УДК 621.396

Результаты моделирования метода скрытой передачи информации с кодовым уплотнением в видеоданных

Абазина Е. С., Ерунов А. А.

Постановка задачи: *информация, передаваемая по открытым каналам связи, подвергается угрозам нарушения доступности и целостности. Актуальные сегодня задачи обеспечения защиты передаваемой информации от искажения все чаще решаются методами цифровой стеганографии. Однако задача организации множественного доступа в скрытом канале передачи информации ранее не ставилась. В статье представлены результаты имитационного моделирования метода скрытой передачи информации в видеоданных, позволяющего увеличить количество информационных направлений связи в одном скрытом канале.* ***Цель работы:*** *подтвердить адекватность разработанного научно-методического аппарата кодового уплотнения в структуре видеоданных, позволяющего повысить число информационных направлений связи в скрытом канале при ограничениях на достоверность приема и скрытность встраивания.* ***Используемые методы****. Повысить число информационных направлений связи в скрытом канале при ограничениях на достоверность приема и скрытность встраивания предлагается за счет использования метода скрытой передачи информации с кодовым уплотнением в видеоданных. В качестве показателя достоверности приема выбрана вероятность ошибки на бит извлекаемых данных, а показателем скрытности встраивания – пиковое отношение сигнал-шум. Для субъективной оценки скрытности встраивания введена усредненная субъективная оценка визуального качества видеоданных.* ***Новизна.*** *Элементами новизны представленного метода скрытой передачи информации с кодовым уплотнением в видеоданных является использование в нём для формирования скрытого канала с кодовым множественным доступом абонентов системы ортогональных сигналов Франка – Крестенсена, Франка – Уолша, Уолша, упорядоченных по Адамару, Уолша, упорядоченных по Пэли, М-последовательностей, встраиваемых в коэффициенты преобразования Виленкина – Крестенсона.* ***Результат****: проведенное моделирование позволяет подтвердить адекватность метода кодового разделения информационных направлений связи в скрытом канале. Результаты моделирования показывают, что для задачи организации кодового множественного доступа к среде скрытой передачи в видеоданных наилучшей является система ортогональных сигналов Франка – Крестенсена, которые позволяют достичь более достоверной передачи скрываемой информации, меньшей вероятности идентификации структуры используемых сигналов вероятным нарушителем, устойчивости к некоторым видам геометрических атак и сжатию видеоданных. С точки зрения методики встраивания, установлено, что наилучшими по показателям достоверности и качеству встраивания являются 4 и 5 биты двоичного кода коэффициентов ДКП изображения-контейнера.* ***Практическая значимость.*** *Представленные подходы планируются к использованию в системах спутниковой связи цифрового телевидения для создания скрытого обмена информацией в структуре одного видеопотока.*

Ключевые слова: *видеоданные, стандарты сжатия JPEG, MPEG-2, стеганография, широкополосные сигналы, кодовое уплотнение сигналов, разделение сигналов.*

Введение

Интенсивное развитие технологий цифровой обработки сигналов, постоянное совершенствование вычислительной техники и конвергенция телекоммуникационных сетей ставят решение задачи конфиденциальности данных, а также надежной защиты передаваемой информации и прав на нее на одно из приоритетных мест. Среди прочих перспективных направлений обеспечения информационной безопасности все большей популярностью пользуется цифровая стеганография, приобретающая особенную актуальность в ситуациях, когда использование криптографических методов и средств невозможно или нецелесообразно. В отличие от криптографии, в области стеганографии в настоящее время в Российской Федерации не предусмотрено государственных стандартов и норм, определяющих терминологию. В связи с этим, введем отдельные определения.

Скрытой передачей информации называют процессы, реализующие методы передачи информации, при которых возможна передача дополнительной информации в структуре данных, представленных в цифровом виде и используемых в качестве контейнера, а также за счет их избыточности.

Под *контейнером* понимают такие цифровые данные, использование избыточности которых позволяет передавать дополнительную информацию, не обнаруживая факта передачи.

Совокупность методик встраивания и извлечения дополнительной информации без обнаружения нарушения целостности контейнера потребителем позволяет говорить о формировании *скрытого канала передачи информации*.

В методах скрытой передачи, рассматриваемых в статье, в качестве контейнеров используются видеоданные. Видеоданными в статье называются подвижные и неподвижные изображения, подвергающиеся цифровой обработке. Выбор видеоданных обусловлен высокой долей видеотрафика (до 60% от общего информационного обмена) в телекоммуникационных сетях, а также существенной избыточностью цифрового видеосигнала.

Обзор отечественной и иностранной литературы [1-6], посвященной скрытой передаче информации, относящейся к области стеганографии, показал, что задача обеспечения возможности множественного скрытого информационного обмена в одном мультимедийном контейнере представляется актуальным и перспективным направлением исследований в области цифровой стеганографии. Однако, вопросам организации скрытого канала передачи информации между несколькими парами абонентов (т.е. уплотнению скрытого канала или созданию нескольких скрытых информационных направлений связи) не уделялось должного внимания, и в такой формулировке задача ранее не ставилась, что и составляет противоречие в науке. В связи с выше изложенным, разработан метод скрытой передачи информации в видеоданных, позволяющий увеличить количество информационных направлений связи (ИНС), организованных в одном скрытом канале передачи информации. Необходимо провести моделирование метода

скрытой передачи информации с кодовым уплотнением в видеоданных с целью подтверждения адекватности разработанного научно-методического аппарата, позволяющего повысить число информационных направлений связи в скрытом канале при ограничениях на достоверность приема и скрытность встраивания.

Метод скрытой передачи информации с кодовым уплотнением в видеоданных

В ходе исследований проведен анализ наиболее известных методов скрытой передачи информации в видеоданных (таблица 1).

В результате были выделены два основных направления: максимизация пропускной способности скрытого канала при соблюдении требований по его скрытности и максимизация скрытности встраивания информации при обеспечении минимальной пропускной способности скрытого канала (или передачи цифрового водяного знака).

Возможным компромиссом является применение способа прямого расширения спектра (ПРС) встраиваемой информации. При этом используемые в существующих методах широкополосные сигналы (ШПС) имеют значность, равную двум. Ни один из существующих методов скрытой передачи не позволяет организовать несколько скрытых информационных направлений связи в одном стегоконтейнере (таблица 1). Наиболее популярными являются методы наименее значащего бита (НЗБ) и методы ПРС. Популярность метода организации скрытого канала с внедрением в НЗБ обусловлена его простотой и обеспечением максимальной пропускной способности скрытого канала.

Для достижения высокой достоверности и скрытности встраиваемой информации необходимо использовать методы организации скрытого канала с ПРС.

Основной идеей метода является модуляция встраиваемой информации шумоподобным сигналом, благодаря чему достигается высокая достоверность и скрытность встраивания при высоких показателях пропускной способности организуемого скрытого канала. Данный метод, среди прочих, позволяет достичь компромисса между скрытностью и пропускной способностью.

Правило принятия решения о встраивании ρ в методе организации скрытого канала с ПРС имеет вид:

$$\rho: \quad I'(x,y) = I(x,y) + \theta h(S \cdot \Phi),$$

где: $I(x, y)$ – видеоданные формата JPEG, MPEG-2 размера $X \times Y$, используемые в качестве контейнера для организации скрытого канала;

$I'(x, y)$ – видеоданные, модифицированные встраиваемыми данными скрытого канала;

S – данные скрытого канала;

θ – коэффициент вложения;

$\Phi = \left\{\varphi_i^m\right\}, i = 1...N$ – система ортогональных функций значности m и с периодом N;

$h=h_1 \ldots h_m$– значение символа скрываемых данных.

Таблица 1 – Сравнительный анализ известных методов скрытой передачи информации в видеоданных

