

АНАЛИЗ ИНЖЕНЕРНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГЕНЕРАТОРА СИГНАЛОВ СПЕЦИАЛЬНОЙ ФОРМЫ AFG-72012

Алефиренко Виктор Михайлович,

*«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», канд. техн. наук, доцент,
г. Минск*

Старовойтов Александр Юрьевич,

*«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», магистрант,
г. Минск*

ANALYSIS OF ENGINEERING AND PSYCHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE SIGNAL GENERATOR AFG-72012

Alefirenko Viktor Mikhailovich,

*«Belarus State University of Informatics and Radioelectronics», Ph.D, associate professor,
Minsk*

Starovoytov Aleksandr Jurjevich,

*«Belarus State University of Informatics and Radioelectronics», master student,
Minsk*

Аннотация. В работе проведен анализ размеров и светотехнических характеристик панели управления и компонентов генератора сигналов специальной формы AFG-72012 на соответствие требованиям инженерной психологии.

Abstract. The analysis of sizes and light technical characteristics of the signal generator AFG-72012 control panel for compliance with the requirements of engineering psychology is carried out.

Ключевые слова: генератор сигналов, панель управления, инженерная психология, анализ.

Keywords: signal generator, control panel, engineering psychology, analysis.

Генераторы сигналов широко применяются для тестирования и диагностики различного вида аппаратуры, в том числе и встроенной в технические средства (автомобили, самолеты, управляющие комплексы и др.) Как правило, приоритетом при выборе конкретной модели генератора сигналов потребителем являются его технические характеристики, а характеристики, определяющие его совместимость с человеком-оператором, не учитываются. Это может приводить к ошибкам оператора, связанными с неправильной установкой параметров генерируемых сигналов. Проведение исследований на соответствие параметров каждой модели требованиям

инженерной психологии является достаточно трудоемкой задачей, так как предлагаемая для этого методика [1] достаточно объемна. Поэтому в [2] предлагается провести классификацию приборов по категориям и группам, выбрать конкретную группу приборов, провести предварительный анализ различных моделей каждой группы и выбрать для дальнейших исследований типовой представитель. Как показал проведенный анализ, типовым представителем генераторов сигналов является модель AFG-72012 компании Good Will Instek [2, 3], внешний вид которой представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Генератор сигналов специальной формы AFG-72012

Анализ соответствия панели управления (ПУ) прибора требованиям инженерной психологии включает в себя:

- расчет размеров ПУ;
- расчет размеров компонентов ПУ;
- расчет светотехнических характеристик компонентов.

Результаты анализа в значительной степени будут зависеть от правильности подготовки и обоснования исходных данных, используемых для расчетов.

Исходные данные условно можно разделить на три группы [4, 5]:

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

– данные, определяемые условиями работы оператора с конкретным прибором;

– данные, относящиеся к самому прибору.

К первой группе исходных данных относятся:

– угловые размеры соответствующих зон обзора оператора;

– оперативный угол зрения оператора;

– объем зрительного восприятия;

– пределы контраста.

Все исходные данные, относящиеся к первой группе, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Инженерно-психологические характеристики оператора

Наименование	Обозначение	Величина
Периферическое зрение оператора по горизонтали	α_{Γ}	90°
Периферическое зрение оператора по вертикали	$\alpha_{\text{В}}$	75°
Величина угла оперативного поля зрения	$\alpha_{\text{ОП}}$	5°
Объем зрительного восприятия	$N_{\text{ЗВ}}$	5
Допустимый угловой размер простых знаков	$\alpha_{\text{ПЗ}}$	15'
Допустимый угловой размер сложных знаков	$\alpha_{\text{СЗ}}$	30'
Пределы контраста	K	0,6 - 0,95

Ко второй группе исходных данных относятся:

- расстояние до ПУ;
- минимальная и максимальная освещенность

рабочего места оператора.

Исходные данные для анализа ПУ, определяемые условиями работы оператора, представлены в таблице 2.

