

МЕТОД КОРРЕКТИРОВКИ ИНТЕНСИВНОСТИ ВИДЕОПОТОКА В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ

ХАРЧЕНКО Н.А.

Разрабатывается метод управления битовой скоростью при обработке Р-кадров в видеопоследовательности. Предлагается проводить выбор значений порогов и факторов качества для составляющих Y_C, C_b таким образом, чтобы яркостная составляющая в итоге была сжата с лучшим качеством, чем цветоразностные.

Введение

Несмотря на появление носителей информации большой ёмкости, компрессия цифрового видео по-прежнему является важнейшей задачей. Одним из последних ведущих стандартов сжатия видеоданных является стандарт H.264 [1].

Стандарт H.264, он же ISO/IEC MPEG-4 Part 10 (Advanced Video Coding), был опубликован в 2003 году. С тех пор в него были внесены несколько поправок, касающихся передачи и хранения данных, а также новых методов сжатия.

Основная задача дальнейших научных исследований состоит в усовершенствовании реализованного видеокодера по стандарту H.264 (базовый профиль) путем внедрения алгоритмов контроля битовой скорости.

Алгоритмы контроля битовой скорости можно разделить на:

- 1) глобальные (выбор шага квантования для всех макроблоков кадра);
- 2) локальные (выбор наилучшего варианта прогноза для данного макроблока).

Глобальный алгоритм выбирает шаг квантования, основываясь на заполненности буфера и ПОСШ текущего кадра. Рекомендация H.264 не специфицирует и не предлагает алгоритма контроля скорости. Стандарт MPEG-4 Visual содержит возможный алгоритм контроля скорости в информационном приложении. Этот алгоритм, называемый схемой SRC (Scalable Rate Control, масштабируемый контроль скорости), подходит для единственного видеообъекта и для определенного диапазона битовых скоростей, а также для некоторых пространственных и временных разрешений. Алгоритм SRC стремится достигнуть требуемой скорости после определенного числа кадров. Шаг квантователя не меняется для кодируемого в данный момент кадра. Это дает равномерное визуальное представление текущего кадра, однако могут возникнуть проблемы при работе с буферами малого размера и, следовательно, с короткой задержкой.

Локальный алгоритм действует на уровне макроблока (блока пикселей 16×16), что подходит для приложений с короткими задержками, которым необходим «жесткий» контроль скорости. Алгоритм на уровне макроблоков основан на модели, которая вычисляет предполагаемое число бит, для кодирования макроблока. Такой метод контроля скорости эффективен для поддержки хорошего визуального качества при малом размере выходного буфера кодера и для удержания задержек кодирования на минимальном уровне.

Телекоммуникационная система имеет ограничения, связанные с величиной и пульсацией интенсивности входящей нагрузки, которую она способна обслужить. Интенсивность входящей нагрузки и ее пульсация формируются на стороне источника сообщения. Поэтому изменяя эти параметры, можно добиться уменьшения потерь данных за счет переполнения буферов обслуживающих узлов.

Отсюда цель исследований заключается в разработке метода корректировки интенсивности видеопотока, который обеспечит максимально возможное качество изображения для заданной пропускной способности канала связи и времени обработки одного кадра.

Основная часть

При обработке Р-кадров в технологии MPEG после процедуры адаптивного предсказания каждому блоку присваивается один из двух типов: I или P. Эта операция осуществляется с помощью специального параметра - порога ΔD , в соответствии с которым определяется уровень информативности каждого блока. В зависимости от присвоенного типа блока выбирается и метод дальнейшей его обработки. Это позволит в Р-блоках, где изменения были незначительными, производить меньшее количество математических операций, что даст возможность значительно снизить время их обработки. В то же время, когда обрабатывается I-блок с большими дифференцированными значениями, что соответствует динамическому изменению объекта в обрабатываемой области, для них будут выбраны параметры компрессии, обеспечивающие наилучшее качество.

