

УДК 681.5:517.444

АЛГОРИТМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ОДНОМЕРНЫХ СИГНАЛОВ В МНОГОМЕРНЫЕ В ФОРМАТЕ ВРЕМЯ-ЧАСТОТНЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ

Федосенков Д.Б. ¹, к.т.н, начальник отдела управления активами

Симилова А.А. ², к.т.н, преподаватель

Сулимова А.А. ², аспирант гр. МРа-201, I курс

Федосенков Б.А. ², д.т.н., профессор

¹ Сибирская генерирующая компания, г. Москва

² Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева,
г. Кемерово

В результате исследований нестационарных переходных процессов с время-зависимой частотой, протекающих в технических объектах и технологических системах различного назначения, установлено, что наиболее эффективным математическим способом их анализа является аппарат вейвлет-преобразований [1, 2]. Кроме того, использование вейвлет-среды для реализации данного способа анализа скалярных сигналов в сложных по топологии структурах представляет собой эффективный способ автоматизации при отработке функций контроля и управления динамикой производственных объектов. Причина этого обстоятельства кроется в такой возможности предлагаемого аппарата, как его способность представлять и в дальнейшем исследовать исходные одномерные технологические/ производственные сигналы в многомерной форме более разнообразными и эффективными инструментальными средствами в сравнении с традиционными.

В работе рассмотрены процедуры преобразования *одномерных сигналов* на примере сигналов дозирования, представляющих собой сигналы, снимаемые с датчиков расхода сыпучих мелкодисперсных материалов на выходе дозирующих устройств непрерывного и дискретного действия.

Необходимость подобного преобразования сигнальных функций одномерного пространства в многомерную вейвлет-среду дает возможность информационно ёмко и функционально прозрачно контролировать в такой среде процессы дозирования и управлять их динамикой на предсмесительной стадии. Гармонизация материальных потоков на этой стадии, стабилизация их в номинальном режиме является ключевым средством для приготовления мультикомпонентных смесей с высокой степенью однородности, что способствует получению конечного продукта высокого качества.

В ходе исследований переходных процессов в технологиях смешивания и разделения, было выявлено, что процессы могут быть описаны синусоидально-подобными сигналами, мгновенная частота которых представляет собой время-зависимую функцию. Такого рода функции в теории обработки сигналов именуется чирп-сигналами [1].

