

3. *Gordon Richard K., Mitra R.* Finite Element Analysis of Axisymmetric Radomes // IEEE Trans. Antenna Propagat. – July 1993. – Vol. AP-41, №7. – P. 975-981.
4. *Sembiam R. Rengarajan, Edmond S. Gillespie.* Asymptotic Approximations in Radome Analysis // IEEE Trans. Antenna Propagat. – 1998. – Vol. AP-36, № 3. – P. 635-644.
5. *Ercument Arvas, Saira Ponnappalli* Scattering Cross Section of a small Radome of Arbitrary Shape // IEEE Trans. Antenna Propagat. – 1989. – Vol. AP-37, № 5. – P.655-658.
6. *Князева Л.В.* Методы расчета характеристик системы антенна-обтекатель // Антенны. – 1998. – Вып. 1. (40). – С. 66-75.
7. *Крылов В.П., Подольхов И.В., Ромашин В.Г., Шадрин А.П.* Метод математического профилирования антенных обтекателей // Радиотехника. – 2002. – № 11. – С. 20-24.
8. *Грищенко С.Г.* Алгоритм квазиоптического моделирования антенных обтекателей // Антенны. – 2007. – № 5. – С. 40-47.
9. *Грищенко С.Г.* Исследование характеристик тел вращения произвольной формы в квазиоптической области // Изв. вузов. Радиоэлектроника. – 1993. – Т. 36, № 2. – С. 69-72.
10. *Кисель Н.Н.* Исследование влияния обтекателя на характеристики бортовых антенн // Рассеяние электромагнитных волн: Межвед. сб.науч.-техн.статей. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2006. Вып. 14. – С. 8 7-96.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор В.В Тютиков.

Кисель Наталья Николаевна – Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге; e-mail: dekanat-rtf@tti.sfedu.ru; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, ГСП-17А; тел.: 88634371634; кафедра антенн и радиопередающих устройств; профессор; к.т.н.; доцент.

Грищенко Сергей Григорьевич – радиотехнический факультет; декан; к.т.н.; доцент.

Kisel' Natalia Nikolayevna – Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education «Southern Federal University»; e-mail: dekanat-rtf@tti.sfedu.ru; GSP-17A, 44, Nekrasovsky, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634371634; the department of antennas and radio transmitters; professor; cand. of eng. sc.; associate professor.

Grishchenko Sergey Grigorievich – the college of radio engineering; dean; cand. of eng. sc.; associate professor.

УДК 681.3.01

С.И. Клевцов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОМЕНТА СКАЧКООБРАЗНОГО ИЗМЕНЕНИЯ БЫСТРОПЕРЕМЕННОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ВЕЛИЧИНЫ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИАГРАММ ПУАНКАРЕ

Разработан обобщенный алгоритм определения и прогнозирования скачкообразного изменения быстропеременной физической величины, определяющей состояние объекта. Алгоритм построен на основе обработки диаграмм Пуанкаре, формируемых в реальном времени локальным массивом точек временного ряда значений физической величины. Массив вырезается заданным фиксированным временным окном в процессе его перемещения по временному ряду значений физической величины, снимаемых датчиком системы мониторинга. Алгоритм обеспечивает в реальном времени реализацию процедуры выявления возможности возникновения нештатной ситуации на ранней стадии ее развития с помощью микропроцессорного модуля, расположенного на нижнем уровне системы мониторинга технического объекта. Алгоритм характеризуется простотой реализации, низкой ресурсоемкостью, может быть использован для обработки сигналов с высоким уровнем шумов.

Скачкообразное изменение сигнала; алгоритм; микропроцессорный модуль; реальное время.

S.I. Klevtsov

DEFINITION OF THE MOMENT OF SPASMODIC CHANGE FOR QUICKLY VARIABLE PHYSICAL SIZE IN REAL TIME WITH POINCARÉ'S DIAGRAMS USE

The general algorithm of definition and forecasting of spasmodic change is developed for quickly variable physical size defining a condition of object. The algorithm is constructed on the basis of Poincaré's diagrammes which are formed in real time. The diagramme is formed on the basis of a local file which consists of the points of a time number representing values of physical size. The file is cut out by the set fixed time window in the course of its moving on a time number of values of the physical size removed by the gauge of monitoring system. The algorithm provides sign revealing that there can be a supernumerary situation in real time. This possibility is defined at an early stage of its development. The microprocessor module located at the bottom level of monitoring system is for this purpose used. The system is used for monitoring of technical object.

Spasmodic change of a signal, algorithm, the microprocessor module, real time.

