



## ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО СРЕДСТВА РЕАЛИЗАЦИИ СЛОЖНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

**М. Н. ШМОКИН**

*Пензенская  
государственная  
технологическая  
академия*

*e-mail:  
ShMNpenza@mail.ru*

В статье предлагается методика, позволяющая оптимизировать процесс выбора средств реализации сложной информационной технической системы (ИТС) на примере телевизионной технической системы охраны (ТВТСО) с использованием обобщенной характеристики – сложности, позволяющей перевести разнородные многопараметрические характеристики электронных устройств в обобщенную количественную величину, которая учитывала бы различные варианты построения системы, варианты программного обеспечения и используемые устройства, реализующие заданные функции системы. Предложен метод выбора средства реализации ИТС на основе функции выбора с учетом оптимальной сложности ИТС.

Ключевые слова: оптимизация, сложность, телевизионная техническая система охраны.

В настоящее время в связи с успешным развитием современных технологий интегральных микросхем существует огромное количество средств цифровой обработки информации, а следовательно средств реализации информационных технических систем (ИТС). При этом существует проблема, что выбор средства реализации заданного алгоритма происходит субъективно и результат является не оптимальным.

Телевизионные технические системы охраны (ТВТСО), являются характерным примером сложных информационных технических систем (ИТС). Основой ТВТСО являются телевизионные камеры (ТВК), которые до недавнего времени выполняли роль формирователя видеосигнала, а все функции обнаружения и распознавания нарушителя в охраняемой зоне выполнялись централизованно в системе сбора и обработки изображений (ССОИ). Используя современную элементную базу и программные средства, практически всю обработку изображений можно выполнить внутри ТВК, а на ССОИ передавать только сигнал тревоги, и контрольно-измерительную информацию. При этом реализация алгоритмов обнаружения нарушителя с учетом условий работы непосредственно в ТВК позволяет говорить о телевизионном датчике (ТВД) нарушения.

ТВТСО относятся к сложным информационным техническим системам (ИТС), при проектировании которых существует проблема выбора и оптимизации параметров, которые напрямую зависят от средств реализации проектируемой ТВТСО. Прежде чем оптимизировать параметры, необходимо определить и обосновать структурную схему ТВТСО. Примером сложной ИТС может служить мобильная телевизионная техническая система охраны (ТВТСО), в состав которой должны входить следующие *основные блоки*: система сбора и обработки информации; устройства формирования радиоканала; телевизионные камеры.

### **1. Сложность информационной технической системы**

Рассмотрев состав структурной схемы ТВТСО, основные технические характеристики, условия работы и эксплуатации системы определяют *многопараметрические и разнородные условия*, при которых необходимо спроектировать ТВТСО. Для формализации задачи выбора и обоснования средств и характеристик реализации проектируемой ТВТСО, конкретизации и использования количественного описания процесса обоснования выбора, необходимо ввести обобщенную характеристику системы, которая учитывала бы различные варианты построения системы, варианты программного обеспечения и используемые устройства, реализующие заданные функции системы. В качестве такой характеристики будем использовать *сложность информационной технической системы* –  $S_{ИТС}$ .

Введение понятия сложности  $S_{ИТС}$  обусловлено попыткой перевести разнородные количественные параметры электронных устройств, входящих в сложные ИТС, в некоторую обобщенную характеристику, имеющую количественную величину.



Сложность является обобщенной характеристикой, имеющей признаки *субъективизма*. Она является связующим звеном между субъективными понятиями, которые ближе всего к экспертным оценкам, и количественным параметрам системы принятия решения, с которыми можно проводить преобразования и закладывать в алгоритм принятия решений в виде некоторой метрики. Предлагается, на основе анализа технических характеристик электронных устройств сформировать их обобщенные количественные характеристики – сложности  $C_i$  и затем уже оперировать сложностями отдельных электронных устройств  $C_i$ , входящих в проектируемую ИТС с целью оптимизации её характеристик.

