

АЛГОРИТМЫ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ОЦЕНИВАНИЯ КАЧЕСТВА ТВ-КАМЕР

Тимофеев Б.С.

Санкт-Петербургский государственный университет
аэрокосмического приборостроения
19000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67,
кафедра телевизионных и радиопередающих систем

В последние годы стали актуальными проблемы тестирования видеокамер, которые используют, в частности, в системах видеонаблюдения и охраны объектов. Фирмы-изготовители чрезвычайно скупо указывают показатели качества видеокамер, поэтому потребителям трудно ориентироваться в массе выставленных на продажу изделий. Кроме того, эти показатели недостаточно четко определены. В наибольшей мере это относится к такому интегральному показателю, как чувствительность.

Чтобы преодолеть этот недостаток европейским комитетом по электротехнической стандартизации (European Committee for Electrotechnical Standardization – CENELEC) разработан «Европейский стандарт» для аппаратуры, используемой в системах видеонаблюдения в приложении к охраняемым системам (CCTV surveillance systems for use in security application). Этот стандарт имеет три официальные версии (English, French, German) и приобрел статус национальных стандартов для 18-ти европейских стран – членом CENELEC.

В тексте стандарта оговорены: список показателей качества видеокамер и ограничения на них; условия испытаний и тестовые объекты; методика испытаний и требования к стойкости по отношению к условиям эксплуатации [1].

При определении апертурной характеристики (contrast transfer function CTF) оценивают амплитуду сигнала от участков тест-таблицы с пространственными частотами вблизи предельного разрешения в отношении к аналогичному сигналу с пространственной частотой, соответствующей сигналу с временной частотой 0,5 МГц. Измерения проводят при минимальном усилении, установленном системой АРУ.

Апертурную характеристику строят в соответствии с измеренными амплитудами сигналов от участков тест-таблицы с различными пространственными частотами E_{test} в отношении к амплитуде E_{ref} опорного сигнала с частотой 0,5 МГц: $CTF = E_{test} / E_{ref} \times 100\%$. Результаты измерений представляют в виде таблицы, отображающей значения CTF для каждой из пространственных частот.

При проведении испытаний определяют максимальное число черных и белых линий, которые разрешает видеокамера по горизонтали на расстоянии, равном высоте ТВ-кадра. Результаты испытаний представляют для двух значений усиления: минимального и максимального, в том случае, когда эти результаты различны. Если в качестве преобразователя свет-сигнал используют матрицу ПЗС, то разрешающую способность ограничивает муар-эффект из-за дискретной структуры датчика в горизонтальном направлении.

Рекомендованные в «Европейском стандарте» методики испытаний основаны на использовании универсальной измерительной аппаратуры для аналоговых сигналов или субъективных оценках по изображению тест-таблицы на экране монитора. Для получения объективных результатов и снижения затрат времени на тестирование видеокамер была создана автоматизированная установка, с компьютерной обработкой оцифрованного ТВ-сигнала (рис. 1). В состав стенда входят:

1) видеокамера, установленная на площадке, имеющей 2 степени свободы; 2) диапроектор с источником света типа А, слайдом тест-таблицы и объективом, снабженным диафрагмой; 3) привод управления диафрагмой объектива; 4) рамка для установки светофильтров; 5) универсальный источник питания.

ТВ-сигнал с выхода камеры поступает на специализированную плату ввода видеoinформации в ПЭВМ, имеющую разрешение 576*768 элементов или более. Для оценивания качественных показателей видеокамер разработано специализированное программное обеспечение.

