



Электронное научное издание  
«Ученые заметки ТОГУ»  
2013, Том 4, № 4, С. 811 – 818

Свидетельство  
Эл № ФС 77-39676 от 05.05.2010  
<http://ejournal.khstu.ru/>  
[ejournal@khstu.ru](mailto:ejournal@khstu.ru)

УДК 004.627

© 2013 г. **А. В. Бевецкий,**  
**А. В. Левенец**

(Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск)

## **АЛГОРИТМ БЛОЧНОГО СЖАТИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ДАННЫХ**

В статье предлагается новый алгоритм сжатия данных телемеханики, более полно учитывающий статистические корреляции в блоках данных с фиксированной структурой. Предложенный алгоритм обеспечивает высокий коэффициент сжатия, приемлемые вычислительные затраты и возможность работы в реальном масштабе времени.

**Ключевые слова:** алгоритм блочного сжатия, измерительные данные .

## **A.V. Bevetskiy, A.V. Levenets** **ALGORITHM OF BLOCK COMPRESSION OF THE MEASURING DATA**

This article suggests a new data compression algorithm telemechanics, more fully takes into account statistical correlations in the data blocks with a fixed structure. The proposed algorithm provides a high compression ratio, the reasonable cost of computing and the ability to work in real time.

**Keywords:** algorithm of block compression, measuring data.

## Введение

Сжатие данных является актуальной проблемой для самых различных областей техники. Так, например, перед системами диспетчерского управления энергетическими системами стоит задача сбора и обработки телемеханических данных с различных объектов, которая осложняется значительными расстояниями до объектов и низкоскоростными существующими каналами связи. Тем не менее, использование даже достаточно простых алгоритмов сжатия позволяет существенно поднять эффективную пропускную способность каналов связи при незначительных дополнительных материальных затратах [1].

Следует отметить и тот факт, что существует тенденция постоянного роста объемов передаваемой информации, даже с учетом все большего распространения систем предварительной обработки данных. Для повышения коэффициента сжатия можно использовать более мощные современные алгоритмы сжатия, но при этом следует учитывать их особенности. Так, словарные методы сжатия имеют большие значения коэффициентов сжатия, но не способны работать в реальном масштабе времени, что является недопустимым ограничением для ряда задач. Широко известный арифметический метод также обеспечивает хорошее сжатие, но требует значительных вычислительных затрат, что повышает стоимость систем сжатия. Другие методы также имеют свои ограничения.

Таким образом, задача поиска эффективных алгоритмов сжатия стоит достаточно остро, при этом следует использовать новые, нетрадиционные подходы к сжатию данных.

### Постановка задачи

В настоящее время существующие алгоритмы сжатия, работающие в реальном режиме времени, представляют сжимаемые данные в виде последовательности элементов информации (бит, байт, и т.д.), с последующим поиском корреляционных связей между соседними элементами [2]. Наиболее часто используется разностный метод, когда вычисляется разность между соседними элементами, которая далее кодируется, например, кодами переменной длины. Пример такого алгоритма и исследование его эффективности для задачи сжатия телемеханических данных приведен в [3]. Следует отметить, что реализованный в [3] алгоритм обеспечивает средний коэффициент сжатия телемеханических данных около 4-х и работает в режиме реального времени.

Для задачи сжатия телемеханических данных следует учесть, что такие данные передаются кадрами фиксированного размера и неизменной структуры. Таким образом, во-первых, разностный метод можно применить не к отдельным элементам кадра, а к самому кадру, а во-вторых, создаются предпосылки для учета неявных корреляционных зависимостей между элементами кадра данных, формально не связанными между собой информационно.