Таблица 2

Исходные данные, определяемые условиями работы оператора

Наименование	Обозначение	Величина
Расстояние до панели управления	l	0,5 м
Минимальная освещенность	E_{min}	500 лк
Максимальная освещенность	E_{max}	300 лк

Минимальная и максимальная освещенность рабочего места оператора выбиралась согласно рекомендациям [6, 7].

К третьей группе исходных данных относятся:

- размеры ПУ;
- размеры компонентов ПУ;

– количество компонентов на ПУ;

– цветовые характеристики компонентов ПУ (коэффициенты отражения);

– число знаков индикаторного устройства.

Некоторые исходные данные, относящиеся к самому прибору, представлены в таблице 3.

Таблица 3

Исходные данные, относящиеся к самому прибору

Наименование прибора	Размеры панели управления		Количество компонентов, шт	Количество знаков дисплея, расположенных по	
	Высота, мм	Ширина, мм		вертикали, $N_{\text{В}}$, шт	горизонтали $N_{\text{Г}}$, шт
Генератор сигналов специальной формы AFG-72012	107,0	266,3	40	24	46

Коэффициент отражения показывает, какая часть падающего на поверхность светового потока отражается ею. Он зависит от цвета поверхности и качества ее обработки. Для полированных и глянцевых поверхностей коэффициент отражения

будет зависеть еще и от угла падающего и отраженного света. Значения коэффициентов отражения поверхностей различного цвета для прибора выбирались из [8, 9].

Максимально допустимый размер ПУ исходя из горизонтального и вертикального угловых размеров зоны периферического зрения оператора и заданного расстояния l до ПУ определяется по следующим формулам [2, 4]:

$$L_{\text{ПУ max}} = 2 \cdot l \cdot \text{tg} \frac{\alpha_{\Gamma}}{2}, \quad (1)$$

$$H_{\text{ПУ max}} = 2 \cdot l \cdot \text{tg} \frac{\alpha_{\text{В}}}{2}, \quad (2)$$

$$S_{\text{ПУ max}} = L_{\text{ПУ max}} \cdot H_{\text{ПУ max}} \quad (3)$$

где l – расстояние до ПУ;
 α_{Γ} – горизонтальный угол периферического зрения;
 $\alpha_{\text{В}}$ – вертикальный угол периферического зрения.

Минимально допустимые размеры ПУ определяются исходя из объема оперативной памяти и оперативного (центрального) поля зрения оператора.

Площадь оперативного поля зрения может быть определена по формуле:

$$S_{\text{ПЗ}} = h \cdot h = (2 \cdot l \cdot \text{tg} \frac{\alpha_{\text{ОП}}}{2})^2, \quad (4)$$

где h и $\alpha_{\text{ОП}}$ – линейный и угловой размеры оперативного поля зрения.

Тогда минимальная площадь ПУ, удовлетворяющая требованиям инженерной психологии, может быть определена как:

$$S_{\text{ПУ min}} = \frac{N}{N_{\text{ЗВ}}} \cdot S_{\text{ПЗ}}, \quad (5)$$

где N – количество компонентов, расположенных на ПУ, шт;

$N_{\text{ЗВ}}$ – объем зрительного восприятия.

В количество принятых для расчетов компонентов входят следующие:

- разъемы;
- индикаторы;
- дисплей;
- количество кнопок и надписей предназначения кнопки;
- фирменный знак или название производителя;
- название модели прибора.

Кнопка и надпись предназначения кнопки считается как один компонент, в независимости от того, где располагается надпись (на кнопке, под или над ней).

В соответствии с требованиями инженерной психологии для обеспечения оптимального

восприятия компонента фактическая площадь ПУ должна лежать в пределах:

$$S_{\text{ПУ min}} \leq S_{\text{ПУ ф}} \leq S_{\text{ПУ max}}. \quad (6)$$

Результаты расчетов, проведенные по формулам (1) – (5), представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты расчетов размеров ПУ

Наименование прибора	шт	п, шт	Е, мм	S, мм ²	S _{ПУ ф} , М ²	S _{ПУ min} , М ²
Генератор сигнала в AFG-72012	0	000	7 67,3 2	1 5250 ,2	3 135 1	7 6732 0

Как видно из таблицы фактические размеры панели управления прибора лежат в требуемых пределах, что говорит о полном соответствии размера ПУ требованиям инженерной психологии.