Отметим основные принципы формирования сложности электронных устройств  $C_i$ , входящих в проектируемую ИТС:

- сложность должна быть безразмерной величиной;
- сложность должна включать в себя основные технические параметры электронных устройств;
- зависимость сложности от технических параметров должна быть либо прямо пропорциональна, либо обратно пропорциональна;
- если значения некоторого параметра доминируют над другими, то следует использовать логарифмирование для сжатия диапазона изменения этого параметра.

Например, как оценить сложность телевизионной камеры (ТВК)?

Для ТВД вполне можно использовать черно-белую ТВК, работающую в вещательном стандарте. В целях уменьшения потребляемой мощности ТВК необходимо предусмотреть наличие режима ожидания или следует сделать управляемый ключ для включения и выключения питания.

Может оказаться, что ТВК будет являться основным потребителем электроэнергии от аккумулятора. ТВК на ПЗС-матрице потребляет в среднем 200(мА) при 12(В), то есть 2,4(Вт). При наличии режима ожидания важно относительное время работы ТВК, которое оценивается *скважностью работы* ТВК  $Q_{ТВК}$ . Скважность показывает какую часть периода включения ТВК ( $T_{ТВК}$ ) составляет время формирования одного кадра  $T_k$  или время нескольких кадров  $N_k T_k$ .

$$Q_{ТВК} = \frac{T_{ТВК}}{N_k T_k}, \quad (1)$$

Значение скважности может меняться в пределах  $Q_{ТВК}=1 \div 50$ . При  $Q_{ТВК}=25$  и времени формирования кадра  $T_k=20$ (мс) частота включения ТВК при  $N_k = 2$  будет равна:

$$T_{ТВК} = N_k \cdot T_k \cdot Q_{ТВК} = 2 \cdot 20 \cdot 25 = 1 \text{ (с)}, \text{ то есть } f_{ТВК} = 1(\text{Гц}),$$

что достаточно для обнаружения движущегося нарушителя в зоне охраны [1].



Рис. 1. Определение скважности действующей ТВК

Например, при максимальной скорости движения нарушителя  $V_{max}=10$ (м/с) и ширине зоны охраны  $L_3 = 20$ (м), время пересечения  $t_n = \frac{L_3}{V_{max}} = \frac{20}{10} = 2$  (с), что при частоте  $f_k = 1$ (Гц) позволит 2 раза выполнить алгоритм обнаружения нарушителя для увеличения достоверности [1]. При скважности  $Q_{ТВК}=25$  средняя потребляемая мощность ТВК на ПЗС-матрице будет приблизительно равна 100(мВт). Если использовать непрерывную работу ТВД, что при заданной емкости аккумулятора  $E_A=50$ (А/час) дает время автономной работы ТВД –  $T_{AP}=500$ (часов), или порядка 20 суток. Лучшие результаты можно получить при использовании ТВК на базе КМОП-сенсоров, которая потребляет в среднем



50(мА) при 5(В), то есть 0,25(Вт). Тогда с использованием скважности  $Q_{ТВК} = 25$ , можно уменьшить среднюю потребляемую мощность ТВК до 10(мВт).

Таким образом, на основе вышеприведенных расчетов, для оценки сложности ТВК необходимо выполнить следующие действия.

Во-первых, т.к. сложность должна быть безразмерной величиной, то необходимо данный параметр нормировать по базовому значению сложности. В качестве базового варианта, примем сложность ТВК на основе ПЗС – матрицы при непрерывной работе. Такая ТВК будет иметь наименьшую сложность (т.е. не надо иметь устройство выключения ТВК).

