, величина эквивалентной площади обнаружения знака (Собн) тоже была бы максимальной. Т.е. необходимо выбрать толщину контура знака так, чтобы величина площади из высветившихся сегментов (Sсег.) цифрового формата и величина площади «окна» знака (Сок) для этих цифровых знаков были бы приблизительно равны. При выбранной толщине (s) контура знака равной 0.5 мм (для габаритного размера цифрового формата Sф = 15.0 мм²) величина эквивалентной площади обнаружения знаков 0, 6, 8, 9 будет максимальной: $Собн = Sф/4 = 3.75\text{мм}^2$ (рис.41в, таблица №14 – $Собн = 3.73\text{мм}^2$ – реально чуть меньше при выбранной толщине контура знака).



7-сегментный формат (а) и начертания цифровых знаков на его основе (б).

Таблица №14

цифра	Sф мм ²	n сегм.	Sсегм. мм ²	Sок мм ²	Sобн мм ²	Кр.с.ш	Кр.с.в	Кр.с.зн	Срзл мм ²	Срзл ср. мм ²
0	15.0	6	7.00	8.00	3.73	1.25	1.125	1.41	2.64	2.62
1		2	2.50	12.50	2.08	1.00	1.00	1.00	2.08	
2		5	5.75	9.25	3.55	1.00	1.29	1.29	2.75	
3		5	6.00	9.00	3.60	1.00	1.29	1.29	2.79	
4		4	4.50	10.50	3.15	1.11	1.00	1.11	2.84	
5		5	5.75	9.25	3.55	1.00	1.29	1.29	2.75	
6		6	6.75	8.25	3.71	1.11	1.29	1.43	2.59	
7		3	3.75	11.25	2.81	1.00	1.00	1.00	2.81	
8		7	8.00	7.00	3.73	1.25	1.29	1.61	2.32	
9		6	7.00	8.00	3.73	1.11	1.29	1.43	2.61	

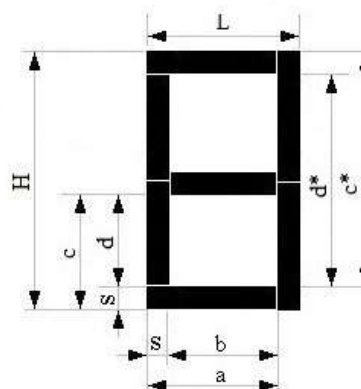
$Sф = H \times L$
 $Sок = Sф - Sсегм.$
 $Sобн = (Sсегм. \times Sок) : Sф$
 $Срзл = Sобн : Кр.с.зн$
 $Сидн ср. = Срзл ср. : n ср.$

в

Таблица величин параметров знаков арабского происхождения на основе 7-сегментного формата в зависимости от их начертания.

$H = 5.00 \text{ мм}$
 $L = 3.00 \text{ мм}$
 $s = 0.50 \text{ мм}$

$Кр.с.в = c/d = 1.29$
 для цифр 2 3 5 6 8 9
 $Кр.с.в = c*/d* = 1.125$
 для цифры 0
 $Кр.с.ш = a/b = 1.25$
 для цифр 0 и 8
 $Кр.с.ш = 2a/(b+a) = 1.11$
 для цифр 4 6 9
 $Кр.с.в = 1$ для цифр 1 4 7
 $Кр.с.ш = 1$ для цифр 1 2 3 5 7



г

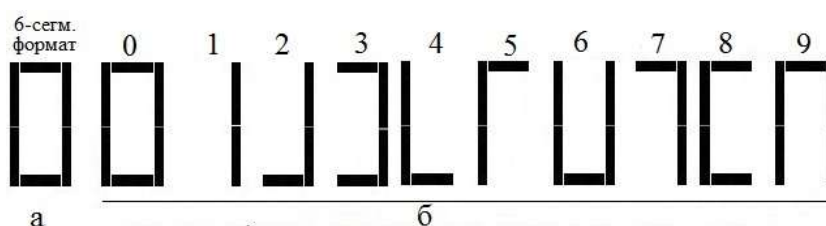
Конструктивные размеры 7-сегментного формата для определения параметров знаков по их восприятию.

