

Проблемы искусственного интеллекта. 2026. N 2 (41). С.173-185

Problems of Artificial Intelligence. 2026;2(41):173-185.

Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами

Научная статья

УДК 65.011.56:681.5.08

DOI 10.24412/2413-7383-2026-2-41-173-185

И. А. Третьяков, В. Ю. Подлесный, Е. В. Колесник, В. В. Данилов

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования «Донецкий государственный университет», г. Донецк

28301, Донецкая Народная Республика, г. Донецк, ул. Университетская, 24

ГРУППИРОВАНИЕ ПОТОКОВ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕНИЙ В АСУ И АСНИ

I. A. Tretiakov, V. Iu. Podlesnyi, E. V. Kolesnik, V. V. Danilov

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Donetsk State University"

283001, Donetsk People's Republic, Donetsk, st. Universitetskaia str., 24

GROUPING MEASUREMENT MESSAGE FLOWS IN ACS AND ASRS

В настоящей работе продолжены исследования основ информационно-измерительных технологий в автоматизированных системах управления и автоматизированных системах научных исследований. В частности, рассмотрены особенности группирования потоков измерительных сообщений, проведено аналитическое сравнение двух методов группирования потоков сообщений в информационно-измерительных системах – циклическая коммутация с конечным буферным запоминающим устройством и адаптивная коммутация.

Ключевые слова: АСУ, АСНИ, ИИС, измерительные сообщения, буферное запоминающее устройство, адаптивная коммутация, система массового обслуживания, вероятность потерь.

In this paper, we continue to study the fundamentals of information and measurement technologies in automated control systems and automated research systems. In particular, the features of grouping measurement message streams are considered, and an analytical comparison of two methods of grouping message streams in information and measurement systems is carried out - cyclic switching with a terminal buffer storage device and adaptive switching.

Key words: ACS, ASRS, IMS, measurement messages, buffer storage device, adaptive switching, queuing system, probability of losses.

Введение

В условиях стремительного развития информационных технологий и постоянного расширения сферы применения автоматизированных систем управления (АСУ) и автоматизированных систем научных исследований (АСНИ) особую актуальность приобретает задача эффективной обработки больших объемов измерительной информации [1-6]. Современные АСУ и АСНИ генерируют значительные потоки измерительных сообщений - данных, поступающих от датчиков и измерительных устройств в реальном времени [7-10].

Рост числа контролируемых параметров, повышение частоты дискретизации и расширение номенклатуры измерительных приборов приводят к экспоненциальному увеличению объема данных, что создаёт ряд дополнительных проблем (перегрузка каналов передачи данных; избыточность информации, затрудняющая выделение значимых сигналов; увеличение времени обработки данных и принятия решений; рост требований к вычислительным ресурсам и объёму памяти; риск потери критически важных данных из-за задержек в обработке и т. д.).

Актуальность исследования обусловлена необходимостью оптимизации процессов сбора, передачи и обработки измерительной информации в АСУ и АСНИ, в частности их информационно-измерительных систем (ИИС) и подсистем. Эффективное группирование потоков измерительных сообщений позволяет снизить нагрузку на коммуникационные каналы, повысить оперативность обработки данных, улучшить достоверность результатов за счёт структурирования информации, сократить затраты на хранение и передачу данных, обеспечить масштабируемость систем при увеличении числа измерительных точек.

В работах [11], [12] рассматривались информационные модели измерительных сообщений, модели стационарных и нестационарных случайных измерительных процессов, погрешности при измерениях и передаче, а также исследования дискретной формы непрерывных процессов, оптимальное дискретное представление, дискретизация полиномами Лежандра. В [13] рассматривалось восстановление непрерывных сообщений интерполяционными алгебраическими полиномами и интерполяция по показателю среднего квадратического приближения. В [14] выявлен оптимальный способ интерполирования, определены погрешности дискретного представления по показателю равномерного приближения и погрешности экстраполяции.

В настоящей работе продолжены исследования основ информационно-измерительных технологий в АСУ и АСНИ, в частности рассмотрены особенности группирования потоков измерительных сообщений, проведено аналитическое сравнение методов группирования потоков сообщений в ИИС.

Потоки измерительных сообщений в ИИС АСУ и АСНИ и методы их группирования

Одной из задач, решаемой подсистемой сбора данных в любой ИИС – объединение (группирование) потоков сообщений от источников для ввода в общий канал связи. В зависимости от вероятностного распределения числа выборок на интервале времени задача может иметь несколько методов решения.

Если поток в каждом j -м измерительном канале образуется путем регулярной дискретизации с фиксированным шагом T_0 - измерительного сообщения от соответствующего источника, то группирование потоков осуществляется с помощью циклической

коммутации измерительных каналов. Такие системы сбора называют циклическими. Для задания каждому каналу требуемой частоты опроса $F_{0j} = 1/T_{0j}$ применяют многоступенчатую коммутацию с возможностью объединения нескольких входов коммутатора каждой ступени на один измерительный канал. Структурная схема такой подсистемы сбора показана в соответствии с рисунком 1. Преимущество структуры - простота технической реализации.