Применение разностного метода к кадру данных в предельном случае отсутствия различия между соседними кадрами приводит к предельному значению коэффициента сжатия, тем большему, чем больше объем информации в одном кадре и меньше объем служебной информации в сжатых данных. Однако, такие предельные случаи довольно редки, поэтому наибольший интерес представляет задача разложения исходного кадра данных в двумерную структуру и выделение в ней областей (блоков), максимально коррелирующих во времени. Применение разностного метода с кодированием переменной длины (РМКПД) для этих блоков, потенциально дает более высокий результат сжатия, чем традиционный (линейный) метод. Так, в предельном случае полностью идентичных блоков в соседних кадрах, в канал связи (или на следующий этап сжатия) будут переданы всего несколько бит (признак неизменности блока данных и его относительный

адрес в кадре). Очевидно, что для обеспечения простоты реализации структуры кадра и выделенных областей следует выбирать прямоугольными.

Блочный алгоритм сжатия телемеханических данных

Учитывая описанные выше особенности телеметрических данных, можно предложить следующий алгоритм сжатия. Исходный кадр данных представляется в виде двумерной структуры, которая в свою очередь разбивается на прямоугольные блоки, достаточно слабо изменяющиеся во времени. Далее происходит поблочное сжатие, например, с использованием метода РМКПД.

Для предложенного алгоритма следует выделить две основные операции: выбор размеров двумерного представления кадра (ДПК) и разбиение полученного ДПК на прямоугольные блоки с максимальной корреляцией (БМК). В зависимости от способа выбора параметров БМК, алгоритм можно разделить на два вида:

- статическое блочное сжатие (СБС);
- адаптивное блочное сжатие (АБС).

Первый вид подразумевает неизменность некоторых параметров, например, неизменность размера ДПК и параметров БМК на протяжении всего времени работы системы.

В адаптивном алгоритме сжатия размеры ДПК и БМК могут меняться для каждого кадра. После перебора всех возможных размеров блоков, находится оптимальные параметры, при которых алгоритм обеспечивает наибольший коэффициент сжатия. Для повышения быстродействия алгоритма диапазон перебираемых размеров блоков следует ограничивать.

Определение размеров БМК в простейшем случае осуществляется путем перебора их возможных значений. Оценка корреляции блоков происходит путем вычисления разности между соседними во времени блоками с выбором минимального значения. Оценка происходит за некоторый промежуток времени.

Здесь необходимо отметить, что предлагаемый алгоритм может применяться совместно с каким-либо алгоритмом линейного сжатия, обеспечивающим сжатие данных до выхода алгоритма блочного сжатия (БС) на эффективный режим работы.

Предлагаемый алгоритм можно считать вариантом фрактального сжатия, обычно используемого для сжатия изображений. Однако, в отличие от БС, фрактальные алгоритмы сжатия оперируют с блоками произвольной конфигурации, которые, кроме того, подвергаются аффинным преобразованиям (масштабирование, поворот, отражение). В полном виде фрактальные алгоритмы целесообразно и эффективно применять только для анализа больших объёмов данных или в том случае, когда время обработки данных не ограничено. Так как для задач телемеханики характерны относительно небольшие объёмы кадров и существенным является время обработки, применение фрактальных методов сжатия для таких задач нецелесообразно.

Алгоритм статического блочного сжатия

Данный алгоритм может быть использован только в случае стационарных данных, а также для тестирования и подбора параметров алгоритма адаптивного блочного сжатия. Это объясняется тем, что все коэффициенты устанавливаются вручную в начале работы алгоритма и не адаптируются к изменению тренда элементов кадра. Следует отметить, что алгоритм не требователен к вычислительным ресурсам.

Параметрами алгоритма являются: ширина ДПК  $W$ , ширина  $bW$  и высота  $bH$  БМК. В дальнейшей конфигурации, показавшие наилучшие коэффициенты сжатия можно использовать в адаптивном алгоритме как базовые.

Проведенные исследования показали, что оптимальной шириной ДПК является значение из интервала [16; 30]. При значении ширины ДПК, равной единице, алгоритм вырождается в разностное сжатие.

Алгоритм тестировался на реальных данных, полученных системой ОИК ОДУ «Востока». Перед тестированием из данных отфильтровывались кадры с принятыми ошибками и нулевые кадры.