Рис. 41

Средняя величина эквивалентной площади различения на знак у цифровых знаков арабского происхождения в 7-сегментном исполнении (рис.41в, таблица №14) в 1.5 раза больше величины эквивалентной площади различения на знак у цифровых знаков арабского происхождения матричного исполнения (рис.21, таблица №7).

При использовании формата 6-сегментного индикатора (рис.42а), когда средний горизонтальный сегмент 7-сегментного индикатора не используется в начертании знаков с увеличенным эффективным угловым размером (рис.42б), величина коэффициента разрешающей способности по высоте для цифровых знаков 2, 3, 5, 6, 8, и 9 уменьшается (рис.42в, таблица №15). Средняя величина эквивалентной площади различения на знак (Срзл ср.) для цифровых знаков 2, 3, 5, 6, 8 и 9 повышается.

При уменьшении габаритного размера 6-сегментного формата индикатора до 4-сегментного формата (рис.43а) пропорционально уменьшается средняя величина эквивалентной площади обнаружения (Собн ср.) на знак (рис.43б, рис.43в, таблица №16) и увеличивается величина коэффициента разрешающей способности (Кр.с.зн) для знаков 0, 3, 6, 8 и 9 и, следовательно, уменьшается средняя величина эквивалентной площади различения на знак (Срзл ср.). Однако, средняя величина эквивалентной площади различения на знак у цифровых знаков с увеличенным угловым размером знаков сегментного исполнения выше, чем у аналогичных знаков матричного исполнения (рис.25, рис.26б, таблица №9), т.к. форматы матричного индикатора предназначены как для буквенной, так и цифровой индикации. Форматы сегментных индикаторов предназначены в основном для цифровой индикации и соотношение величины площади контура формата и площади его «окна» можно оптимально выбрать для лучшего восприятия знаков на стадиях обнаружения и различения. Что же касается восприятия знаков на стадии идентификации, то преимущество сегментного исполнения перед матричным исполнением, несомненно.



6-сегментный формат (а) и начертания цифровых знаков на его основе (б).

Таблица №15

цифра	Sф мм ²	n сегм.	Ст.э. мм ²	Сок мм ²	Собн мм ²	Кр.с.ш	Кр.с.в	Кр.с.зн	Срзл мм ²	Срзл ср. мм ²
0	15.0	6	7.00	8.00	3.73	1.25	1.125	1.41	2.64	2.68
1		2	2.50	12.50	2.08	1.00	1.00	1.00	2.08	
2		3	3.50	11.50	2.68	1.00	1.00	1.00	2.68	
3		4	4.50	10.50	3.15	1.00	1.125	1.125	2.80	
4		3	3.50	11.50	2.68	1.00	1.00	1.00	2.68	
5		3	3.50	11.50	2.68	1.00	1.00	1.00	2.68	
6		5	6.00	9.00	3.60	1.25	1.00	1.25	2.88	
7		3	3.50	11.50	2.68	1.00	1.00	1.00	2.68	
8		4	4.50	10.50	3.15	1.00	1.125	1.125	2.80	
9		5	6.00	9.00	3.60	1.25	1.00	1.25	2.88	

$Sф = H \times L$

$Сок = Sф - Sсегм.$

$Собн = (Sсегм. \times Сок) : Sф$

$Срзл = Собн : Кр.с.зн$

$Срзл ср. = Срзл ср. : n ср.$

В

Таблица величин параметров знаков арабского происхождения на основе 6-сегментного формата в зависимости от их начертания.