Предлагаемый метод управления в процессе работы алгоритма компрессии основывается на вариации значений следующих параметров: цветовой субдискретизации, порогового значения ΔD , а также фактора качества QF.

Рассмотрим работу общего алгоритма управления при компрессии Р-кадров (рис. 1).

На начальном этапе управления задаются исходные параметры компрессии блоков: пороги $\Delta D(Y)_{in}$, $\Delta D(C_a)_{in}$ и факторы качества $QF(Y)_{in}$, $QF(C_a)_{in}$, после чего проводится оценка итоговой битовой

скорости $D(t)$ и среднеквадратической ошибки $\sigma(t)$ видеопотока обрабатываемого кадра.

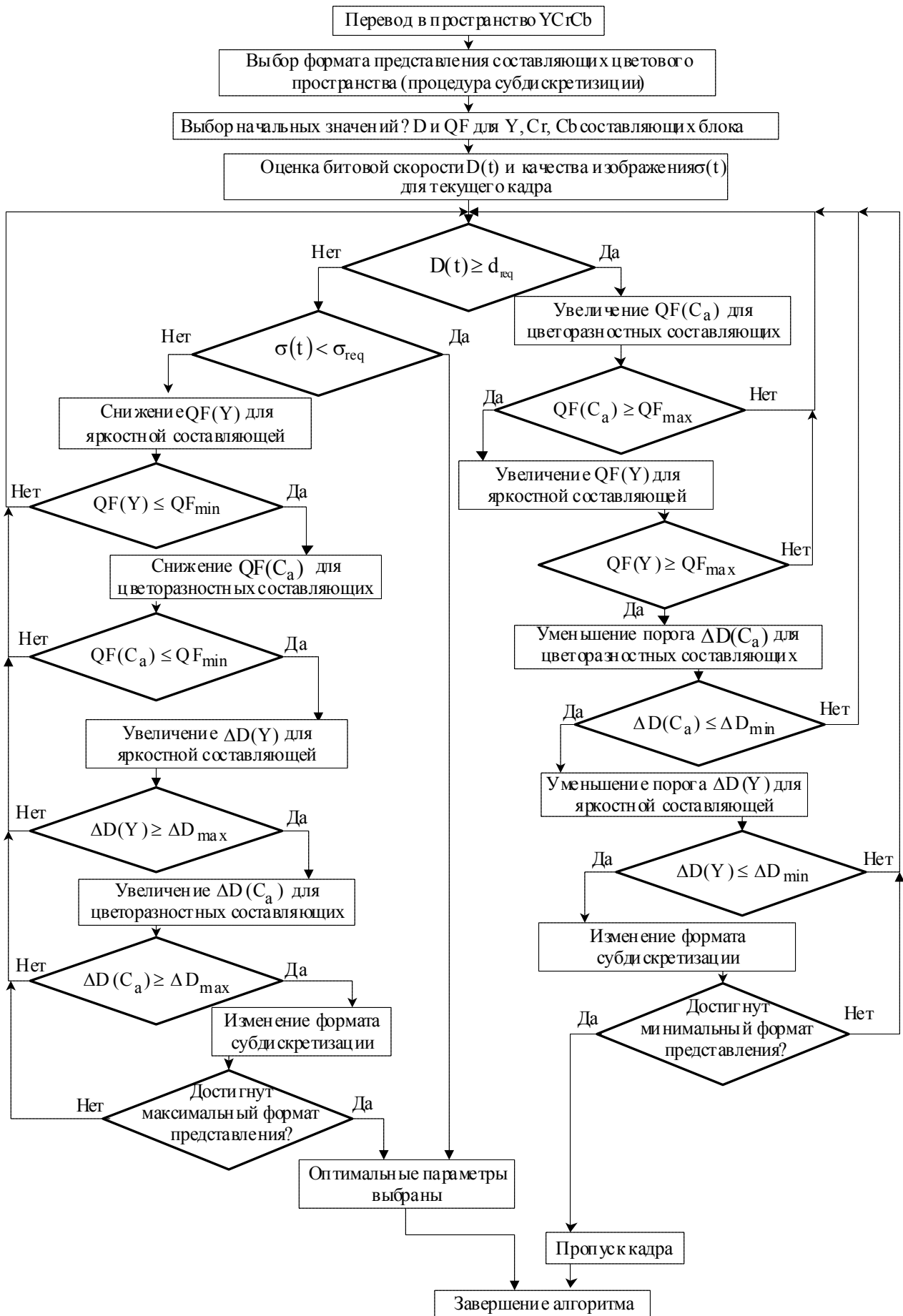


Рис. 1. Общий алгоритм стратегии управления битовой скоростью P-кадра

Так как яркостная составляющая при восстановлении изображения несет большую информационную нагрузку, чем цветоразностные составляющие C_r, C_b , то значение порога [3,4] при обработке блоков яркостной составляющей $\Delta D(Y)$ будем выбирать меньшим, чем при обработке цветоразностных составляющих $\Delta D(Y) < \Delta D(C_a)$, $\Delta D(C_r) = \Delta D(C_b) = \Delta D(C_a)$, где C_a - представляет компоненты одной из цветоразностных плоскостей: $C_a = C_r$ или $C_a = C_b$.

Аналогично, факторы качества для яркостной и цветоразностных составляющих также будут выбираться с разными величинами: $QF(Y) < QF(C_a)$.

Исходные параметры выбираются из соображений достижения наилучшего качества изображения, однако они задаются в пределах:

$$\Delta D_{\min} \leq \Delta D(Y)_{in}, \Delta D(C_a)_{in} \leq \Delta D_{\max};$$