Пример поведения коэффициента сжатия во времени для реальных данных телемеханики и при фиксированных параметрах приведен на рис. 1. Значительные всплески на рисунке соответствуют тем случаям, когда соседние кадры не изменяются. Среднее значение коэффициента сжатия лежит в диапазоне 7,5 ... 8,0, что примерно в 2,5 раза выше, чем для алгоритма, описанного в [3].

Таким образом, предлагаемый алгоритм даже в простом варианте, не реализующим оптимизацию параметров, является более эффективным, чем алгоритмы, использующие классическую технологию сжатия.

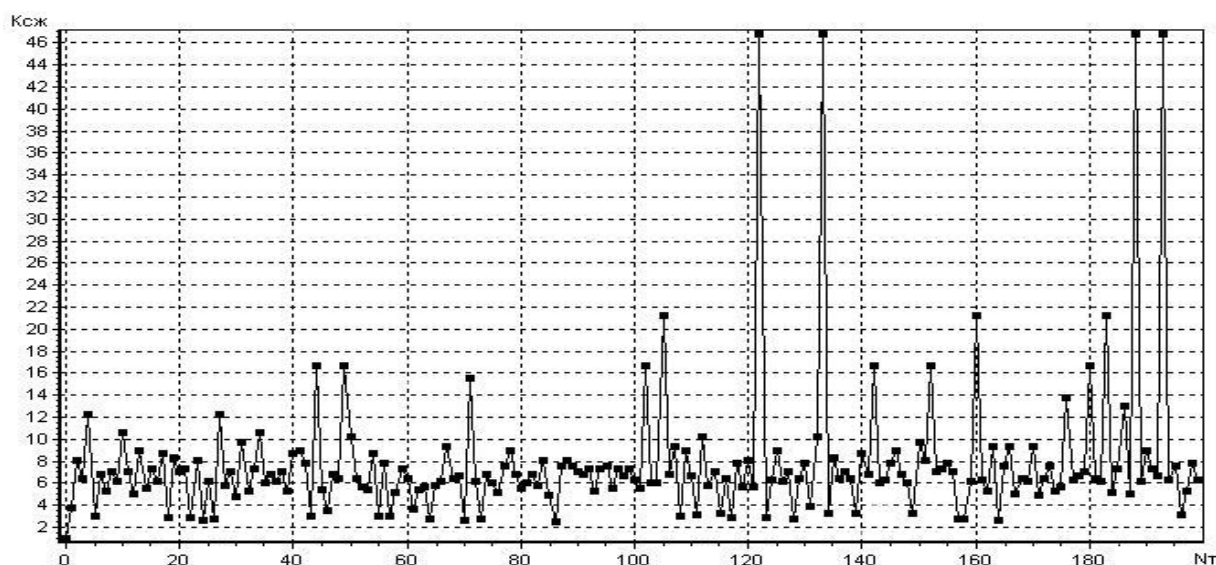


Рис. 1. Поведение коэффициента сжатия при статическом блочном сжатии с параметрами  $W=16$ ,  $bW=4$ ,  $bH=5$ .

### Алгоритм адаптивного блочного сжатия

Метод АБС может применяться как самостоятельно, так и в составе полностью адаптивного компрессора. Его особенность и преимущество состоит в подборе параметров блоков БМК для каждого кадра. Таким образом, в большей степени учитываются зависимости между соседними кадрами.

На рис. 2 и 3 показаны гистограммы значений коэффициента сжатия алгоритма АБС при различных значениях ширины кадра. Не представленный на рисунках наибольший коэффициент сжатия ( $K_{сж} = 58$ ) связан со случаем полного совпадения соседних кадров и не является типичным. Следует отметить наличие двух максимумов значений коэффициента сжатия. Это можно объяснить наличием в сжимаемых данных нестационарных участков, соответствующих переходу энергетического объекта из одного режима в другой, например, в часы пиковых нагрузок. Тем не менее, в случае стационарного сигнала, среднее значение коэффициента сжатия составляет  $\approx 9,5$ .

