

ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УЧЕТА ДАННЫХ ПРИ ИНФОРМАЦИОННОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ И ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ НЕПРЕРЫВНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

БЕЛОВ А.А., канд. техн. наук, ЕЛОХИН С.О., студ.

Затрагиваются проблемы сбора и учета данных в автоматизированных системах информационного обеспечения управления качеством, функционирующих в непрерывных производственных процессах и основанных на статистических методах анализа факторов качества. Указываются подходы к решению этих проблем.

Ключевые слова: производственный процесс, исходные данные, степень дискретизации, качество продукта, алгоритм сбора первичной информации.

AUTOMATED DATA ACCOUNTING FEATURES FOR INFORMATION SUPPORT OF CONTINUOUS PRODUCTION QUALITY AND EFFICIENCY MANAGEMENT

A.A. BELOV, Candidate of Engineering, S.O. ELOKHIN, Student

The article is devoted to the problems of data collecting and accounting in automated systems of quality management dataware. These automated systems operate in continuous production processes and are based on statistical methods of quality factors analysis. Approaches to solving these problems are indicated.

Key words: production process, source data, discretization degree, quality of product, algorithm of source data collection.

Системно-процессный подход, используемый при моделировании объектов автоматизации управления качеством и эффективностью [3], определяет ряд требований к системе учета исходных данных. Одним из таких требований является применение интегрированного способа сбора и учета данных о технологических процессах [1]. В дискретных производственных процессах данное требование реализуется достаточно просто за счет соблюдения регламента по диспетчеризации производимых на всех стадиях (операциях) производственного процесса партий полуфабрикатов и изделий. В непрерывных производственных процессах такая возможность отсутствует в силу того, что в них полностью или частично (в процессах смешанного типа) пропадает понятие *партия* и возникает проблема дискретизации исходных данных. На эту проблему накладывается ряд других, среди которых проблема сопряженной дискретизации (когда расчётные степени дискретизации в последовательных или параллельных процессах различны и появляется необходимость их стыковки), а также проблема инертности непрерывного процесса, заключающаяся в том, что единовременное измерение показателей качества последовательных процессов и качества последовательно и непрерывно производимой продукции является неприемлемым с точки зрения интегрированного учета исходных данных, направляемых в блок анализа факторов.

Исходя из того, что основным инструментом анализа в системе принят аппарат математической статистики, требующий в качестве исходного материала дискретные наборы данных, а качество материала/изделия определяется как процент годного в партии этого материала/изделия, суть главной задачи сводится к следующему:

- 1) определить частоту измерения показателей;
- 2) определить способ формирования кампаний;
- 3) определить метод дискретизации непрерывных процессов при построении кампаний.

Первая проблема состоит в определении степени дискретизации в процессе получения исходных данных о технологических процессах (карты операций, показатели качества материалов/изделий). Вторая проблема заключается в выборе механизма автоматической регистрации всех данных о технологических операциях, который заключается в определении последовательности, длительности сбора первичной информации о технологическом процессе, а также в стыковке и индексации собираемых данных в рамках формируемой кампании¹ (третья проблема).

Частота измерения показателей. Для определения частоты измерения одного показателя качества (X) в непрерывном процессе используется формула

$$v = \frac{n}{N\tau} \quad (1)$$

Здесь n – это количество необходимых измерений в непрерывном процессе за время $N\tau$; N – количество возможных измерений в пределах одной партии (объем генеральной совокупности); τ – минимальный период измерения, которое способно производить измерительное устройство данного параметра/показателя X .

Если измерительное устройство способно работать в режиме реального времени, тогда τ определяется следующей формулой:

$$\tau = \frac{T}{2}, \quad (2)$$

где T – минимальный период измеряемого непрерывного процесса X . Получить минимальный период можно в процессе непрерывного мониторинга при помощи данного измерительного устройства.

Для расчета значения n используется формула определения размера собственно-случайной выборки:

¹ *Кампания* – полный жизненный цикл, который проходит изделие от закупки и обработки сырья и до завершающей операции, с присоединенной статистикой факторов качества.

$$n = \frac{t^2 \sigma^2 N}{\Delta^2 N + t^2 \sigma^2}, \quad (3)$$

где t – квантиль нормального распределения процесса X , $t = t(q, N - 1)$, $q = 0,05$ – уровень значимости (для вероятности, равной 95 %), а N определяется временем проведения эксперимента для определения дисперсии процесса σ^2 ; Δ – погрешность измерения показателя X данным измерительным прибором.