$$QF_{\min} \leq QF(Y)_{in}, QF(C_a)_{in} \leq QF_{\max}.$$

Если среднеквадратическая ошибка $\sigma(t)$ будет превышать требуемое значение $\sigma(t) \geq \sigma_{req}$, т.е. качество восстановленного изображения меньше заданного, то нужно снизить значение фактора качества яркостной составляющей $QF(Y)$ (рис. 2).

После этого оценивается итоговая битовая скорость $D(t)$ и среднеквадратическая ошибка $\sigma(t)$ видеопотока [5]. Далее, при необходимости, $QF(Y)$ снова снижается, пока не будет достигнуто минимальное значение QF_{\min} . Если $QF(Y) = QF_{\min}$, а условие по

качеству изображения еще не достигнуто $\sigma(t) \geq \sigma_{req}$, то принимается решение об изменении следующего параметра – $QF(C_a)_{in}$ для цветоразностных составляющих. Процедура снижения $QF(C_a)_{in}$ повторяется аналогично.

Если параметры факторов качества достигли минимальных значений $QF(Y) = QF_{\min}$ и $QF(C_a) = QF_{\min}$, а среднеквадратическая ошибка $\sigma(t)$ по-прежнему превышает требуемое значение $\sigma(t) \geq \sigma_{req}$, происходит увеличение порога сначала для яркостной $\Delta D(Y)_{in}$, а затем и для цветоразностных составляющих $\Delta D(C_a)_{in}$. Это приводит к увеличению блоков I-типа в кадре, что в свою очередь позволит повысить качество сжатого P-кадра (см. рис. 2). При каждом изменении порогов также оценивается итоговая битовая скорость $D(t)$ и среднеквадратическая ошибка $\sigma(t)$.

Значения порогов $\Delta D(Y)$ и $\Delta D(C_a)$ могут увеличиваться только до заданного максимума: $\Delta D(Y) \leq \Delta D_{\max}$, $\Delta D(C_a) \leq \Delta D_{\max}$.