Во-вторых, потребляемую мощность ТВК учтем с помощью коэффициента  $K_{ТВК}$  (выражение 2):

$$K_{ТВК} = \frac{W_{п.ТВК}}{W_{п.ТВК.макс}} = \left( \frac{0,25}{2,5} \right) = 1 \div 0,1, \quad (2)$$

где  $W_{п.ТВК.макс} = 2,5(Вт)$  – максимальная потребляемая мощность ТВК на базе ПЗС–матрицы. Тогда с учетом приведенных выше характеристик сложность ТВК будем оценивать выражением:

$$C_{ТВК} = \frac{Q_{ТВК}}{K_{ТВК}} = \frac{T_{ТВК} \cdot W_{п.ТВК.макс}}{N_k \cdot T_k \cdot W_{п.ТВК}}, \quad (3)$$

Чем меньше  $W_{п.ТВК}$ , тем сложность выше, т.к. предполагаются специальные средства для уменьшения  $W_{п.ТВК}$ . Чем больше  $N_k$ , тем сложнее используется алгоритм для обнаружения, тем выше сложность. Чем меньше время формирования кадра  $T_k$ , тем выше сложность телевизионной камеры.

Подобных электронных устройств в ИТС большое количество и сравнить их по техническим характеристикам **невозможно**. С введением сложности  $C_i$  появляется возможность сравнения отдельных устройств между собой.

Получив для каждого электронного устройства сложность  $C_i$  следует объединить их в обобщенную характеристику – сложность ИТС  $C_{ИТС}$ . Наиболее простым и удобным способом объединения сложностей  $C_i$  является суммирование  $C_i$  с весовыми коэффициентами  $q_i$ :

$$C_{ИТС} = \sum_{i=1}^n q_i C_i, \quad (4)$$

Весовые коэффициенты  $q_i$  либо выравнивают влияние сложностей отдельных электронных устройств, либо учитывают их приоритеты в общей сложности  $C_{ИТС}$ . Определение весовых коэффициентов  $q_i$  является не менее важной задачей, чем определение сложностей электронных устройств, входящих в ИТС. Весовые коэффициенты определяются на основе анализа функции выбора.

## 2. Влияние сложности устройств на технические характеристики ТВТСО

Прежде чем определить сложность отдельных устройств, входящих в ИТС, требуется определить, как будут влиять основные технические характеристики системы на сложность  $C_{ИТС}$ .

Среди технических характеристик особое место занимает время автономной работы системы, которое уменьшается при увеличении потребляемой мощности, и уменьшается с ростом сложности как системы в целом, так и сложности отдельных устройств. То есть, чем больше аппаратных затрат, тем меньше времени автономной работы системы при заданной емкости аккумулятора.

Разнообразные характеристики ТВТСО можно разделить на две части, которые противодействуют друг другу: увеличение значений части характеристик приводит к росту сложности системы  $C_{ИТС}$ , а для другой – к уменьшению  $C_{ИТС}$ .

Характеристики, увеличение значений которых приводит к росту сложности системы: объем охраняемой зоны –  $Q_{ОЗ}$ ; скорость передачи информации –  $V_1$ ; вероятность правильного обнаружения –  $P_{ПРАВ}$ .

Технические характеристики  $Q_{ОЗ}$ ,  $V_1$ ,  $P_{ПРАВ}$  назовем **информационными характеристиками системы**  $H_{ИТС}$ .

С другой стороны при увеличении сложности системы наблюдается уменьшение таких характеристик ИТС как время автономной работы  $T_{AP}$  и вероятность ложной тревоги  $P_{ЛТ}$ .

На рисунке 2 представлены графики поведения технических характеристик системы в зависимости от сложности системы.