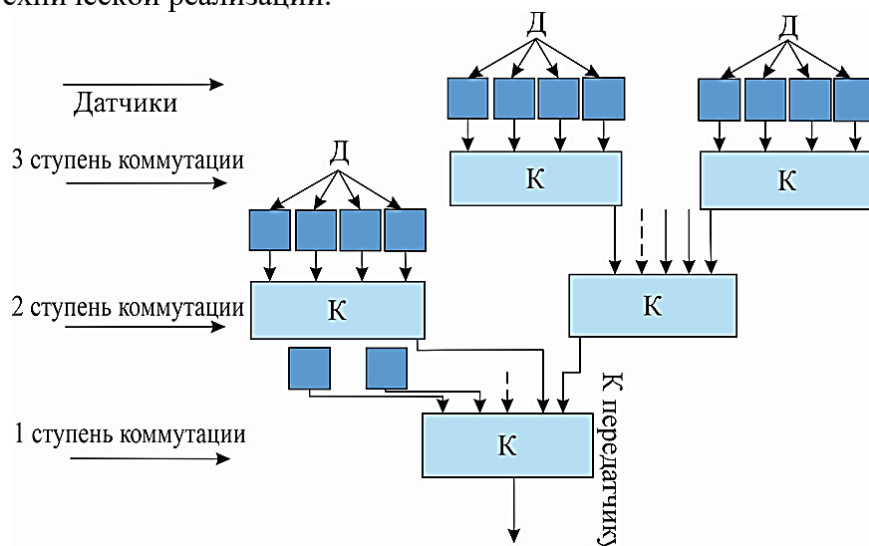


Рисунок 1 – Структурная схема многоступенчатой коммутации (Д - первичные измерительные преобразователи (датчики); К - коммутаторы)

Однако, как видно [11-13], регулярная дискретизация является оптимальной лишь для стационарных процессов. При проектировании оптимальных ИИС АСУ и АСНИ для измерений в нестационарных режимах объектов необходимо применение адаптивного представления измерительных сообщений, результатом которого является случайный поток выборок по каждому измерительному каналу. Число выборок на интервале заданной длины в таком потоке описывается вероятностным распределением, вид которого в общем случае зависит от вероятностных характеристик сообщения, метода адаптивного представления и заданной верности восстановления.

В частном случае, когда сообщение источника соответствует модели локально-стационарного процесса [11], а моменты изменения состояний априори известны (соответствуют программному изменению режимов объекта при исследованиях), опрос может быть в каждом состоянии регулярным с дискретным изменением частот опроса по заданной программе.

Наиболее сложной является задача группирования случайных потоков, которые возникают при использовании адаптивного представления. Как и в предыдущих случаях, целью является выравнивание интенсивности суммарного потока во времени для обеспечения равномерной загрузки канала связи, что позволяет использовать его наиболее экономно. Системы сбора данных с выравниванием интенсивности потока при адаптивном представлении сообщений в измерительных каналах называют адаптивными.

Известны два метода группирования случайных потоков в адаптивных системах сбора данных [15], [16]: циклическая коммутация с конечным буферным запоминающим устройством (БЗУ) и адаптивная коммутация (АК).

Значительный практический интерес представляет аналитический расчет и сравнение обоих методов в адекватных условиях (при одинаковых входных потоках и одинаковой скорости считывания в канал связи).

Сравнение методов группирования потоков в адаптивных информационно-измерительных системах

Как известно, сущность метода с использованием БЗУ (в соответствии с рисунком 2а) состоит в том, что неравномерный групповой поток существенных выборок, образующихся после опроса каждого измерительного канала циклическим коммутатором и последующего адаптивного сжатия данных [13] на общем для всех каналов устройстве (в режиме разделения времени), поступает затем в БЗУ. Считывание из БЗУ в линию связи осуществляется на фиксированной частоте, что и обеспечивает равномерный поток сообщений в линии при исходном неравномерном потоке.

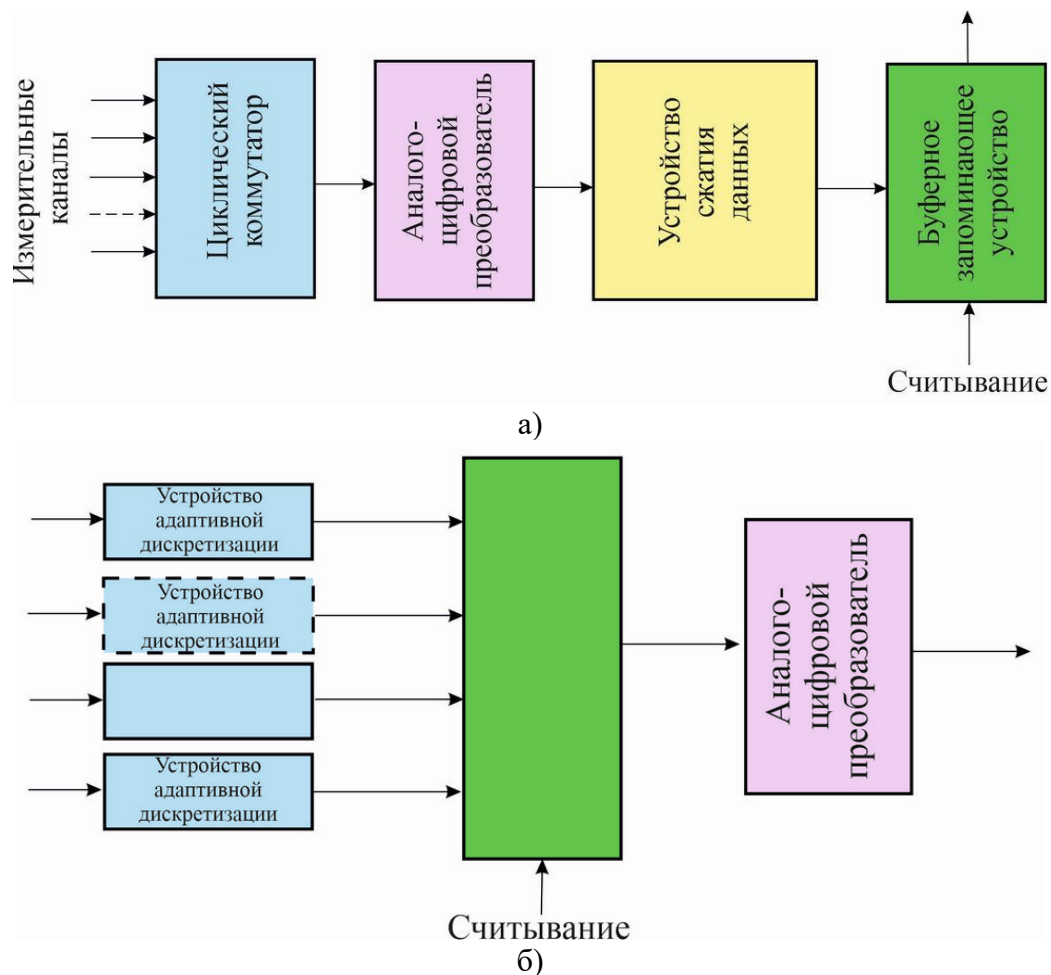


Рисунок 2 – Группирование потоков в ИИС:

а) путем циклической коммутации с оконечным БЗУ; б) путем адаптивной коммутации

Адаптивный коммутатор [17] можно представить обобщенной схемой (в соответствии с рисунком 2б). Здесь существенные выборки образуются непосредственно из аналогового сигнала в каждом измерительном канале с помощью устройства адаптивной дискретизации [13], которое выполняет ту же функцию (сжатое представление

измерительного сообщения), что и устройство сжатия данных в предыдущей схеме (в соответствии с рисунком 2а). Выборка (отсчет) в каждом канале осуществляется в тот момент, когда текущая погрешность аппроксимации достигает заданной допустимой величины. В результате образуются параллельные потоки выборок, неравномерно распределенных во времени, которые поступают на логическую схему селекции. В каждом такте считывания в канал связи эта схема пропускает выборку лишь одного измерительного канала. Если выборки двух или большего числа каналов поступают на схему одновременно (точнее, в одном такте считывания), то все поступившие, кроме одной из них, теряются, что является недостатком АК. Принцип селекции этой единственной выборки (по сравнительному превышению допустимой погрешности аппроксимации или по другим признакам) для последующего обобщенного анализа значения не имеет.

Преимуществом АК по сравнению со схемой, использующей БЗУ, является отсутствие задержки по времени между появлением выборки на входе устройства адаптивной дискретизации и ее поступлением в канал связи, так как схема селекции не имеет памяти (либо пропускает выборку в момент появления, либо стирает). Из-за отсутствия задержки не требуется и датировать каждую выборку, так как передача осуществляется в реальном масштабе времени, что позволяет по сравнению со схемой с БЗУ уменьшить количество служебной информации (необходимо передавать лишь адреса выборок, указывающие на их принадлежность к определенному измерительному каналу).

Применительно к ИИС, определяющим показателем каждой из схем группирования, является вероятность потерь $P_{\text{пот}}$ выборок (в БЗУ - за счет «переполнения» емкости, в АК - за счет принудительного стирания), поскольку увеличение потерь приводит к росту погрешности восстановления измерительного сигнала на приемной стороне по поступившим выборкам. Очевидно, что при равных условиях лучшим будет метод, который обеспечивает меньшую вероятность потерь.

Таким образом, задача сводится к расчету и анализу вероятности потерь для каждого метода при одинаковых потоках выборок (с учетом разницы в объемах служебной информации). Для решения задачи применим аппарат теории массового обслуживания. В терминах этой теории, каждую из схем (рис. 2) можно представить моделью одноканальной системы массового обслуживания (СМО) [18] с той разницей, что схеме с БЗУ соответствует СМО с ожиданием, а схеме адаптивной коммутации - СМО с отказами. Под каналом СМО понимается канал связи, заявка на обслуживание соответствует появлению существенной выборки (на входе БЗУ или на входе схемы селекции в АК). СМО с отказами можно рассматривать как частный случай СМО с ожиданием при $\mathfrak{Z} = 0$, где $\mathfrak{Z}$ - число мест в очереди (емкость БЗУ).

Учитывая вышесказанное, задача сводится к нахождению вероятностей состояний СМО с конечным числом мест в очереди ($0 \leq \mathfrak{Z} < \infty$). Тогда вероятность $P_{\mathfrak{Z}+1}$ того, что канал занят и $\mathfrak{Z}$ заявок стоят в очереди, будет равна искомой вероятности потерь, т. к. заявка, заставшая систему в этом состоянии, будет потеряна. При решении задачи предполагаем, что суммарный входной поток заявок подчиняется распределению Пуассона. Это справедливо при большом числе ($N > 10$) независимых измерительных каналов с произвольным случайным потоком в каждом при условии, что интенсивности потоков одного порядка. Интенсивность результирующего потока предполагаем постоянной: $\chi = \text{const}$. «Поток обслуживания» - регулярный, с постоянным временем обслуживания T_0' и интенсивностью $\mu = 1/T_0'$, что соответствует равномерной загрузке канала связи.

В качестве исходных выражений для решения задачи используем формулы для вероятностей состояний одноканальной СМО с бесконечным числом мест в очереди, Пуассоновским потоком на входе и равномерным обслуживанием [18]. Они имеют следующий вид:

$$\begin{cases} P_0^\infty = (1-\rho); \\ P_1^\infty = (1-\rho)(e^\rho - 1); \\ \dots\dots\dots \\ P_i^\infty = (1-\rho) \sum_{k=1}^i (-1)^{i-k} e^{k\rho} \left[\frac{(k\rho)^{i-k}}{(i-k)!} + \beta_{ik} \right], \end{cases} \quad (1)$$

где $\beta_{ik} = \begin{cases} 0; & k = i; \\ \frac{(k\rho)^{i-k-1}}{(i-k-1)!}; & k < i; \end{cases} \quad i \geq 2; \quad \rho = \chi / \mu$ - коэффициент загрузки системы; i -

условные номера состояний СМО, а P_i^∞ - их вероятности (P_0^∞ - вероятность 0-го состояния СМО: канал свободен, очереди нет; P_i^∞ - вероятность i -го состояния СМО: канал занят, $(i-1)$ заявка стоит в очереди (в памяти)).