Подбор проводится до тех пор, пока заданное качество изображения при требуемом значении битовой скорости не будет достигнуто: $\sigma(t) < \sigma_{req}$.

Если перебор возможных вариантов параметров сжатия не позволил достигнуть заданного качества: $\sigma(t) \geq \sigma_{req}$, в соответствии с разрабатываемым методом управления принимается решение об изменении

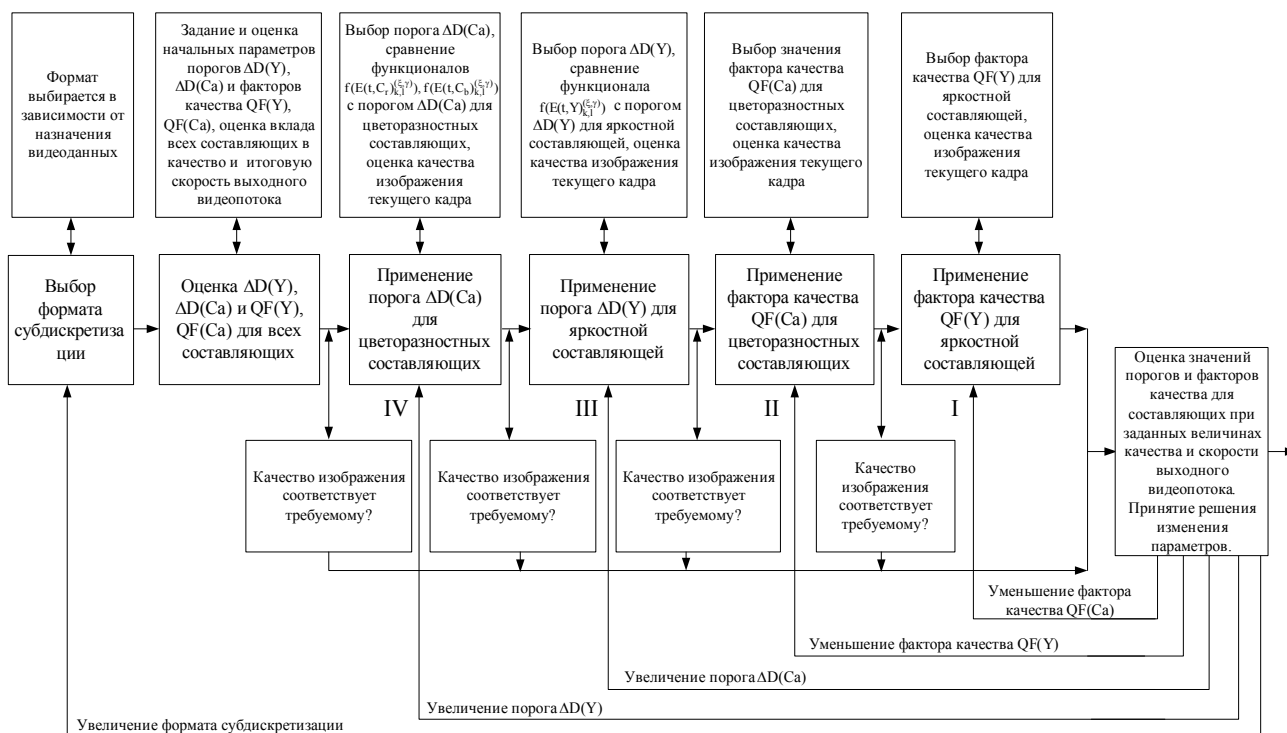


Рис. 2. Структурно-функциональная схема метода управления битовой скоростью сжатого видеопотока в условиях принятых ограничений на качество визуального восприятия изображения

формата цветовой субдискретизации (например из формата 4:2:2 в 4:4:4).

Такой подход позволит значительно улучшить качество восстанавливаемого изображения за счет передачи полной информации из всех плоскостей цветовой модели $YCbCr$, однако это может привести к резкому увеличению итоговой битовой скорости сжимаемого кадра.

