

## Регулирование веса бумажного полотна на основе метода экстремальной фильтрации для систем реального времени с помощью покадровой обработки сигнала

*Н.В. Лысова, Н.В. Мясникова*

*Пензенский государственный университет, Пенза*

**Аннотация:** Проведено сравнение двух методов анализа трендов, регистрируемых сканером - EMD и ЭФ. Приведены информативные составляющие, для построения прогноза, который может использоваться для изменения регулятора в системе.

**Ключевые слова:** Декомпозиция на эмпирические моды (EMD), экстремальная фильтрация (ЭФ), бумагоделательная машина (БДМ).

В настоящее время целлюлозно-бумажная промышленность представляет одну из ведущих отраслей не только в России, но и в мире и непосредственно влияет на экономику.

Сегодня качество продукции является определяющими факторами. Конкурентоспособность бумаги определяется востребованностью, в свою очередь и готовое бумажное полотно должно обладать характеристиками, которые соответствуют требованиям потребителя. Именно поэтому сейчас перед производителем наиболее остро стоит вопрос о повышении качества производимой бумаги при максимальной экономии сырья, электроэнергии и других материальных ресурсов.

На рис. 1 представлена функциональная схема регулирования веса квадратного метра бумаги [1]. «На линии рабочего бассейна стоит массная задвижка, которая регулирует количество поступающей бумажной массы высокой концентрации в общий поток. В смесительные насосы №1 и №2 поступает обратная вода с сеточного стола бумагоделательной машины с низкой концентрацией бумажных волокон, и масса с машинного бассейна с концентрацией ~3-4 %. После смесительного насоса №2 бумажная масса через напорную сортировку направляется в напорный ящик

бумагоделательной машины (далее БДМ). На сеточной части происходит частичная потеря бумажных волокон, которая носит постоянный характер в установившемся режиме работы БДМ.» [2] Далее бумага проходит через прессы и каландр, которые не оказывают влияния на массу бумажного полотна. После этого сканирующим устройством измеряются основные параметры произведенной продукции, в том числе и масса квадратного метра. На завершающем этапе бумажное полотно отправляется в накат для формирования рулонов.

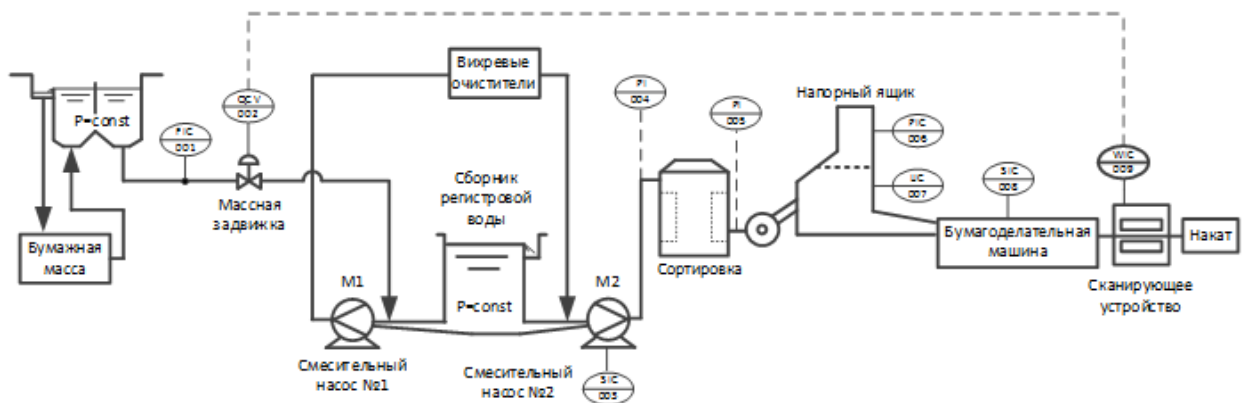


Рис. 1. – Схема управления плотностью бумажной массы

На рис. 2 приведены тренды, регистрируемые сканером. При накате массы наблюдается переходной процесс измерительного тракта, поэтому, всплески на графике не отражают истинной массы полотна[3]. Поэтому воспользуемся известным методом декомпозиции на эмпирические моды (далее EMD) [4], позволяющим выделить информативные составляющие. Метод позволяет выделить трендовую составляющую, отражающую текущие значения массы квадратного метра бумажного полотна.