Классификация методов	Принцип встраивания	Входные данные: Видеоданные	Входные данные: Встраиваемая информация	Входные данные: Правило принятия решения о встраивании	Входные данные: Значность используемых сигналов	Показатель качества стегосистемы, пропускная способность	Выходные данные (характеристики скрытого канала): Скрытность встраивания информации	Выходные данные: Пропускная способность скрытого канала	Выходные данные: Достоверность скрытой информации	Выходные данные: Число ИНС в скрытом канале
		I	S	ρ	m		$U_{ВИ}$	$U_{ПС}$	$p_{ош}$	k
		Учет входных данных в методе					Сравнение выходных данных существующих методов относительно друг друга			
Методы встраивания в пространственную область видеоданных	наименее значащего бита	+	+	+	2	$F_1^{ПС}(I,S,\rho_1)$	$U_{ВИ1}=\min$	$U_{ПС1}=\max$	$D_1(S)=\min$	1
	псевдослучайного интервала	+	+	+	2	$F_2^{СКР}(I,S,\rho_2)$	$U_{ВИ2}>U_{ВИ1}$	$U_{ПС2}<U_{ПС1}$	$D_2(S)>D_1(S)$	1
	замены палитры	+	+	+	2	$F_3^{СКР}(I,S,\rho_3)$	$U_{ВИ3}>U_{ВИ2}$	$U_{ПС3}<U_{ПС1}$	$D_3(S)>D_1(S)$	1
Методы встраивания в частотную область видеоданных	относительной замены коэффициентов ДКП	+	+	+	2	$F_4^{СКР}(I,S,\rho_4)$	$U_{ВИ4}>U_{ВИ1}$	$U_{ПС4}=\max$	$D_4(S)>D_1(S)$	1
	встраивания в группу коэффициентов дискретного косинусного преобразования ДКП	+	+	+	2	$F_5^{СКР}(I,S,\rho_5)$	$U_{ВИ5}>U_{ВИ4}$	$U_{ПС5}<U_{ПС1}$	$D_5(S)>D_4(S)$	1
	блочного встраивания с перестановкой в зависимости от характера видео	+	+	+	2	$F_6^{СКР}(I,S,\rho_6)$	$U_{ВИ6}>U_{ВИ5}$	$U_{ПС6}<U_{ПС1}$	$D_6(S)>D_1(S)$	1
Методы прямого расширения спектра встраиваемой информации		+	+	+	2	$F_7^{ПС}(I,S,\rho_7,m)$	$U_{ВИ6}>U_{ВИ5}$ $U_{ВИ6}<U_{ВИ8}$	$U_{ПС7}=\max$	$D_7(S)=\max$	1
Статистические методы скрытой передачи		+	+	+	2	$F_8^{СКР}(I,S,\rho_8)$	$U_{ВИ8}=\max$	$U_{ПС8}<U_{ПС7}$	$D_8(S)>D_5(S)$	1

Извлечение сформированного скрываемого сигнала с ПРС на приемной стороне осуществляется пользователем, который обладает информацией об используемой системе базисных функций с применением корреляционного

декодера. Исследования и расчеты, приведенные в [1-6] показали, что наиболее вероятная атака (воздействие аддитивным шумом) противника, наблюдающего за скрытым информационным обменом, будет неэффективна при любой статистике шума.

На основе проведенного анализа была сформулирована и формализована научная задача исследования, которая заключается в разработке научно-методического аппарата кодового уплотнения скрытого канала в структуре видеоданных, позволяющего повысить число информационных направлений связи (ИНС) в одном скрытом канале при ограничениях на достоверность приема и скрытность встраивания:

$$K_{скр}(I,\rho,S,m,\Phi,\theta) \underset{I'\in U,\, S\in V}{\rightarrow} \max,$$

где $U=\{R(I'),hist(I'),q(I'),p_{обн}(I')\}$ – множество ограничений на скрытность встраивания в видеоданные, оцениваемая по показателям:

- $R(I')\geq 25$ дБ – пиковое отношение сигнал-шум видеоданных I' после модификации данными скрытого канала S;
- $hist_{max}(I')\neq 2\theta$ – анализ гистограммы видеоданных I', отсутствие раздвоения пика гистограммы I';
- $q(I')$ – усредненная субъективная оценка визуального качества видеоданных I', не хуже «хорошо»;
- $p_{обн}(I') \leq 0{,}01$ – вероятность обнаружения в видеоданных I' всех частей матрицы скрытого канала;

$V=\{C_{скр}(S_k), p_{ош}(S_k'), k\}$ – множество ограничений на достоверность приема скрываемых данных S, оцениваемой по показателям:

- $C_{скр}(S_k)\geq 1{,}2$ кбит/с – минимальная пропускная способность единичного скрытого канала S_k;
- $P_{ош}(S_k) \leq 10^{-3}$ – вероятность ошибочного приема на бит для скрываемых данных на приемной стороне S_k';
- $k \geq 5$ – минимальное число скрываемых каналов, определяемое требованиями по резервированию основных спутниковых каналов [7].

Подробное описание метода скрытой передачи информации с кодовым уплотнением, применяемых модели и комплекса алгоритмов представлено в работах [8–14].

Ограничениями для метода, представленного в статье, являются стандарты сжатия, использующие дискретное косинусное преобразование, а именно стандарты JPEG и MPEG-2 для неподвижных и подвижных изображений соответственно.

Суть метода состоит в проведении операций, представленных на рис. 1. Разработанный метод предполагает реализацию следующих основных новых этапов: проведение предварительных прямого и обратного ортогонального преобразования в базисе функций Виленикина-Крестенсона (В-К) над

видеоданными I, с одновременным встраиванием в область оцифрованного спектра В-К в парные биты, а также применение двумерных шумоподобных сигнальных конструкций (ДШСК) Франка-Крестенсена (Ф-К) для кодового уплотнения скрытого канала.

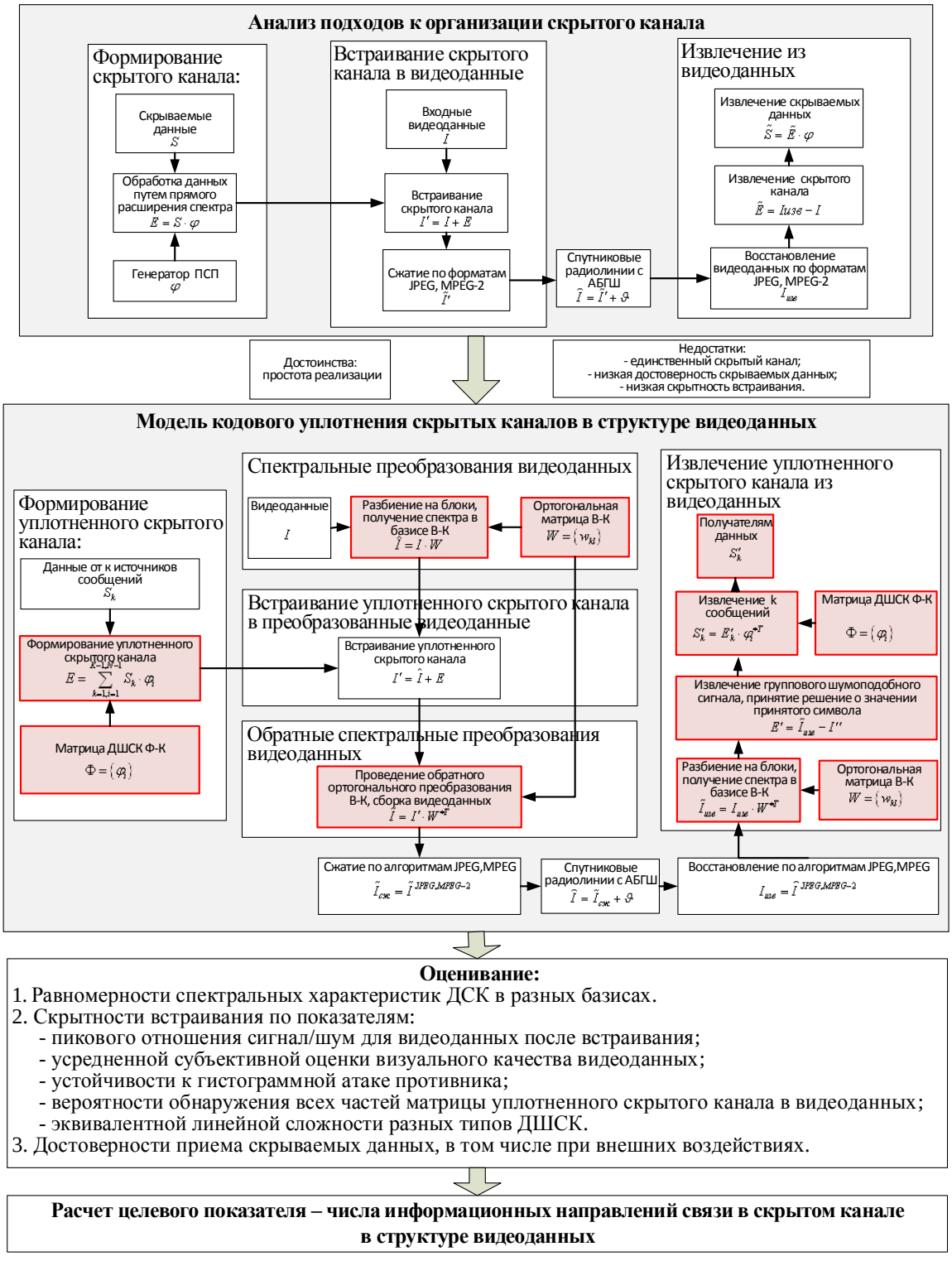


Рис. 1. Метод кодового уплотнения скрытого канала в структуре видеоданных

Суть формирования уплотненного скрытого канала состоит в проведении кодирования укрупнением скрываемых данных с последующим разбиением на группы каналов и модуляцией ДШСК Ф-К, со значностью, равной четырем и обладающими блочной структурой. Блочная структура ДШСК Ф-К согласованна с алгоритмами сжатия видеоданных JPEG, MPEG-2, предполагающими деление матриц изображения на блоки размерностью 16х16 пикселей. Размер блока равен двукратному увеличению единичного блока изображения, применяемому в стандартах сжатия JPEG, MPEG-2 и для контрастных видеоданных, не содержащих мелких деталей. Использование блоков указанной размерности не снижает качества изображения и незначительно влияет на вычислительную сложность алгоритмов сжатия.