В (1) верхний индекс ∞ означает, что число мест в очереди неограниченно, следовательно, число состояний бесконечно: $0 \leq i \leq \infty$. Очевидно, что СМО с бесконечным числом состояний и интересующая нас СМО с конечным их числом, будут вести себя под воздействием одного и того же Пуассоновского потока одинаковым образом, так как вероятности переходов из состояния в состояние определяются потоком заявок. Следовательно, СМО с конечным числом состояний можно с хорошим приближением рассматривать как СМО с бесконечным числом состояний, в которой первые $\mathfrak{Z}+2$ состояния от $i=0$ до $i=\mathfrak{Z}+1$ идентичные, а остальные ($i > \mathfrak{Z}+1$) - запрещены. Если вероятности состояний в СМО с конечным числом состояний обозначить P_i , то сказанное можно записать в виде:

$$P_i = \begin{cases} AP_i^\infty & \text{при } i \leq \mathfrak{Z}+1; \\ 0 & \text{при } i > \mathfrak{Z}+1, \end{cases} \quad (2)$$

где коэффициент A определяется из условия нормировки вероятности P_i :

$$\sum_{i=0}^{\infty} P_i = \sum_{i=0}^{\mathfrak{Z}+1} P_i = 1, \quad (3)$$

Которое, отличается от прежней нормировки $\sum_{i=0}^{\infty} P_i^\infty = 1$. Подставив (2) в (3),

найдем $A = \left[\sum_{i=0}^{\mathfrak{Z}+1} P_i^\infty \right]^{-1}$. Используя (1), после некоторых преобразований получим:

$$A = \left\{ (1-\rho) \left[e^{\rho} + \sum_{i=2}^{\mathfrak{Z}+1} \sum_{k=1}^i (-1)^{i-k} e^{k\rho} \left(\frac{(k\rho)^{i-k}}{(i-k)!} + \beta_{ik} \right) \right] \right\}^{-1}, \quad (4)$$

где $\mathfrak{Z}$ - целое число. Отсюда находим необходимые расчетные выражения, которые в отличие от полученных в [19] имеют замкнутую аналитическую форму. Вероятность потерь P_{nom} в системе с БЗУ емкостью $\mathfrak{Z}$, определяется по формуле:

$$P_{nom} = P_{\mathfrak{Z}+1} = \frac{\sum_{i=1}^{\mathfrak{Z}+1} (-1)^{\mathfrak{Z}-i+k} e^{k\rho} \left(\frac{(k\rho)^{\mathfrak{Z}-i+k}}{(\mathfrak{Z}-i+k)!} + \beta_{\mathfrak{Z}+1,k} \right)}{e^{\rho} + \sum_{i=2}^{\mathfrak{Z}+1} \sum_{k=1}^i (-1)^{i-k} e^{k\rho} \left(\frac{(k\rho)^{i-k}}{(i-k)!} + \beta_{ik} \right)}. \quad (5)$$

Вероятность опустошения памяти, т. е. вероятность передачи «пустых» слов в канал связи (холостая работа канала):

$$P_{on} = P_0 = \frac{1}{e^{\rho} + \sum_{i=2}^{\mathfrak{Z}+1} \sum_{k=1}^i (-1)^{i-k} e^{k\rho} \left(\frac{(k\rho)^{i-k}}{(i-k)!} + \beta_{ik} \right)}. \quad (6)$$

Как отмечалось, АК соответствует СМО с отказами, т. е. с отсутствием мест в очереди: $\mathfrak{Z}=0$. В этом частном случае из формулы (4) находим выражения для АК, которые, как показал анализ [20, 21], являются более точными, чем известные [18, 19]:

- вероятность потерь:

$$P_{nom} = P_1 = 1 - e^{-\rho}; \quad (7)$$

- вероятность передачи «пустых» слов:

$$P_{on} = P_1 = 1 - e^{-\rho}. \quad (8)$$

Результаты расчетов по формулам (5-8) представлены на графиках далее (рис. 3-5). На рис. 3 показана зависимость вероятности потерь выборок P_{nom} от коэффициента загрузки системы ρ при разной емкости $\mathfrak{Z}$ БЗУ.

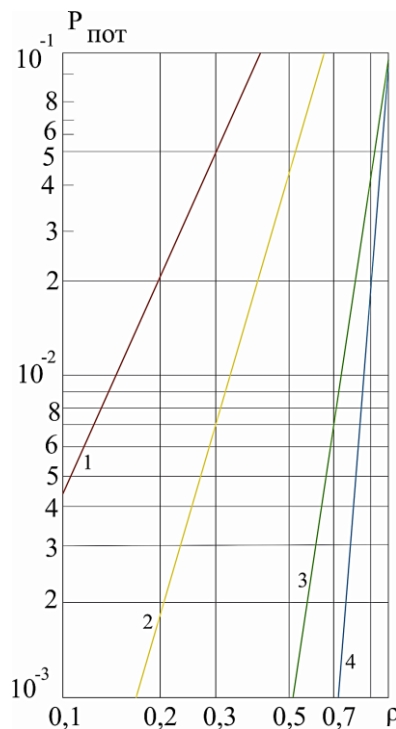


Рисунок 3 – Зависимость вероятности потерь выборок от коэффициента загрузки системы при разной емкости БЗУ ($\mathfrak{Z}=1$ (1); $\mathfrak{Z}=2$ (2); $\mathfrak{Z}=5$ (3); $\mathfrak{Z}=10$ (4))

Для сравнения методов БЗУ и АК необходимо учесть разницу в объеме, служебной информации при использовании этих устройств в ИИС. Объем информации датирования и адресации выборок определяется особенностями конкретной ИИС, в том числе методами представления, передачи и обработки. В худшем случае вместе с кодом каждой выборки необходимо передавать кодовое слово времени, длина которого зависит от требуемой точности временной привязки, и кодовое слово адреса, длина которого определяется числом измерительных каналов и способом их нумерации. По оценкам [21], интенсивность потока сообщений о времени $\chi_{вр}$ может быть сравнима с интенсивностью основного потока: $\chi_{вр} \approx \chi$. Такой же величины может достигать интенсивность потока адресных сообщений: $\chi_{адр} \approx \chi$.

