

ВИРТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВАГОННЫХ ВЕСОВ

VIRTUAL CONTROL SYSTEM FOR COMBINED RAIL CAR WEIGHTS

A. Davidenko
P. Davidenko
D. Karlov
V. Zuyeva
E. Andrusenko

Summary. The development of the combined railway scales control system for weighing cars (tanks) in static and motion by using virtual devices in the control loop allows the solution of the problem to be put on a new level.

Using modern computers in the control loop of software-synthesized measuring systems, determining and calculating the exact characteristics of the weight will allow you to bring to a new level of quality when weighing petrochemical products in cars (tanks) during the movement of cars, which is a very urgent task.

Weighing tanks with different loads (oil, fuel oil, etc.) is the most difficult task, since there is a change in the center of gravity and redistribution of the mass of the product during movement, i.e. the carts (tanks) are loaded at different times of movement at different load values, which must be taken into account. In addition to this problem, there is the problem of implementing filtering of the useful signal for a time commensurate with the period of interference that occurs when the car (tank) is moving.

Keywords: combined railway carriage scales, cargo receiving device, analog filter, digital filter, strain gauge, virtual control system, active filters on switchable capacitors, weight function.

Давиденко Алексей Николаевич

*К.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Армавирский
государственный педагогический университет»
andavidenko@mail.ru*

Давиденко Павел Николаевич

*К.т.н., ВесыСофт
pavlasd@mail.ru*

Карлов Дмитрий Николаевич

*К.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Кубанский
государственный технологический университет»
karlov-dima@mail.ru*

Зуева Виктория Николаевна

*К.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Кубанский
государственный технологический университет»
victoria_zueva@list.ru*

Андрусенко Евгений Юрьевич

*К.псх.н., доцент, ФГБОУ ВО «Армавирский
государственный педагогический университет»
4301151@gmail.com*

Аннотация. Развитие системы управления комбинированных железнодорожных весов для взвешивания вагонов (цистерн) в статике и движении за счет использования виртуальных приборов в контуре управления позволяет решение проблемы поставить на новый уровень.

Использование современных компьютеров в контуре управления измерительных систем синтезированных программным путем, определение и вычисление точностных характеристик веса позволит вывести на качественный новый уровень при взвешивании продуктов нефтехимии в вагонах (цистернах) во время движения вагонов, что является весьма актуальной задачей.

Взвешивание цистерн с различным грузом (нефть, мазут и т.д.) является наиболее сложной задачей, так как происходит изменение центра тяжести и перераспределение массы продукта во время движения, т.е. тележки вагона (цистерны) нагружается в различное время движения на различные значения нагрузки, что необходимо учитывать. Кроме данной проблемы остается проблема реализации фильтрации полезного сигнала за время соизмеримое с периодом помехи возникающие при движении вагона (цистерны).

Ключевые слова: комбинированные железнодорожные вагонные весы, грузоприемное устройство, аналоговый фильтр, цифровой фильтр, тензометрический датчик, виртуальная система управления, активные фильтры на переключаемых конденсаторах, весовая функция.

Традиционными способами взвешивания вагонов (цистерн) является статический и динамический. Приоритет ускоренного процесса взвешивания сцепленных вагонов принадлежит динамическому взвешиванию. Для динамического взвешивания используются весы с одной или несколькими короткими грузоприёмными устройствами (платформами). Применение динамического взвешивания с помощью принципа суммирования результатов взвешивания осей или тележек отдельно не позволяет получить точностные параметры соответствующие нормам точности, которые достигаются при статическом взвешивании [13, с. 50].

Тенденция увеличения скорости движения железнодорожных вагонов (цистерн) при сохранении норм точности выдвигает жесткие требования к комбинированному железнодорожному весам с применением принципа одновременного взвешивания всех осей (тележек), что позволяет при скорости проезда 5–8 км/час получать точность 0,1% для различных типов вагонов [10, с. 336].