$H = 5.00 \text{ мм}$

$L = 3.00 \text{ мм}$

$s = 0.50 \text{ мм}$

$a = 2.50 \text{ мм}$ Кр.с.в = c/d = 1.125

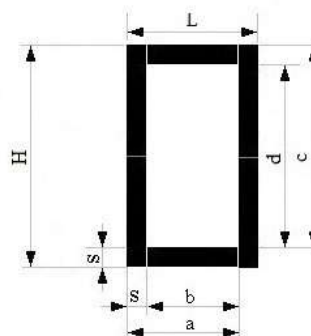
$b = 2.00 \text{ мм}$ для цифр 0 3 8

$c = 4.50 \text{ мм}$ Кр.с.ш = a/b = 1.25

$d = 4.00 \text{ мм}$ для цифр 0 6 9

Кр.с.в = 1 для цифр 1 2 4 5 6 7 9

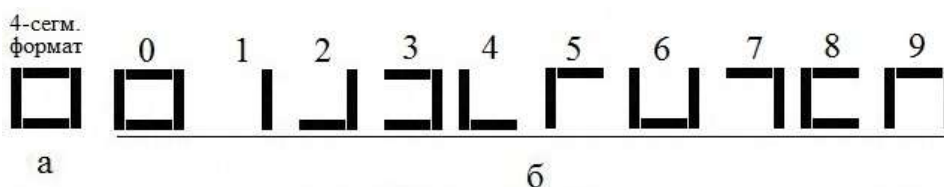
Кр.с.ш = 1 для цифр 1 2 3 4 5 7 8



Г

Конструктивные размеры 6-сегментного формата для определения параметров знаков по их восприятию.

Рис.42



4 - сегментный формат (а) и начертания цифровых знаков на его основе (б).

Таблица №16

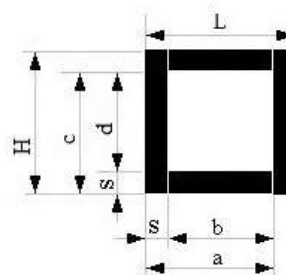
цифра	Sф мм ²	n сегм.	Ст.э. мм ²	Сок мм ²	Собн мм ²	Кр.с.ш	Кр.с.в	Кр.с.зн	Срзл мм ²	Срзл ср. мм ²
0	7.50	4	4.50	3.00	1.80	1.25	1.33	1.66	1.08	1.42
1		1	1.25	6.25	1.04	1.00	1.00	1.00	1.04	
2		2	2.25	5.25	1.58	1.00	1.00	1.00	1.58	
3		3	3.25	4.25	1.84	1.00	1.33	1.33	1.38	
4		2	2.25	5.25	1.58	1.00	1.00	1.00	1.58	
5		2	2.25	5.25	1.58	1.00	1.00	1.00	1.58	
6		3	3.50	4.00	1.87	1.25	1.00	1.25	1.50	
7		2	2.25	5.25	1.58	1.00	1.00	1.00	1.58	
8		3	3.25	4.25	1.84	1.00	1.33	1.33	1.38	
9		3	3.50	4.00	1.87	1.25	1.00	1.25	1.50	

$S\phi = H \times L$
 $Sок = S\phi - Sсегм.$
 $Sобн = (Sсегм. \times Sок) : S\phi$
 $Sрзл = Sобн : Кр.с.зн$
 $Sидн ср. = Sрзл ср. : n ср.$

В

Таблица величин параметров знаков арабского происхождения на основе 4 - сегментного формата в зависимости от их начертания.

$H = 2.50 \text{ мм}$
 $L = 3.00 \text{ мм}$
 $s = 0.50 \text{ мм}$
 $a = 2.50 \text{ мм}$ Кр.с.в = $c/d = 1.33$
 $b = 2.00 \text{ мм}$ для цифр 0 3 8
 $c = 2.00 \text{ мм}$ Кр.с.ш = $a/b = 1.25$
 $d = 1.50 \text{ мм}$ для цифр 0 6 9
 Кр.с.в = 1 для цифр 1 2 4 5 6 7 9
 Кр.с.ш = 1 для цифр 1 2 3 4 5 7 8



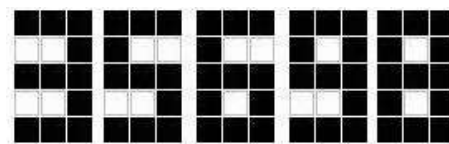
Г

Конструктивные размеры 4 - сегментного формата для определения параметров знаков по их восприятию.

Рис. 43

Идентификация /13/

Идентификация – стадия восприятия /3/, на которой оператор отождествляет объект с эталоном, хранящимся в памяти (или отождествляет два одновременно воспринимаемых объекта).