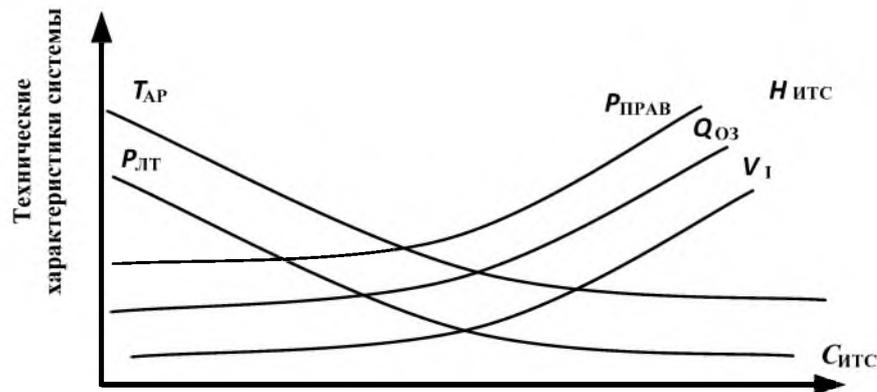


Рис. 2. Влияние сложности на характеристики системы

Следует заметить, что реально технические характеристики влияют на сложность системы, являясь аргументом для сложности. Но для дальнейшего рассмотрения удобнее в качестве **аргумента** выбрать сложность системы, тогда как технические характеристики будут являться функцией сложности  $C_{ИТС}$ , что и показано на рисунке 2.

На рисунке 3 представлено окно работы разработанного программного средства (ПС), позволяющего оптимизировать параметры ТВТСО по исходным данным на основе структурной схемы ТВД. Расчетное значение сложности ТВК  $C_{ТВК}$  для конкретных введенных значений параметров  $W_{П.ТВК}$ ,  $W_{П.ТВК.МАКС}$ ,  $Q_{ТВК}$ , получено равным 20. В результате проведенных экспериментальных работ определено, что  $C_{ТВК}$  изменяется в диапазоне (1 ÷ 500). Изменяя значения параметров можно достичь оптимального значения сложности, разрабатываемой системы.

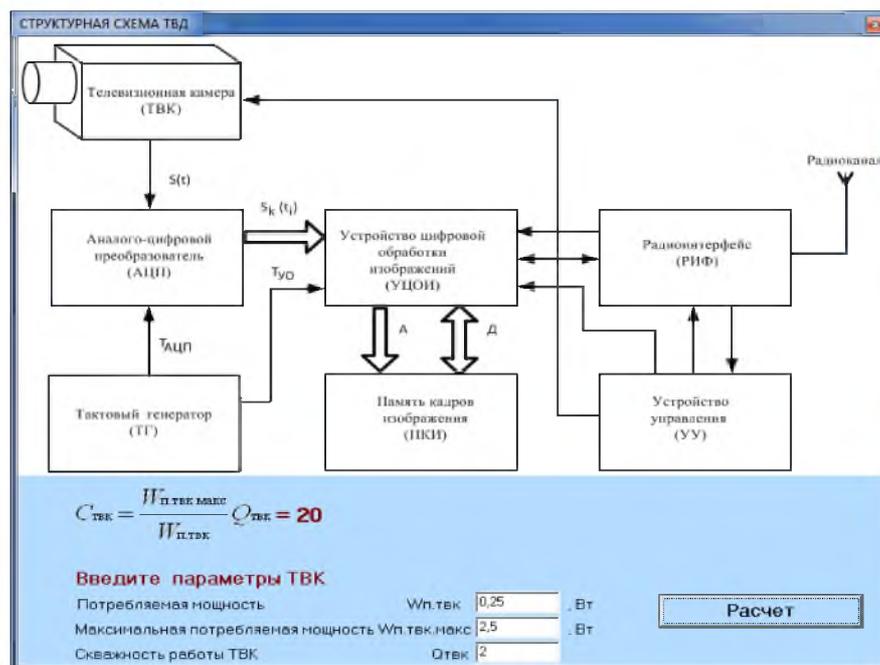


Рис. 3. Окно работы программного средства. Расчет сложности ТВК



### 3. Функция выбора средства реализации ИТС

Для объективного решения задачи выбора средства реализации ТВТСО и обоснования этого выбора необходимо использовать количественную оценку характеристик ИТС, которые увязаны в некоторую *функцию выбора*.

