

повышения времени удержания пользователя в приложении, чтобы один игрок приносил больше дохода от количества входов в игру.

#### **Список использованных источников**

1. Филон, Н. В. Сравнительный анализ движков Unity и Unreal Engine / Н. В. Филон, О. А. Новосельская // Импортозамещение, научно-техническая и экономическая безопасность: сборник статей V Международной научно-технической конференции "Минские научные чтения-2022", Минск, 7-9 декабря 2022 г. : в 3 т. Т. 2. – Минск : БГТУ, 2022. – С. 356-361.

2. Филон, Н. В. Опыт размещения инди разработки на площадке Google Play / Н. В. Филон, О. А. Новосельская // Технологическая независимость и конкурентоспособность Союзного Государства, стран СНГ, ЕАЭС и ШОС: сборник статей VI Международной научно-технической конференции "Минские научные чтения-2023", Минск, 6-8 декабря 2023 г. : в 3 т. Т. 1. – Минск : БГТУ, 2023. – С. 486-490.

3. Nikita Filon. Space Asteroids [Электронный ресурс] / Apps on Google Play – 2023. – 77 Mb. – Режим доступа: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.NikitaFilon.Asteroids>.

УДК 004.56+003.26

**А.А. Хартанович**

Белорусский государственный технологический университет  
Минск, Беларусь

### **АЛГОРИТМ КОМБИНИРОВАННОГО КОДИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ В СТЕГАНОГРАФИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

*Аннотация.* Описывается схема и алгоритм использования комбинированного подхода на основе кодов Рида-Соломона и LDPC с применением стеганографического метода дискретного вейвлет-преобразования. Применение комбинирования и стеганографии повышают способность системы корректно передавать сообщения, которые не будут обнаружены.

**A.A. Khartanovich**

Belarusian State Technological University  
Minsk, Belarus

### **ALGORITHM OF COMBINED INFORMATION ENCODING IN STEGANOGRAPHIC SYSTEMS**

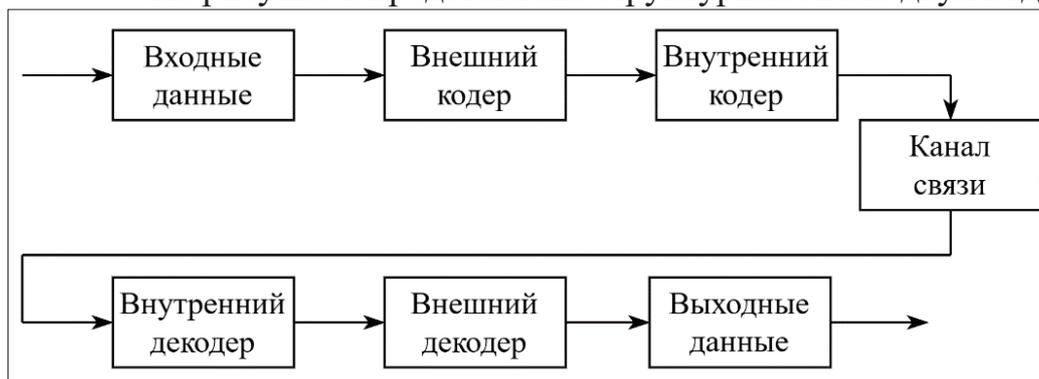
*Abstract. The scheme and algorithm of using a combined approach based on Reed-Solomon and LDPC codes with the application of the steganographic method of discrete wavelet transform are described. The use of combination and steganography increases the ability of the system to correctly transmit messages that will not be detected.*

Избыточные коды относятся к методам использования дополнительной информации с целью исправления ошибок при передаче и хранении [1]. Комбинированный подход основывается на использовании двух кодов, где преимущества обоих необходимы для повышения надежности передачи сообщения по зашумленным каналам, позволяющих эффективно исправляя разные типы ошибок [2]. Комбинирование предполагает, что существует внутренний и внешний код, которые кодируют и декодируют сообщение поочередно. Код Рида-Соломона (РС) [3] рассматривается в качестве внутреннего, так как сначала необходимо исправить групповые ошибки. В качестве внешнего используется LDPC для исправления оставшихся ошибок [4]. Такой подход обеспечивает достоверную передачу данных, минимизируя количество добавленных бит и время обработки.