Кроме EMD метода может быть использована и экстремальная фильтрация (далее ЭФ) [5,6], основанная на последовательном выделении

знакопеременных составляющих (с одновременным сглаживанием) сначала из тренда, а затем из сглаженных составляющих [7]. Результаты декомпозиции в точках экстремума почти одинаковы, а трудоемкость значительно меньше.

Выбор технологического режима бумагоделательной машины является важным этапом регулирования веса бумажного полотна. Основными влияющими факторами являются скорость сетки бумагоделательной машины, давление воздушной подушки и уровень массы в напускном устройстве. Точное регулирование веса происходит с помощью граммового вентиля, установленного перед смесительным насосом (изменение подачи бумажной массы при смешивании потока с водой). Со сканирующего устройства поступает информация о весе квадратного метра бумажного полотна. [8] Если вес меньше заданного значения, то вентиль открывается, увеличивая тем самым концентрацию бумажной массы.

На рис. 2 показаны информативные составляющие, выделенные обоими методами. По выделенным данным на предыдущем участке может быть построен прогноз, который может использоваться для изменения уставок массовой задвижки, что повысит качество продукции.

Для реализации в реальном масштабе времени больше подходит метод ЭФ, как менее затратный, т.к. не использует вычисления трансцендентных функций и итерационных процедур.

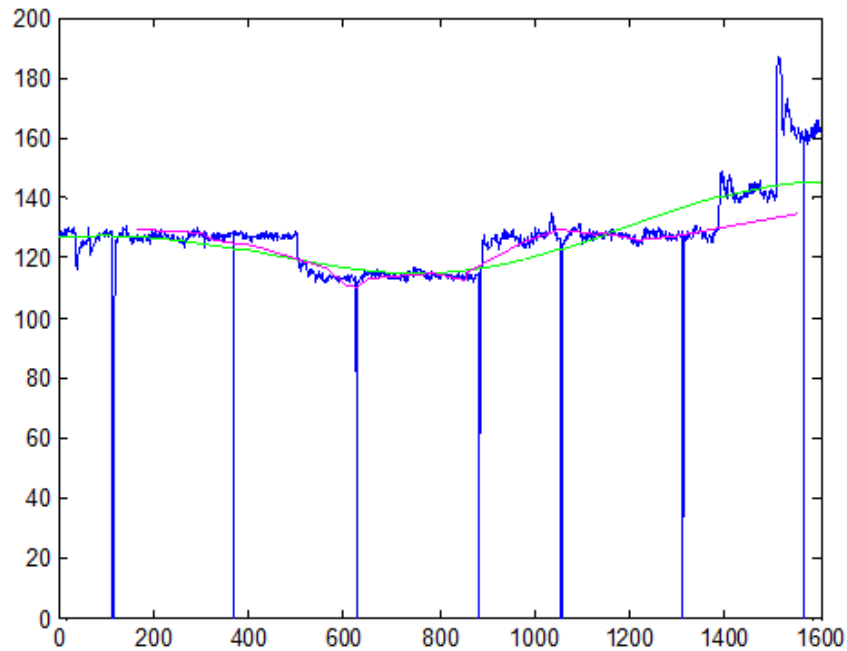


Рис. 2. – Тренды, регистрируемые сканером и информативные составляющие

Реализация спектрального анализа в режиме реального времени известными методами требует мощной аппаратной поддержки и применения специализированных сред. Она возможна при использовании: многопроцессорных систем; многоканальных систем; многопроцессорных и многоканальных систем с использованием специальных программных пакетов.