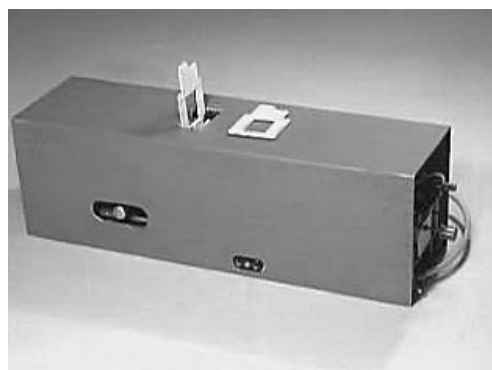


Рис. 1. Внешний вид стенда

Рассмотрим, например, как измеряют апертурную характеристику и разрешающую способность. При достаточно высоком качестве выполнения эталонной тест-таблицы, штриховой мире соответствует прямоугольный закон изменения прозрачности слайда. Алгоритм обработки ТВ-сигнала от участков штриховой мира, входящей в состав тест-таблицы, представляет собой частный случай корреляционного метода. Программно получают N векторов эталонных сигналов q размерностью $k \times 1$, соответствующие различным пространственным частотам мира $f_{np} = 2\pi / \lambda_j$, где λ_j – длина волны, из которых формируют матрицу трансформант Q с элементами $q_{ji} = 1 + \cos[(2i+1)(\pi / \lambda_j)]$. Из оцифрованного

ТВ-сигнала выделяют векторы $n \times 1$ отсчетов $\mathbf{u}_{jg} = (u_{1j}, u_{2j}, \dots, u_{nj})^T$, соответствующие заданным

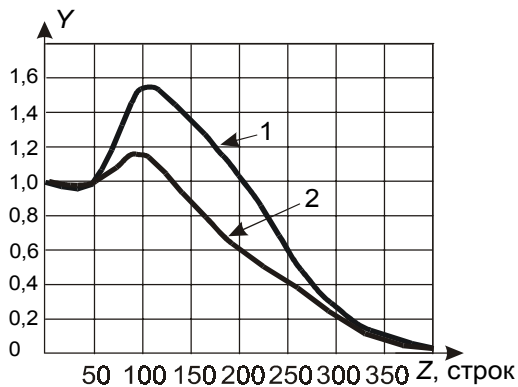


Рис. 4. Апертурные характеристики:
1) исходное изображения; 2) сглаженное

пространственным частотам мира j , где сдвиг $g = 1, 2, 3, \dots$, причем $n \geq 2k$. Вследствие апертурных искажений форма ТВ-сигнала от участков мира с достаточно высокой пространственной частотой близка к косинусоидальной. Из этих векторов, каждый из которых сдвинут на один элемент относительно предыдущего, формируют сигнальную матрицу U . Матрица коэффициентов разложения $A = QU$.

Значения коэффициентов разложения α_j зависят от величины фазового сдвига вектора сигнала относительно трансформанты (рис. 2). Максимальное значение коэффициента разложения соответствует нулевому сдвигу этих сигналов по фазе; минимальное – сдвигу в 180° .

Информативными являются разности между этими значениями. В качестве примера даны результаты разложения векторов ТВ-сигнала, соответствующие

участкам штриховой мира с пространственными частотами 75 и 275 линий (рис. 3). Нормальной следует считать ситуацию, когда максимальное значение α_{jmax} соответствует пространственной частоте, на которой проводят исследование (см. рис. 3). Для формирования апертурной характеристики значение этого коэффициента нормируют на аналогичную величину, соответствующую пространственной частоте в 75 линий (временная частота приблизительно равна 0,5 МГц), когда апертурные искажения еще не проявляются. После проведения исследований на всех пространственных частотах, включенных в штриховую миру, строят апертурную характеристику (рис. 4). Показаны две апертурные характеристики, соответствующие исходному (1) и

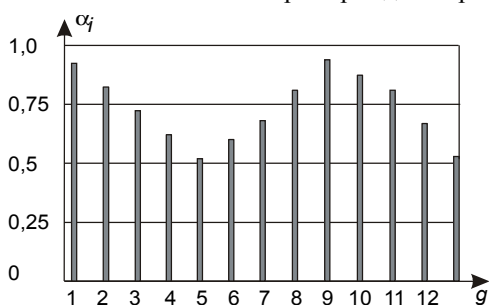


Рис. 2. Зависимость коэффициента разложения от величины сдвига

сглаженному (2) изображениям. Подъем на средних частотах обусловлен действием апертурного корректора. Как указано в стандарте, ограничение разрешения по горизонтали в камерах на ПЗС матрицах обусловлено возникновением муар эффекта из-за дискретного характера матрицы ПЗС горизонтальном направлении.

