

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СГЛАЖИВАЮЩИХ СПЛАЙНОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ СИГНАЛОВ БИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ «ТРЕНАЖЕР ДЫХАТЕЛЬНОЙ МУСКУЛАТУРЫ – ПАЦИЕНТ»

Н.В. Ивахно

В статье рассмотрена методика сглаживания сплайном сигналов, полученных с датчика давления в дыхательном контуре пациента, показаны основные преимущества данного метода обработки в автоматизированных тренажерах дыхательной мускулатуры.

Ключевые слова: дыхательный тренажер, окончание вдоха, сплайн, угол наклона кривой давления.

При лечении дыхательной недостаточности часто используют методы механической респираторной поддержки и дыхательные тренажеры, реализуемые с помощью аппаратов искусственной вентиляции легких (ИВЛ), которые могут значительно повысить эффективность проводимой комплексной терапии. С развитием электроники и микропроцессорной техники стало возможным усовершенствование существующих тренажеров в направлении создания биоадаптивной системы управления с автоматической корректировкой режима работы с учетом параметров дыхательной системы пациента [1]. Это позволяет значительно расширить область применения тренажеров дыхательной мускулатуры в пульмонологии. Для построения систем такого типа на каждом этапе проектирования необходимо учитывать влияние обработки сигналов на результат управления. При этом важную роль выполняет предварительная обработка исходной информации, которая должна обладать следующими характеристиками: минимальным запаздыванием и искажением угла наклона сигнала, сглаживанием аномальных выбросов.

Разработанный тренажер дыхательной мускулатуры, который взаимосвязан с пациентом, включает в себя два уровня адаптации – на первом при самостоятельном дыхании происходит определение входных параметров шума и сигнала, характерных для различных видов заболеваний человека, которые необходимы для математической модели обработки сигнала при регистрации начала вдоха [2].

Второй уровень адаптации обеспечивает формирование обратной связи от пациента к тренажеру.

В результате принятия решения о начале вдоха пациента, осуществляется включение клапанов тренажера. При этом измеряемой характеристикой является дыхательный поток и давление на выходе системы «пациент-тренажер». Стандартные методы фильтрации сигнала изменяют угол наклона кривой, вследствие искажаются диагностические показатели, что

приведет к неправильным исходным данным для обеспечения регулирования тренажером.

Заданным требованиям отвечает обработка исходной зависимости с помощью сглаживающих сплайнов, которые, в отличие от интерполяционных, проходят вблизи значений функции [3]. Эффективные и, вместе с тем, легко реализуемые на ЭВМ алгоритмы таких сплайнов возникают при минимизации функционала

$$\Phi(\varphi) = \int_a^b [\varphi''(x)]^2 dx + \sum_{j=1}^N \rho_j^{-1} [\varphi(x_j) - y_j]^2,$$

где $\varphi(x_j)$ — значения сплайна в узлах x_j , $\rho_j > 0$ — найденные весовые коэффициенты, y_j - полученные экспериментальные значения сигнала, N - количество точек, выбранное для сглаживания. Если для некоторого номера j коэффициент $\rho_j = 0$, то $\varphi(x_j) = y_j$, т.е. в точке x_j значение сглаживающего сплайна совпадает со значением функции в этой точке.

Рассмотренная методика обработки кривой разности давлений была реализована в виде программы, основные результаты исследования представлены в виде графиков сглаживающих сплайнов при различных значениях $\rho_j = \rho$ (рис.1,2).

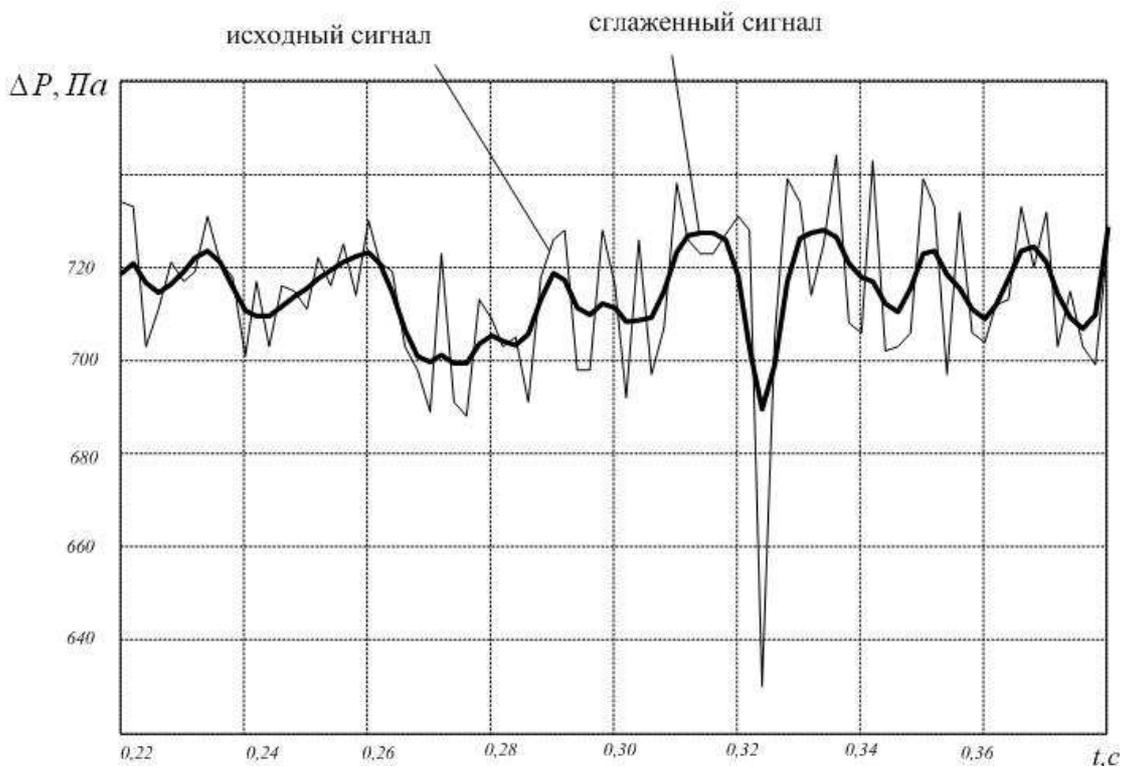


Рис.1. Результат сглаживания сплайнами на экспериментально полученных данных при $\rho = 0,1$