Одной из наиболее важных задач мониторинга технического объекта является задача своевременного обнаружения существенных изменений физических величин (переменных состояния), характеризующих состояние объекта. Скачкообразное изменение даже одной переменной, как правило, сигнализирует о возможности серьезной трансформации состояния объекта, которое может привести к нештатной ситуации или аварии. Для предотвращения негативного сценария важно как можно раньше зафиксировать момент резкого роста или снижения значений переменной относительно уровня, характеризующего штатное функционирование объекта, чтобы иметь возможность обработать данные и принять решение по устранению условий нештатной ситуации на нижнем уровне системы мониторинга этого объекта [1].

Таким образом, задача состоит в обнаружении скачкообразных изменений переменной в реальном масштабе времени с использованием микропроцессорного модуля системы мониторинга технического объекта. Основная проблема сводится к скорейшему обнаружению скачкообразного изменения переменной в условиях, когда существующие сложные и ресурсоемкие алгоритмы, например, представленные в работе [2], не могут быть использованы из-за ограничений аппаратной составляющей модуля. Кроме того, реализация этих алгоритмов для быстропеременной физической величины, например ускорения, фиксируемого при движении автомобиля, при наличии значительных помех, создаваемых работой двигателя, неровностями дороги, крепления акселерометра и др., связана с серьезными трудностями и может привести к значительным погрешностям в оценке момента скачка.

Для реализации алгоритма в микропроцессорном модуле необходимо учитывать особенности съема информации, связанные с цифровой обработкой сигналов. Шаг дискретизации при съеме данных можно установить небольшим, чтобы изменение переменной в течение нескольких последовательных шагов было незначительным. Это позволит повысить точность оценки и снизить погрешности. При существенном влиянии внешних факторов на значения переменной для снижения связанной с этим влиянием погрешности используются специальные алгоритмы обработки данных [3].

Предлагаемая модель и алгоритм реализации должны иметь, как минимум, следующие показатели качества [2]:

- ◆ малое количество ошибочных тревог (т.е. нужно большое среднее время между ошибочными тревогами);
- ◆ малое запаздывание в обнаружении (показателем является среднее время запаздывания в обнаружении скачкообразного изменения сигнала).

Для определения момента существенного изменения переменной состояния объекта предлагается модель и алгоритм оценки, в основе которых лежит обработка последовательности диаграмм Пуанкаре [4]. Диаграмма Пуанкаре строится с использованием временного ряда, формируемого в реальном времени в процессе съема значений контролируемой переменной объекта, и представляет собой точечное графическое отображение N значений временной последовательности $G_k = \{g_k, k = 1, \dots, N\}$ на двумерном поле, в котором ординатой точки является значение g_k , а абсциссой – предшествующее значение g_{k-1} .

Для оценки быстропротекающих процессов, таких как скачкообразное изменение переменной состояния объекта, важно определить, как изменяется состояние процесса во времени. В этом случае можно воспользоваться временным окном, которое будет двигаться вдоль временного ряда, вырезая из множества исходных данных подмножество с неизменным количеством временных отсчетов. Таким образом, подмножество будет характеризоваться постоянным количеством входящих в него элементов и положением на временной оси формирующего это множество временного окна, например, начальная и конечная временные точки для текущей версии подмножества. Применение данного подхода к построению диаграмм Пуанкаре позволяет выявить динамику изменения состояния процесса.

На рис. 1 представлены результаты измерения ускорения по оси Y 3-осевого акселерометра, установленного на автомобиле, в процессе выполнения поворота налево.

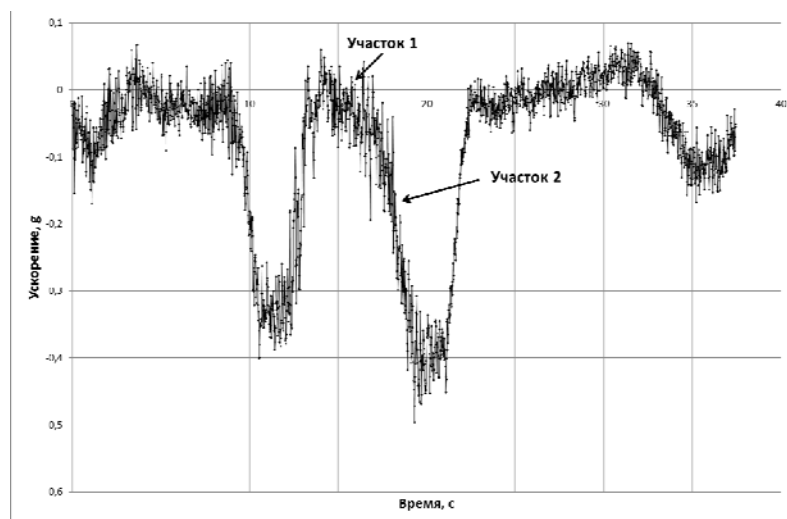


Рис. 1. Изменение ускорения автомобиля по оси Y

На рис. 1 имеются участки резкого изменения сигнала ускорения, характеризующие усиление неустойчивости объекта, в данном случае ухудшение устойчивости автомобиля на дороге. Диаграммы Пуанкаре с заданным фиксированным количеством точек временного ряда для таких участков имеют значительный разброс точек относительно центра масс всей совокупности точек, приведенных на диаграмме, в отличие от диаграмм, построенных на участках с незначительными изменениями сигнала (рис. 2).

