

## МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ИНФОРМАЦИОННО - ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ РАСХОДА МАССЫ СЫРЬЯ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Стародубцев А.В., Винниченко Н.Г.

Донецкий государственный технический университет, кафедра ПЭ

### Abstract

*Starodubtsev A.V., Vinnichenko N.G. At the analysis of the information from gauges, in a mode of real time it is necessary at a minimum quantity change to receive the authentic information on weight of a product in controllable capacities, and also about dynamic characteristics of process of loading / unloadings of raw material. At the analysis of weight of raw material in controllable capacity on the computer, urgent the task of increase of accuracy of the indications is also at the expense of program processing change. All abovementioned allows to offer algorithm of processing of the indications of the gauge of weight on the computer.*

### Введение

При анализе информации с датчиков, в режиме реального времени необходимо при минимальном количестве выборок получить достоверную информацию о массе продукта в контролируемых емкостях, а также о динамических характеристиках процесса загрузки / выгрузки сырья. При анализе массы сырья в контролируемой ёмкости на ЭВМ, актуальной является также задача повышения точности показаний за счёт программной обработки выборок. Всё вышесказанное позволяет предложить алгоритм обработки показаний датчика массы на ЭВМ.

При достаточно медленном протекании процесса загрузки / выгрузки массы сырья относительно скорости работы ЭВМ, что соответствует большинству возможных вариантов, можно использовать методы математической статистики для повышения точности измерения программными средствами, то есть  $\tau_{\text{доп}} \gg \tau_{\text{мц}}$ , где  $\tau_{\text{доп}}$  - минимально допустимое время, в течении которого изменение массы сырья в ёмкости не приведёт к сбоям системы, а  $\tau_{\text{мц}}$  - время обработки ЭВМ одного измерения.

$\tau_{\text{доп}}$  выбирается в зависимости от времени протекания процесса загрузки / выгрузки сырья, а также от требований предъявляемым к контролируемым параметрам системы.

В связи с тем, что необходимо контролировать не только такие показатели процесса загрузки / выгрузки сырья, как математическое ожидание и дисперсия, но и скорость их изменения, то необходимо постоянно хранить в памяти ЭВМ большое количество информации и проводить вычислительные операции над данными.

Для уменьшения времени, необходимого ЭВМ для обработки выборок разработан алгоритм, в котором используется постоянное количество выборок. Он позволяет не делать полный пересчёт таких параметров случайного процесса, как математическое ожидание и дисперсия, а использовать рекуррентную формулу, для уточнения результатов в связи с поступлением новых выборок и запоминать предыдущие значения статистических параметров процесса, контролируемого датчиками.

Если количество выборок равно  $N$ , то математическое ожидание будет :

$$M_x = \frac{\sum_i X_i}{N},$$

а дисперсия

$$D_x = \overline{X^2} - \frac{N}{N-1} \cdot M_x^2,$$

где

$$\overline{X^2} = \frac{\sum_i X_i^2}{(N-1)}.$$

После преобразования к рекуррентному виду получим:

$$M_x = -X_1/N + \sum_i X_i/N + X_{N+1}/N, \tag{1}$$

$$\overline{X^2} = -X_1^2/(N-1) + \sum_i X_i^2/(N-1) + X_{N+1}^2/(N-1) \tag{2}$$



Где  $X_1$  - первая выборка, а  $X_{N+1}$  - новая выборка.

Если мы имеем буфер выборок имеет размерность  $N$ , то при поступлении новой выборки необходимо извлечь из буфера первую выборку, пересчитать значения  $M_x$  и  $\overline{X^2}$ , после чего сдвинуть все выборки на одну позицию вперед, а освободившуюся последнюю позицию заполнить новой выборкой.

Такой процесс является циклическим и непрерывным, что позволяет вести контроль показаний в реальном масштабе времени.

При большом количестве выборок перемещение выборок на одну позицию вперед займёт много времени, поэтому желательно использовать циклический указатель на начало выборки, где сами выборки не перемещаются, а сдвигается по циклу указатель на начало выборки. Алгоритм такого процесса представлен на рисунке 1.

Предложенный алгоритм позволяет постоянно контролировать изменение математического ожидания и дисперсии процесса загрузки / выгрузки, а также фиксировать скорость изменения процесса и точность показаний.

В измерительных устройствах построенных на базе вычислительной техники перед АЦП устанавливают промежуточный преобразователь, позволяющий уменьшить дисперсию случайного процесса на входе АЦП. Чаще всего для этой цели используется интегратор.

Большинство случайных процессов  $\zeta(t)$  можно описать спектральной плотностью :

$$G_{\zeta}(j\omega) = M_x \cdot \delta(\omega) + \sqrt{\frac{2 \cdot T \cdot D_{\zeta}}{\pi}} \cdot \frac{1}{j\omega \cdot T + 1},$$

где  $T$  - ширина спектра сигнала, а  $D_{\zeta}$  - дисперсия случайного процесса.