Размеры каждого отдельного компонента ПУ (надписей, символов, знаков) должны быть такими, чтобы с заданного до ПУ расстояния человек-оператор мог безошибочно их распознавать и своевременно считывать информацию с индикаторов и надписей.

Требуемая высота знака зависит как от расстояния до него, так и от освещенности. Для расчета минимально допустимой высоты простого и сложного знаков используется формула [2, 4]:

$$H_{\text{З min}} = 2 \cdot l \cdot \text{tg} \frac{\alpha_{\text{З}}}{2}, \quad (7)$$

где l – расстояние до ПУ, мм;

$\alpha_{\text{З}}$ – допустимый (минимальный) угловой размер знака, град.

Для расчета минимальной допустимой ширины простого и сложного знаков используется формула [2, 4]:

$$B_{\text{З min}} = F \cdot H_{\text{З min}}, \quad (8)$$

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

$H_{\text{З min}}$ – минимально допустимая высота простого и сложного знаков.

Результаты расчетов размеров компонентов (надписей) ПУ генератора сигналов AFG-72012 представлены в таблице 5. Для сравнения были выбраны наименьшие по размерам знаки.

Таблица 5

Фактические и минимально допустимые размеры надписей ПУ

Наименование прибора	Тип знака	Фактическая высота знака, $H_{з\Phi}$, мм	Минимально допустимая высота знака, $H_{з\min}$, мм	Фактическая ширина знака, $B_{з\Phi}$, мм	Минимально допустимая ширина знака, $B_{з\min}$, мм	Проверка выполнения условия
Генератор сигналов AFG-72012	простой	2,2	2,2	2	1,47	Выполняется
	сложный	3	4,4	3	2,93	Не выполняется

Как видно из таблицы высота сложных знаков генератора сигналов не соответствует требованиям инженерной психологии.

Расчет минимальных размеров индикаторного устройства для простых и сложных знаков проводится по формулам [2, 4]:

$$H_{и\min} = 1,5 \cdot (N_B + 1) \cdot H_{з\min}, \quad (9)$$

$$B_{и\min} = 1,5 \cdot (N_\Gamma + 1) \cdot B_{з\min}, \quad (10)$$

где N_B и N_Γ – число знаков индикаторного устройства, расположенных соответственно по вертикали и горизонтали;

$H_{з\min}$ – минимально допустимая высота простого и сложного знаков;

$B_{з\min}$ – минимально допустимая ширина простого и сложного знаков.

Результаты расчетов размеров индикаторного устройства (дисплея) генератора сигналов AFG-72012 представлены в таблице 6.

Таблица 6

Фактические и минимально допустимые размеры дисплея

Наименование прибора	Фактические размеры дисплея		Количество знаков дисплея по		Минимально допустимая высота дисплея для показа		Минимально допустимая ширина дисплея для показа	
	высота, $H_{и\Phi}$, мм	ширина, $B_{и\Phi}$, мм	вертикали, N_B , шт	горизонтали, N_Γ , шт	простого знака, $H_{и\min}$, мм	сложного знака, $H_{и\min}$, мм	простого знака, $B_{и\min}$, мм	сложного знака, $B_{и\min}$, мм
Генератор сигналов AFG-72012	74	104	24	46	82,5	165,0	103,63	206,57

В результате сравнения фактических значений размеров дисплея и рассчитанных минимально допустимых, можно отметить, что размеры дисплея не соответствуют требованиям инженерной психологии даже для простых знаков.

В соответствии с требованиями инженерной психологии для обеспечения оптимального восприятия компонента (предмета) на некотором фоне необходимо обеспечить контрастность в пределах [2, 4]:

$$0,6 \leq K \leq 0,95, \quad (11)$$

где K – коэффициент контраста.