Блочность структуры ДШСК Ф-К проявляется в следующем: на любом периоде сигналов группы из 16 отсчетов являются ортогональными. Это свойство позволяет достичь большей достоверности передачи скрываемой информации по сравнению с ортогональными сигналами, не имеющими блочной структуры, а также повысить число бит встраиваемой информации в одном контейнере при фиксированном ограничении на качество встраивания и время идентификации. Предположение о том, что сигналы Ф-К являются наилучшими для задачи организации уплотненного скрытого канала в видеоданных подтверждено результатами исследований, представленными в работах [13–15].

Результаты моделирования

Для подтверждения, проверки и выработки рекомендаций по реализации заявляемого метода было проведено моделирование скрытой передачи информации с кодовым уплотнением в видеоданных с использованием программ Mathcad и MATLAB.

В качестве входных изображений-контейнеров использовались неподвижные цветные изображения формата bmp, в качестве входных данных для встраивания – две случайных последовательности с алфавитом {-1, 1}. Встраивание осуществлялось в яркостную составляющую Y изображения, поскольку именно она обладает наибольшей избыточностью при представлении цветных видеоданных моделью YCrCb. В качестве ДШСК для расширения спектра информационных последовательностей использовались 5 типов сигналов, значения коэффициента дельта-корреляции которых наиболее близки к единице [16–20] (рис. 2, 3):

- сигналы Франка-Крестенсена (Ф-К) (красная кривая графиков);
- сигналы Франка-Уолша (синяя пунктирная кривая графиков);
- сигналы Уолша, упорядоченные по Адамару (розовая штрих-пунктирная кривая графиков);
- сигналы Уолша, упорядоченные по Пэли (голубая кривая графиков);
- М-последовательность (зеленая пунктирная кривая графиков).

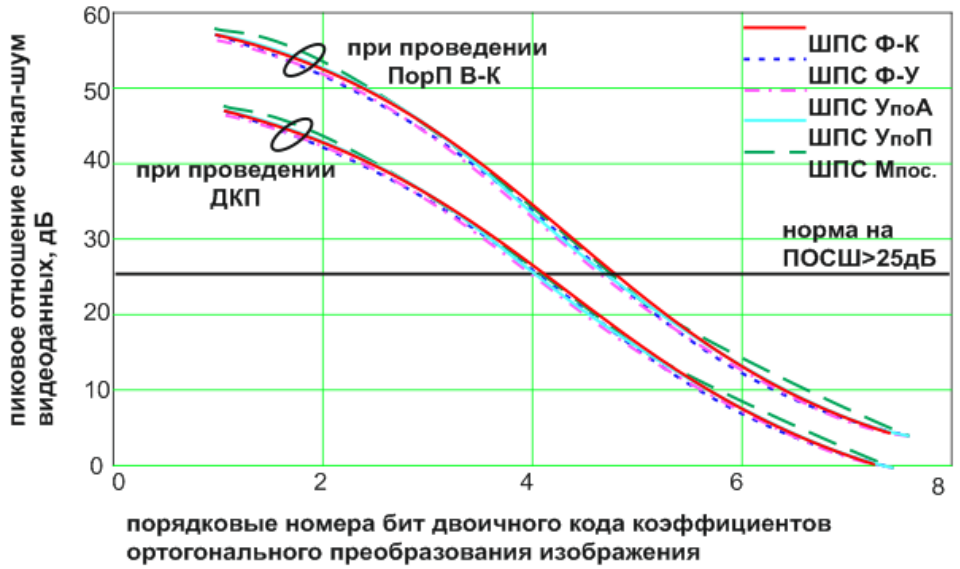


Рис. 2. Зависимость пикового отношения сигнал-шум видеоданных от выбора парных бит оцифрованного спектра видеоданных

В качестве модели шума выбран аддитивный белый гаусовский шум.

Основными контролируемыми параметрами выбраны параметры из множеств ограничений на скрытность встраивания и достоверность приема, которые были определены на этапе постановки задачи.

Вероятность ошибочного приема на бит извлекаемых данных (далее вероятность ошибки на бит), значение которой определяется:

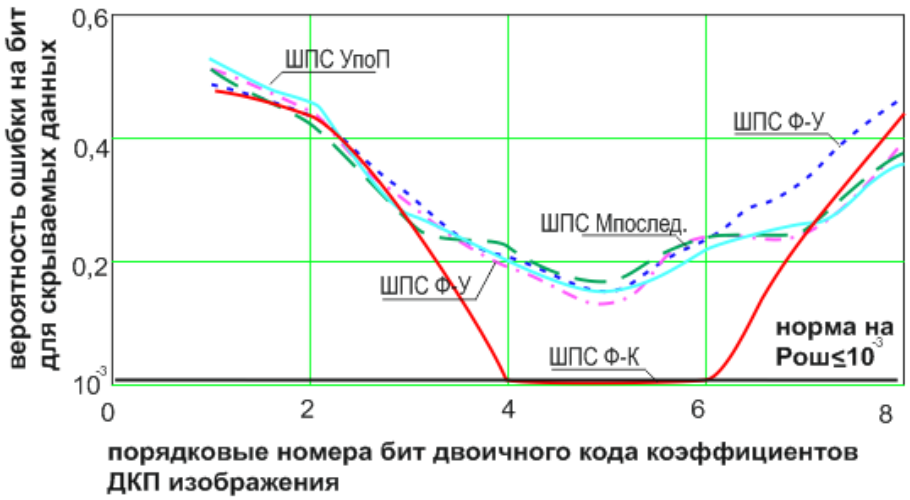
$$p_{ош} = \frac{n_{ош}}{N},$$

где $n_{ош}$ – количество ошибочно принятых бит, а N – общее число бит скрыто переданной информации.

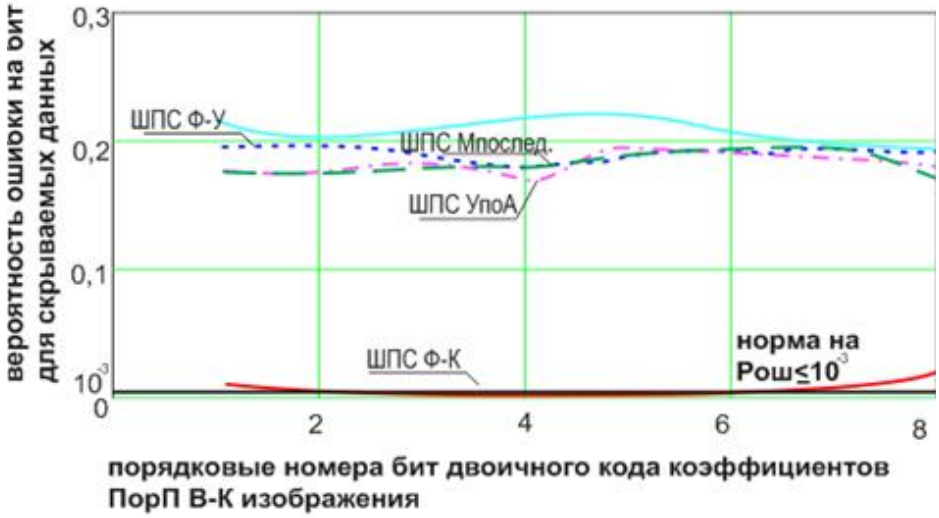
Пиковое отношение сигнал-шум (ПОСШ) – показатель, позволяющий аналитически оценить уровень объективных искажений, которые вносятся в контейнер при скрытой передаче информации [1, 3] и вычисляемый как:

$$R = 10\lg \frac{255^2 \cdot XY}{\sum_{x=1}^{X-1}\sum_{y=1}^{Y-1}(C_{x,y} - S_{x,y})^2},$$

где 255 – максимальное значение яркости полутонового изображения, $C_{x,y}$ и $S_{x,y}$ – значения пикселов с координатами (x, y) пустого и заполненного контейнеров соответственно, $X \times Y$ – размер изображения с X строками и Y столбцами. ГОСТ [21] устанавливает нормы на значения ПОСШ, при этом качество видеоданных считается «отличным», если значения ПОСШ не хуже 60 дБ, при значении ПОСШ не хуже чем 25 дБ качество видеоданных принимается «удовлетворительным».



а. Встраивание в область спектра ДКП видеоданных



б. Встраивание в область спектра В-К видеоданных

Рис. 3. Зависимость вероятности ошибки на бит скрываемых данных от выбора парных бит оцифрованного спектра видеоданных

Для проверки наложенных ограничений по скрытности встраивания было проведено оценивание по показателю пикового отношения сигнал-шум видеоданных после модификации. Получены семейства кривых, характеризующие зависимость значений пикового отношения сигнал-шум видеоданных от номера первого из парных бит двоичного кода коэффициентов спектра видеоданных для всех типов двумерных шумоподобных сигнальных конструкций при проведении спектральных преобразований ДКП и В-К. Графики свидетельствуют, что скрытность встраивания в область спектра В-К видеоданных по показателю ПОСШ для всех типов ДШСК выше, чем при встраивании в область спектра ДКП.