Если спектральная плотность случайного процесса не описывается приведенной формулой, то его в большинстве случаев можно вписать в этот спектр. В любом случае приведенный спектр является худшим вариантов для большинства сигналов которые получают при измерении. Рассмотрим влияние

интегратора на исходный шумовой сигнал.

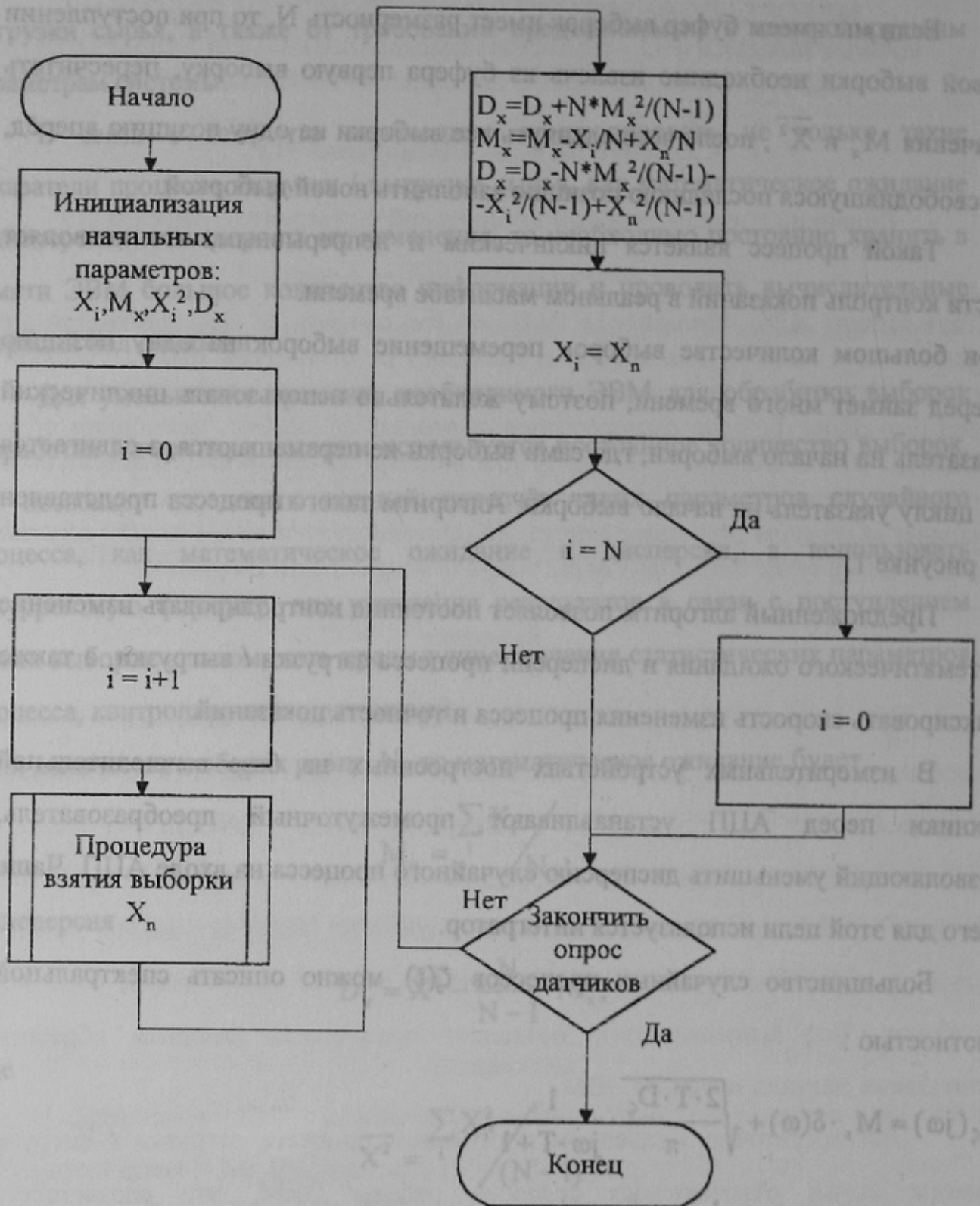


Рисунок 1 — Алгоритм обработки данных в реальном масштабе времени.