В том случае, если исходные данные для системы выбираются из существующей информационной базы данных (например, из баз данных автоматизированных систем управления технологическими процессами – SCADA), выполняется аналогичное исследование дискретности процессов по имеющимся в этих информационных базах данным. В случае более высокой степени дискретизации в базах данных SCADA, по сравнению с требуемой, необходимо выполнять агрегацию данных из БД (усреднение между контрольными точками).

Качество продукта и эффективность в непрерывном процессе. Продукт в непрерывном процессе (рис. 1), как правило, имеет однородную непрерывную структуру. В связи с этим для дискретизации (при цифровом мониторинге в целях дальнейшего хранения информации для анализа) информации о качестве продукт в непрерывном процессе предлагается разбивать на партии. Выделение партий с учетом постоянного потока G возможно производить по формуле

$$V = G t^*. \quad (4)$$

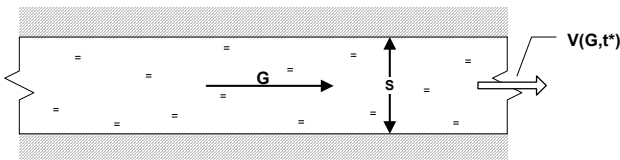


Рис. 1. Непрерывный выходной продукт: G – поток; S – сечение канала; V – объем выходного продукта

Если под партией понимать некоторый продукт определенного количества (V) и качества (Q), получаемый в результате некоторой технологической операции, то для определения качества партии используется следующий прием.

Время t^* определяется длительностью исполнения технологической операции (информация выбирается из модели технологического процесса (см. ниже)). Если качество продукта определяется k показателями, то для каждого показателя по вышеизложенному методу определяется частота измерения (v), затем количество измерений, которые следует произвести для репрезентативной оценки качества продукта по данному показателю по формуле

$$n^* = v t^*. \quad (5)$$

Через равные промежутки времени $\Delta t = t^*/n^*$ необходимо произвести измерение показателя в реальном режиме времени. Если для k показателей частота измерения (v) различна, то выбира-

ется наименьшее из рассчитанных значений частоты, при этом рассчитанные частоты, меньшие $v_{\max} = \max_{i \in \text{isisk}}(v_i)$, заменяются на максимально допустимые (для измерительного оборудования), меньшие v_{\max} :

$$v = \min_{i \in \text{isisk}}(\max v_i). \quad (6)$$

Качество определяется процентом измерений, не вышедших за нормативные границы, определяемые технологией производства (границы обозначаются в модели технологического процесса). Формализовано качество можно определить как

$$Q = \frac{\sum_{i=1}^{n^*} \sum_{j=1}^k \left[mt(q_{ij}, q_j^-) lt(q_{ij}, q_j^+) \right]}{n^*} 100\%, \quad (7)$$

где q_{ij} – значение i -го показателя качества продукта в j -м измерении; q_j^- и q_j^+ – соответственно нижняя и верхняя границы j -го показателя качества по технологии исполнения данной операции; mt и lt – некоторые математические операции, возвращающие значение 0 или 1, в зависимости от условий:

$$mt = \begin{cases} 1, & \text{если } q_{ij} \geq q_j^-, \\ 0, & \text{если } q_{ij} < q_j^-, \end{cases} \quad lt = \begin{cases} 1, & \text{если } q_{ij} \leq q_j^+, \\ 0, & \text{если } q_{ij} > q_j^+. \end{cases}$$

Таким образом, в результате дискретизации непрерывного потока производимого продукта получаем множество партий, имеющих определяемую количественную (V) и качественную (Q) характеристики.

Дискретизация при учете и мониторинге эффективности производственного процесса при непрерывном производстве продукции, в соответствии с формулой $\Theta = \frac{Q}{R}$, будет сводиться к дискретизации

измерения показателей качества процессов и производимой продукции. Учет затрат при этом можно производить по той же схеме, которая применяется при дискретном типе производства [3].