Также проведено оценивание достоверности скрываемых данных для всех типов выбранных ДШСК при встраивании в области спектров ДКП и В-К

видеоданных. Зависимости вероятности ошибочного прима на бит для скрываемых данных от номера пары бит для встраивания представлены на рис. 3.

страивание в область спектра В-К позволяет снизить вероятность ошибки на бит для всех используемых ДШСК, а для ДШСК Ф-К – достичь достоверности приема не хуже 10^{-3} на большем диапазоне пар бит оцифрованных спектральных компонент. Совместный анализ полученных зависимостей, представленных на рис. 2, 3 позволяет сделать вывод о невозможности встраивания данных нескольких ИНС в область оцифрованного спектра ДКП, поскольку требования по обеспечению скрытности встраивания и достоверности приема не выполняются одновременно при использовании любых выбранных ДШСК. Встраивание же данных нескольких ИНС в область оцифрованного спектра В-К в парные биты 2 и 3, 3 и 4, 4 и 5 при использовании ДШСК Ф-К не противоречит предъявляемым требованиям по достоверности приема и скрытности встраивания.

В связи с тем, что объективные оценки искажения изображений не всегда коррелируют с субъективным восприятием изображений, государственным стандартом по оценке качества цветных телевизионных изображений [22] введена усредненная субъективная оценка визуального качества видеоданных, рассчитываемая как:

$$q = \frac{1}{MRK} \sum_{m=1}^{M} \sum_{i=1}^{R} \sum_{l=1}^{K} q_{iml},$$

где M – число наблюдателей, R – число испытательных изображений; K – число предъявлений каждого изображения, i – номер наблюдения, m – номер испытательного изображения, l – номер предъявления, q_{iml} – оценка m-ого испытательного изображения i-м наблюдателем при l-м предъявлении.

Для субъективной оценки визуального качества видеоданных в соответствии с лабораторными методами, регламентированными ГОСТ 26320-84. Для наблюдения была выбрана группа из 18 человек, не являющихся специалистами в области телевидения; 10 изображений, над которыми проводились процедуры встраивания и извлечения дополнительной информации в пару бит контейнера 4, 5; число предъявлений оставило 5 раз.

Тестируемые изображения должны содержать разные элементы: крупные планы лиц на разных фонах, мелкие детали, контрастные детали. Примеры тестовых изображений представлены на рис. 4.

Пример изображений со встроенными данными в область спектра ДКП видеоданных, в область спектра В-К видеоданных, а также изображения, модифицированные скрываемыми данными и проведением сжатия и зашумления видеоданных, представлены на рис. 5.

При этом для каждого типа изображений с применяемым типом искажений должно быть проведено не менее двух сеансов наблюдений. В соответствии с

ГОСТ [22], для субъективной оценки используются шкала ухудшения качества изображений и шкала качества изображений, представленные в таблице 2.

а. б.

Рис. 4. Примеры изображений

Рис. 5. Изображения, модифицированные скрываемыми данными

Таблица 2 – Шкалы субъективной оценки изображений

Мнение наблюдателя	Качество изображения	Оценка
Ухудшение незаметно	Отличное	5
Ухудшение заметно, но не мешает	Хорошее	4
Ухудшение несколько мешает	Удовлетворительное	3
Ухудшение мешает	Плохое	2
Ухудшение очень мешает	Очень плохое	1

В результате проведения субъективной оценки указанным методом были получены усредненные оценки для встраивания информации с использованием всех ДШСК, участвующих в сравнении в каждый тип изображений, представленных двумя изображениями.

Из проведенной субъективной оценки ясно, что изображения, подвергнутые встраиванию в область оцифрованного спектра В-К с использованием ДШСК Ф-К, отличаются более высоким качеством (и, соответственно, меньшей степенью ухудшения качества изображения) по сравнению со встраиванием в область спектра ДКП видеоданных, при этом качество изображений после встраивания оценивается как «отличное» и «хорошее».

Одной из наиболее распространенных атак противника, направленных на обнаружение скрытого канала, организованного методом с ПРС, является гистограммная атака.

Гистограммой видеоданных называется график статистического распределения элементов цифрового изображения с различной яркостью, в котором по оси абсцисс представлена яркость, по оси ординат – число пикселов с конкретным значением яркости. Гистограммная атака с целью обнаружения скрытого канала в видеоданных основана на оценке гистограммы изображения и поиске, так называемых, «двух пиков». Гистограммы изображений любой статистики, как правило, содержат изолированные пики (рис. 6). Для тех изображений, которые ярко выраженных пиков не содержат, применяется предварительная фильтрация. В результате в визуальном представлении видеоданных остаются лишь туманные контуры изображения, и появляется лишь один пик в гистограмме. Встраивание скрытого канала в видеоданные с применением метода с ПРС приводит к раздвоению основного пика гистограммы изображения. Причем, чем больше скрываемой информации встроено, тем больше расстояние между пиками, и равно двукратному значению коэффициента встраивания (2θ).

Для оценки устойчивости к гистограммной атаке разработанного метода организации скрытого канала с кодовым уплотнением в видеоданных были получены гистограммы для следующих случаев (рис. 6, 7):

1) видеоданные без встраивания;

2) видеоданные со встроенным скрытым каналом в области спектра ДКП изображения;
3) видеоданные со встроенным скрытым каналом в области спектра В-К, изображения.

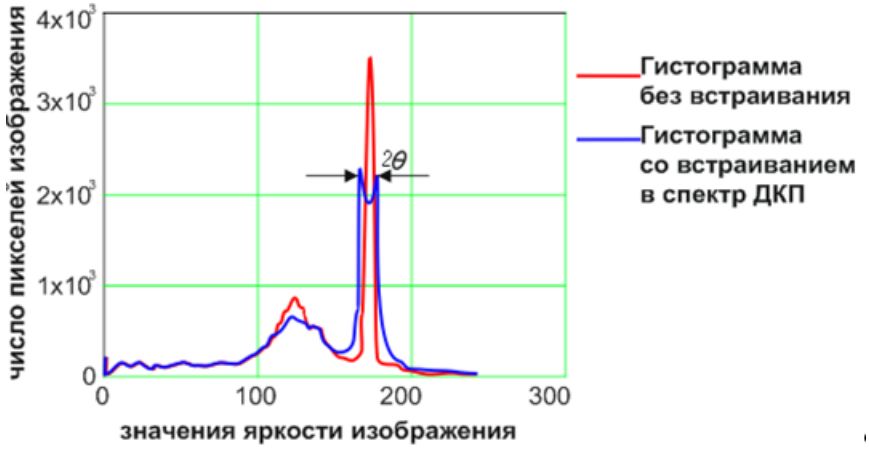


Рис. 6. Сравнение гистограмм изображения до и после встраивания в спектр ДКП

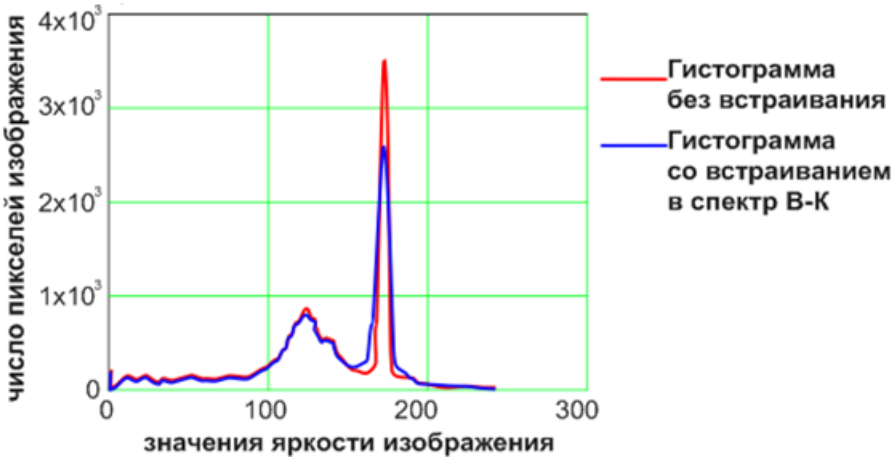


Рис. 7. Сравнение гистограмм изображения до и после встраивания в спектр В-К

Для расчетов использовались ДШСК Ф-К, показавшие себя наилучшими для решения поставленной задачи.

Для исходных видеоданных, в которые осуществлялось встраивание, яркость принимает значения от 0 до 255. Размер изображения 256x256 пикселей, то есть всего – 65536 пикселей.

Из рис. 6 видно, что осуществление встраивания скрытого канала в спектральную область ДКП изображения не позволяет достичь скрытности к факту обнаружения при проведении противником гистограммной атаки.

Графики, полученные на рис. 7, свидетельствуют о неэффективности применения гистограммной атаки с целью обнаружения встраивания скрытого

канала с применением метода ПРС с использование ДШСК Ф-К только в случае проведения предварительных двойных спектральных преобразований в базисе В-К.