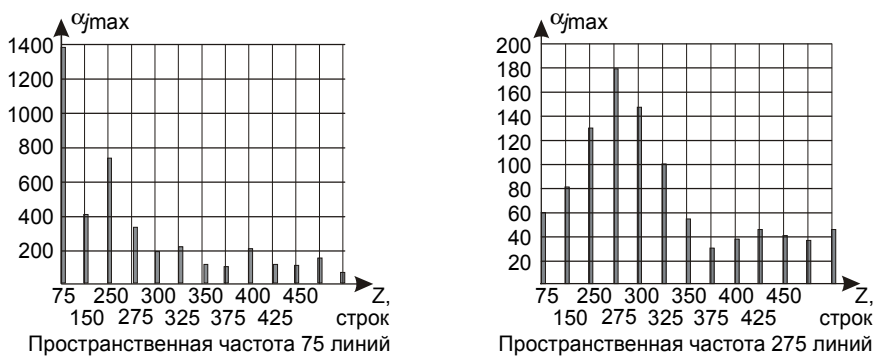


Рис. 3. Результаты разложения ТВ-сигналов

Комбинационные составляющие хорошо заметны при разложении ТВ-сигнала от участка мира на пределе разрешения с пространственной частотой 325 линий (рис. 5).

Отношение эффективного напряжения шума на выходе камеры к размаху стандартного ТВ-сигнала ψ измеряют в следующих условиях. Видеокамеру снабжают испытательным объективом. На фоточувствительную поверхность преобразователя свет-сигнал проектируют однородное белое поле. Однородность освещенности достигают расфокусировкой объектива. Измерения проводят при минимальном и максимальном усилении цепи АРУ. Сигнал на выходе видеокамеры рекомендуют измерять с помощью осциллографа при нагрузке на 75 Ом $\pm 5\%$.

Испытания проводят с учетом величины γ в усилительном тракте видеокамеры. В ходе испытаний устанавливают минимальное усиление цепи АРУ (рис. 6), затем регулировкой диафрагмы объектива варьируют освещенность в плоскости фото слоя вплоть до достижения значений выходного сигнала, указанных в табл. 2. Если не хватает диапазона регулировки диафрагмы объектива, используют нейтрально-серый светофильтр. Затем измеряют эффективное значение шума на выходе камеры с использованием взвешивающего фильтра согласно рекомендации CCIR 567 (Интернациональный радио консультативный комитет). Затем аналогичным образом проводят испытания при максимальном усилении в цепи АРУ. Соотношения сигнал-шум Ψ_{\max} и Ψ_{\min} , полученные в результате испытаний, приводят совместно с освещенностями E_{\max} и E_{\min} , при которых достигнуты указанные в табл. 3 значения сигналов.

В разработанной аппаратуре воспроизведена приведенная методика испытаний с тем различием, что измерения сигнала выполняют в цифровой форме. На изображении универсальной тест-таблицы выбирают черный и белый участки площадью несколько сотен элементов. Затем отсчеты сигналов усредняют и принимают за уровни черного и белого. Далее выбирают аналогичный по размерам участок серого тона. Полученный массив отсчетов подвергают цифровой фильтрации в соответствии с требованиями рекомендации CCIR 567 и подсчитывают дисперсию и эффективное значение отсчетов. Далее рассчитывают соотношение сигнал-шум ψ .

Стандартом определено понятие «Чувствительность камеры» (camera sensitivity) – освещенность на преобразователе свет-сигнал, необходимая для генерирования сигнала с определенной амплитудой и определенным соотношением сигнал-шум.