Функция выбора средства реализации модели ИТС  $\beta_{\text{ИТС}}^{(M)}(C_{\text{ИТС}})$  определяет зависимость информационных характеристик системы  $H_{\text{ИТС}}$  и времени автономной работы системы  $T_{\text{АР}}$  от сложности системы  $C_{\text{ИТС}}$  и позволяет определить оптимальное значение сложности системы  $C_{\text{ИТС.опт}}$  при заданных параметрах устройств, входящих в ИТС.

Сформулируем требования к функции выбора:

- значения функции выбора  $\beta_{\text{ИТС}}^{(M)}(C_{\text{ИТС}})$  должны изменяться в пределах  $(0 \div 1)$ ;
- функция выбора должна иметь минимум.

Для формирования функции выбора используем *экспоненциальные зависимости*

– возрастающую  $f(x) = e^x - 1$  и убывающую  $f(x) = e^{-x}$ , которые в сумме дадут искомый вид функции выбора (рисунок 4).

Предлагается следующий вид аналитической зависимости функции выбора средства реализации модели ИТС от сложности системы:

$$\beta_{\text{ИТС}}^{(M)}(x) = e^{-K_1x} + e^{K_2K_3x} - 1. \quad (5)$$

Аргументом функции выбора будет являться сложность ИТС  $x = C_{\text{ИТС}}$ , определяемая сложностью отдельных устройств. Кроме  $C_{\text{ИТС}}$  в функцию выбора включены ряд коэффициентов  $K_1, K_2, K_3$ , которые имеют приоритет или доминирующее воздействие на функцию выбора по сравнению со сложностью и с помощью которых будут учитываться ряд требований при проектировании ИТС.

В качестве коэффициентов  $K_1, K_2, K_3$  для (5) будем использовать следующие коэффициенты:

- коэффициент автономной работы  $K_{\text{АР}}$ , учитывающий емкость аккумулятора, потребляемую мощность и время автономной работы системы;
- коэффициент реального времени  $K_{\text{РВ}}$ , учитывающий быстродействие системы и изменяющийся от 1 (для ИТС работающей в реальном времени) и до 0 при уменьшении быстродействия системы;
- коэффициент информационных возможностей системы  $K_{\text{ИВ}}$ , учитывающий объем охраняемой зоны, вероятность правильного обнаружения, скорость передачи информации по каналу связи ТВД с ССОИ.

Таким образом, широкий спектр параметров и характеристик ТВТСО делится на 4 группы:  $K_{\text{АР}}, K_{\text{РВ}}, K_{\text{ИВ}}$  и  $C_{\text{ИТС}}$ , которые являются аргументом для функции выбора.

Функция выбора средства реализации модели информационной системы  $\beta_{\text{ИТС}}^{(M)}(C_{\text{ИТС}})$  должна иметь минимальное значение, соответствующее оптимальному значению сложности системы  $C_{\text{ИТС}}$  (рисунок 4).

Оптимальная сложность  $C_{\text{ИТС.опт}}$  – это значение сложности ИТС при заданной емкости аккумуляторов  $E_{\text{А}}$ , когда достигается максимальное значение информационной характеристики  $H_{\text{ИС}}$  при максимальном значении  $T_{\text{АР}}$ .

Из рисунка 4 следует, что для заданной емкости аккумулятора:

- при  $C_{\text{ИТС}} = C_{\text{ИТС.2}}$ ,  $\frac{d\beta_{\text{ИТС}}^{(M)}}{dC_{\text{ИТС}}} > 0$ , то есть не выполняется условие автономной работы по времени;

- при  $C_{\text{ИТС}} = C_{\text{ИТС.1}}$ ,  $\frac{d\beta_{\text{ИТС}}^{(M)}}{dC_{\text{ИТС}}} < 0$ , то есть время автономной работы больше, чем

требуется. Следовательно, это резерв, при этом можно увеличить сложность, повысив информационные характеристики системы.