Комбинированное кодирование состоит из трех основных этапов:

1. первым используется код LDPC для кодирования исходных данных, который добавляет избыточные биты, а затем РС, также добавляющий символы проверки;
2. передача сообщения по зашумленному каналу;
3. декодирование сначала работает с полученной информацией при помощи декодера РС, а затем уже декодера LDPC с целью получения корректных первоначальных данных.

На рисунке 1 представлена структурная схема двух кодов.



**Рис. 1. Структурная схема на основе комбинирования двух кодов**

Коды LDPC характеризуются разреженной матрицей проверки на четность, что приводит к упрощенному процессу кодирования и декодирования и эффективному исправлению ошибок. Коды Рида-Соломона качественно работают с пакетными ошибками, используя

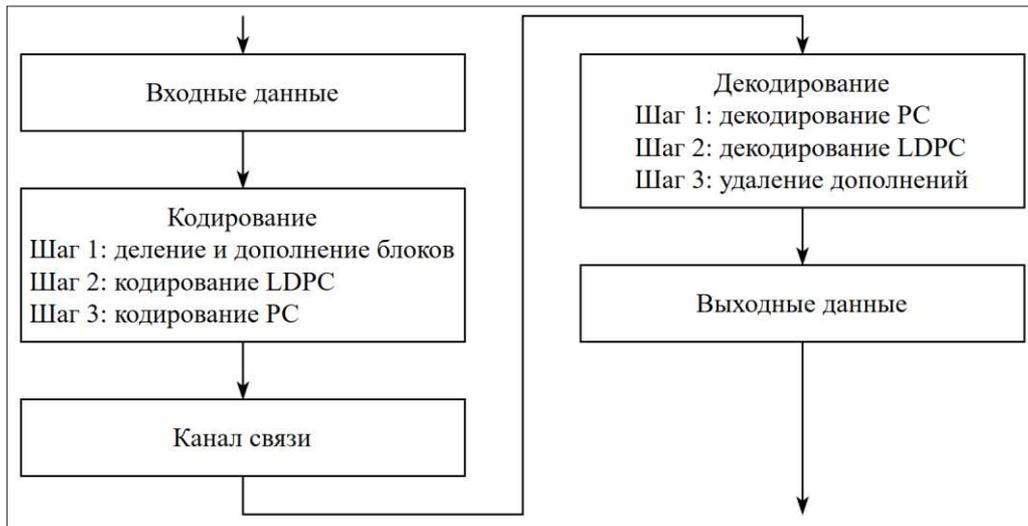
возможность исправления нескольких ошибок в блоке данных. Закодированные данные передаются через канал, где различные виды шума, а также условия канала влияют на то, как ошибки будут образовываться. При декодировании принятые данные подвергаются обратному порядку. В первую очередь декодер РС основывается на исправлении пакетных ошибок, подготавливая частично исправленное сообщение для кода LDPC. Во вторую очередь декодер LDPC исправляет остаточные ошибки за счет итеративного декодирования, восстанавливая при этом исходное сообщение.

Для более быстрой работы при кодировании и декодировании необходимо разбивать исходное сообщение на блоки, при этом следует учитывать то, с какими блоками данных лучше работают предлагаемые коды.

Коды LDPC работают с большими блоками, обрабатывая сообщение как единое целое (если сообщение меньше или равно размеру блока LDPC), или разбивая его на несколько блоков определенного размера (если сообщение превышает размер блока LDPC), где каждая часть обрабатывается независимо. Коды РС работают с меньшими блоками, чем LDPC. При этом сообщение делится на более мелкие подблоки на основе параметров кода РС. Каждый подблок обрабатывается как набор символов, а не битов.