Требуется более простое и менее трудоемкое решение для систем реального времени, позволяющее анализировать быстропеременные процессы в частотной и временной области. Таким решением могут стать алгоритмы, адаптированные к работе в реальном времени. В работах [9-11] описаны алгоритмы адаптации экстремальной фильтрации к режиму реального времени: поккадровая обработка сигнала, при применении которой параллельно с обработкой зарегистрированного участка сигнала осуществляется накопление следующего; с подгрузкой текущих значений

сигнала и уже сглаженных составляющих для дальнейшей фильтрации; нейросетевой алгоритм экстремальной фильтрации.

На рис. 3 приведены результаты спектрального анализа в режиме реального времени на основе перечисленных алгоритмов.

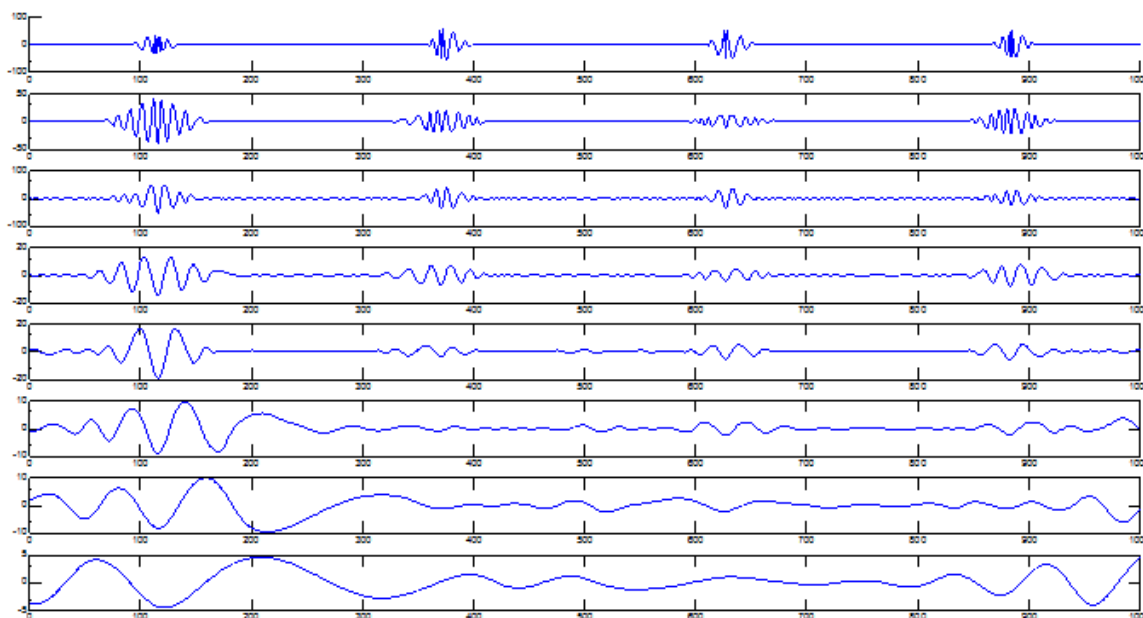


Рис. 3. – Разложение на моды в режиме реального времени

Применение перечисленных алгоритмов позволяет использовать методы экстремальной фильтрации в системах реального времени, что дает возможность обеспечить своевременное обнаружение изменений всех быстропеременных процессов. Это способствует своевременному принятию решений об изменении уставки, что позволит улучшить качество производимой бумаги.

### Литература

1. Полякова П.В. Современные технологии переработки и применения древесных композитов, методика производства // Синергия наук. - 2018. - №22. - С. 609-616.

2. Никулин С.В. Совершенствование функциональных подсистем АСУТП бумажного производства на основе экстремального, нейросетевого и предиктивного управления: дис. кандидата технических наук: 05.13.06 / Никулин Сергей Васильевич; [Место защиты: Пензенский государственный университет]. Пенза, 2016. 160 с.

3. Андреев Д.А., Панфилов А.Н., Скоба А.Н. Управление операционными процессами операторов сложных систем // Инженерный вестник Дона, 2017, №3 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2017/4322/](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2017/4322/).