Идентификация цифровых знаков

Рис. 44

Идентифицировать цифровые знаки арабского происхождения при некотором удалении от наблюдателя затруднительно. Начертания цифровых знаков с большой величиной коэффициента разрешающей способности трудно различимы (рис.21, таблица №7). А большое число элементов отображения в знаке затрудняет идентифицировать знак

цифрового алфавита. Так, например, в цифровом алфавите арабского происхождения ряд цифровых знаков матричного исполнения (рис.44) 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 цифровых знаков предлагаемого цифрового алфавита.

Если числовую величину эквивалентной площади различения знака ($S_{рзл}$) распределить по величинам эквивалентной площади различения высветившихся точечных элементов при формировании знака, разделив ее на число (n) точечных элементов в знаке, то получим величину эквивалентной площади различения точечного элемента ($S_{рзл.т.э.}$) знака.

Величина эквивалентной площади различения точечных элементов в знаке ($S_{рзл.т.э.}$) является величиной эквивалентной площади идентификации этого знака ($S_{идн}$).

Средняя величина эквивалентной площади различения у цифровых знаков арабского происхождения (матричного исполнения) равна: $S_{рзл ср.} = 1.73 \text{ мм}^2$ (рис.21, таблица №7).

При среднем числе **визуально различимых** точечных элементов на знак (n) в алфавите у цифровых знаков арабского происхождения (рис.45а) равным 10.3, величина эквивалентной площади идентификации на знак ($S_{идн ср.}$) будет равна:

$$S_{идн} = S_{рзл ср.} : n = 0.17 \text{ мм}^2 \text{ (рис.45н, таблица №17).}$$

Средняя величина эквивалентной площади различения у **цифровых знаков на основе 32-элементного формата** равна: $S_{рзл ср.} = 3.75 \text{ мм}^2$ (рис.40, таблица №13). Увеличение до максимального значения средней величины эквивалентной площади идентификации на знак ($S_{идн} = S_{рзл} : n = 3.75 \text{ мм}^2$) у **цифровых знаков на основе 32-элементного формата** связано с начертанием знаков. 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 (рис.45к, рис.45н, таблица №17, строка 4 снизу). 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 /13/.

Сравнение по восприятию цифровых знаков арабского происхождения матричного исполнения и цифровых знаков на основе 32-элементного цифрового формата наглядно показано на рис.45л, рис.45м, соответственно.

Если величина эквивалентной площади различения цифрового знака 8 с видом матрицы 3x5 равна 0.43 мм^2 ($S_{рзл} = 0.43 \text{ мм}^2$ – рис.21, таблица №7, строка 2 снизу) при 13 ($n=13$) идентифицируемых точечных элементах в контуре знака, то величина эквивалентной площади идентификации знака при этом равна:

$$S_{идн} = S_{рзл} : n = \mathbf{0.03 \text{ мм}^2} \text{ (рис.45н, таблица №17, строка 3 снизу).}$$