Если длина сообщения не делится поровну на выбранный размер блока, то можно, либо дополнить сообщение нулями, либо использовать более короткие блоки для некоторых частей, при этом код должен поддерживать переменную длину сообщений.

На этапе декодирования необходимо начать с применения декодера РС к каждому полученному блоку для исправления ошибок на уровне символов. Далее необходимо провести данные через декодирование LDPC для исправления любых оставшихся ошибок на уровне блоков. На заключительном этапе удалить биты заполнения для последнего блока, добавленные во время кодирования, чтобы получить исходную длину и необходимое сообщение. Схема кодирования и декодирования сообщения с шагами представлена на рисунке 2.

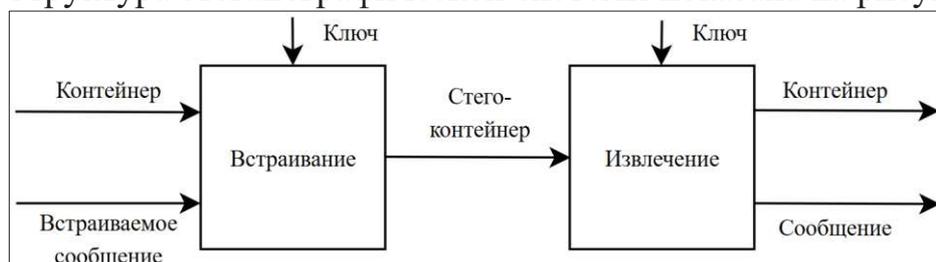


**Рис. 2. Структурная схема на основе комбинирования двух кодов с шагами**

Данная схема обеспечивает надежное исправление ошибок за счет использования кодов, позволяющих корректировать как пакетные, так и одиночные ошибки. Процесс дополнения сообщения недостающими битами и их последующее удаление гарантирует, что сообщение вернется к исходному размеру.

Для того, чтобы скрыть факт существования передаваемой информации (в том числе и закодированной), ее можно внедрить в контейнер-изображения с применением методов стеганографии [5]. Благодаря этому повышается безопасность данных, так как третье лицо не сможет обнаружить признаки наличия скрытой информации невооруженным глазом. Кроме того, стеганографические методы могут обеспечить надежность сокрытия даже при изменениях изображения, таких как поворот, масштабирование или кадрирование, а также при сжатии или передаче по каналу с потерями.

Структура стеганографической системы показана на рисунке 3.



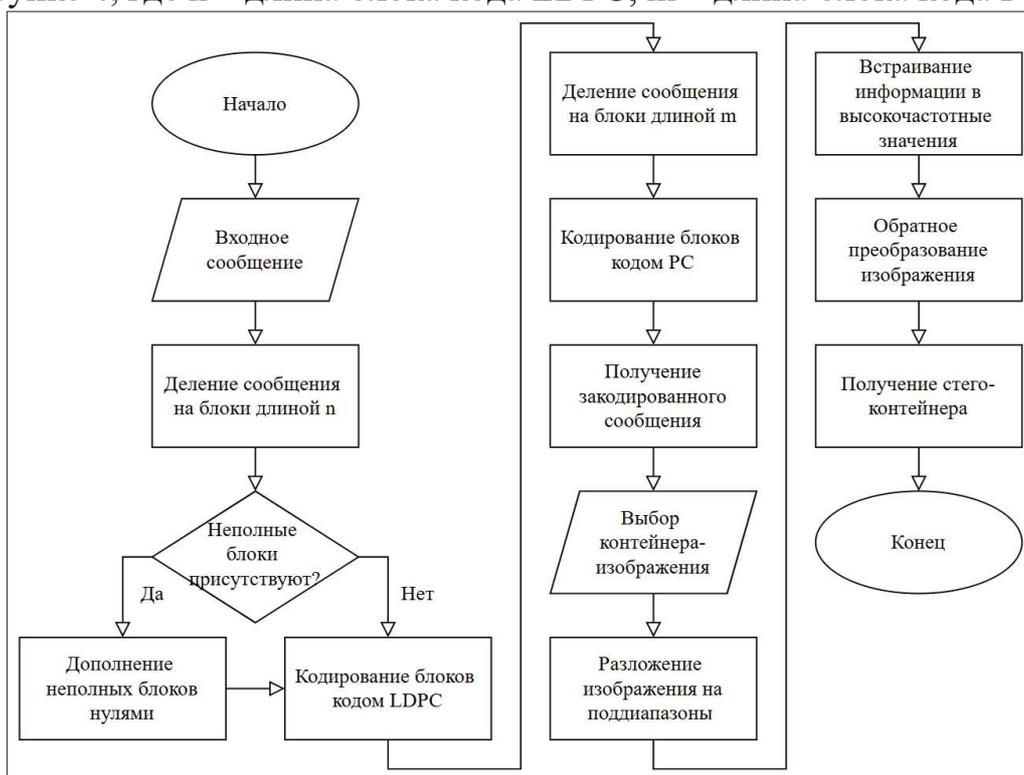
**Рис. 3. Структура стеганографической системы**