К недостаткам данного алгоритма можно отнести тот факт, что он не учитывает зависимости более чем двух соседних кадров. Это ограничение особенно заметно на участках данных с монотонным возрастанием и убыванием показаний.

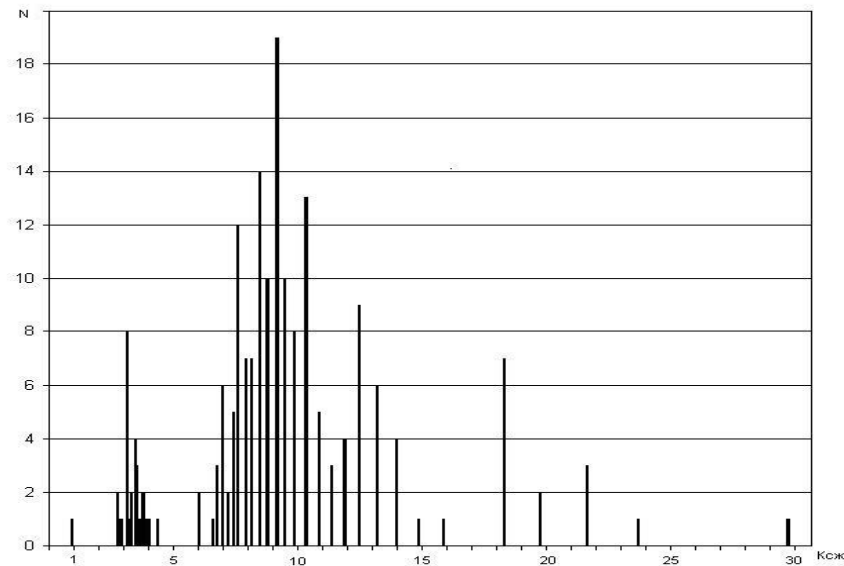


Рис.2. Гистограмма распределения значений коэффициента сжатия для адаптивного блочного сжатия при ширине кадра 16 байт.

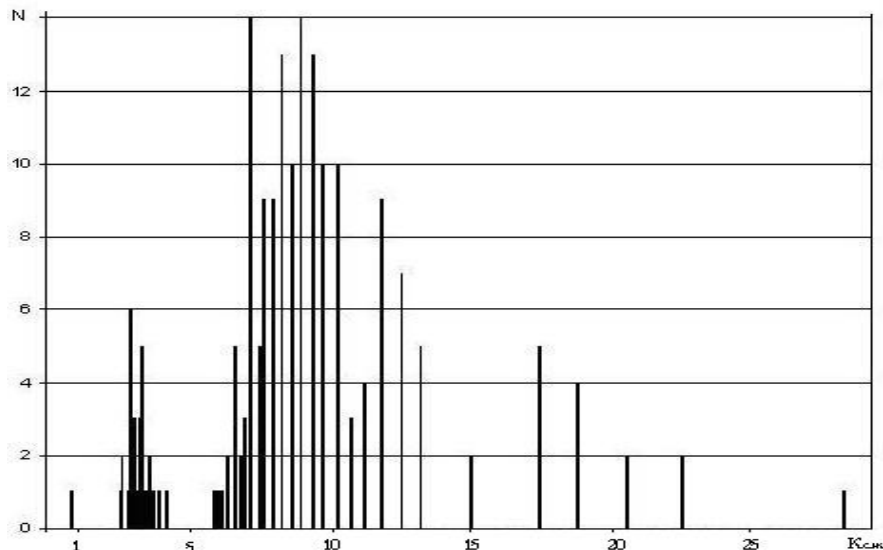


Рис. 3. Гистограмма коэффициента сжатия для адаптивного блочного сжатия при ширине кадра 48 байт.

### Адаптивное блочное сжатие с таблицей подстановок

Для улучшения показателей алгоритма АБС было предложено усилить его элементами предикативного кодирования. Суть алгоритма сводится к следующему. Алгоритм блочного разностного кодирования подготавливает данные, которые затем сжимаются алгоритмом с таблицей подстановок.