4. Hyndman, R.J. Empirical Information Criteria for Time Series Forecasting Model Selection: Working Paper / Billah Md B, Hyndman R.J., Koehler A.B. – Australia: Department of Econometrics and Business Statistics, MonashUniversity, 2003. 389 p.

5. Экспресс-анализ сигналов в инженерных задачах: монография/ Мясникова Н.В., Берестень М.П., Ципин Б.В., Мясникова М.Г. -Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2016. 184 с.

6. Чеков П.Г. Технологии цифровой обработки сигналов в управлении бесплатформенными инерциальными системами // Информационные технологии в проектировании и производстве. - 2003. - №2. - С. 63-66.

7. Бельченко И.В., Дьяченко Р.А. Методика повышения производительности информационной системы за счет оптимальной реструктуризации данных // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. -2018.-1(45). с.26-38/

8. Лысова Н.В., Рубанов М.Ю. Регулирование веса бумажного полотна на основе прогнозирования // Scientific research – 2018: Proceedings of articles the III International scientific conference. Czech Republic, Karlovy Vary - Russia, Moscow, 2018, November, 29-30 / Editors prof. M.P.Shishkarev. - Czech Republic, Karlovy Vary: Skleněná Můstek – Russia, Kirov: MCNIP, 2018. С. 171 – 174.

9. Приймак А.А. Адаптация метода экстремальной фильтрации для систем реального времени с помощью покадровой обработки сигнала // Инженерный вестник Дона, 2017, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4175/.

10. Приймак А.А. Использование нейронных сетей для выделения составляющих в режиме реального времени // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2018. №2. С.18-26.

11. Jamil W., Bouchachia A. Model selection in online learning for times series forecasting // Advances in intelligent systems and computing. 2019. №840. pp. 83-95.

### References

1. Polyakova P.V. Sinergiya nauk. 2018. №22. pp. 609-616.
2. Nikulin S.V. Sovershenstvovanie funkcional'nyh podsystem ASUTP bumazhnogo proizvodstva na osnove jekstremal'nogo, nejrosetevogo i prediktivnogo upravlenija dis. kandidata tehniceskikh nauk 05.13.06. Nikulin Sergej Vasil'evich; [Mesto zashhity: Penzenskij gosudarstvennyj universitet]. Penza, 2016. 160 p.
3. Andreev D.A., Panfilov A.N., Skoba A.N. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2017/4322/.
4. Nyndman, R.J. Empirical Information Criteria for Time Series Forecasting Model Selection: Working Paper Billah Md B, Hyndman R.J., Koehler A.B. Australia: Department of Econometrics and Buisness Statistics, MonashUniversity, 2003. 389 p.
5. Ekspres-analiz signalov v inženernykh zadachakh [The Express Analysis of Signals in Engineering Tasks]: monografiya. Myasnikova N.V., Beresten' M.P., Tsipin B.V., Myasnikova M.G. Moskva: FIZMATLIT, 2016. 184 p.

6. Chekov P.G. Informacionnye tehnologii v proektirovanii i proizvodstve. 2003. №2. pp. 63-66.
7. Bel'chenko I.V., D'yachenko R.A. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Tekhnicheskie nauki. 2018. 1(45). pp.26-38.
8. Lysova N.V., Rubanov M.Yu. Scientific research 2018: Proceedings of articles the III International scientific conference. Czech Republic, Karlovy Vary - Russia, Moscow, 2018, November, 29-30 Editors prof. M.P. Shishkarev. Czech Republic, Karlovy Vary: Skleněné Můstek – Russia, Kirov: MCNIP, 2018. pp.171 – 174.
9. Priymak A.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4175/](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4175/).
10. Priymak A.A. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Tekhnicheskie nauki. 2018. №2. pp. 18 – 26.
11. Jamil W., Bouchachia A. Advances in intelligent systems and computing. 2019. №840. pp. 83-95.