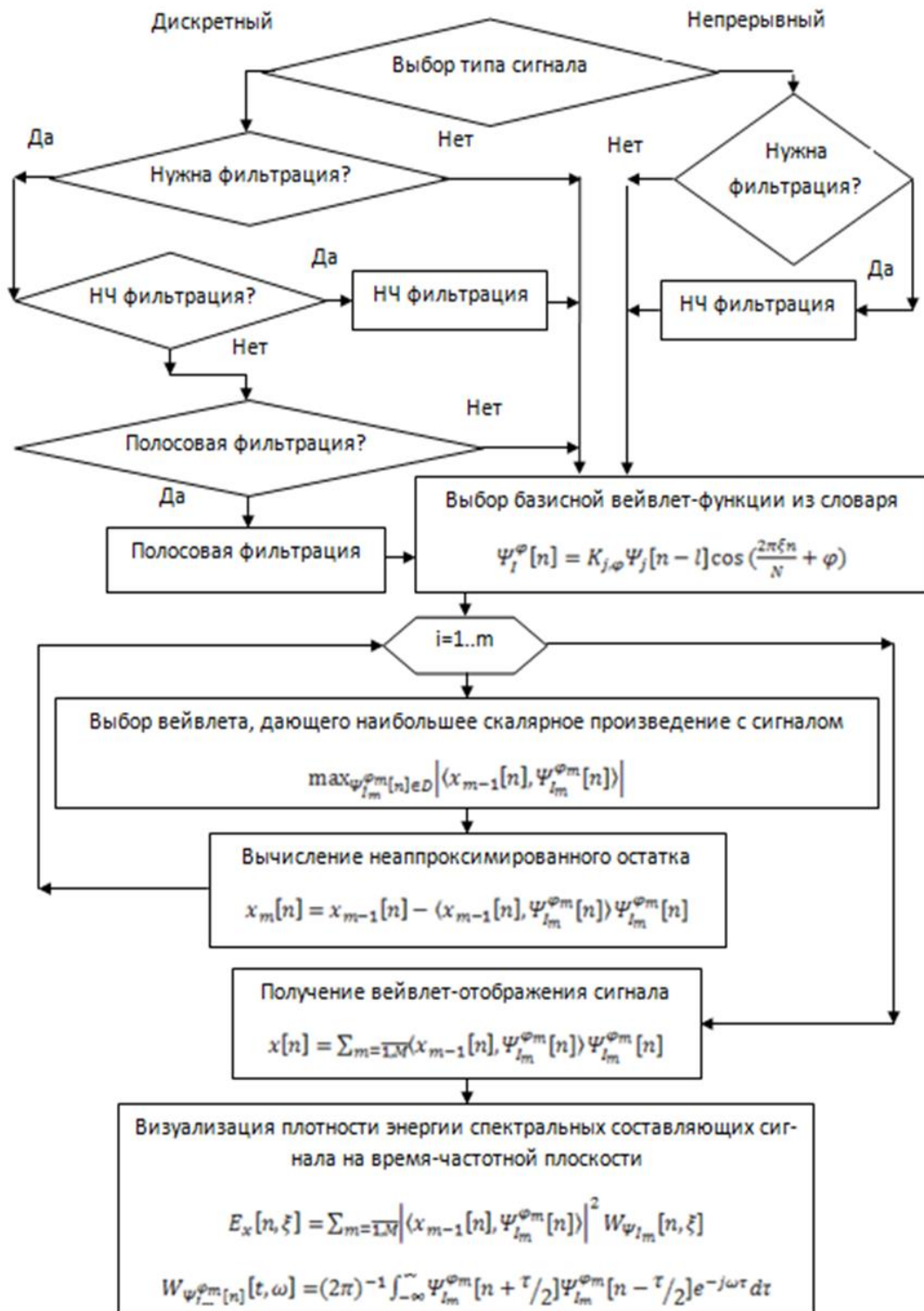


Рис. 1. Блок-схема алгоритма генерации трехмерного изображения текущих скалярных сигналов дозирования

Методы вейвлет-преобразований, будучи реализованными в специфической среде так называемых время-частотных распределений (распределений класса Коэна) [3, 4, 5], позволяют осуществлять в рамках автоматизированной системы активное *управление* технологическим процессом, *синхронизированное* с процессом мониторинга текущего состояния объекта.

Кроме того, многомерность отображений текущих процессов в вейвлет-среде выводит такую технологию анализа сигналов на уровень *многомерных систем супервизорного управления и сбора данных*.

На рис. 1 изображена блок-схема отображения 1D-сигналов в 3D-формате.

На начальной стадии алгоритма исходный 1D-сигнал идентифицируется как относящийся к классу непрерывных или дискретных функций. Затем сигнал подвергается соответствующей фильтрации, после чего производится «проецирование» сигнала на словарь вейвлет-функций Габора [1, 5], обладающих определенным набором параметров (здесь: смещение, масштаб, частота и начальная фаза).

В ходе реализации алгоритма решается задача представления исходного сигнала в виде отработки двухэтапной процедуры: преобразования одномерного сигнала путем его адаптивной аппроксимации по алгоритму вейвлет-поиска соответствия (ВПС-алгоритму) [2, 5] в соответствующий вейвлет-ряд, который далее отображается в 3D-формате в вейвлет-среде время-частотных распределений.

Поэтому на последующих этапах рассматривается формирование вейвлет-ряда на основании итерационного процесса поиска в вейвлет-словаре определенных вейвлет-функций, отбираемых по критерию максимума скалярных произведений фрагментов анализируемого сигнала и соответствующих вейвлетов словаря. Здесь же, на каждой итерации ВПС-алгоритма производится вычисление неаппроксимированного остатка исходного сигнала и сравнение этого остатка с допустимой ошибкой аппроксимации. При выполнении требований допустимости к процедуре аппроксимации итеративный процесс останавливается, при противоположном исходе многоходовый процесс итераций продолжается.

После останова итеративного процесса адаптивной аппроксимации полученный сигнал в соответствии с распределением Вигнера-Вилле [2, 5, 6] отображается в трехмерной среде в форме визуализированного представления плотности энергии спектральных составляющих анализируемого сигнала.

По полученному визуально-графическому 3D-отображению одномерного нестационарного технологического сигнала определяются параметры процесса изменения мгновенной частоты чирп-сигнала, после чего вырабатывается управляющее *воздействие* на основе модального управления [7, 8], *приводящее* к нормализации технологического режима.

Список литературы:

1. Mallat, S. A wavelet tour of signal processing / S. Mallat. – New York: Academic Press (2nd Ed.), Ecole Polytechnique, Paris; Courant Institute, New York University, Library of Congress Catalog Card Number: 99-65087, 1999; Reprinted 2001. – 637 p.; 3d Edition. The Sparse Way. Academic Press, 2008. – 832 p.

2. Федосенков, Д.Б. Техническая реализация автоматизированной системы управления смесеприготовительными процессами в вейвлет-среде / Д.Б. Федосенков, А.А. Симикова, И.В. Судаков, Б.А. Федосенков // Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (CAD/CAM/PDM – 2016).

Труды XVI-ой международной конференции ИПУ РАН имени В.А. Трапезникова. Под ред. Ф.В. Толока. М.: ООО «Аналитик». – 2016. – С. 241–244.

3. Auger, F., Chassande-Mottin, E. Quadratic time-frequency analysis I: Cohen's class, Time-frequency analysis: concepts and methods / F. Auger, E. Chassande-Mottin // ISTE, 2008, January. – P. 131–163.

4. Boashash, B. Measures, performance assessment, and enhancement TFDs. – In Time-frequency signal analysis and processing: a comprehensive reference / B. Boashash // Academic Press. – 2016, January. – P. 387–452.

5. Cohen's class time-frequency distributions for measurement signals as a means of monitoring technological processes / D.B. Fedosenkov [et al.] // Steel in Translation. – 2019. – Vol. 49, № 4. – P. 252–256.

6. Debnath, L. Recent development in the Wigner-Ville distribution and time-frequency signal analysis / L. Debnath // PINSА. – January 2002. – Vol. 68 (A), № 1. – P. 35–56.

7. Дорф, Р. С. Современные системы управления / Р. С. Дорф, Р. Х. Бишоп. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2002. – 832 с.

8. Гудвин, Г.К. Проектирование систем управления / Г.К. Гудвин, С.Ф. Гребне, М.Э. Сальгадо. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. – 911 с.