Результаты исследования алгоритма представлены на рис. 4 и 5, где представлены гистограмма коэффициентов сжатия и пример поведения коэффициента сжатия во времени соответственно.

В результате исследований функционирования алгоритма выявилось незначительное ухудшение значения среднего значения коэффициента сжатия по сравнению с базового алгоритма АБС. Этот факт объясняется характером входных данных, причем при появлении большего числа одинаковых участков в одном кадре можно прогнозировать увеличение эффективности алгоритма.

Кроме характера сжимаемых данных, важную роль в повышении эффективности алгоритма играет размер кадра. Естественно предположить, что использование большой таблицы подстановок неэффективно на небольших размерах кадра. Кроме того, объемы блоков должны быть много больше объема служебной информации (индекса ячейки в таблице подстановок). Это сложно обеспечить для телеметрических данных, у которых характерный размер кадров обычно не превышает одного килобайта.

Однако следует отметить более четко выраженное группирование значений коэффициентов сжатия около средних значений, в отличие от базового алгоритма.

#### Блочное сжатие с адаптацией по алгоритму

Для данного способа сжатия характерен выбор наиболее эффективного алгоритма сжатия для текущего набора данных. При исследованиях было введено следующее допущение. Каждый отдельный кадр сжимается только одним алгоритмом для снижения доли служебной информации в сжатых данных.

В выходной поток сжатых данных записывается следующая служебная информация:

- номер алгоритма в списке возможных алгоритмов;
- параметры алгоритма (ширина кадра, ширина и высота блоков БМК).

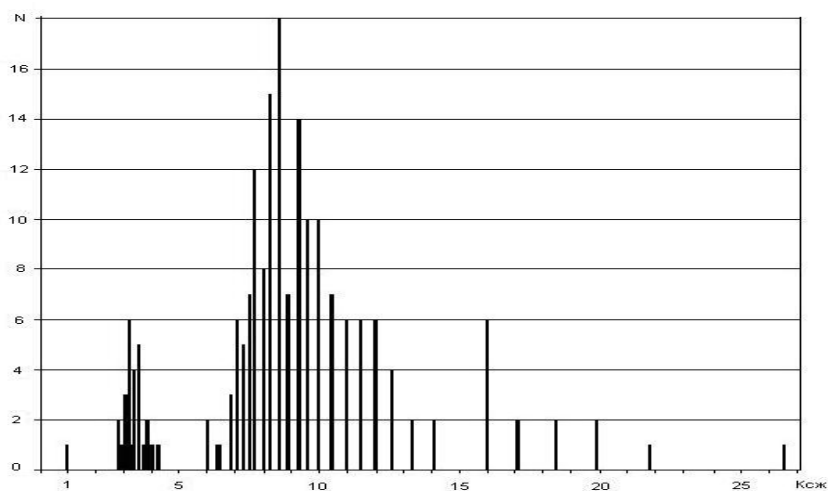


Рис. 4. Гистограмма коэффициента сжатия для адаптивного блочного сжатия с таблицей подстановок