Таким образом, в случае схемы с БЗУ общий поток составит приблизительно 3χ , тогда как для АК, где информация датирования не требуется, он составит только 2%. Для адекватности условий сравнения следует считать, что скорость считывания в канал связи для обоих методов группирования одинакова и выбрана в расчете на максимальный поток с учетом служебной информации, т. е. $\rho_{БЗУ} = 3\chi / \mu \leq 1$. Тогда при передаче по такому каналу потока от АК, равного 2χ , фактическое значение загрузки составит:

$$\rho_{АК} = 2\chi / \mu = (2/3)\rho_{БЗУ}. \quad (9)$$

Следовательно, для сравнения БЗУ и АК с учетом служебной информации необходимо кривые $P_{ном}$ и $P_{оп}$ для АК на рис. 4 сместить вправо так, чтобы выполнялось условие (9). Полученный результат приведен на рис. 5.

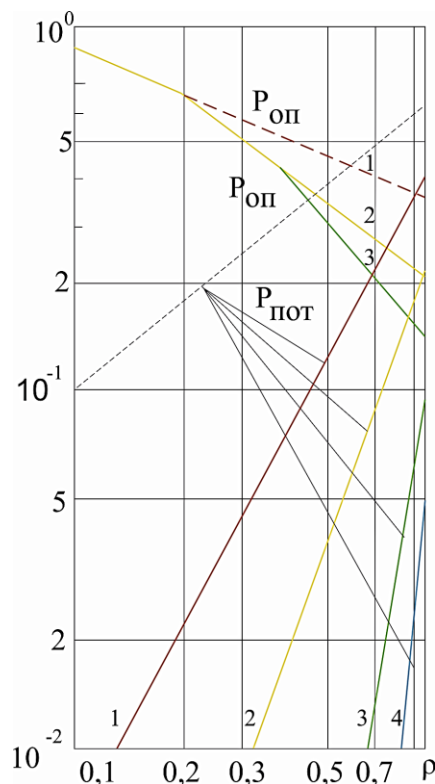


Рисунок 4 – Сравнение показателей БЗУ и АК без учета служебной информации при разной емкости ($\zeta = 1$ (1); $\zeta = 2$ (2); $\zeta = 5$ (3); $\zeta = 10$ (4))

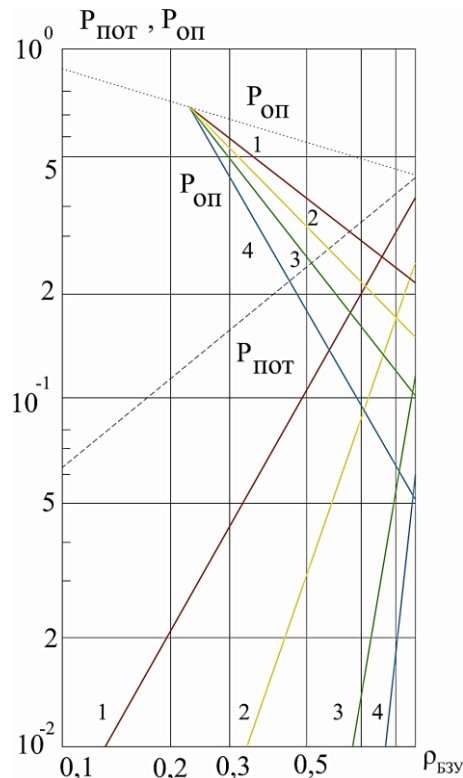


Рисунок 5 – Сравнение показателей БЗУ и АК с учетом разницы в требуемых объемах служебной информации при разной емкости ($\tilde{Z} = 1(1)$; $\tilde{Z} = 2(2)$; $\tilde{Z} = 5(3)$; $\tilde{Z} = 10(4)$)

Заключение

В работе проведены исследования основ информационно-измерительных технологий в автоматизированных системах управления и автоматизированных системах научных исследований, в частности аналитический расчет и сравнение методов группирования в адаптивных информационно-измерительных системах. Проведённое сравнение методов группирования потоков в адаптивной информационно-измерительной системе, позволяет утверждать:

- при одинаковом суммарном входном потоке выборок, и одинаковой скорости передачи по каналу связи (в соответствии с рисунком 4) адаптивная коммутация всегда хуже по вероятности потерь, чем коммутация совместно с буферным запоминающим устройством, имеющим объем хотя бы в одну ячейку ($\tilde{Z} = 1$);
- учет дополнительной информации датирования выборок (рис. 5) в случае БЗУ не компенсирует различия между БЗУ и АК даже при $\rho \rightarrow 1$, где это различие меньше;
- достижение приемлемо малых для ИИС вероятностей потерь (10^{-3} и меньше) в случае адаптивной коммутации возможно лишь при очень малой загрузке системы ($\rho = 0,001$ и меньше), т. е. при работе канала связи практически вхолостую, тогда как при использовании БЗУ можно обеспечить как угодно малую вероятность потерь при ρ , близком к единице, за счет выбора большей емкости памяти. Например, при $P_{nom} = 10^{-3}$ и $\tilde{Z} = 10$ БЗУ обеспечивает загрузку $\rho = 0,7$, что по сравнению с АК при тех же потерях и одинаковом входном потоке обеспечит применение канала связи с пропускной способностью в 700 раз меньшей.