Дополнительно определено понятие «Приемлемое изображение» (acceptable picture): изображение, созданное видеокамерой при низкой освещенности, с достаточным уровнем контрастности и определенным уровнем соотношением сигнал-шум.

Стандартом установлена связь между понятиями «чувствительность», «уровень сигнала» (обычно – 6 дБ) и соотношением сигнал-шум. Под чувствительностью понимают освещенность на преобразователе свет-сигнал (без объектива) при допустимом снижении выходного видеосигнала –6 дБ ($0,5 \pm 0,05$) относительно стандартного уровня 0,7 В. и максимальном усилении системой АРУ (AGC).

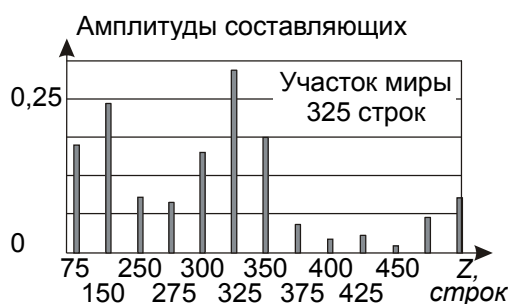


Рис. 5. Разложение ТВ-сигнала от участка мира с пространственной частотой 325 строк

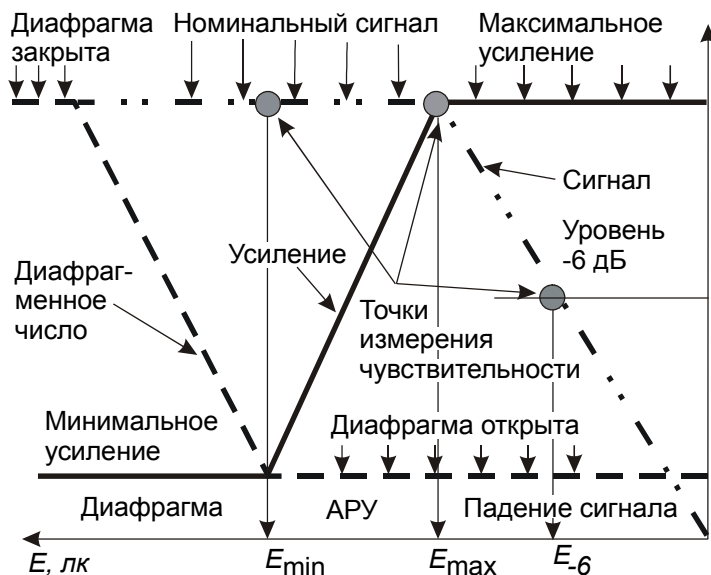


Рис. 6. Точки измерения чувствительности

Таблица 3

Выходное напряжение при различных значениях γ						
Значение γ	,45	,5	,55	,6	,65	,7
Выходное напряжение, мВ	60	50	40	30	10	00

Вводят также понятие «чувствительность для полного видеосигнала» (sensitivity for full video) в виде минимальной освещенности, при которой камера в состоянии обеспечить стандартный уровень видеосигнала, причем одновременно должно быть указано соотношение сигнал-шум в этих же условиях.

Дальнейшее расширение номенклатуры качественных показателей, измеряемых с помощью стенда, связано с совершенствованием программного обеспечения.

Литература

1. European Standard EN 50132-2-1 Alarm systems - CCTV surveillance systems for use in security applications Part 2-1: Black and white cameras/ European Committee for Electrotechnical Standardization. CENELEC. 1997.
2. Никитин В., Цыцулин А.. Телекамеры: гипноз рекламы и реальность//БДИ. 1999. № 6. С. 14 - 16.



THE VIDEO IMAGES DIGITAL PROCESSING ALGORITHMS FOR AN TV-CAMERAS QUALITY ESTIMATION

Timofeev B.S.