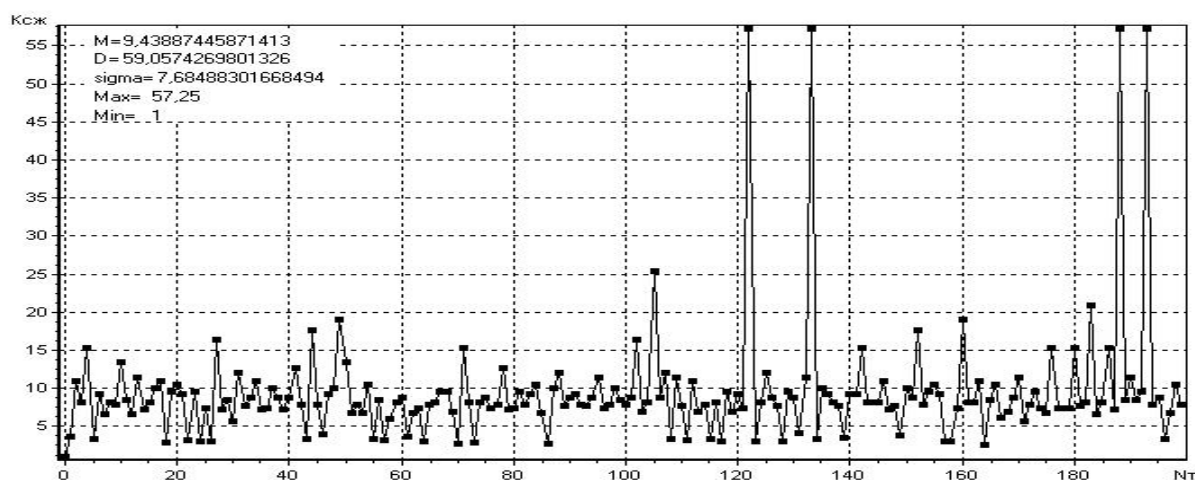


Рис. 5. Пример поведения коэффициента сжатия для адаптивного блочного сжатия с таблицей подстановок

В рассматриваемом алгоритме использовались следующие способы сжатия:

1. сжатие алгоритмом РМКПД;
2. блочное адаптивное сжатие;
3. блочное адаптивное сжатие с таблицей подстановок.

Следует отметить, что из-за включения в выходной пакет дополнительной служебной информации об используемом алгоритме сжатия, следует ожидать некоторое снижение максимального значения коэффициента сжатия (по сравнению с работой отдельных алгоритмов).

На рис. 6 и 7 приведены результаты исследования алгоритма на реальных телемеханических данных. Следует отметить, что первый алгоритм (РМКПД) практически не использовался, а вы явилось преобладание второго алгоритма.

По результатам исследования можно отметить увеличение среднего значения коэффициента сжатия и незначительное снижение его максимального значения.

### Выводы

Проведенные исследования показали, что предлагаемый алгоритм даже в своей простейшей реализации показывает лучшие результаты, чем алгоритм реального времени, построенный по классической схеме. Причем этот результат характерен для реальных телемеханических данных. Так, если классический алгоритм обеспечивает коэффициент сжатия  $\approx 4$ , то алгоритм СБС дает среднее значение коэффициента сжатия уже  $\approx 8$ , а его вариант АБС поднимает это значение до  $\approx 9 \dots 9,5$ .

Применение же более сложных алгоритмов, в том числе алгоритмов с адаптацией по алгоритму позволяет дополнительно улучшить характеристики алгоритма, подняв среднее значение коэффициента сжатия до  $\approx 10$ .

Следует также учесть, что алгоритм потенциально позволяет работать в режиме реального времени, обладая достаточно низкими вычислительными затратами. Таким образом, предложенный подход к построению алгоритмов сжатия обеспечивает потребности систем телемеханики и потенциально может быть использован в тех областях науки и техники, где сочетаются требования работы в реальном масштабе времени и передачи больших объемов информации по каналам с ограниченной пропускной способностью.