Формирование кампаний в непрерывных процессах. Не всегда возможно предварительно определить требуемую степень дискретизации, например, в тех случаях, когда комплексная система автоматизации объекта находится в стадии проектирования, и реальных данных в базах АСУТП еще не существует. В такой ситуации определение степени дискретизации необходимо выполнять в зависимости от настройки модели технологического процесса, которая включает в себя систему технологических операций [1] и схему построения кампаний.

Данная задача решается за счет использования диаграмм Ганта, которые позволяют настроить длительность и последовательность технологических операций в производственном процессе. На основе такой информации о режиме учета технологических операций строится схема автоматической регистрации данных в непрерывных процессах (рис. 2).

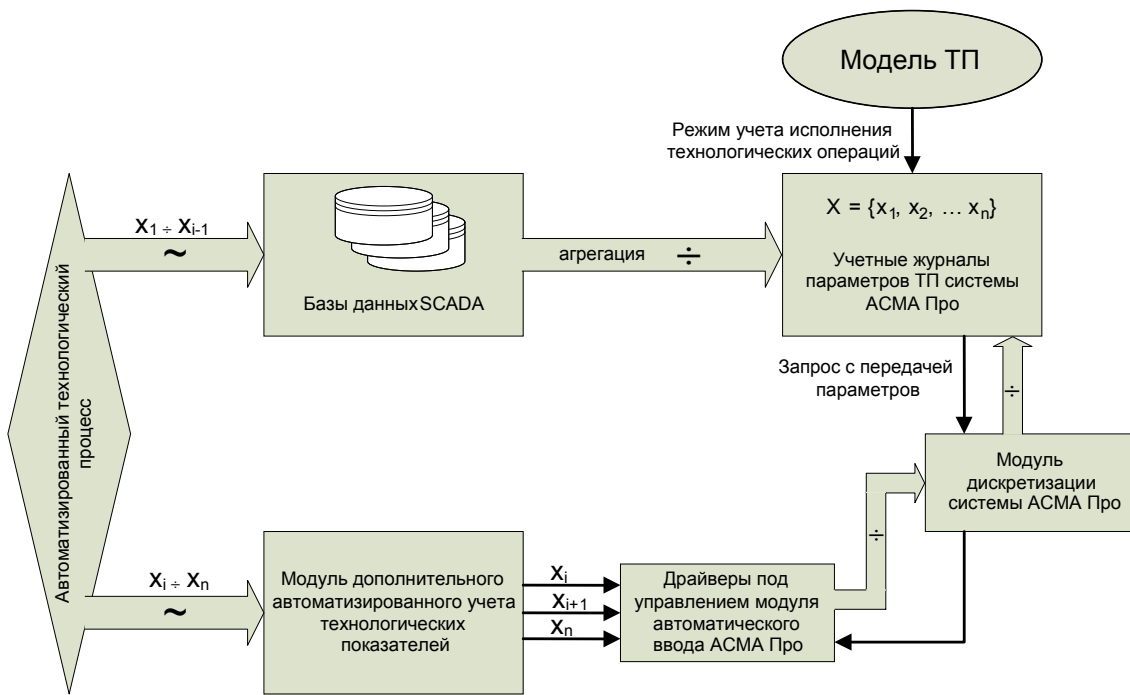


Рис. 2. Схема автоматического учета технологических показателей в системе АСМА Про («~» – показатели непрерывного процесса, «÷» – дискретные показатели)

Таким образом, модель технологического процесса дополняется диаграммой, моделирующей последовательность исполнения и длительность операций. Если схема процесса включает в себя циклы, то есть повторное m -кратное выполнение некоторых операций (обратные продуктно-ресурсные связи), тогда для каждого выделенного цикла в структуре процесса определяется кратность выполнения в течение полного производственного цикла – кампании. При этом диаграмма может выглядеть следующим образом (рис. 3).