Список литературы

1. Житников, А. А. Разработка прототипа устройства идентификации неисправности информационно-измерительного канала частоты оборотов двигателя внутреннего сгорания / А. А. Житников, А. А. Марченко // Известия КГТУ. 2026. № 80. С. 95-109. DOI 10.46845/1997-3071-2026-80-95-109. EDN DHLHTT.
2. Баширов, М. Г. Применение промышленных информационно-измерительных и управляющих систем для построения цифровых двойников: опыт разработки на примере процесса гидрирования ацетилена / М. Г. Баширов, К. А. Крышко // Вестник Донецкого национального университета. Серия Г: Технические науки. 2026. № 1. С. 5-15. DOI 10.5281/zenodo.19201696. EDN XGWVDY.
3. Житников, А. А. Разработка алгоритма идентификации неисправности информационно-измерительного канала температуры / А. А. Житников, А. А. Марченко, С. В. Чебанюк // Научные труды Дальрыбвтуза. 2026. Т. 75, № 1. С. 242-252. DOI 10.48612/dalrybvtuz/2026-75-24. EDN OUXADX.
4. Пометун, Е. Д. Разработка автоматизированной системы измерения параметров турбулентности / Е. Д. Пометун, В. Н. Лебедев // Вестник Донецкого национального университета. Серия Г: Технические науки. 2025. № 1. С. 20-25. DOI 10.5281/zenodo.15056665. EDN BEWEYW.
5. Максименко, И. И. Представимость классов автоматов Мили в терминах бэровских и р-адических метрик / И. И. Максименко // Вестник Донецкого национального университета. Серия Г: Технические науки. 2025. № 2. С. 118-124. DOI 10.5281/zenodo.15586134. EDN BMIUQR.
6. Скودтаев, Э. В. Аппаратная архитектура информационно-управляющей системы мобильной установки первичной пастеризации молока / Э. В. Скودтаев // Проблемы искусственного интеллекта. 2025. № 2(37). С. 148-158. DOI 10.24412/2413-7383-2025-2-37-148-158. EDN SPHFZD.
7. Личман, А. А. Алгоритм интеллектуализации предупреждения сбоев АСУ на основе предиктивной аналитики / А. А. Личман, О. Ю. Чередникова // Проблемы искусственного интеллекта. 2025. № 3(38). С. 148-156. DOI 10.24412/2413-7383-2025-3-38-148-156. EDN UNNEQC.
8. Информационно-управляющая система контроля технологического процесса изготовления комплексных минеральных удобрений / Н. В. Водолазская, М. К. Вотинцев, Е. В. Копытова, А. И. Хищенко // Проблемы искусственного интеллекта. 2025. № 4(39). С. 125-136. DOI 10.24412/2413-7383-2025-4-39-125-136. EDN STZWPM.
9. Информационно-измерительная система обнаружения, прогнозирования и оценки загрязнения поверхностных вод / В. М. Панарин, А. А. Маслова, Е. М. Рылеева, В. А. Браун // Вестник Донецкого национального университета. Серия Г: Технические науки. 2025. № 4. С. 5-18. DOI 10.5281/zenodo.18229624. EDN PWBTTT.
10. Тымчук, А. И. Информационная система контроля достоверности данных приборов учёта в автоматизированной информационно-измерительной системе контроля и учёта электроэнергии / А. И. Тымчук // Международный научно-исследовательский журнал. 2024. № 6(144). DOI 10.60797/IJR.2024.144.79. EDN GOCKVN.
11. Основы информационно-измерительных технологий в АСУ и АСНИ / В. Ю. Подлесный, В. В. Данилов, И. А. Третьяков, Е. В. Колесник // Вестник Донецкого национального университета. Серия Г: Технические науки. 2024. № 3. С. 64-74. DOI 10.5281/zenodo.14018604. EDN SDSQAP.
12. Оптимальное дискретное представление непрерывных измерительных процессов в АСУ и АСНИ / В. Ю. Подлесный, В. В. Данилов, И. А. Третьяков [и др.] // Вестник Донецкого национального университета. Серия Г: Технические науки. 2024. № 4. С. 52-62. DOI 10.5281/zenodo.14514529. EDN VEQGYZ.
13. Процедура восстановления непрерывных сообщений в измерительных процессах в АСУ и АСНИ / В. Ю. Подлесный, И. А. Третьяков, В. В. Данилов [и др.] // Вестник Донецкого национального университета. Серия Г: Технические науки. 2025. № 1. С. 112-120. DOI 10.5281/zenodo.15056709. EDN MFJTTH.
14. Оптимальная интерполяция непрерывных измерительных процессов в АСУ и АСНИ / В. Ю. Подлесный, Е. В. Колесник, И. А. Третьяков, В. В. Данилов // Проблемы искусственного интеллекта. 2025. № 2(37). С. 129-147. DOI 10.24412/2413-7383-2025-2-37-129-147. EDN MUIODM.
15. Методы сжатия данных / Д. Ватолин, А. Ратушняк, М. Смирнов, В. Юкин. Москва: «Диалог-МИФИ», 2003. 384 с.
16. Сергиенко, А. Б. Оценка помехоустойчивости многочастотных систем связи при взаимодействии с шумом / А. Б. Сергиенко, А. Б. Натальин, М. С. Сидоров // Известия высших учебных заведений России. Радиоэлектроника. 2015. №. 4. С. 18-25.
17. Адаптивные телеизмерительные системы / Б. Я. Авдеев, А. В. Антонюк, С. М. Долинов [и др.]. Л.: Энергоатомиздат, 1981. 246 с.
18. Барсуков, Ф. И. Элементы и устройства радиотелеметрических систем / Ф. И. Барсуков, Ю. Б. Рубанов. М.: Энергия, 1973. 256 с.

19. Мамонов, С. С. Режимы синхронизации системы частотно-фазовой автоподстройки частоты второго порядка / С. С. Мамонов // Вестник РГРТА. 2007. № 20. С. 14-19.
20. Котельников, В. А. Теория потенциальной помехоустойчивости / В. А. Котельников. М.: Госэнергоиздат. 1956. 151 с.
21. Новоселов, О. Н. Оценка обнаруживающей способности разностных методов отбраковки недостоверных данных / О. Н. Новоселов // Известия Вузов. Серия Приборостроение. 1978. № 1. С. 117-121.