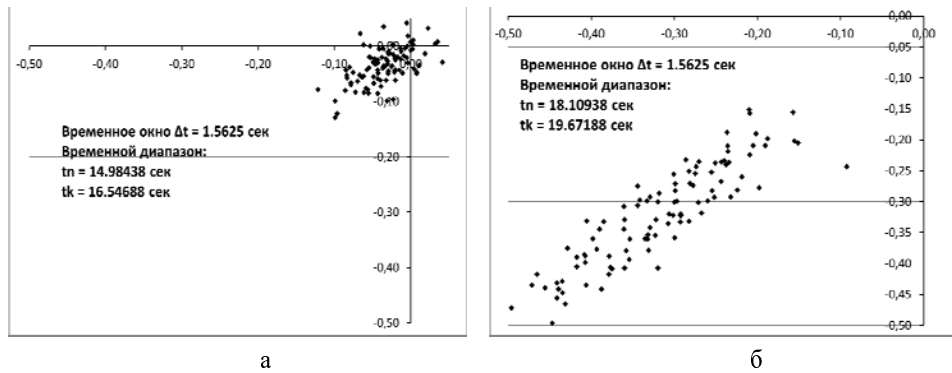


Рис. 2. Диаграмма Пуанкаре, соответствующая графику изменения ускорения по оси Y (рис. 1) на участке 1 (а) и участке 2 (б)

Для определения момента времени скачкообразного изменения сигнала предлагается следующий обобщенный алгоритм:

1. В качестве временного интервала Δt выбирается минимальный промежуток времени, в течение которого для данного типа объекта характерен переход от одного среднего уровня снимаемого параметра к другому. Для каждого типа объекта и в зависимости от требований решаемой задачи временной интервал Δt будет различным. На величину временного интервала также может повлиять помеховый сигнал.
2. Формирование диаграммы Пуанкаре осуществляется в реальном времени для каждого сдвига временного окна на один отсчет по временной оси. Временное окно охватывает определенный массив точек временного ряда. При перемещении окна количество точек массива не изменяется, но состав меняется, – из состава массива исключается самая «старая» точка и добавляется новая точка, представляющая измеренное в текущий момент времени значение сигнала.
3. Для каждой диаграммы определяется среднеквадратическое отклонение точек от точки центра масс диаграммы в соответствии со следующими соотношениями:

Координаты центра масс определяются по формулам

$$\bar{G}_Y = \frac{\sum_{j=in}^{ik} g_j r_j}{\sum_{j=in}^{ik} r_j}; \quad \bar{G}_{Y-1} = \frac{\sum_{j=in-1}^{ik-1} g_j r_j}{\sum_{j=ik-1}^{j=in-1} r_j},$$

где \bar{G}_Y, \bar{G}_{Y-1} – координаты центра масс точек на области определения диаграммы Пуанкаре;

g_j, r_j – значение j -го элемента временного ряда значений сигнала и его вес;

$N = ik - in + 1$ – число точек временного ряда, попавших в диапазон, определяемый временным окном.

Среднеквадратическое отклонение точек диаграммы Пуанкаре от точки их центра масс находится по формуле

$$\sigma = \sqrt{\sum_{j=in}^{ik} (g_j - \bar{G}_Y)^2 + \sum_{j=in-1}^{ik-1} (g_j - \bar{G}_{Y-1})^2} / \sqrt{N-1}.$$

1. В реальном времени формируется зависимость $\sigma = \sigma(t)$. При этом момент времени, связываемый с вычисленным значением σ , равен значению времени текущего отсчета.
2. Определяется критическое значение изменения уровня среднеквадратического отклонения $\Delta\sigma_{кр}$, характеризующее границу допустимости изменения уровня сигнала за заданный промежуток времени $\Delta t_{кр}$.
3. С использованием критерия в процессе анализа зависимости $\sigma = \sigma(t)$ в реальном времени фиксируется момент времени скачкообразного изменения сигнала.

На рис. 3 представлен график зависимости $\sigma = \sigma(t)$, построенный на основе обработки данных об изменении ускорения автомобиля по оси Y при выполнении поворота (см. рис. 1). Временное окно выбрано размером 0,9375 с или 60 точек временного ряда.