Для прямого и обратного контраста коэффициент контраста определяется по формулам [2, 4]:

$$K_{\Pi} = (B_{\Phi} - B_{\Pi}) / B_{\Phi}, \quad (12)$$

$$K_{O} = (B_{\Pi} - B_{\Phi}) / B_{\Pi}, \quad (13)$$

где B_{Φ} – яркость фона, кд/м^2

B_{Π} – яркость предмета (компонента, надписи, индикатора), кд/м^2 .

В общем случае яркость предмета или фона может состоять из двух составляющих – яркости отражения B_O и яркости излучения $B_{и}$ [2,4]:

$$B_{\Pi}(\Phi) = B_O + B_{и}. \quad (14)$$

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

Яркость отражения B_O определяется уровнем внешней освещенности данной поверхности и ее отражающими свойствами:

$$B_O = \frac{E \cdot \rho}{\pi}, \quad (15)$$

где E – освещенность поверхности, кд/м^2 ,

ρ – коэффициент отражения поверхности.

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

$$B_{и} = \frac{I}{S \cdot \cos \beta}, \quad (16)$$

где I – сила источника освещения в рассматриваемом направлении;

S – площадь светящейся поверхности;

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

Условие (11) для любых пассивных

компонентов ПУ, обладающих как прямым, так и обратным контрастом, является необходимым, но еще недостаточным для оптимального восприятия их оператором. Оптимальное восприятие зависит и от углового размера компонента, который вместе с освещенностью определяет уровень порогового контраста $K_{пор}$ [4, 5].

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

$$K_{п}, K_{о} \geq (10-15) \cdot K_{пор}. \quad (17)$$

Величина порогового контраста $K_{пор}$ определяется по графику [4, 5] для соответствующих значений яркости фона $V_{ф}$, рассчитанной по формулам (12) и (13), и углового размера компонента (знака), рассчитанного по формуле:

$$\alpha_3 = 2 \cdot \operatorname{arctg} \frac{H_3}{2 \cdot l}, \quad (18)$$

где H_3 – высота компонента ПУ;

l – расстояние до ПУ.

Расчет по формуле (18) может проводиться не для всех компонентов, а только для компонента с минимальным угловым размером (минимальной высотой). Если для такого компонента условие (17) будет выполнено, то для остальных компонентов, имеющих больший размер, оно будет выполнено тем более. Если для минимального компонента условие (17) не будет выполнено, то далее проводится расчет для другого ближайшего по размерам компонента. Такой подход позволит сократить объем вычислений без потери информации, на основании которой будет проводиться анализ.

В таблице 7 представлены результаты проведенных расчетов коэффициента контраста пассивных компонентов ПУ генератора сигналов AFG-72012 при минимальной освещенности. В таблице отображены только те компоненты, у которых, рассчитанный коэффициент контраста выше или ниже допустимого значения для оптимального восприятия компонента оператором. Названия цветов взяты из [10, 11].

Таблица 7

Результаты расчета светотехнических характеристик пассивных компонентов ПУ при минимальной освещенности 300 лк

Компонент	Наименование цвета компонента	Наименование цвета фона	Коэффициент отражения компонента, $\rho_{комп}$, лк	Коэффициент отражения фона, $\rho_{фона}$, лк	Коэффициент конт-раста, K
Органы управления					
	Очень бледный синий	Очень бледный синий	0,577	0,577	–
	Дымчато-белый	Лесной волк	0,913	0,683	0,251
	Голубино-синий	Очень бледный синий	0,155	0,577	0,73
	Воды пляжа Бонди	Очень бледный синий	0,249	0,577	0,568
	Голубино-синий	Очень бледный синий	0,155	0,577	0,73
	Очень бледный синий	Очень бледный синий	0,577	0,577	–
	Дымчато-белый	Очень бледный синий	0,913	0,577	0,368
	Зелено-желтый Крайола	Очень бледный синий	0,783	0,577	0,263
	Кварцевый	Очень бледный синий	0,284	0,577	0,508
	Очень бледный синий	Очень бледный синий	0,577	0,577	–
Надписи					
	Кадетский синий Крайола	Перламутро-вый опало-вый	0,472	0,032	0,93

	Маренго	Очень бледный синий	0,095	0,577	0,835
	Черный	Дымчато-белый	0,03	0,913	0,967
	Белый	Голубино-синий	0,95	0,155	0,836
	Белый	Воды пляжа Бонди	0,95	0,249	0,737
	Маренго	Очень бледный синий	0,095	0,577	0,835

Как видно из таблицы, у большинства компонентов наблюдается нарушение требований инженерной психологии по контрасту. Однако для надписей несоответствий коэффициентов контрастов требованиям инженерной психологии не выявлено.