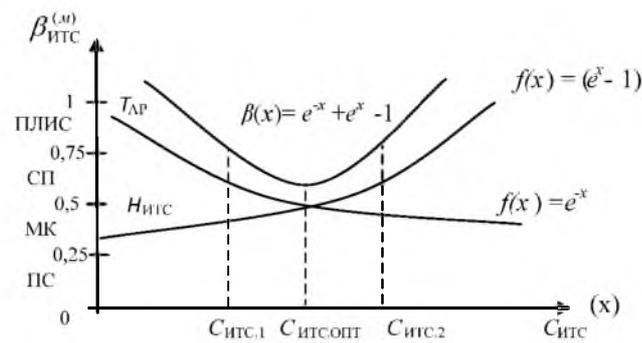


Рис. 4. Определение аналитического вида функции выбора

Для разработки метода выбора средства реализации выполним равномерное разделение диапазона значений функции выбора на 4 зоны, так как неизвестен приоритет средства реализации (рисунок 4). Каждой зоне соответствует определенное средство реализации.

Поведение функции выбора должно зависеть от требований к информационной системе в следующем виде:

– требование по увеличению времени автономной работы, когда  $K_{AP}$  растет, приводит к необходимости увеличивать емкость аккумуляторной батареи или уменьшать потребляемую мощность, то есть функция выбора должна падать и оптимальное значение должно попадать в область программных средств ПС;

– требование по увеличению быстродействия, когда  $K_{PB}$  растет, наилучшим образом реализуется с помощью программируемой логики ПЛИС, то есть функция выбора должна расти и оптимальное значение должно попадать в область ПЛИС;

– требование по увеличению информационных возможностей, когда  $K_{IB}$  растет, также наилучшим образом реализуется с помощью программируемой логики ПЛИС, то есть оптимальное значение должно попадать в область ПЛИС.

Объединим полученные результаты в общее выражение для функции выбора, общий вид которой представлен в виде формулы (6):

$$\beta_{IC}^{(M)}(C_{IC}) = e^{-a C_{IC} K_{AP}} + e^{b C_{IC} \frac{K_{PB}}{K_{IB}}} - 1. \quad (6)$$

На основе данного метода разработано программное средство (ПС) реализации функции выбора для оптимизации параметров ИТС. На рисунке 5 представлен общий вид программного средства, работающего в режиме анализа влияния коэффициента информационных возможностей  $K_{IB}$  на положение функции выбора (6).

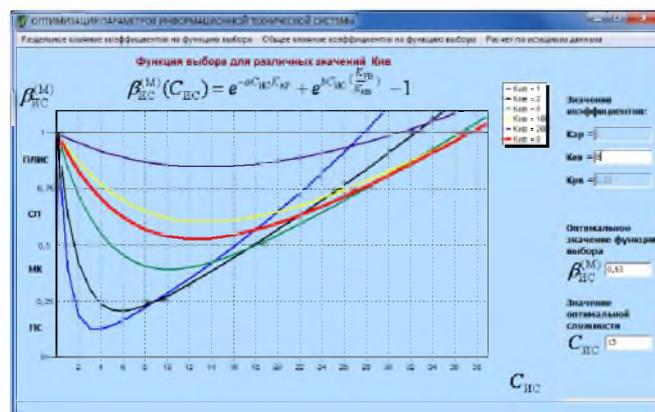


Рис. 5. Пример работы ПС в режиме оценки влияния коэффициента информационных возможностей  $K_{IB}$  на положение функции выбора

#### 4. Метод выбора средства реализации ИТС

Метод выбора средства реализации ИТС заключается в следующем:

– по конкретным значениям исходных параметров ИТС рассчитывается реальная сложность  $C_{ITC}^{(P)}$  и по формуле (6) рассчитывается значение функции выбора  $\beta_{ITC}^{(P)}$  для конкретной ИТС;



– попадание функции выбора  $\beta_{ИТС}^{(P)}$  в соответствующие зоны (4) дает рекомендованные средства реализации ИТС. Средства реализации ИТС, определим в виде следующего множества:  $CP \in \{ПС, МК, СП, ПЛ\}$ .