ST.-PETERSBURG STATE UNIVERSITY
OF AEROSPACE INSTRUMENTATION
19000, St.-Petersburg, street B. Morskaya, 67,
Faculty television and radio systems

During the last years the problem of testing video cameras, which are used in video observation and objects protection systems, became very actual. Corporations - manufacturer give extremely short information about video cameras quality features, so it is difficult for consumers to be oriented in variety of items, exhibited to sale. Additionally these features are not defined complete. In the greatest measure it concerns to such integrated feature, as sensitivity.

To overcome this disadvantage “The European Standard “ for the equipment, used in of video observation systems in the application to security systems (CCTV surveillance systems for use in security application), is developed by the European Committee on Electrotechnical Standardization (European Committee for Electrotechnical Standardization - CENELEC). This standard has three official versions (English, French, German) and has got the status of national standards for the 18 European countries - members CENELEC.

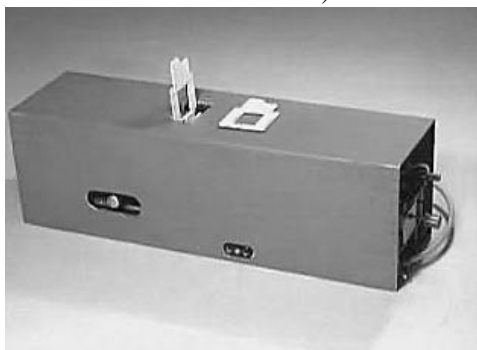


Fig. 1.

The text of standard include: the list of video cameras quality features and limitation on them; test conditionals and test objects; test technique and requirements to stability in relation to the operating conditions [1].

To define the aperture characteristic (contrast transfer function CTF) the amplitude of a signal from sites of the test - table with space frequencies near to the limiting resolution in the ratio to a similar signal with space frequency appropriate to a signal with temporary frequency 0,5 MHz is evaluated. The measurements are carried out in conditional of minimum amplification installed by the system APV.

The aperture characteristic is created according to the measured amplitudes of signals from the test – table sites with various space frequencies E_{test} in the ratio to amplitude E_{ref} of a basic signal with frequency 0,5 MHz: $CTF = E_{test} / E_{ref} \times 100\%$. The measurements results are represented as a table, displaying the values CTF for each of space frequencies.

To realize the test maximum number of black and white lines, which are allowed by a video camera on a horizontal for distance equal the height of a TV-frame, is defined. The results of trials are represented for two values of amplification: minimum and maximum, in that case, when these results are various. The resolution of cameras employing solid-state image sensors is limited to the point where the alias signals start in the resolution wedge.

The techniques of trials, recommended in «The European Standard», are based on using the universal measuring equipment for analogue signals or on subjective valuations of the test - table image on the monitor screen.

To obtain objective results and to reduce the time for video cameras testing the atomize system; with computer processing of a TV-signal in digital form (fig. 1) was designed. The system includes:

- 1) Video camera placed on a platform, having 2 degree of freedom;
- 2) slide projector with a light source of a type A and slide with the test - table and lens with iris;
- 3) iris control unit;
- 4) frameworks for colour-filters installation;
- 5) universal power supplies.

The TV-signal from the camera output goes into specialize chip for input video in computer, which has 576*768 pixels or more. To estimate the video cameras qualitative features the special software is developed.

Let's consider, for example, the aperture characteristic and resolution measure. If the quality of the standard test - table manufacturing is rather high, the dashed test chart defines the rectangular law of a slide transparency change. The algorithm of processing TV-signal, obtained from the dashed test chart parts, is a special case of a correlation method. N vectors $k*1$ of etalon signals q_k , which appropriate to various space test charts frequencies, $f_{np} = 2\pi / \lambda_j$, where λ_j - length of a wave, are received by programm,



Fig. 5

Fig. 2

on their base the matrix Q with elements $q_{ji} = 1 + \cos[(2i + 1)(\pi / \lambda_j)]$ is formed. The vectors consisted of $n*1$ elements $u_{jg} = (u_{1j}, u_{2j}, \dots, u_{nj})^T$, j - space test charts frequencies, where shift $g = 1, 2, 3, \dots$, and $n \geq 2k$ are selected from TV -signal in digital form. Due to aperture distortions the form of a TV-signal from the test charts sites with enough high space frequency is close to the form of cosinus. From these vectors, each of which moves on one element from previous, a signal matrix U is formed. A matrix of transform coefficients $A = QU$.

