

ального вида. Затем каждый из этих циклов реализуется стандартным образом. Основным недостатком данного алгоритма является большое количество элементов в итоговой схеме.

В настоящее время разрабатывается новый алгоритм синтеза схем из обратимых двоичных элементов, основанный на теории групп. Его отличие от предыдущего заключается в том, что подстановка представляется в виде произведения транспозиций, а не циклов длины 3. Алгоритм основан на доказательстве генерации знакопеременной группы подстановками, соответствующими обратимым элементам, приведенным в работе [5].

Для подстановки (10, 30, 14, 22, 18) исходный алгоритм дает схему, состоящую из 56 обратимых элементов [6]. Новый же алгоритм дает схему, состоящую из 36 обратимых элементов. Направлением дальнейших исследований является оптимизация существующего алгоритма для уменьшения количества элементов в схеме. Для рассмотренного примера простейшие оптимизации позволяют сократить количество элементов до 34.

Предлагаемый алгоритм синтеза предполагается использовать впоследствии для исследования зависимости сложности схемы от цикловой формы реализуемой ею подстановки, которая зависит в том числе и от количества дополнительной памяти.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Landauer R. Minimal energy dissipation in logic // Landauer R., Keyes R.W. IBM J. Research and Development, March 1970. P. 152–157.
2. Nielsen M., Chuang I. Quantum computation and quantum information. Cambridge University Press, 2000.
3. Merkle R. C. Helical logic // Merkle R.C., Drexler K.E. Nanotechnology. 1996. № 7. P. 325–339.
4. Bennett C. H. Logical reversibility of computation // IBM Journal of Research and Development. November 1973. № 17. P. 525–532.
5. Закаблук Д. В. Исследование схем из обратимых логических элементов // Закаблук Д. В., Жуков А. Е. Информатика и системы управления в XXI веке: Сборник трудов № 9 молодых ученых, аспирантов и студентов. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2012. С. 148–157.
6. Yang G., Song X., Hung W., Xie F., Perkowski M. Group Theory Based Synthesis of Binary Reversible Circuits // The 3rd Annual Conference on Theory and Applications of Models of Computation, 2006. P. 365–374.

*В. Г. Иваненко, Я. И. Пивошенко*

## СПОСОБ ЗАЩИТЫ АВТОРСКОГО ПРАВА НА АУДИОСИГНАЛЫ, ОСНОВАННЫЙ НА ПАКЕТНОЙ ВЕЙВЛЕТ-ДЕКОМПОЗИЦИИ И ЧАСТОТНОМ МАСКИРОВАНИИ

Проблема защиты авторского права на представленную в электронном виде информацию включает в себя помимо проблемы права собственности и доказательства этого права проблему защиты от несанкционированного копирования. Среди технических средств защиты авторских прав на аудиоданные наиболее перспективными являются технологии применения цифровых водяных знаков (ЦВЗ) [1].

ЦВЗ — это малообъемная дополнительная информация, внедряемая в запись и содержащая идентифицирующую информацию о законном владельце для осуществления последующей возможности подтверждения авторского права. Международная федерация звукозаписывающей



индустрии IFR1 налагает ряд требований на методы внедрения ЦВЗ в аудиосигналах, среди которых в первую очередь следует отметить стойкость к сжатию типа MPEG-1 layer 3. MPEG-1 layer 3 (сокращенно MP3) представляет собой популярный формат сжатия данных, определенный в группе стандартов MPEG (Moving Picture Expert Group) [2]. MP3 использует алгоритм сжатия с потерями, предназначенный для существенного уменьшения размера данных, необходимых для воспроизведения, записи и обеспечения высокого качества воспроизведения звука. Например, при создании MP3 со средним битрейтом 128 кбит/с получается файл, размер которого примерно на 90 % меньше размера оригинального CD-Audio-файла. CD-Audio-формат имеет битрейт порядка 1400 кбит/с. MP3-файл может создаваться с высоким или низким битрейтом, который влияет на качество файла-результата.

Существует достаточно большое количество алгоритмов создания ЦВЗ для аудиосигналов, которые можно разделить на два класса: алгоритмы с внедрением ЦВЗ в частотной области и алгоритмы с внедрением ЦВЗ во временной области. Характер искажений, вносимых в аудиосигналы, проще определить во временной области, что привело к разработке частотных методов маркировки сигнала, использующих дискретное преобразование Фурье, субполосное кодирование и вейвлет-преобразование.

В данной работе рассматривается метод внедрения ЦВЗ в аудиосигналы при помощи пакетной вейвлет-декомпозиции и частотного маскирования [3], основанный на внедрении ЦВЗ манипуляцией тональных частотных компонентов, когда соседние частотные компоненты сигнала маскируются более сильным тоном. Известно, что есть предел частотной полосы, в которой сильный тональный компонент остается неслышимым. В результате ряда исследований была выявлена достаточная стабильность левого и правого частотных компонентов относительно сильного тона, что позволяет внедрить ЦВЗ манипуляцией разности между левым и правым соседними с тональными частотными компонентами.

Для анализа аудиосигнала можно использовать пакетную вейвлет-декомпозицию, которая позволяет более точно аппроксимировать разбиение частотного диапазона согласно критическим полосам слуха, что востребовано для алгоритмов разработки сжатия с потерями. Тестирование набора аудиосигналов, полученных из исходного последовательным сжатием с разными битрейтами — от максимального до минимально возможного для стандарта MP3, показало высокую стойкость данного метода к сжатию с потерями [3].

Следовательно, можно ожидать, что применение метода внедрения ЦВЗ в аудиосигналы на основе пакетной вейвлет-декомпозиции и частотного маскирования позволит более эффективно решать проблему защиты авторских прав.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Иваненко В. Г., Родченко С. В.* Встраивание цифровых водяных знаков в аудиосигналы // Безопасность информационных технологий. 2011. № 1. С. 94–95.
2. ISO/IEC JTC1/SC29/WG11. Coding of moving pictures and audio.
3. *Кошкина Н. В.* Внедрение ЦВЗ в аудиосигналы на основе пакетной вейвлет-декомпозиции и частотного маскирования // Штучный интеллект. 2010. № 4. С. 381–387.