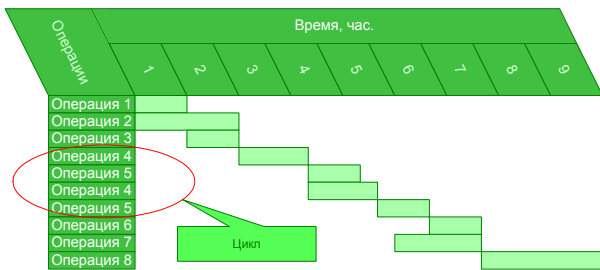


Рис. 3. Пример диаграммы, определяющей режим исполнения операций

Дискретизация непрерывных процессов при построении кампании. При изложенном выше подходе возникает вопрос о том, каким образом выполнять индексирование регистрируемых показателей в условиях различной степени дискретизации отдельных параметров/показателей (рис. 4). Действительно, существует два выхода из такой ситуации.

Первый вариант – увеличивать степень дискретизации показателя X напрямую (увеличить частоту опроса источников первичной информации, что не всегда возможно по техническим причинам либо по причинам стыковки с другими системами учета)

или искусственно, например, путем интерполяции, но в любом случае получая при этом избыточность первичной информации в аналитической базе данных системы.

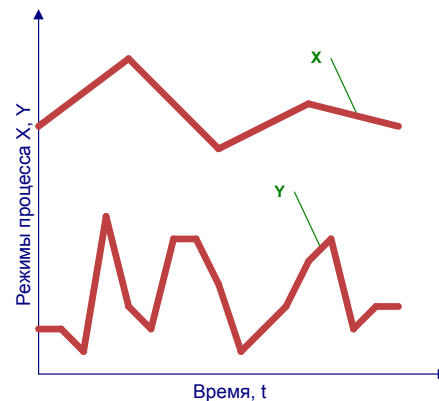


Рис. 4. Изменчивость случайного процесса в разрезе двух показателей

Второй вариант – снижение степени дискретизации показателя Y , что неизбежно приведет к частичной потере информации в результате сглаживания графика, следовательно, к снижению адекватности получаемых в результате обработки данных образов (моделей) объекта, что, в свою очередь, приведет к ошибкам при принятии решений, связанных с интерпретацией получаемой от системы выходной информации об управляемом объекте.

Существует и оптимальный (промежуточный) вариант, когда выбирается максимальная степень дискретизации, а дискретизация остальных случайных величин приводится с учетом возможностей измерительного оборудования (или баз данных SCADA) к выбранному максимальному значению (формула (6)).

На первый взгляд, наименее приемлемым кажется второй вариант – с частичной потерей информации, третий вариант в значительной степени усложняет алгоритм дискретизации в схеме рис. 2. Однако существует ряд критериев, по которым следует делать выбор в пользу того или иного метода, например:

1. *Адекватность выходной информации* (информационного образа объекта): чем чаще измеряются показатели, тем больше формируется кампаний в аналитической базе данных, тем выше регистрируемая изменчивость случайных процессов из-за меньшей потери первичной информации о режимах операций.

2. *Количество степеней качества (годности) партий производимых продуктов* – процент годного: чем больше регистрируемый объем партий, тем выше вероятность события попадания негодного продукта $p(g_i)$ в партию объемом V (см. формулу (7)).

3. *Длительность исполнения технологических операций t^** . Влияет на количество измерений режимов процесса, производимых в течение этого времени: необходимо обеспечить достаточное время исполнения операции, чтобы в него уложилось хотя бы две точки измерения случайной величины с минимальной степенью дискретизации.

4. *Длительность хранения учетных данных о параметрах процесса в базах данных SCADA*.

Иными словами, метод должен позволять производить настройку некоторых параметров модели, чтобы обеспечить оптимальный режим некоторого функционала, который бы максимизировал критерий 1, минимизировал критерий 2 и обеспечил минимальное соблюдение критерия 3 или максимизировал его. Такими параметрами могут быть:

а) длительность операций в диаграмме режима их учета;

б) размеры серий измерений технологических параметров из режимных карт производственного оборудования.

Изменяя параметры модели производственного процесса можно достаточно гибко управлять процессом сбора и учета первичных данных, поступающих в СИО, с одновременным соблюдением требования интегрированного учета.

Суммируя все вышесказанное и на основе изложенного подхода, обозначим общий алгоритм сбора первичной информации из внешних источников для одной технологической операции (рис. 5). Алгоритм выполняется для каждой технологической операции в рамках одной кампании в соответствии с настроенным режимом формирования кампаний.