The transform coefficients values a_j are depended on the phase shift value of a signal vector rather transformation matrix A (fig. 2). The maximum value of transform coefficient corresponds to zero shift of these

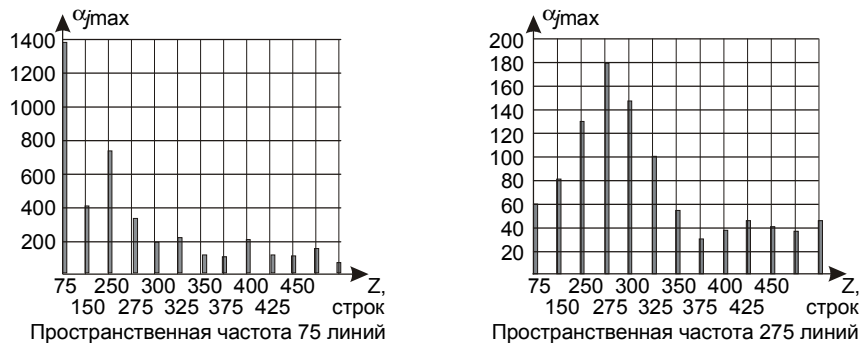


Fig. 3

signals on a phase; minimum - shift in 180^0 . The differences between these values are informative. As an example the

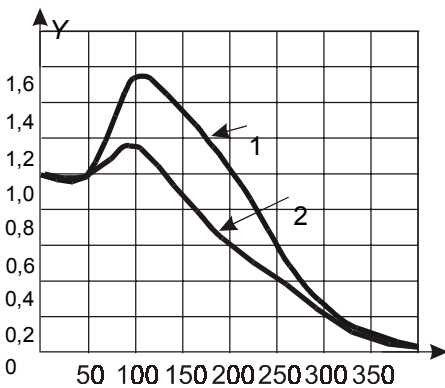


Fig. 4

transform results of TV-signal vectors, which are appropriate to the dashed test charts sites with space frequencies 75 and 275 lines (fig. 3), are given. The situation is considered as normal, when the maximum value a_{jmax} corresponds to space frequency, on which a research was carried out (see fig. 3). To create the aperture characteristic value of this coefficient is normalized with the similar value appropriating to space frequency in 75 lines (temporary frequency is approximately equal 0,5 MHz), when the aperture distortions do not appear yet. After realization of researches on all space frequencies included in the dashed test chart, the aperture characteristic is created (fig. 4). Two aperture characteristics, which are appropriated source (1) and smoothed (2) images are shown. The rise on average frequencies is determined by operation of the aperture proofer. As it is indicated in the standard, the limiting of resolution on a horizontal in cameras with solid-state image sensors is determined by alias signals, which is the result of solid-state image

sensors discrete character in a horizontal direction. The combinative components are well seen for decomposition of a TV-signal from the test chart sites on a bound of resolution with space frequency 325 lines (fig. 5).