Кроме того, были получены зависимости изменения распределения яркости между пикселями изображения для разработанного метода организации скрытого канала от выбора пары бит двоичного кода коэффициентов оцифрованного спектра В-К, в которых осуществлялось встраивание (рис. 8). Результаты расчетов показали, что модификация значений пары бит 4 и 5 данными скрытого канала искажают гистограмму изображения незначительно, и не приводят к образованию так называемых «двух пиков», а следовательно выбор именно этой пары бит для встраивания в методе будем считать наилучшим.

Также были получены зависимости изменения распределения яркости между пикселями изображения для разработанного метода организации скрытого канала от степени сжатия видеоданных (рис. 9) и уровня шума в канале (рис. 10) при встраивании в пару бит 4 и 5.

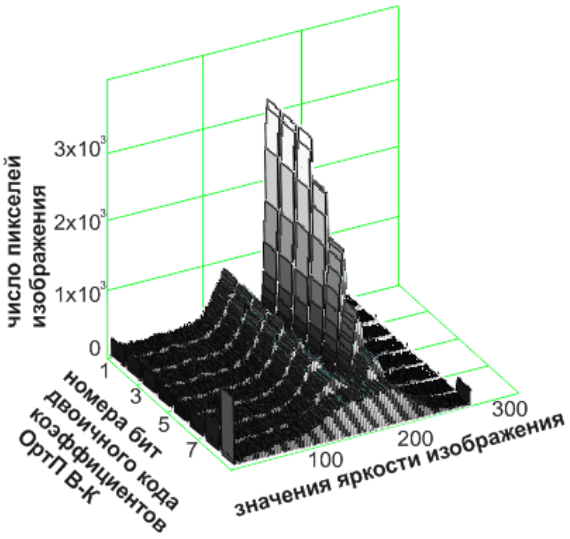


Рис. 8. Зависимость изменения гистограммы изображения от выбора парных бит оцифрованного спектра В-К для встраивания

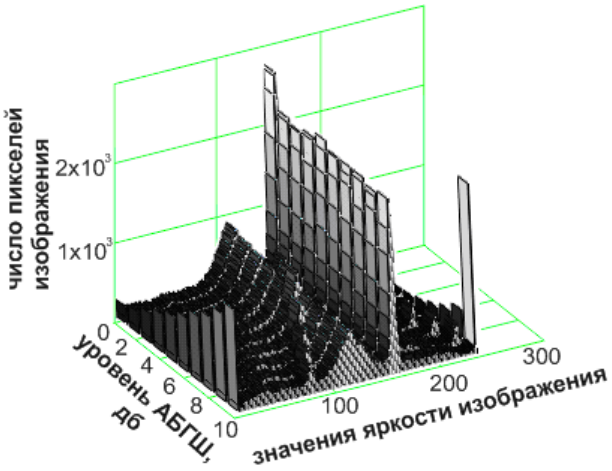


Рис. 9. Зависимость изменения гистограммы изображения от уровня АБГШ в канале

Полученные графики на рис. 8-10 соответствуют применению разработанного метода с ПРС при использовании для встраивания данных срытых каналов – ДШСК Ф-К.

Сравнение графиков рис. 8-10 позволяет подтвердить тот факт, что встраивание информации нескольких ИНС в одном скрытом канале в видеоданные с использованием ДШСК Ф-К в паре с двойным спектральным преобразованием изображения в базисе В-К оказывает на модифицируемые видеоданные влияние, схожее с влиянием шумов канала и сжатием изображения.

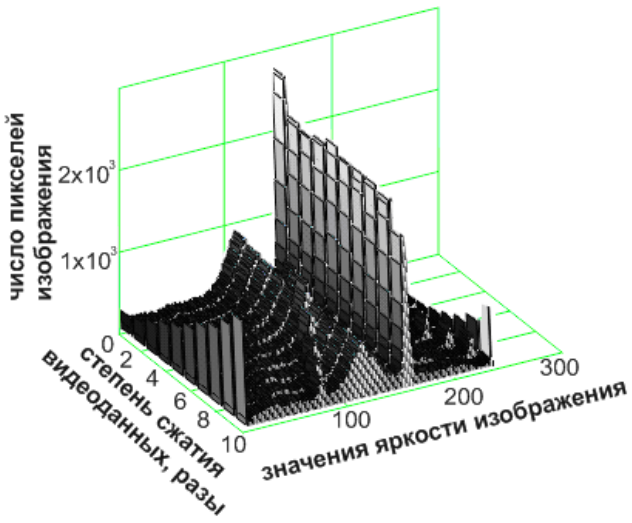


Рис. 10. Зависимость изменения гистограммы изображения от степени сжатия видеоданных

Таким образом, организация скрытого канала с кодовым уплотнением в видеоданных методом с ПРС и при использовании ДШСК Ф-К в паре с двойным спектральным преобразованием в базисе В-К позволяет считать разработанный метод устойчивым к гистограммной атаке противника.

В соответствии с разработанной методикой встраивание матрицы уплотненного скрытого канала может осуществляться только в основные кадры (*I*-кадры) видеоряда. Тогда вероятность $p_{обн}$ обнаружения всех частей, составляющих матрицу группового шумоподобного сигнала при использовании схемы Бернулли, когда число m частей матрицы заранее не известно, будет определяться в соответствии с биномиальным законом распределения:

$$p_{обн} = C_n^m p^m \cdot (1-p)^{n-m} = \frac{n!}{m!(n-m)!} p^m \cdot (1-p)^{n-m},$$

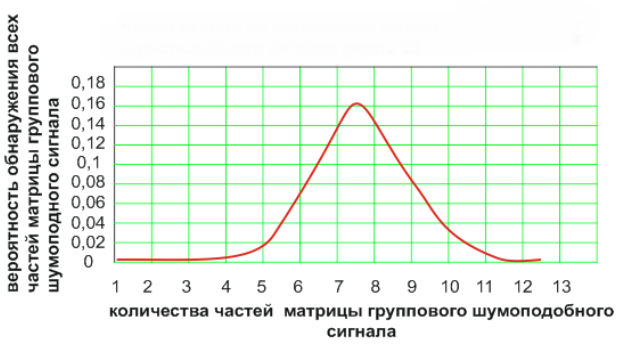
где n – число *I*-кадров в MPEG-файле, а p – параметр биномиального закона распределения – вероятность обнаружения любой из частей встроенной матрицы при $m > 0$.

Тогда, исходя из объема встраиваемых данных, вероятность $p_{обн}$ в первом приближении может быть принята равной $1/m$, что согласуется с теми соображениями, что чем меньше объем и больше частей закладки, тем меньшие изменения будут внесены в *I*-кадр MPEG-файла, и тем меньше вероятность $p_{обн}$. В соответствии с этим

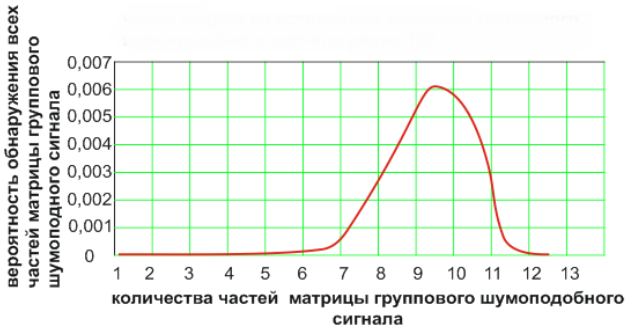
$$p_{обн} = \frac{n!}{m!(n-m)!} \cdot \frac{(m-1)^{n-m}}{m^n} \qquad (1)$$

Наглядно распределение вероятностей $p_{обн}$ обнаружения всех частей составляющих матрицу с учетом (1) представлено графиками на рис. 11 (а-г) для

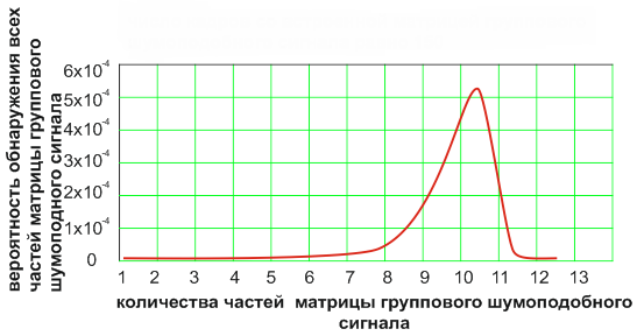
различных значений числа модифицируемых кадров изображения и количества частей матрицы группового шумоподобного сигнала.



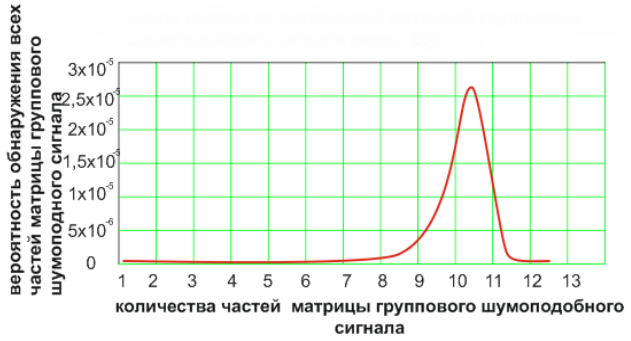
а. n=50



б. n=100



в. n=150



г. n=200

Рис. 11. Распределение вероятностей $p_{обн}$ обнаружения всех частей составляющих матрицу от количества таких частей при разном числе анализируемых модифицируемых кадров

Графики на рис. 11 показывают, что при увеличении числа модифицируемых кадров видео-контейнера вероятность обнаружения всех частей закладки существенно снижается, а наиболее вероятное значение обнаруженных частей закладки чрезвычайно медленно смещается в сторону больших значений.