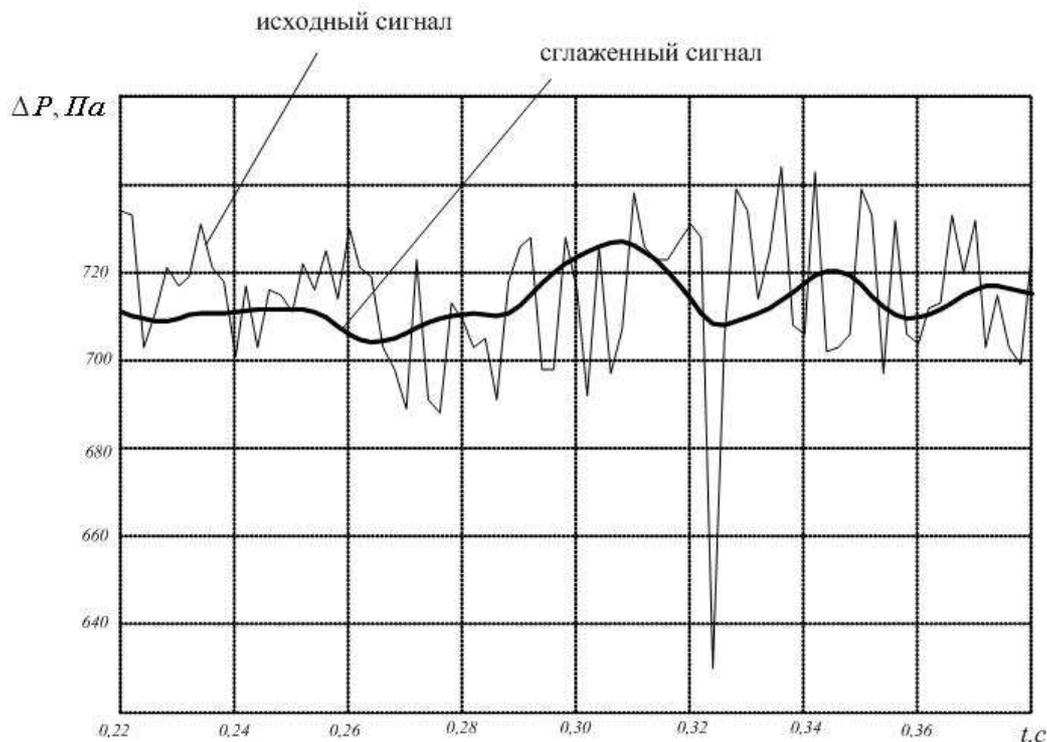


Рис.2. Результат сглаживания сплайнами на экспериментально полученных данных при $\rho = 0,2$

В результате анализа сглаженных и исходных значений функции была найдена величина весовых коэффициентов сплайна, равная $\rho = 0.2$, позволяющая обеспечить фильтрацию аномальных выбросов и минимальное искажение угла наклона сигнала с целью последующего линейного прогнозирования. Для обеспечения временных характеристик предварительной обработки получено количество точек, необходимое для сглаживания $N=64$.

Анализ полученных функциональных зависимостей показывает, что предложенный алгоритм обработки с найденными параметрами обеспечивает требуемые характеристики выходного сигнала, что позволяет его применять в блоке адаптивного управления аппаратом ИВЛ, тренажерах дыхательной мускулатуры. Результаты экспериментальных исследований показывают высокую степень синхронизации тренажера дыхательной мускулатуры к дыханию пациентов с различными заболеваниями легких.

Список литературы.

1. Патент РФ №115668 на полезную модель. МПК А61М 16/00. Дыхательный тренажер / Н.В. Ивахно, О.В. Меркулова. Опубл. 10.05.2012. Бюл. № 13.
2. Ивахно Н.В. Математическая модель обработки сигнала для определения начала инспираторной активности. VI международная научно-

техническая конференция: Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии, доклады, книга 1, Владимир -2004. С. 187-190.

3. Н. И. Терихова. Кубические сглаживающие сплайны// Математическое моделирование, 1990. Т. 2, № 8. С. 112–118.

Ивахно Наталья Валериевна, канд. техн. наук, доц., ivakhno@rambler.ru, Россия, Тула, Тульский государственный университет

*USE SMOOTHING SPLINES IN SIGNAL PROCESSING BIOTECHNICAL SYSTEM
«SIMULATOR RESPIRATORY MUSCLES – PATIENT»*

N.V. Ivakhno

In the article the technique of smoothing spline signals received from the pressure sensor in the patient breathing circuit, shows the main advantages of this method of processing in automated simulators respiratory muscles.

Key words: breathing simulator, the end of inhalation, spline, the slope of the pressure curve.

Ivakhno Natalia Valerievna, candidate of technical science, docent, pbs.tula@rambler.ru, Russia, Tula, Tula State University