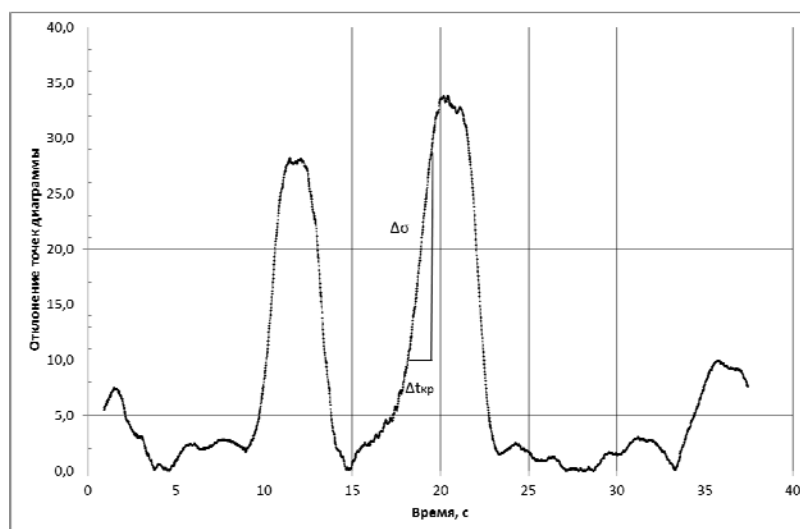


Рис. 3. Зависимость $\sigma = \sigma(t)$

Поскольку заданный промежуток времени $\Delta t_{кр}$ соответствует определенному количеству точек временного ряда, процедура определения момента времени, когда выполняется критерий $\Delta\sigma > \Delta\sigma_{кр}$ при условии $\Delta t \leq \Delta t_{кр}$, осуществляется с помощью сравнения значений σ в начале и в конце интервала $\Delta t_{кр}$, который перемещается по временной оси синхронно с временным окном, используемым при построении диаграмм Пуанкаре. Представленные результаты обработки диаграмм Пуанкаре также могут быть использованы в процедуре прогнозирования изменения сигналов в реальном времени [5].

Таким образом, разработан обобщенный алгоритм определения и прогнозирования скачкообразного изменения быстропеременной физической величины, определяющей состояние объекта, обеспечивающий реализацию процедур выявления в реальном времени возможности возникновения нештатной ситуации на ранней стадии ее развития с помощью микропроцессорного модуля, расположенного на нижнем уровне системы мониторинга объекта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Клевцов С.И.* Прогнозирование измерения состояния параметров технического объекта с помощью интеллектуального микропроцессорного модуля // Проблемы разработки перспективных микро- и наноэлектронных систем – 2010: Сб. науч. трудов. – М.: ИППМ РАН, 2010. – С. 619-622.
2. *Бассвиль. М., Банвениста А.* Обнаружение изменения свойств сигналов и динамических систем: Пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 278 с.
3. *Клевцов С.И.* Мультиотрезочная пространственная аппроксимация градуировочной характеристики микропроцессорного датчика// Метрология. – М.: ФГУП «Стандартинформ», 2011. Вып. 7. – С. 26-36.
4. *Новоселов О.Н.* Идентификация и анализ динамических систем. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2010. – 424 с.
5. *Клевцов С.И.* Особенности выбора параметров настройки модели сглаживающего временного ряда для осуществления краткосрочного прогнозирования изменения физической величины // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2011. – № 5 (118). – С. 133-138.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор В.В Тютиков.

Клевцов Сергей Иванович – Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге; e-mail: sergkmps@mail.ru; 347900, г. Таганрог, ул. Петровская, 81; тел.: 88634328025; кафедра микропроцессорных систем; к.т.н.; доцент.

Klevtsov Sergey Ivanovich – Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail: sergkmps@mail.ru; 81, Petrovsky street, Taganrog, 347900, Russia; phone: +78634328025; the department of microprocessor systems; cand. of eng. sc.; associate professor.

УДК 004.82

В.А. Яровенко

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОДЕЛИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И СРЕДСТВ
УПРАВЛЕНИЯ МАССИВОМ ДАННЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ***

В настоящее время для повышения эффективности в инженерной и изобретательской деятельности вместо привычных печатных книг и учебников все чаще используют информационные ресурсы структурированных знаний, в том числе и физических. На кафедре САПР и ПК ВолгГТУ в течение длительного времени ведутся работы по созданию банка данных физических знаний в виде ФЭ. В статье дается описание усовершенствованной модели физического эффекта (ФЭ) и централизованной системы администрирования базой данных ФЭ. Главной особенностью созданной модели является ее гибкость и инвариантность по отношению к предметной области. Централизованное управление базой данных позволяет модифицировать и дополнять описания ФЭ с учетом созданной гибкой структуры модели ФЭ.

Физический эффект; выходная карта; входная карта; тезаурус; многоуровневое представление; гибкая структура.

* Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (проект № 10-01-00135-а).