Рассмотрим случай, когда итоговая битовая скорость $D(t)$ превышает требуемую: $D(t) \geq d_{req}$.

Здесь механизм управления характеристиками интенсивности видеопотока задействуется в следующем порядке (рис. 3):

1. Увеличение $QF(C_a)$ для цветоразностных составляющих.
2. Увеличение $QF(Y)$ для яркостной составляющей.
3. Уменьшение $\Delta D(C_a)$ для цветоразностных составляющих.
4. Уменьшение $\Delta D(Y)$ для яркостной составляющей.

Значения факторов качества $QF(Y)$, $QF(C_a)$ и порогов $\Delta D(Y)$, $\Delta D(C_a)$ могут увеличиваться или уменьшаться только до заданных значений:

$$QF(Y) \leq QF_{max}, QF(C_a) \leq QF_{max}; \Delta D(Y) \geq \Delta D_{min}, \Delta D(C_a) \geq \Delta D_{min}.$$

В случае, если перебор возможных вариантов параметров сжатия не позволил снизить битовую скорость

до требуемого значения: $D(t) \geq d_{req}$, в соответствии с методом управления принимается решение об изменении формата цветовой субдискретизации (например из формата 4:2:2 в 4:1:1), что позволит значительно снизить объем данных, приходящийся на цветоразностные составляющие.

Оценка итоговой битовой скорости $D(t)$ проводится после изменения каждого параметра, до тех пор пока $D(t)$ не станет меньше требуемого значения $D(t) < d_{req}$. Если после всех изменений не удалось достичь заданной скорости в течение времени обработки, которое было отведено на сжатие одного кадра, может быть принято решение о пропуске текущего P-кадра.

Выводы

Разработан общий метод управления битовой скоростью, позволяющий производить корректировку интенсивности видеопотока в соответствии с параметрами телекоммуникационной сети. Разработанный метод учитывает следующие механизмы:

1) применяется дифференциальная обработка блоков, выбираемая по заданному пределу, который показывает меру информативности текущего блока; ее алгоритм описан в работах [4,5];

2) в процессе работы алгоритма компрессии производится изменение следующих параметров: цветовой субдискретизации, порога информативности, а также фактора качества. Механизм комбинирования выбранных параметров составлен таким образом, чтобы решение об оптимальности было принято с мини-