Таким образом, разработанный метод организации канала скрытой передачи информации с уплотнением в структуре сжимаемых видеоданных уже при 100 обработанных кадрах типа I (или набора из 100 неподвижных изображений), при одновременном разбиении матрицы на более мелкие части, удовлетворяет требованиям по скрытности, оцениваемым показателем $p_{обн}$ вероятности обнаружения всех частей составляющих встроенную матрицу менее 0,01.

Для неподвижных изображений формата JPEG пропускная способность, по смыслу соответствующая максимальному количеству информации, которое возможно встроить в контейнер, не обнаружив себя, и передать со скоростью передачи информации, характерной для используемого контейнера, может быть рассчитана:

$$C_{\sum стег} = \theta N_{осн} d\ m,$$

где: $N_{осн}=m^{2\zeta}$ – период используемого ДШСК, $N_{осн} \leq X \leq Y$; X, Y – количество пикселей изображения-контейнера; θ – коэффициент вложения, определяющий число матриц группового скрываемого сигнала максимального периода; d –число разрядов двоичного кода коэффициента ортогонального преобразования, модифицируемой встраиваемыми данными; m – значность используемых ДШСК.

Так, для ДШСК Ф-К, применяемых в предложенном методе, m=4, длина периода $N=m^{2\zeta}$, $\zeta \neq 1$. Для различных размеров кадра изображения может варьироваться в пределах от 16 до 1024 (при выполнении условия невозможности превышения наименьшего из измерений изображения). Математическое моделирование позволило сделать вывод о том, что период 256 для разработанного метода является оптимальным с точки зрения обеспечения большей пропускной способности и достоверности при выполнении требования по скрытности. Использование ДШСК с меньшими периодами позволяют экспоненциально увеличить количество встраиваемой информации, но достоверность и скрытность снижаются по логарифмическому закону. Использование периода в 1024 знака позволяет достичь высоких показателей достоверности и скрытности, но пропускная способность встраиваемой информации будет снижена. Расчеты приведены в таблице 3. Значение θ для разработанного метода равно единице.

Для подвижных изображений формата MPEG-2 пропускная способность уплотненного канала скрытой передачи может быть рассчитана:

$$C_{\Sigma стег} = \frac{\theta N_{осн} d \cdot m \cdot f}{G},$$

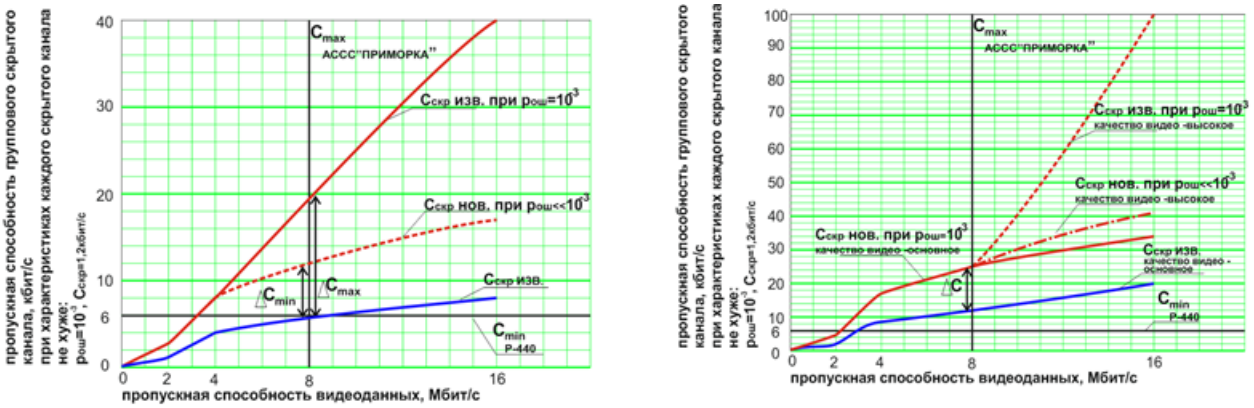
где: f – частота кадров видео; G – размер группы кодирования видео, который определяет количество частоты следования основных кадров изображения (I-кадров), используемых для встраивания.

Характеристики X, Y, f и G определяются профилями и уровнями, которые включает в себя стандарт MPEG-2. Число разрядов двоичного кода коэффициента ортогонального преобразования, модифицируемой встраиваемыми данными d тоже косвенным образом зависит от выбранного профиля MPEG-2, так как зависит от глубины кодирования изображения (яркости и цветности), т.е. используемого числа разрядов. Чем больше разрядов требуется для представления изображения, тем большее число младших разрядов можно модифицировать встраиваемыми данными. Для представленного метода d=2.

Результаты расчета пропускной способности уплотненного скрытого канала и количество ИНС в одном контейнере для разного качества видеоданных представлены рис. 12, 13.

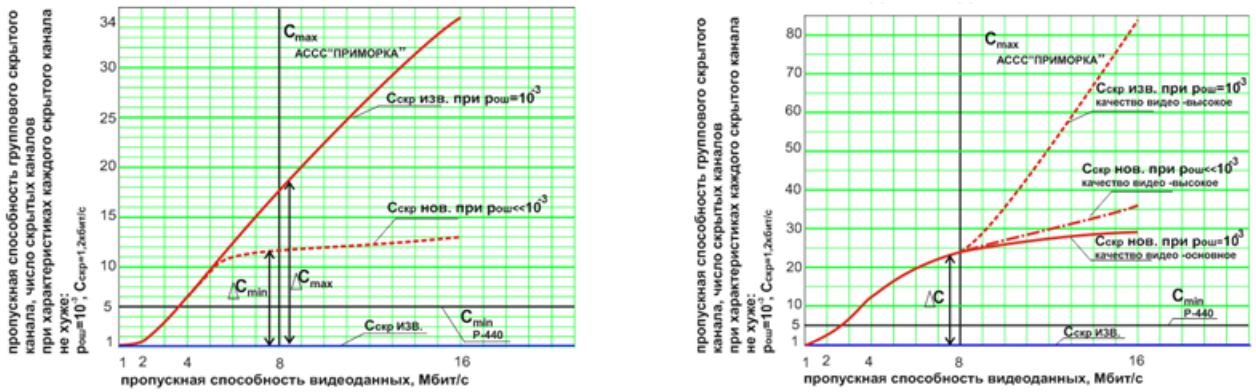
Таблица 3 – Пропускная способность уплотненного скрытого канала для видео-контейнеров разного качества

Уровни	Хар-ки	Профили			JPEG		MPEG-2	
		Прост-той	Основ-ной	Высо-кий	Параметры ШПС число матриц/ период	$U_{ПС}^{JPEG}$ кбит/с число каналов	Параметры ШПС число матриц/ период	$U_{ПС}^{MPEG-2}$ кбит/с число каналов
	Яркость/ цветность	4:2:0	4:2:0/ 4:2:2	4:2:2				
Низкий	X		352		1x256	1024/1	1x256	2133/1
	Y		288					
	f		25					
	G		12					
	$R_{ВИДЕО}^{*}$		до 2Мбит/с					
Основной	X	720	720	720	4x256	4096/3	4x256	8533/7
	Y	576	576	576				
	f	25	30	50				
	G	12	12	12				
	$R_{ВИДЕО}^{*}$	2-4Мб/с	4-8Мб/с	8-16Мб/с				
Высокий	X		1440	1440	1x1024+ 4x256	10578/8	1x1024+ 4x256	22037/18
	Y		1152	1152				
	f		30	50	20x256	20480/20	20x256	42666/35
	G		12	12				
	$R_{ВИДЕО}^{*}$		8-16Мб/с	16-60Мб/с				



а. б.

Рис. 12. Зависимость пропускной способности, измеренной в количестве информации в единицу времени, уплотненного скрытого канала от качества видеоданных



а. б.

Рис. 13. Зависимость пропускной способности, измеренной в количестве ИНС в одном скрытом канале, уплотненного скрытого канала от качества видеоданных

Прирост пропускной способности уплотненного скрытого канала в видеоданных с применением разработанного метода составляет от 1 кбит/с до 27 кбит/с для максимально возможной скорости передачи информации, равной 8 Мбит/с. Выигрыш в пропускной способности зависит от типа данных (изображение JPEG, видео MPEG-2), их качества представления и скорости передачи информации видеопотока (рис. 12, 13). Полученный прирост, в два раза превышает пропускную способность скрытого канала, организованного методом прямого расширения спектра с применением ДШСК. Применение ДШСК Ф-К с выраженной блочной структурой позволяют в одном кадре изображения размещать несколько матриц со встроенными данными, оптимальным размером для которых является 256x256.

