

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕДИАННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ВЗВЕШИВАНИЯ ПОДВИЖНЫХ СОСТАВОВ

К. т. н. А. В. Садченко, О. А. Кушниренко,  
С. Ю. Паровой, В. В. Пунько, В. И. Бондарь, Я. А. Кузьменко

Одесский национальный политехнический университет  
Украина, г. Одесса  
sadchenko@onu.ua, koa@onu.ua

*Для повышения точности взвешивания подвижных составов и уменьшения влияния переходных процессов и импульсных помех предложено использовать предварительную медианную фильтрацию до основной обработки полученных весовых выборок. Определены требования к длине импульсной характеристики фильтра, исходя из скорости движения вагона и выбранной частоты дискретизации аналого-цифрового преобразователя.*

*Ключевые слова: аналого-цифровой преобразователь (АЦП), медианная фильтрация, тензометрия.*

Взвешивание подвижных составов обычно применяется в целях повышения безопасности транспортных перевозок, определения осевой нагрузки вагонов, а также для определения положения центров масс. Точность оценки массы зависит как от внутренних параметров системы взвешивания, так и от скорости подвижного состава. Выходные данные содержат импульсные помехи и мешающие факторы, например резкое изменение показаний тензодатчиков при прохождении подвижного состава через измерительную платформу. Таким образом, для корректной работы системы взвешивания требуется, с одной стороны, наличие аналого-цифрового преобразователя (АЦП) с высокой частотой дискретизации, а с другой — цифрового фильтра низкой частоты (ЦФНЧ) высокого порядка для устранения собственного шума АЦП. Следует отметить, что использование ЦФНЧ дает хорошие результаты только при статических измерениях.

В настоящей работе проведена модернизация алгоритма обработки сигнала с тензометрических датчиков, что позволило сократить длительность переходных процессов на выходе ЦФНЧ и уменьшить влияние импульсных помех при взвешивании подвижных составов.

Как известно, чем выше порядок ЦФНЧ, тем больше длительность переходного процесса. Кроме того, при реализации фильтра требуется проводить операции умножения и сложения в реальном времени. То есть очевидно, что порядок фильтра непосредственно влияет на требования к элементной базе. Структура ЦФНЧ, описанная в [1], позволяет реализовать фильтр без использования арифметических операций, однако длительность переходного процесса и для такой реализации сравнительно большая.

Зависимость длительности входного переходного процесса  $\tau$ , с которым непосредственно связано минимальное время взвешивания, от скорости состава (вагона) следующая:

$$\tau = \frac{0,1l_B}{V_B} = \frac{0,1 \cdot (12...20)[\text{м}]}{(3...10)[\text{м/с}]} \approx 0,12...0,7 \text{ с}; \quad f_D = \frac{3...5}{\tau} = \frac{3...5}{0,12...0,7} \approx 4,3...41,7 \text{ Гц},$$

где  $l_B$  — длина вагона,  $l_B = 12...20$  м;  $V_B$  — скорость вагона,  $V_B = 3...10$  м/с;  $f_D$  — частота дискретизации АЦП.

Как видно из приведенного расчета, для проведения динамических измерений требуется частота дискретизации  $f_D$  не менее 42 Гц.

Современные 24-разрядные дельта-сигма АЦП, применяемые совместно с тензометрическими датчиками, обеспечивают точность порядка 20 разрядов на частоте порядка 10 Гц [2].

Нами предложено установить регулируемый медианный фильтр перед ЦФНЧ, как это показано на структурной схеме на рис. 1. Медианная фильтрация осуществляет замену значений отсчетов в центре апертуры медианным значением исходных отсчетов внутри апертуры фильтра. На практике апертура фильтра для упрощения алгоритмов обработки данных, как правило, устанавливается с не-

четным числом отсчетов. Поскольку частота дискретизации у АЦП сравнительно низкая, то и апертура медианного фильтра выбирается равной  $3 \times 3$ ,  $5 \times 5$ ,  $7 \times 7$ .