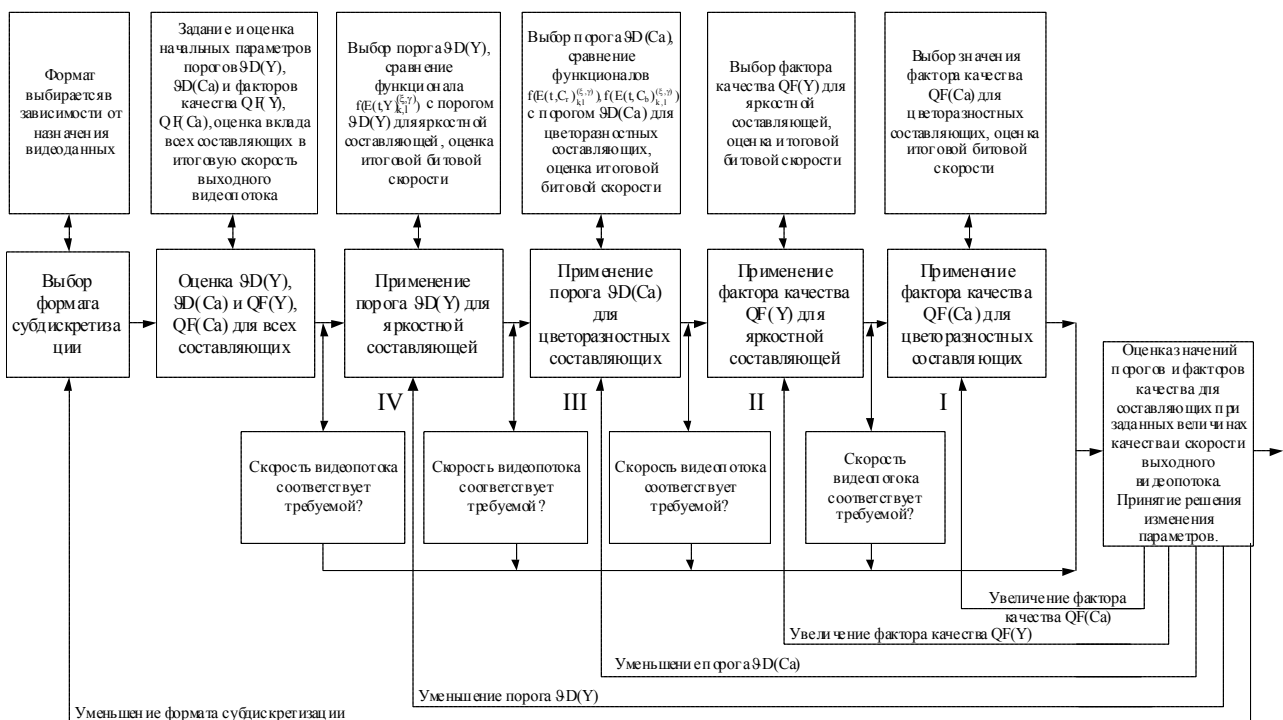


Рис. 3. Структурно-функциональная схема метода управления битовой скоростью в условиях принятых ограничений на максимальную скорость сжатого видеопотока

мальными временными задержками. Это позволяет быстро адаптироваться к пропускной способности канала связи и выбирать качество передаваемого изображения;

3) для обработки яркостной и цветоразностных составляющих кадра в соответствии с разрабатываемым методом значения порога и фактора качества будут выбираться меньшими для яркостной составляющей в сравнении с цветоразностными. Это приводит к тому, что яркостная составляющая кадра сжимается с лучшим качеством, чем цветоразностные.

В зависимости от выполнения условий по требуемой скорости или заданного качества будут изменяться параметры факторов качества и порогов таким образом, чтобы выбрать оптимальные значения для компрессии в максимально короткий временной промежуток. Это позволит использовать разработанный метод в режиме реального времени.

Таким образом, реализована возможность контроля и корректировки значений среднеквадратической ошибки и битовой скорости в процессе обработки Р-кадра.

Литература: 1. *Ричардсон Ян*. Видеокодирование. H.264 и MPEG-4 - стандарты нового поколения. М.: Техносфера, 2005. 368 с. 2. *Сэломон Д.* Сжатие данных, изображений и звука / Д. Сэломон. М.: Техносфера, 2004. 368с. 3. *Баранник В.В.* Методологическая база управления битовой скоростью при формировании предсказанных кадров / В.В. - Баранник, Н.А. Харченко, А.Э. Бекиров // Радиоэлектроника и информатика. 2013. №1. С. 25-30. 4. *Баранник В.В.* Метод оценки битовой скорости в процессе кодирования макроблока для видеоинформационного потока в телекоммуникационной сети / В.В. Баранник, Н.А. Харченко, К.Н. Юрченко, В.В. Твердохлеб // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. 2014. №4. С.52-59. 5. *Баранник В.В.* Метод контроля битовой скорости при компрессии предсказанных кадров в видеопоследовательности / В.В. Баранник, Д.Э. Двухглазов, Н.А. Харченко // СОИ. №5. 2014. С. 40-45.

Поступила в редколлегию 22.11.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Безрук В.М.

Харченко Наталия Андреевна, инженер 2-й категории ХНУРЭ. Научные интересы: обработка и сжатие видеоданных. Адрес: Украина, 61166, Харьков пр. Ленина 14, тел. (057) 702-14-29.