Заключение

В статье представлены результаты проведенного моделирования метода скрытой передачи информации с кодовым уплотнением в видеоданных с использованием программ Mathcad, MATLAB.

Так, из результатов моделирования следует, что для задачи организации множественного доступа к среде скрытой передачи в видеоданных наилучшими являются ДШСК Ф-К в паре с ортогональным преобразованием в базисе В-К в отношении обеспечения более достоверной передачи, более высокого качества встраивания, устойчивости к гистограммной атаке и сжатию видеоданных. Полученные результаты обоснованы наилучшими значениями показателя дельта-корреляции и ярко выраженной блочной структурой ДШСК, описанными в работах [15–20].

С точки зрения методики встраивания установлено и подтверждено графиками, представленными в статье, что наилучшими по показателям достоверности и качеству встраивания являются 4 и 5 биты двоичного кода коэффициентов оцифрованного спектра В-К изображения-контейнера.

Таким образом, описанный метод, подтвержденый проведенным моделированием, позволяет повысить пропускную способность скрытого канала примерно в 2 раза и увеличить число ИНС со скоростью 1,2 кбит/с в одном скрытом канале передачи информации до 12–25 в зависимости от качества и скорости передачи видеоданных.

Литература

1. Конахович Г. Ф., Пузыренко А. Ю. Компьютерная стеганография. Теория и практика. Киев: МК-Пресс. 2006. 283 с.

2. Smith J., Comiskey B. Modulation and information Hiding in Image // Information Hiding: First Int. Workshop «InfoHiding'96», Springer as Lecture Notes in Computing Science. 1996. Vol. 1174. pp. 207-227.

3. Грибунин В. Г., Оков И. Н., Туринцев И. В. Цифровая стеганография. М.: Солон-Пресс. 2002. 272 с.

4. Marvel L., Boncelet C., Retter J. Reliable Blind Information Hiding for Images // Proceedings of 2nd Workshop on Information Hiding. Lecture Notes in Computer Science. 1998.

5. Koch E., Zhao J. Towards Robust and Hidden Image Copyright Labeling // IEEE Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing. 1995. pp. 123-132.

6. Fridrich J. Combining low-frequency and spread spectrum watermarking // Proceedings of the SPIE Conference on Mathematics of Data/Image Coding. Compression and Encryption. 1998. Vol. 3456. pp. 2-12.

7. Учебник сержанта (станции спутниковой связи Р-440-О, Р-441-О, Р-439). СПб.: ВАС, 1996. 137 с.

8. Абазина Е. С. Алгоритмы внедрения двумерных нелинейных кодовых последовательностей в структуру сжатых видеоданных // Вопросы радиоэлектроники в сфере техники телевидения. 2013. № 1. С. 85–94.

9. Абазина Е. С. Построение стеганографического канала передачи информации с кодовым уплотнением в видеопотоке // Молодежь. Техника. Космос; Доклады VI Общероссийской молодежной научно-технической конференции БГТУ. СПб.: БГТУ, 2014. С. 165–167.

10. Федосеев В. Е., Абазина Е. С. Математическая модель стегокодера для скрытого канала с кодовым уплотнением в структуре видеоданных // Проблемы эффективности и безопасности функционирования сложных технических и информационных систем. Материалы XXXII Всерос. научно-технической конференции. Серпухов: СВИ РВ, 2014. С 17–21.

11. Цветков К. Ю., Абазина Е. С. Особенности создания стеганографического канала передачи информации с кодовым уплотнением в видеопотоке // Тезисы докладов III Всероссийского конгресса молодых ученых. СПб.: НИУ ИТМО, 2014. С. 237 – 239.

12. Абазина Е. С. Постановка задачи организации скрытого канала передачи информации с кодовым уплотнением в спутниковых радиолиниях для решения задач управления войсками // Материалы докладов Всерос. научно-практической конференции курсантов, слушателей и молодых ученых, посвященной Дню образования войск связи. Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2013. № 1. С. 385 – 388.

13. Абазина Е. С. Метод скрытой передачи информации с кодовым уплотнением в видеоданных // Информация и космос. 2014. № 4. С. 33 – 38.

14. Цветков К. Ю., Коровин В. М. Дискретный гармонический анализ и его приложения к задачам синтеза оптимальных сигналов. СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2008. 108 с.

15. Цветков К. Ю. Теория оптимальных систем сложных дискретных сигналов и её приложения. СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2005. 160 с.

16. Цветков К. Ю., Малозёмов В. Н. Об оптимальной паре сигнал–фильтр // Проблемы передачи информации. 2003. Т. 1. Вып. 2. С. 50–62.

17. Цветков К. Ю., Федосеев В. Е., Абазина Е.С. Применение двумерных нелинейных сигналов Франка-Уолша, Франка-Крестенсона в методе формирования скрытого канала с кодовым уплотнением в структуре сжимаемых видеоданных // Наукоемкие технологии в космических исследованиях Земли. 2013. № 4. С 32–40.

18. Абазина Е. С., Ерунов А. А. Выбор сигнальных конструкций для формирования скрытого канала передачи информации с кодовым уплотнением в структуре видеоданных // Региональная информатика-2014. Материалы докладов конференции. СПб.: СПОИСУ, 2014. С 46–47.

19. Цветков К.Ю., Абазина Е. С. О влиянии вида ортогонального преобразования на степень допустимого сжатия изображения при передаче по спутниковой радиолинии широкополосных ЦВЗ // Актуальные проблемы ракетно-космического приборостроения и информационных технологий. Труды VI Всерос. научно-технической конференции. М.: РНИИ КП, 2013. С. 91–93.

20. Абазина Е. С. Выбор кодовых последовательностей для формирования широкополосных цифровых водяных знаков // II Межвузовская научно-практическая конференция. Материалы докладов. СПб.: НИУ ИТМО, 2013. С. 44–46.

21. ГОСТ 26320-84. Оборудование телевизионное студийное и внестудийное. Методы субъективной оценки качества цветных телевизионных изображений. М.: Изд-во стандартов, 1985. 8 с.

22. ГОСТ Р 52722-2007. Каналы передачи цифровых телевизионных сигналов. Основные параметры и методы измерений. М.: Стадартинформ, 2007. 18 с.

References

1. Konakhovich G.F., Puzirenko A.U. *Komp'iuternaia steganografiia. Teoriia i praktika* [Computer steganography. Theory and practice]. Kiev, MK-Press Publ., 2006, 283 p. (in Russian).

2. Smith. J., Comiskey B., Modulation and information Hiding in Image. *Information Hiding. First Int. Workshop «InfoHiding'96». Springer as Lecture Notes in Computing Science*. vol. 1174, 1996, pp. 207-227.

3. Gribunin V. G., Okov I. N., Turincev I. V. *Tsifrovaia steganografiia* [Digital Steganography]. Moscow, Solon-Press Publ., 2009, 272 p. (in Russian).

4. Marvel L., Boncelet C., Retter J. Reliable Blind Information Hiding for Images. *Proceedings of 2nd Workshop on Information Hiding. Lecture Notes in Computer Science*. 1998.

5. Koch E., Zhao J. Towards Robust and Hidden Image Copyright Labeling. *IEEE Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing*. 1995. pp. 123-132.

6. Fridrich J. Combining low-frequency and spread spectrum watermarking. *Proceedings of the SPIE Conference on Mathematics of Data/Image Coding, Compression and Encryption.* 1998, Vol. 3456, pp. 2-12.

7. *Uchebnik serzhanta (stantsii sputnikovoi sviazi R-440-O, R-441-O, R-439).* [The textbook of the sergeant (station of satellite communication P-440-O, P-441-O, P-439)]. Saint-Petersburg, Military academy of communications Publ., 1996. 137 p. (in Russian).

8. Abazina E. S. Algoritmy vnedreniia dvumernykh nelineinykh kodovykh posledovatel'nostei v strukturu szhatykh videodannykh [Algorithms of introduction of two-dimensional nonlinear code sequences in structure of the compressed video data]. *Voprosy radioelektroniki v sfere tekhniki televideniia*, 2013, vol. 1, pp. 85–94 (in Russian).

9. Abazina E. S. Postroenie steganograficheskogo kanala peredachi informatsii s kodovym uplotneniem v videopotoke [Construction of the steganographic channel information transfer with code consolidation in a video stream]. *Molodezh'. Tekhnika. Kosmos; Doklady VI Obshcherossiiskoi molodezhnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii BGTU* [Youth. Technics. Space. Proc. Balt. State Techn. Univ. 6th All-Russian Youth Sci. and Tec. Conf.]. Saint-Petersburg, Baltic State Technic University Publ., 2014, pp. 165–167 (in Russian).