После интегрирования случайный процесс описать как зависимость:

$$\eta(t) = \frac{1}{\tau_n} \cdot \int_t^{t+\tau_n} \zeta(\tau) d\tau, \text{ где } \tau_n - \text{ время интегрирования.}$$



При переходе к спектральной плотности сигнала получим:

$$\eta(t) = \frac{1}{\tau_n} \cdot \int_{t-\tau_n/2}^{t+\tau_n/2} \int_{-\infty}^{+\infty} G_\zeta(j\omega) \cdot e^{j\omega\tau} d\omega d\tau = \int_{-\infty}^{+\infty} G_\zeta(j\omega) \cdot \frac{1}{\tau_n} \int_{t-\tau_n/2}^{t+\tau_n/2} e^{j\omega\tau} d\tau d\omega =$$

$$= \int_{-\infty}^{+\infty} G_\zeta(j\omega) \frac{\sin(\omega \tau_n/2)}{\omega \tau_n/2} \cdot e^{j\omega t} d\omega$$

Следовательно спектральная плотность сигнала на выходе интегратора описывается уравнением  $G_\eta(j\omega) = G_\zeta(j\omega) \cdot \frac{\sin(\omega \tau_n/2)}{\omega \tau_n/2}$ .

Дисперсия сигнала на выходе интегратора описывается выражением:

$$D_\eta = \int_{-\infty}^{+\infty} |G_\eta(j\omega)|^2 d\omega. \tag{3}$$



Проинтегрировав (3) получим:


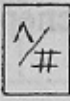
$$D_\eta = D_\zeta \cdot 2 \cdot \frac{\tau - 1 + e^{-\tau}}{\tau^2}, \tag{4}$$

где  $\tau = \tau_n/T$  - относительное время интегрирования случайного процесса.

Анализ выражения (4) показывает, что при  $\tau \gg 1$  дисперсия случайного процесса обратно пропорциональна  $\tau$ , то есть  $D_\eta \approx D_\zeta / \tau$ .

Структурная схема преобразовательного устройства показана на рисунке 2.

На схеме приняты следующие обозначения:  -интегратор,  и

 - схемы фиксации максимума и минимума соответственно,  - аналого - цифровой преобразователь.

При измерении преобразователь интегрирует входной сигнал и через время, равное  $\tau_n/T > 10$  начинает фиксировать максимумы и минимумы сигнала на выходе интегратора. При достаточном количестве измерений ЭВМ прогнозирует математическое ожидание к которому стремится сигнал на выходе интегратора.

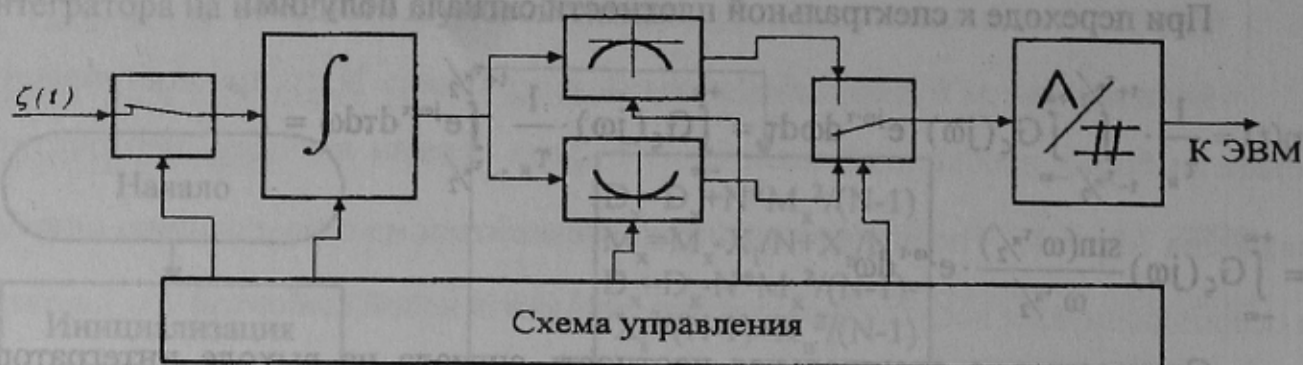


Рисунок 2 — Структурная схема преобразовательного устройства.

Использование аппаратно программного комплекса в измерительной системе, даёт возможность постоянного контроля процесса изменения дисперсии и применить регрессионные методы для прогнозирования времени интегрирования.

### Выводы

Предложенные алгоритм и промежуточный преобразователь позволяют повысить эффективность измерительной системы, снизить затраты программных ресурсов, требуемых для контроля массы сырья в ёмкостях, и использовать более дешевые микропроцессорные устройства в информационно-измерительных устройствах и при этом компенсировать потерю в точности за счёт программно реализованных статистических методов. Использование гибкого времени интегрирования позволяет уменьшить время измерения за счёт программного прогнозирования значения математического ожидания в точке, когда дисперсия по прогнозам будет равна нулю.

### Литература

1. Тихонов В.И., Харисов В.Н. «Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем»: Учебн. Пособие для ВУЗов. - М.: Радио и связь, 1991.- 608с.:ил.
2. Шенк Х. Теория инженерного эксперимента. М., 1972. - 377 с.
3. Вентцель Е.С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения. М. 1988. - 480 с.