The ratio of effective noise voltage in the camera output to the nominal video signal ψ is measured in the following conditions. A video camera is supplied with a test lens. The homogeneous white field is designed on a

photosensitive surface of the converter light - signal. A homogeneity of light is achieved by defocusing the lens. The measurements are carried out for minimum and maximum amplification AGC circuit. A signal on a video camera output is recommend to measure via the oscillograph for the load on $75 \Omega \pm 5 \%$. The trials are carried out with taking into consideration γ values in an amplifying path of a videocamera. During trials minimum AGC circuit amplification is installed (fig. 6), then by iris turning the light in the photolayer plane is varied until achievement the output signal values indicated in tab. 2. If the range of iris turning is not enough, then a neutral - grey colour-filter is used. Then noise effective value on the camera output is measured via the weighing filter according to the recommendation CCIR 567 (International radio consulting committee). Then similarly trials is carried out for maximum AGC circuit amplification. The signal - noise ratios ψ_{max} and ψ_{min} , obtained as a result of trials, are indicated together with the light E_{max} and E_{min} , for which the signals values, indicated in tab. 3, are achieved.

Table 3

Output power for want of various values γ						
Value γ	,45	,5	,55	,6	,65	,7
Output power, mV	60	50	40	30	10	00

The technique of trials, described earlier, is reproduced in the developed equipment, but the measurements of a signal are executed in digital form. Black and white sites with square some hundreds pixels are selected on the universal test - table image. Then the results of signals mesuaring are averaged and accepted as levels of black and white. Further a grey tone site of similar size is selected. The obtained array of signal measuring is processed via the digital filter according to the requirements of the CCIR 567 recommendation and dispersion and effective value of signal measuring are calculated. Then the signal - noise ratio ψ is calculated.

The standard defines term «The Camera Sensitivity» as the light on the converter light - signal which is necessary to generate a signal with defined amplitude and defined signal - noise ratio. Additionally term «The Acceptable Image» is defined: the image created by a videocamera for low light, with a enough level of visibility and defined level of a signal - noise ratio.

The standard installes the link between term «sensitivity», «the level of a signal» (usually 6 дБ) and a signal - noise ratio. As sensitivity it is understood the light on the converter light - signal (without a lens) for acceptable lowering of output video signal -6 дБ ($0,5 \pm 0,05$) from a standard level 0,7 V. and maximum amplification by the AGC circuit.

Also the term «sensitivity for full of video signal» is entered as minimum light, for which camera is able to supply a standard level of video signal, and simultaneously a signal - noise ratio in the same conditions must be indicated.

The further extension of qualitative features nomenclature, mesuared via the system, is connected with the software development.

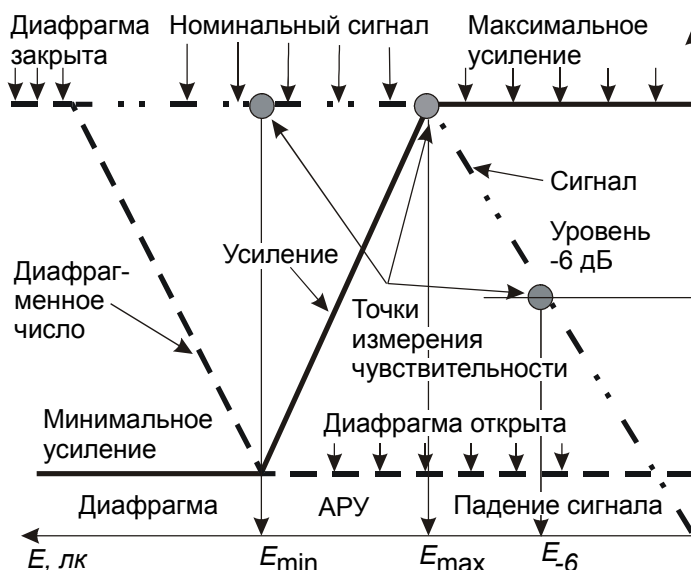


Fig. 6

THE LITERATURE

1. European Standard EN 50132-2-1 Alarm systems - CCTV surveillance systems for use in security applications Part 2-1: Black and white cameras/ European Committee for Electrotechnical Standardization. CENELEC. 1997.
2. Никитин В., Цыцулин А.. TV-cameras: hypnosis of advertising and reality // БДИ. 1999. № 6. P.14 - 16.