10. Fedoseev V. E., Abazina E. S. Matematicheskaia model' stegokodera dlia skrytogo kanala s kodovym uplotneniem v strukture videodannykh [Mathematical model of the stegocoder for the hidden channel with code consolidation in structure of the video data]. *Problemy effektivnosti i bezopasnosti funktsionirovaniia slozhnykh tekhnicheskikh i informatsionnykh sistem; Materialy XXXII Vseros. nauchno-tekhnicheskoi konferentsii* [Problems of Efficiency and Safety of Functioning Difficult Technical and Information Systems.Proc.32nd All-Russian Sci. and Tec. Conf.]. Serpukhov, Serpukhov Military Rocket Institute Publ., 2014, pp. 17–21 (in Russian).

11. Tsvetcov K. U., Abazina E. S. Osobennosti sozdaniia steganograficheskogo kanala peredachi informatsii s kodovym uplotneniem v videopotoke [Features of creation стеганографическоrо the channel of information transfer with code consolidation in a video stream]. *Tezisy dokladov III Vserossiiskogo kongressa molodykh uchenykh*.. [Abstracts of Papers of 3rd All-Russian Congress of Young Scientists]. Saint-Petersburg, University of the Information`s Technology, Mechanics and Optics Publ., 2014, pp. 237–239 (in Russian).

12. Abazina E. S. Postanovka zadachi organizatsii skrytogo kanala peredachi informatsii s kodovym uplotneniem v sputnikovykh radioliniiakh dlia resheniia zadach upravleniia voiskami [Statement of a problem of the organization of the hidden channel of information transfer with code consolidation in satellite radio lines for the decision of problems of management of armies]. *Materialy dokladov Vseros. nauchno-prakticheskoi konferentsii kursantov, slushatelei i molodykh uchenykh, posviashchennoi Dniu obrazovaniia voisk sviazi* [Day of Formation of Armies of Communication Proc. of the All-Russian Sci.-Pract. Conf. 32nd All-Russian Sci. and Tec. Conf.]. Voronezh, N. E. Zhukovsky and Y. A. Gagarin Military Air Academy Publ., 2013, vol. 1, pp. 385 – 388 (in Russian).

13. Abazina E. S. The method of hidden data transmission with code consolidation. *Informatsiia i kosmos*, 2014, no. 4, pp. 33-38 (in Russian).

14. Tsvetkov K. U., Korovin V. M. Diskretnyi garmonicheskii analiz i ego prilozheniia k zadacham sinteza optimal'nykh signalov. Monografiia [The discrete harmonious analysis and its appendices to problems of synthesis of optimum signals.Treatise]. Saint-Petersburg, A. F. Mozhaisky Military space academy Publ., 2008, 108 p. (in Russian).

15. Tsvetkov K. U. Teoriia optimal'nykh sistem slozhnykh diskretnykh signalov i ee prilozheniia. [The Theory of optimum systems of difficult discrete signals and its applications]. Saint-Petersburg, A. F. Mozhaisky Military space academy Publ., 2005, 160 p. (in Russia).

16. Tsvetkov K. U., Malozermov V. N. Ob optimal'noi pare signal–fil'tr. [About optimum pair the signal-filter]. *Problems of Information Transmission,* 2003, Part. 1. no. 2. pp. 50–62 (in Russian).

17. Tsvetkov K. U., Fedoseev V. E., Abazina E. S. Application of two-dimensional nonlinear signals of Frank-Uolsh, Frank-Krestenson into the method of formation of the hidden channel with code consolidation in structure of the compressed video data. *H&ES Research*, 2013, no. 4, pp. 32–40 (in Russian).

18. Abazina E. S., Erunov A. A. Vybor signal'nykh konstruktsii dlia formirovaniia skrytogo kanala peredachi informatsii s kodovym uplotneniem v strukture videodannykh [Choice of alarm designs for formation of the latent channel of information transfer with code consolidation in structure of the video data]. *Regional'naia informatika-2014. Materialy dokladov konferentsii* [Regional Computer Science-2014. Abstracts of Papers]. Saint-Petersburg, St. Petersburg Society of Informatics, Computing, Communications and Control Systems Publ., 2014, pp. 46–47 (in Russian).

19. Tsvetkov K. U., Abazina E. S. O vliianii vida ortogonal'nogo preobrazovaniia na stepen' dopustimogo szhatiia izobrazheniia pri peredache po sputnikovoi radiolinii shirokopolosnykh TsVZ [About influence of a kind of orthogonal transformation on degree of admissible compression of the image by transfer on a satellite radio line broadband DWM]. *Aktual'nye problemy raketno-kosmicheskogo priborostroeniia i informatsionnykh tekhnologii; Trudy VI Vseros. nauchno-tekhnicheskoi konferentsii* [Actual problems of space-rocket instrument making and information technology Proc. of All-Russia Sci. and VI-th Tec. Conf.]. Moscow, Scientific Research Institute of Space Instrument Engineering Publ., 2013, pp. 91–93 (in Russian).

20. Abazina E. S. Vybor kodovykh posledovatel'nostei dlia formirovaniia shirokopolosnykh tsifrovykh vodianykh znakov. [Choice of code sequences for formation of broadband digital watermarks]. *II Mezhvuzovskaia nauchno-prakticheskaia konferentsiia. Materialy dokladov* [Abstracts of Papers of 2nd All-Russian Congress of Young Scientists]. Saint-Petersburg, University of the Information`s Technology, Mechanics and Optics Publ., 2013. pp. 44–46 (in Russian).

21. State Standard 26320-84. Equipment of television studio and extrastudio. Methods of value judgment of quality of colour television images. Moscow, Standartov Publ., 1985. 8 p. (in Russian).

22. State Standard P 52722-2007. Channels of transfer of digital television signals. Key parametres and methods of measurements. Moscow, Standartinform Publ., 2007. 18 p. (in Russian).

Статья поступила 21 марта 2015 г.

Информация об авторах

Абазина Евгения Сергеевна – адъюнкт кафедры сетей и систем связи космических комплексов Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского. Область научных интересов - стеганография. Тел.: +7 911 794 44 92. e-mail: e.s.abazina@yandex.ru

Ерунов Анатолий Александрович – адъюнкт кафедры сетей и систем связи космических комплексов Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского. Область научных интересов - стеганография. Тел.: +7 911 289 22 05. e-mail: erun_to@mail.ru

Адрес: 197198, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Ждановская, д. 13.

Results of the Modelling of the Method of the Hidden Information Transfer with Using of the Code Consolidation in the Video Data

Abazina E. S., Erunov A. A.

Problem Statement: the information transmitted in open communication channels,can threatened violation availability and integrity. Nowdays Actual task of the protection of transmitted information from

distortion are increasingly solved by digital steganography. However, the task of the multiple access`es organization in the hidden information channel is not previously posed. IN the article results of the simulation method secure data transmission in the video are presented, which allows to increase the number of data lines of communication within a hidden channel. **Objective**: To confirm the adequacy of the developed scientific methodological apparatus of the code consolidation in the video data, which allows to increase the number of data lines of communication within a hidden channel, with limited reliability of the receiving and hiddenless of the integration. **The methods used.** To increase the number of data lines of communication within a hidden channel, with limited reliability of the receiving and hiddenless of the integration by the use method of the hidden information transfer with code consolidation in the video data. The bit error probability of recoverable data is selected as an indicator of the reliability of receiving and the peak of signal to noise ratio is selected as an indicator of stealth integration . The subjective averaged assessment of visual quality video introduced for subjective assessment of the hiddenless of the integration. **Novelty:** the novel features of the presented method of the hidden information transfer with code consolidation in the video data are using in this method of orthogonal signals Frank - Krestensena, Frank - Walsh, Walsh ordered Hadamard, Walsh ordered by Paley, M-sequences embedded in the transform coefficients Vilenkin – Christenson for generating a hidden channel with code multiple access of the system subscribers. **Result**. This simulation allows to confirm the adequacy of the method of code division of the data lines of communication within a hidden channel . The simulation results show that for the purposes of the organization code multiple access to the medium of the hidden transmission in the video the best system is the of orthogonal signals Frank – Krestensena,s which allows to achieve more reliable transmission of hidden information, less probably of the structure identification of the used signals by likely breaker and resistance from certain types of geometric attacks and video compression. As a point of view of the integration techniques, it was founded that the best bits of binary image-container DCT coefficients in terms of quality and reliability of the integration are 4 and 5 bits. **The practical significance**. The presented approach are planned for using in the satellite communication systems of digital television for creating the exchange of information hidden in the structure of a video stream.

Keywords: *video data, compression standards JPEG, MPEG-2, steganography, broadband signals, code consolidation of signals, division of signals.*

Information about Authors

Abazina Evgeniya Sergeevna – Doctoral Student. Postgraduate at the Department of networks and communication systems of space complexes. The A. F. Mozhaisky Military Space Academy. Field of research - steganography. Tel.: +7 911 794 44 92. e-mail: e.s.abazina@yandex.ru

Erunov Anatoliy Aleksandrovich – Doctoral Student. Postgraduate at the Department of networks and communication systems of space complexes. The A. F. Mozhaisky Military Space Academy. Field of research - steganography. Tel.: +7 911 289 22 05. e-mail: erun_to@mail.ru

Address: Russia, 197198, Saint-Petersburg, Zhdanovskaya street, 13.