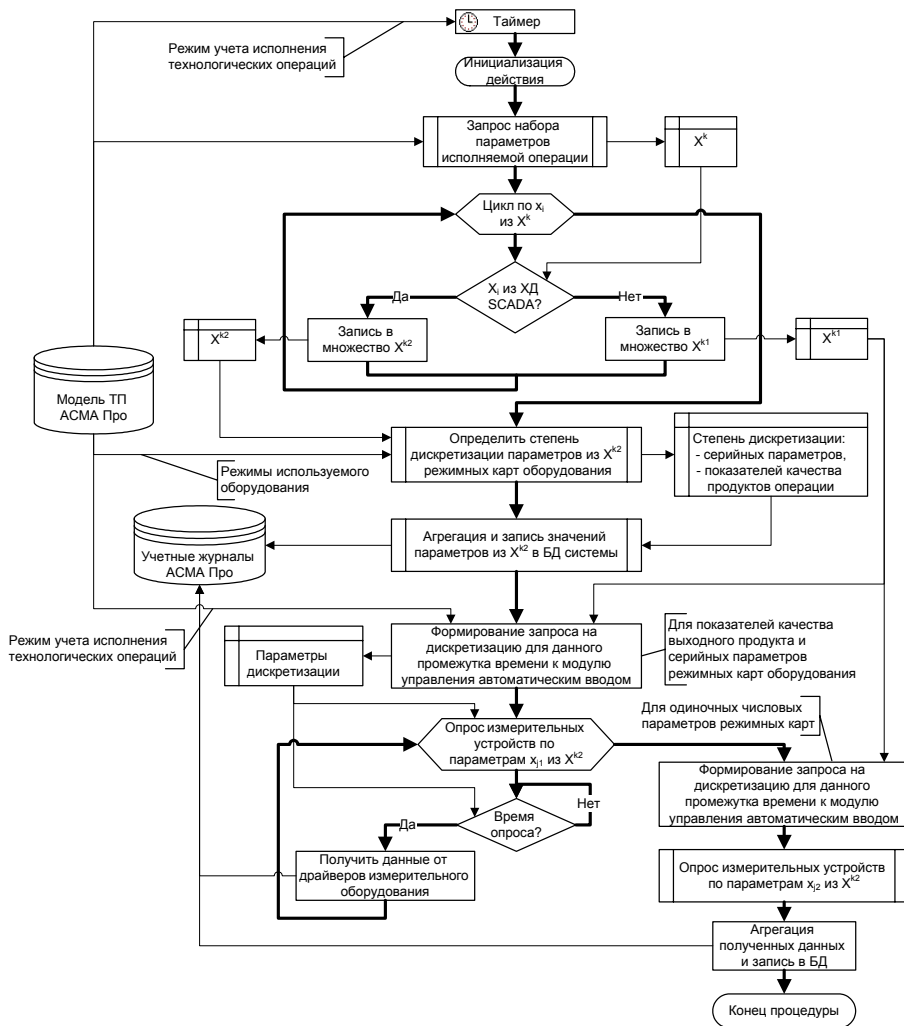


Рис. 5. Блок-схема алгоритма формирования кампаний в режиме автоматического ввода данных

Реализуя приведенный подход в модуле автоматизированного сбора и учета первичных данных, можно добиться значительного расширения функциональности программного комплекса [2] и сферы его применения.

Список литературы

1. **Белов А.А., Елохин С.О.** Аналитические аспекты автоматизации оперативного управления в системах

менеджмента качества // Вестник ИГЭУ. – 2007. – Вып. 4. – С. 53–58.

2. **Белов А.А., Елохин С.О., Чайкин М.В.** Программный комплекс «Автоматизированная система мониторинга и анализа качества и эффективности производства» («АСМА Про»). Свид. о государственной регистрации программы для ЭВМ №2008610670 от 07.02.2008 г.

3. **Белов А.А., Чайкин М.В.** Системно-процессный подход для мониторинга эффективности производства / Современные проблемы информатизации в экономике и обеспечении безопасности: Сб. тр. Вып. 13. / Под ред. О.Я. Кравца. – Воронеж: Научная книга, 2008.

Белов Александр Аркадьевич,
ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,
кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий,
belov@it.ispu.ru

Елохин Сергей Олегович,
ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,
студент,
телефон (4932) 26-98-52.