References

1. Zhitnikov, A. A. Razrabotka prototipa ustrojstva identifikacii neispravnosti informacionno-izmeritel'nogo kanala chastoty oborotov dvigatelya vnutrennego sgoraniya / A. A. Zhitnikov, A. A. Marchenko // Izvestiya KGTU. – 2026. – № 80. – S. 95-109. – DOI 10.46845/1997-3071-2026-80-95-109. – EDN DHLHTT.
2. Bashirov, M. G. Primenenie promyshlennykh informacionno-izmeritel'nykh i upravlyayushhih sistem dlya postroeniya cifrovyykh dvoynikov: opyt razrabotki na primere processa gidrirovaniya acetilena / M. G. Bashirov, K. A. Kryshko // Vestnik Doneczkogo nacional'nogo universiteta. Seriya G: Texnicheskie nauki. – 2026. – № 1. – S. 5-15. – DOI 10.5281/zenodo.19201696. – EDN XGWVDY.
3. Zhitnikov, A. A. Razrabotka algoritma identifikacii neispravnosti informacionno-izmeritel'nogo kanala temperatury / A. A. Zhitnikov, A. A. Marchenko, S. V. Chebanyuk // Nauchny'e trudy Dal'rybvvtuza. – 2026. – T. 75, № 1. – S. 242-252. – DOI 10.48612/dalrybvvtuz/2026-75-24. – EDN OUXADX.
4. Pometun, E. D. Razrabotka avtomatizirovannoy sistemy izmereniya parametrov turbulentnosti / E. D. Pometun, V. N. Lebedev // Vestnik Doneczkogo nacional'nogo universiteta. Seriya G: Texnicheskie nauki. – 2025. – № 1. – S. 20-25. – DOI 10.5281/zenodo.15056665. – EDN BEWEYW.
5. Maksimenko, I. I. Predstavimost' klassov avtomatov Mili v terminax be'rovskix i p-adicheskix metrik / I. I. Maksimenko // Vestnik Doneczkogo nacional'nogo universiteta. Seriya G: Texnicheskie nauki. – 2025. – № 2. – S. 118-124. – DOI 10.5281/zenodo.15586134. – EDN BMIUQR.
6. Skodtaev, E. V. Apparatnaya arhitektura informacionno-upravlyayushhej sistemy mobil'noj ustanovki pervichnoj pasterizacii moloka / E. V. Skodtaev // Problemy iskusstvennogo intellekta. – 2025. – № 2(37). – S. 148-158. – DOI 10.24412/2413-7383-2025-2-37-148-158. – EDN SPHFZD.
7. Lichman, A. A. Algoritm intellektualizacii preduprezhdeniya sboev ASU na osnove prediktivnoj analitiki / A. A. Lichman, O. Yu. Cherednikova // Problemy iskusstvennogo intellekta. – 2025. – № 3(38). – S. 148-156. – DOI 10.24412/2413-7383-2025-3-38-148-156. – EDN UHNEQC.
8. Informacionno-upravlyayushhaya sistema kontrolya texnologicheskogo processa izgotovleniya kompleksnykh mineral'nykh udobrenij / N. V. Vodolazskaya, M. K. Votincev, E. V. Kopytova, A. I. Xicenko // Problemy iskusstvennogo intellekta. – 2025. – № 4(39). – S. 125-136. – DOI 10.24412/2413-7383-2025-4-39-125-136. – EDN STZWPM.
9. Informacionno-izmeritel'naya sistema obnaruzheniya, prognozirovaniya i ocenki zagryazneniya poverkhnostnykh vod / V. M. Panarin, A. A. Maslova, E. M. Ry'leeva, V. A. Braun // Vestnik Doneczkogo nacional'nogo universiteta. Seriya G: Texnicheskie nauki. – 2025. – № 4. – S. 5-18. – DOI 10.5281/zenodo.18229624. – EDN PWBTTT.
10. Ty'mchuk, A. I. Informacionnaya sistema kontrolya dostovernosti dannykh priborov uchyota v avtomatizirovannoy informacionno-izmeritel'noj sisteme kontrolya i uchyota e'lektroenergii / A. I. Ty'mchuk // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. – 2024. – № 6(144). – DOI 10.60797/IRJ.2024.144.79. – EDN GOCKVN.
11. Osnovy informacionno-izmeritel'nykh texnologij v ASU i ASNI / V. Yu. Podlesnyj, V. V. Danilov, I. A. Tret'yakov, E. V. Kolesnik // Vestnik Doneczkogo nacional'nogo universiteta. Seriya G: Texnicheskie nauki. – 2024. – № 3. – S. 64-74. – DOI 10.5281/zenodo.14018604. – EDN SDSQAP.
12. Optimal'noe diskretnoe predstavlenie nepreryvnykh izmeritel'nykh processov v ASU i ASNI / V. Yu. Podlesnyj, V. V. Danilov, I. A. Tret'yakov [i dr.] // Vestnik Doneczkogo nacional'nogo universiteta. Seriya G: Texnicheskie nauki. – 2024. – № 4. – S. 52-62. – DOI 10.5281/zenodo.14514529. – EDN VEQGYZ.
13. Procedura vosstanovleniya nepreryvnykh soobshhenij v izmeritel'nykh processax v ASU i ASNI / V. Yu. Podlesnyj, I. A. Tret'yakov, V. V. Danilov [i dr.] // Vestnik Doneczkogo nacional'nogo universiteta. Seriya G: Texnicheskie nauki. – 2025. – № 1. – S. 112-120. – DOI 10.5281/zenodo.15056709. – EDN MFJTTH.
14. Optimal'naya interpol'yaciya nepreryvnykh izmeritel'nykh processov v ASU i ASNI / V. Yu. Podlesnyj, E. V. Kolesnik, I. A. Tret'yakov, V. V. Danilov // Problemy iskusstvennogo intellekta. – 2025. – № 2(37). – S. 129-147. – DOI 10.24412/2413-7383-2025-2-37-129-147. – EDN MUIODM.
15. Metody szhatiya dannykh / D. Vatolin, A. Ratushnyak, M. Smirnov, V. Yukin. – Moskva: «Dialog-MIFI», 2003. – 384 s.