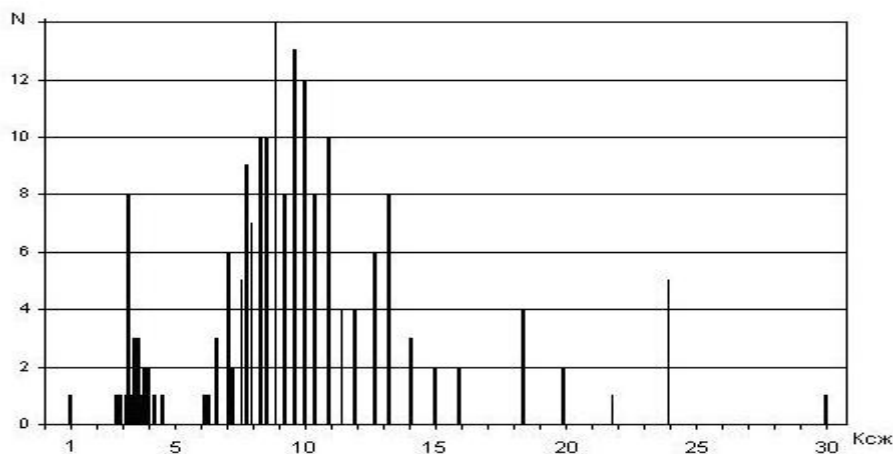


Рис. 6. Гистограмма коэффициента сжатия для блочного сжатия с адаптацией по алгоритму

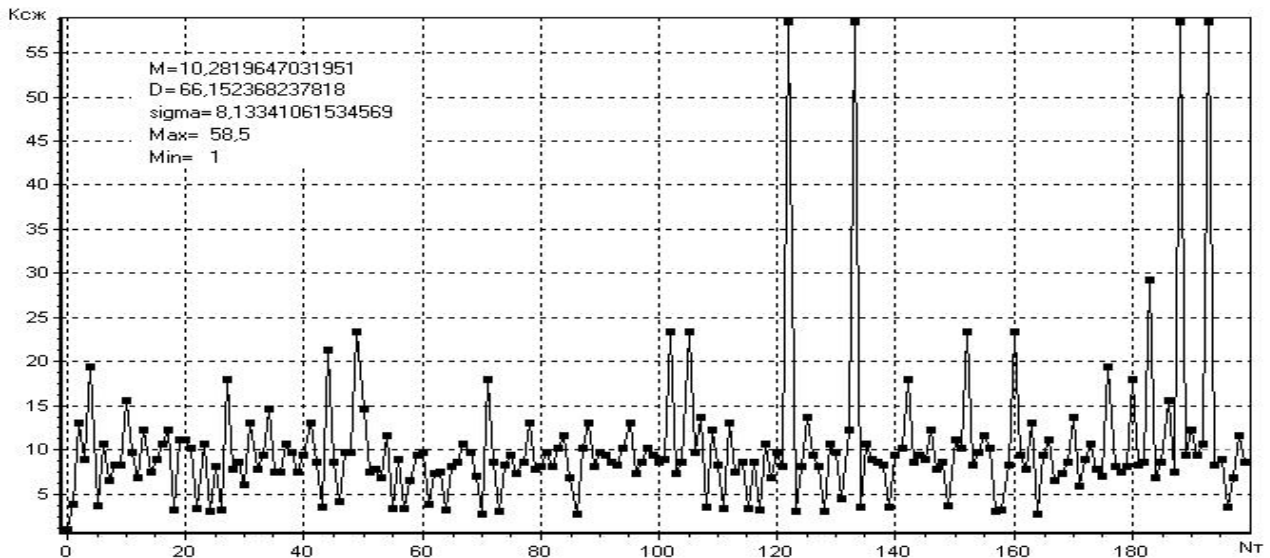


Рис. 7. Поведение коэффициента сжатия для блочного сжатия с адаптацией по алгоритму

### Список литературы

- [1] Экспериментальная система совместной передачи данных телемеханики и АСКУЭ / А. Н. Федотов, С. Р. Симаков, А. В. Левенец // Энергетик, 2002, №9
- [2] Ватолин Д., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео. – М.: ДИАЛОГ–МИФИ, 2002.
- [3] Алгоритмы сжатия данных АСКУЭ и телемеханики для системы совместной передачи данных / С. В. Головизин, А. В. Левенец, С. Р. Симаков / Энергетика: управление, качество и эффективность использования энергоресурсов: Сб. трудов третьей Всероссийской НТК с международным участием. Т.1. Благовещенск: Изд-во института систем энергетики им. Л.А.Мелентьева СО РАН, 2003.

*E-mail: fkon@ais.khstu.ru*