Дискретное вейвлет-преобразования (ДВП) – это метод анализа и преобразования сигналов изображения, использующий вейвлеты. Процесс ДВП включает разложение изображения на набор коэффициентов вейвлетов на поддиапазоны (LL, LH, HL, HH)

частотных значений, где высокочастотные поддиапазоны (LH, HL, HH) используются для встраивания сообщения.

Использование комбинированного подхода с методом ДВП обеспечивает надежное сокрытие данных, которое не будет заметно человеку и поддаваться стегоанализу, а также поможет корректно извлечь сообщение из контейнера даже при его модификации.

Упрощенная блок-схема алгоритма кодирования информации на основе комбинирования LDPC и PC с применением ДВП показана на рисунке 4, где  $n$  – длина блока кода LDPC,  $m$  – длина блока кода PC.



**Рис. 4. Алгоритм кодирования и внедрения сообщения**

Алгоритм декодирования основывается на обратном порядке действий, где на заключительном этапе необходимо удалить биты заполнения для последнего блока, добавленные во время кодирования, чтобы получить исходную длину и сообщение.

Данный подход кодирования и декодирования сообщения обеспечивает надежное исправление ошибок. Использование ДВП в качестве метода стеганографии способствует скрытому встраиванию сообщения за счет использования высокочастотных поддиапазонов, которое позволяет сохранить данные даже при модификации изображения.

## Список использованных источников

1. Урбанович П. П. Защита информации методами криптографии, стеганографии и обфускации. Минск: БГТУ, 2016. 220 с.
2. Хартанович А. А. Комбинирование каскадной модели и стеганографического метода для размещения информации в файлах изображений // Технические средства защиты информации: тезисы докладов XXII Белорусско-российской научно-технической конференции, Минск, 12 июня 2024 г. Минск, 2024. С. 94–95.
3. L. Yin [et al.]. Burst-error-correcting algorithm for Reed-Solomon codes and its performance over a bursty channel // IEEE 2002 International Conference on Communications, Circuits and Systems and West Sino Expositions. 2002. Vol. 1. P. 77–81.
4. Хартанович А. А. Сравнительный анализ современных избыточных кодов и их применение в стеганографии // Информационные технологии: материалы 88-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов, Минск, 29 января – 16 февраля 2024 г. Минск, 2024. С. 19–22.
5. Сейеди, С. А., Садыхов Р.Х. Сравнение методов стеганографии в изображениях// Информатика. 2013. № 1 (37). С. 66–75.

УДК 330.1; 331.1

**У.А. Харевич, А.О. Городникова**  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

## ИНДУСТРИЯ МОДЫ И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ

*Аннотация.* Индустрия моды является одним из самых динамичных и влиятельных секторов мировой экономики. Появление «быстрой моды» в корне изменило представление о любом рациональном производстве в этой сфере. Сегодня одной из главных целей становится достижение устойчивого развития с применением инноваций, в ходе которых значительно снизятся негативные последствия.