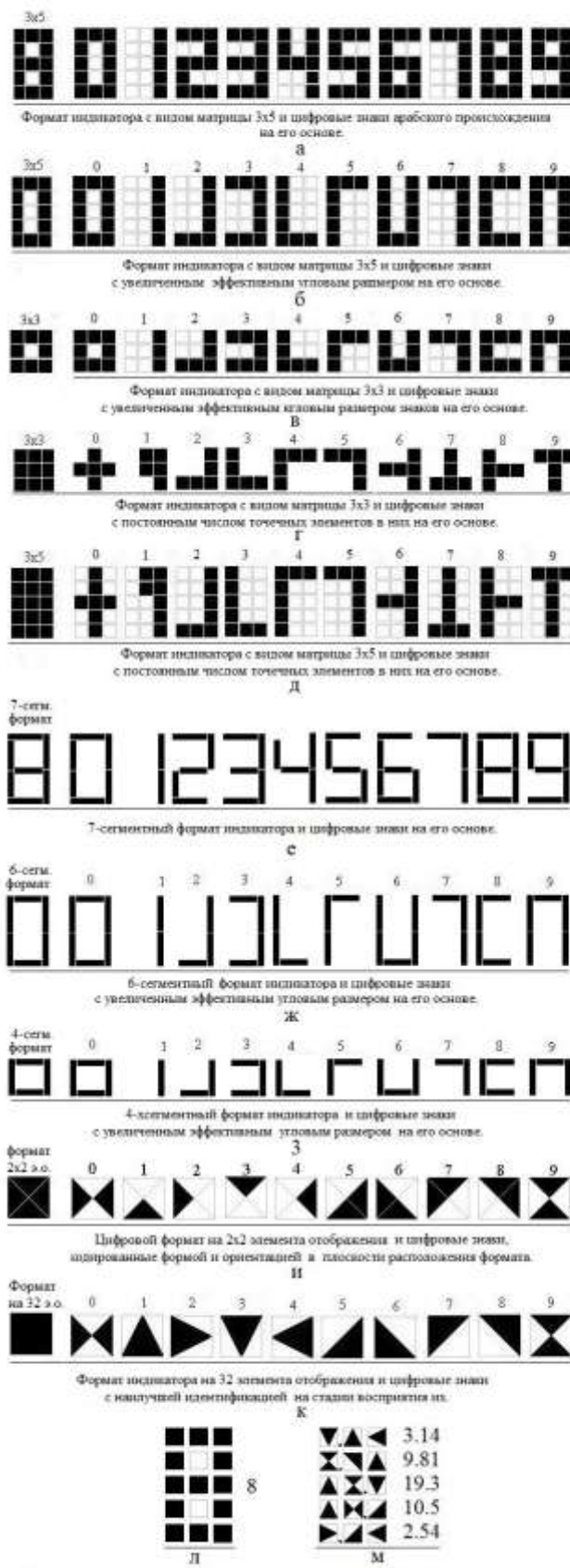
При величине габаритного размера 32-элементного цифрового формата равного одному точечному элементу формата с видом матрицы 3x5 ($S_{ф1} = 1 \text{ мм}^2$ - рис.45м), величины эквивалентной площади идентификации, различения, обнаружения и идентификации равны: $S_{обн}:Kp.c.зн=S_{рзл}:n=S_{идн} = S_{ф}/4$ (при $Kp.c.зн = 1, n=1$) = $\mathbf{0.25 \text{ мм}^2}$ (рис.45н, таблица №17, строка 1 снизу).

15 таких цифровых форматов ($S_{ф1} = 1 \text{ мм}^2$) можно разместить на информационном поле с габаритным размером $S_{ф}=15 \text{ мм}^2$, без учета промежутков между цифровыми форматами (рис.45м).

Величины эквивалентной площади идентификации, различения и обнаружения знаков цифровых форматов равны: $S_{обн}:Kp.c.зн=S_{рзл}:n=S_{идн} = S_{ф}/4 = (15 \text{ мм}^2/4):15 = 0.25 \text{ мм}^2$ (рис.45н, таблица №17, строка 2 снизу).

Время восприятия знаков, у которых величины эквивалентной площади идентификации, различения и обнаружения знаков цифровых форматов равны, сокращено до минимума, а расстояние наблюдения максимально для данного габаритного размера формата индикатора.

Таблица №17



Сравнительное начертание в матричном исполнении цифры 8 арабского происхождения и пяти 3-значных чисел 32-элементного цифрового формата.

рис.	Sф мм ²	Собн ср. на знак мм ²	Срзл ср. на знак мм ²	п ср. на знак мм ²	Сидн ср. на знак мм ²
а	15.0	2.84	1.73	10.3	0.17
б	15.0	3.37	2.75	8.5	0.32
в	7.5	1.51	1.19	5.9	0.20
г	7.5	1.85	1.85	5.0	0.37
д	15.0	3.73	3.73	7.0	0.53
е	15.0	3.36	2.62	4.9	0.53
ж	15.0	3.00	2.68	3.8	0.70
з	7.5	1.66	1.42	2.5	0.57
и	15.0	3.37	3.37	1.6	2.11
к	15.0	3.75	3.75	1.0	3.75
л	15.0	1.73	0.43	13.0	0.03
м	15.0	3.75	3.75	15.0	0.25
м	1.0	0.25	0.25	1.0	0.25

Сравнительная таблица восприятия цифровых знаков на стадиях обнаружения, различения и идентификации в зависимости от габаритного размера и начертания.

Рис. 45

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 многоуровневый 3x3 с форматом знаков 2x2». 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.