16. Sergienko, A. B. Ocenka pomexoustojchivosti mnogochastotny`x sistem svyazi pri vzaimodejstvii s shumom / A. B. Sergienko, A. B. Natal`in, M. S. Sidorov // Izvestiya vy`sshix uchebny`x zavedenij Rossii. Radioelektronika. – 2015. – №. 4. – S. 18-25.
17. Adaptivny`e teleizmeritel`ny`e sistemy` / B. Ya. Avdeev, A. V. Antonyuk, S. M. Dolinov [i dr.]. – L.: E`nergoatomizdat, 1981. – 246 s.
18. Barsukov, F. I. E`lementy` i ustrojstva radiotelemetricheskix sistem / F. I. Barsukov, Yu. B. Rubanov. – M.: E`nergiya, 1973. – 256 s.
19. Mamonov, S. S. Rezhimy` sinxronizacii sistemy` chastotno-fazovoj avtopodstrojki chastoty` vtorogo porjadka / S. S. Mamonov // Vestnik RGRTA. – 2007. – № 20. – S. 14-19.
20. Kotelnikov, V. A. Teoriya potencial`noj pomexoustojchivosti / V. A. Kotelnikov. – M.: Gose`nergoizdat. – 1956. – 151 s.
21. Novoselov, O. N. Ocenka obnaruzhivayushhej sposobnosti raznostny`x metodov otrakovki nedostovernny`x dannyx / O. N. Novoselov // Izvestiya Vuzov. Seriya Priborostroenie. – 1978. – № 1. – S. 117-121.

RESUME

I. A. Tretiakov, V. Ju. Podlesnyi, E. V. Kolesnik, V. V. Danilov

Grouping measurement message flows in ACS and ASRS

The article investigates the fundamentals of information and measurement technologies in automated control systems and automated scientific research systems.

The relevance of the research is determined by the need to optimize the processes of collecting, transmitting and processing measurement information in automated systems, in particular their information and measurement systems and subsystems. Effective grouping of measurement message flows reduces the load on communication channels, increases data processing efficiency, improves the reliability of results by structuring information, reduces data storage and transmission costs, and ensures system scalability with an increase in the number of measuring points.

The features of grouping measurement message streams are considered, and an analytical comparison of two methods for grouping message streams in information and measurement systems is carried out - cyclic switching with a terminal buffer storage device and adaptive switching.

РЕЗЮМЕ

И. А. Третьяков, В. Ю. Подлесный, Е. В. Колесник, В. В. Данилов

Группирование потоков измерительных сообщений в АСУ и АСНИ

В статье проведены исследования основ информационно-измерительных технологий в автоматизированных системах управления и автоматизированных системах научных исследований.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью оптимизации процессов сбора, передачи и обработки измерительной информации в автоматизированных системах, в частности их информационно-измерительных систем и подсистем. Эффективное группирование потоков измерительных сообщений позволяет снизить нагрузку на коммуникационные каналы, повысить оперативность обработки данных, улучшить достоверность результатов за счёт структурирования информации, сократить затраты на хранение и передачу данных, обеспечить масштабируемость систем при увеличении числа измерительных точек.

Рассмотрены особенности группирования потоков измерительных сообщений, проведено аналитическое сравнение двух методов группирования потоков сообщений в информационно-измерительных системах – циклическая коммутация с конечным буферным запоминающим устройством и адаптивная коммутация.

Третьяков Игорь Александрович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой радиофизики и инфокоммуникационных технологий ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», 283001, г. Донецк, ул. Университетская, 24, i.tretiakov@mail.ru. *Область научных интересов:* автоматизация научных исследований и автоматизированные системы; оптические информационные технологии; методы и системы защиты информации, информационная безопасность. ORCID 0000-0002-7816-1563.

Подлесный Владимир Юрьевич – заведующий лабораторией, аспирант кафедры радиофизики и инфокоммуникационных технологий ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», 283001, г. Донецк, ул. Университетская, 24, pikaayzek@ya.ru. *Область научных интересов:* автоматизация научных исследований и автоматизированные системы; информационно-измерительные системы.

Колесник Екатерина Витальевна – заведующий лабораторией, аспирант кафедры радиофизики и инфокоммуникационных технологий ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», 283001, г. Донецк, ул. Университетская, 24, ketrinkilli@ya.ru. *Область научных интересов:* автоматизация научных исследований и автоматизированные системы; информационно-измерительные системы; методы и системы защиты информации, информационная безопасность.

Данилов Владимир Васильевич – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры радиофизики и инфокоммуникационных технологий ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», 283001, г. Донецк, ул. Университетская, 24, ut5iv@mail.ru. *Область научных интересов:* оптические информационные технологии; автоматизация научных исследований и автоматизированные системы; информационно-измерительные системы.

Tretiakov Igor Aleksandrovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Radiophysics and Infocommunication Technologies of Donetsk State University, 283001, Donetsk People's Republic, Donetsk, st. Universitetskaia str., i.tretiakov@mail.ru. *Research interests:* automation of scientific research and automated systems; optical information technologies; methods and systems for protecting information, information security. ORCID 0000-0002-7816-1563.

Podlesnyi Vladimir IUrevich – Head of the laboratory, Postgraduate student at Department of Radiophysics and Infocommunication Technologies of Donetsk State University, 283001, Donetsk People's Republic, Donetsk, st. Universitetskaia str., pikaayzek@ya.ru. *Research interests:* a automation of scientific research and automated systems; information and measurement systems.

Kolesnik Ekaterina Vitalevna – Head of the laboratory, Postgraduate student at Department of Radiophysics and Infocommunication Technologies of Donetsk State University, 283001, Donetsk People's Republic, Donetsk, st. Universitetskaia str., ketrinkilli@ya.ru. *Research interests:* automation of scientific research and automated systems; information and measurement systems; methods and systems of information protection, information security.

Danilov Vladimir Vasilevich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor at Department of Radiophysics and Infocommunication Technologies of Donetsk State University, 283001, Donetsk People's Republic, Donetsk, st. Universitetskaia str., ut5iv@mail.ru. *Research interests:* optical information technologies; automation of scientific research and automated systems; information and measurement systems.

Статья поступила в редакцию 17.03.2026.