Далее была проведена проверка выполнения условия порогового контраста (17). Можно считать, что условие порогового контраста выполняется для всех компонентов, если оно выполняется для компонента с минимальным V_{ϕ} и минимальным α_3 .

Для таких компонентов были рассчитаны их угловые размеры, под которыми они видны оператору с рабочего расстояния, и по их значениям и соответствующим значениям яркости фона вокруг этих компонентов V_{ϕ} , рассчитанных по формуле (14), по графику [4, 5] определены значения порогового контраста $K_{\text{пор}}$, а затем соответствующие значения $N = K / K_{\text{пор}}$ для проверки выполнения условия (17). Значения пороговых контрастов и результаты проверки выполнения условия представлены в таблице 8.

Таблица 8

Значения пороговых контрастов и проверка выполнения условия

Компонент	Коэффициент отражения фона, $\rho_{\text{фона, лк}}$	Коэффициент контраста компонента, K	Минимальная освещенность, лк	Яркость фона, V_{ϕ} , кд/м ²	Угловые размеры компонентов, α_3 , мин	Величина порогового контраста, $K_{\text{пор}}$	Проверка выполнения условия, $K / K_{\text{пор}} \geq 10$
	0,155	0,836	300	55,12	15,12	0,06	Выполняется
	0,913	0,967	300	87,23	15,12	0,075	Выполняется
	0,249	0,737	300	23,79	15,12	0,05	Выполняется
	0,577	0,835	300	55,12	17,18	0,06	Выполняется

Как видно из результатов, представленных в таблице 8, условие порогового контраста для всех рассмотренных компонентов выполняется.

Таким образом, в результате анализа типового представителя генераторов сигналов – генератора сигналов специальной формы модели AFG-72012 компании *Good Will Instek* было выявлено, что размеры сложных знаков ПУ, размеры дисплея для простых знаков и коэффициенты контрастов большинства компонентов ПУ не соответствуют требованиям инженерной психологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алефиренко, В. М. Методы анализа эргономических, инженерно-психологических и эстетических характеристик технических средств / Алефиренко В. М., Старовойтов А. Ю. // Danish Scientific Journal. – 2019. – Vol. 1, № 31. – С. 45 – 50.
- Алефиренко, В. М. Выбор технических средств для анализа инженерно-психологических, эргономических и эстетических характеристик / В. М. Алефиренко, А. Ю. Старовойтов // Danish Scientific Journal. – 2020. – Vol. 1, № 37. – С. 64 – 71.
- AFG-72125, Генераторы сигналов специальной формы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.chipdip.ru/product/afg-72125>.
- Основы инженерной психологии: учеб. для тех. вузов / Б.А. Душков [и др.]; под ред. Б. Ф. Ломова. – М. : Высш. шк., 1986. – 448 с.
- Справочник по инженерной психологии / С.В. Борисов [и др.] ; под ред. Б.Ф. Ломова. – М. : Машиностроение, 1982. – 368 с.
- Нормы освещения [Электронный ресурс] / Топ-свет. – Режим доступа: <https://top-svet.ru/info/lighting-guidelines/>.

7. ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200105707>.

8. Сурженко, А.Е. Декоративные малярные работы / А.Е. Сурженко, Н.А. Сорокатый. – Минск. – 1969. – 62 с.

9. Шестнадцатеричные Цветовые Схемы, Графики, Палитры и Преобразования

[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://encycolorpedia.ru/50622c>.

10. Инструмент для подбора цветов и генерации цветовых схем. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://colorscheme.ru/color-names.html>

11. ONLINE IMAGE COLOR PICKER [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pinetools.com/image-color-picker>.