На рисунке 6 представлен общий вид разработанного (ПС), функция выбора (6) и метод реализации на ее основе.

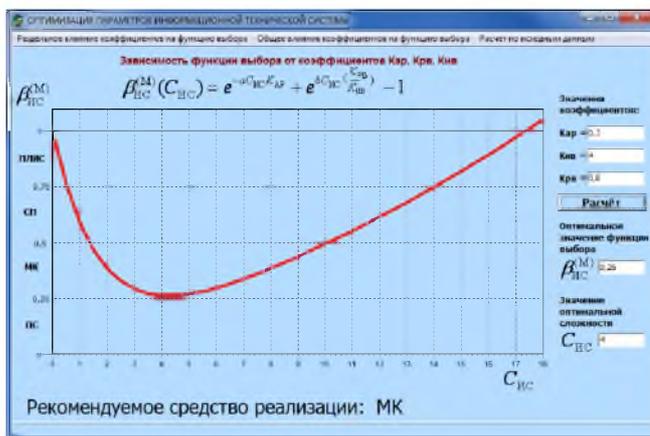


Рис. 6. Пример работы ПС оптимизации параметров ИТС в режиме выбора средства реализации

Первая зона для  $(0 \leq \beta_{ИТС}^{(M)}(C_{ИТС}) < 0,25)$ , что соответствует программным средствам (ПС) которые, требуют использование универсальной ЭВМ, с необходимым программным обеспечением.

Вторая зона для  $(0,25 \leq \beta_{ИТС}^{(M)}(C_{ИТС}) < 0,5)$ , соответствует микроконтроллерам (МК).

Третья зона для  $(0,5 \leq \beta_{ИТС}^{(M)}(C_{ИТС}) < 0,75)$ , соответствует сигнальным процессорам (СП).

Четвертая зона для  $(0,75 \leq \beta_{ИТС}^{(M)}(C_{ИТС}) < 1,0)$ , что соответствует программируемой логики (ПЛ) или программируемым логическим интегральным схемам (ПЛИС), которые используются для аппаратной реализация функций ИТС.

**Заключение**

Таким образом, в результате использования обобщающего параметра ИТС

– сложности ( $C_{ИТС}$ ) связанного с техническими характеристиками ТВТСО, и увязки его оптимального значения, в некоторую функцию выбора  $\beta_{ИТС}^{(M)}$  предложен, в общем виде, метод выбора средств реализации информационной технической системы. Попадание значения функции выбора  $\beta_{ИТС}^{(M)}$  в соответствующие зоны модели ИТС дает рекомендованные средства реализации.

**Литература**

1. Сальников И.И. Растровые пространственно-временные сигналы в системах анализа изображений. – М.: Физматлит, 2009 г.

**THE MEANS OF CHOOSING REALIZATION OF A COMPLEX INFORMATION ENGINEERING SYSTEM**

**M. N. SHMOKIN**

*Penza State Technological Academy*

*e-mail: ShMNpenza@mail.ru*

The technique allowing us to optimize the process of choosing realization means of a complex information engineering system (IES) by example of a television engineering security system (TVESS) using a generalized characteristic – complexity - is proposed in the article. This characteristic allows us to convert heterogeneous polyvalent characteristics of electronic devices into a generalized quantitative value which should take into account different types of a system construction, software and devices being used and realizing given system functions. The method of choosing realization means of a complex information engineering system (IES) on the basis of a function choice taking into account the optimal complexity of IES is also under discussion.

Key words: optimization, complexity, television engineering security system.