Рис. 1. Структурная схема системы для взвешивания подвижных составов с медианным фильтром

Графики изменения веса и показаний системы показаны на рис. 2. Анализ графиков показал, что при выборе фильтра низкой частоты неоптимального (высокого) порядка (кривая б) система может «пропустить» истинный вес подвижного объекта из-за большой инерционности ЦФНЧ при низкой частоте дискретизации. Применение медианного фильтра (кривая з) позволяет этот недостаток устранить.

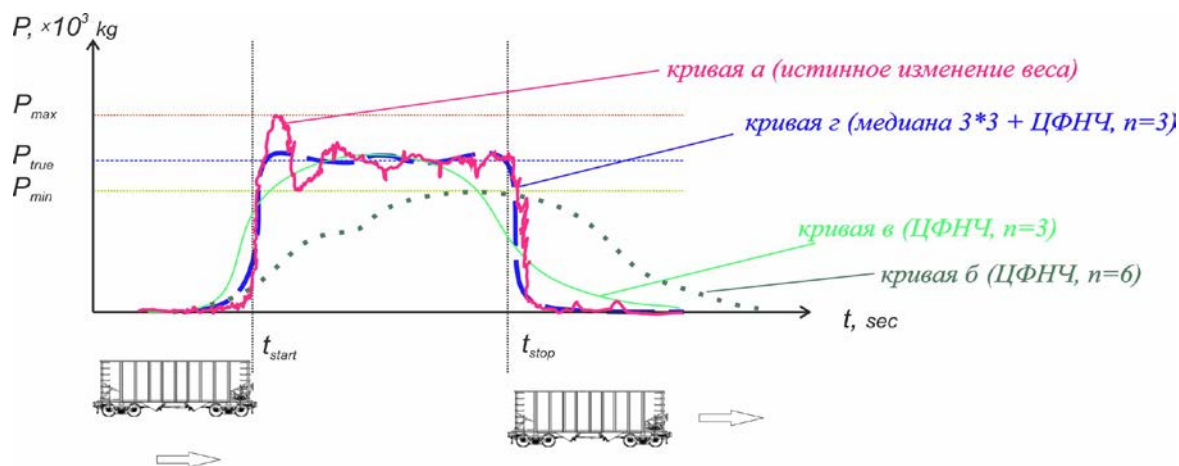


Рис. 2. Графики изменения веса и показаний системы

Применение медианных фильтров позволило снизить влияние импульсных помех и уменьшить длительность переходного процесса на выходе ЦФНЧ, при этом размер фильтра ( $3 \times 3$ ,  $5 \times 5$ ,  $7 \times 7$ ) должен выбираться с учетом скорости движения состава (вагона) и схемы размещения датчиков веса.

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Садченко А.В., Кушниренко О.А., Нечипуренко Ю.В. Реализация фильтра низкой частоты на реверсивном цифровом счетчике // Труды 12 Междунар. научно-практич. конф. «Современные информационные и электронные технологии». — Украина, Одесса. — 2011. — С. 198
2. Texas Instruments: Products [Electronic resource] // Technical documents — 24 Bit, 30 kSPS Very Low Noise Delta-Sigma ADC with Multiplexer – Mode of access: WWW.URL: <http://www.ti.com/product/ADS1256> – Last access: 2017. – Title from the screen.

A. V. Sadchenko, O. A. Kushnirenko, S. Y. Parovyi, V. V. Punko, V. I. Bondar, A. Ya. Kuzmenko

#### The use of median filtering to improve the weighing accuracy of rolling stock

To increase the accuracy of weighing of rolling stock and reduce the influence of transients and impulse noise, it is suggested to use the preliminary median filtration before the main processing of the received weight samples. The requirements for the length of the impulse response of the filter are determined based on the vehicle speed and the sampling frequency of the ADC.

Keywords: ADC, median filtering, strain gage sensor