Структурная схема виртуальной системы управления комбинированных железнодорожных (четырёхосных) вагонных весов [5] представлена на рисунке 1.

Комбинированные железнодорожные весы (четырёхосные) для взвешивания в статике и движении Рис. 1 содержат: узлы въезда-съезда 1, 2, 3, первое грузоприёмное устройство тележек вагона 4, представляет собой специальную платформу соответствующей жесткости установленное на основании 5, через тензометрические датчики (ТД) 6, 7, 8, 9, обеспечивает равномерное распределение нагрузки на ТД и предотвращает смещение ТД подключённые к первому, второму, третьему, четвёртому входам первого блока измерения 10, выход которого соединён с первым входом ЭВМ 11, выход же ЭВМ 11 соединён с первым входом автоматизированного рабочего места 12, при этом устройство считывания бортового номера вагона 13 подключено к второму входу автоматизированного рабочего места 12, а так же второе грузоприёмное устройство тележек вагона 14, второй блок измерения 15, третий блок измерения 16, первый 17, второй 18, третий 19, четвёртый 20 датчики определения оси тележки, сейсмический датчик 21 установленный на платформе грузоприёмного устройства 4 вагонных весов, при этом ТД 22, 23, 24, 25 второго грузоприёмного устройства тележек вагона 14 подключены к первому, второму, третьему, четвёртому входам второго блока измерения 15, а выход второго блока измерения 15 соединён с вторым входом ЭВМ 11, сейсмический датчик 21 подключён к входу третьего блока измерений 16, выход которого соединён с третьим входом ЭВМ 11, первый 17, второй 18, третий 19, четвёртый 20 определения оси тележки вагона подключены соответственно к первому, второ-

му, третьему, четвёртому входам блока формирования 26, выход которого подключен к четвёртому входу ЭВМ 11, при этом на первое 4, второе 14 грузоприёмные устройства тележек вагона устанавливается сам железнодорожный вагон 27.

Структурная схема виртуальной системы управления по обработке сигналов ТД включенных параллельно и датчиков оси вагона рисунок 2., включает внешние блоки измерения 10,15 которые содержат: блок питания опорного напряжения для питания датчиков, усилитель сигнала, демодулятор, ФНЧ, аналого-цифровой преобразователь, интерфейс RS-485, который подключен к входам ЭВМ. Основные требования к АЦП является быстродействие и разрядность, которые должны сочетаться с дискретностью ТД и позволять осуществлять цифровую фильтрацию сигнала помех в диапазоне 3–8 Гц. В качестве датчиков оси могут быть использованы различные типы датчиков: индукционные, оптические, и др. которые должны точно определять положение оси тележки на грузоприёмном устройстве, что позволяет произвести расчет скорости движения вагонов (цистерн) и формирование прямоугольного окна.

Одно из основных требований вагонов в движении является фильтрация сигнала, фильтрация сигнала за время сопоставимое с периодом помех и периодом обработки сигнала T_o [11, с. 32].

$$T_o[\text{сек}] = 3,6 * \frac{L_n[\text{м}]}{V[\text{км} / \text{ч}]} \quad (1)$$

Где

L_n — полезный путь;

V — скорость движения объекта.

Рассмотрим основные требования, которые необходимо предъявить к ФНЧ от воздействия динамических помех.

Основными методами обработки сигнала являются: применение аналоговых низкочастотных фильтров, интегрирование с весовой функцией, цифровая фильтрация.

Спектр выходных сигналов ТД от динамической помехи определяется колебаниями грузоприёмного устройства вагонных весов $\Delta f = f_n \div f_g = 3 \div 8 \Gamma\text{ц}$ с относительными амплитудами

$$A = \frac{A_n}{A_0} = 0,05 \div 0,1,$$

где A_n — амплитуда колебаний грузоприёмного устройства, а A_0 — постоянная составляющая сигнала ТД, от статического веса [9, с. 152].

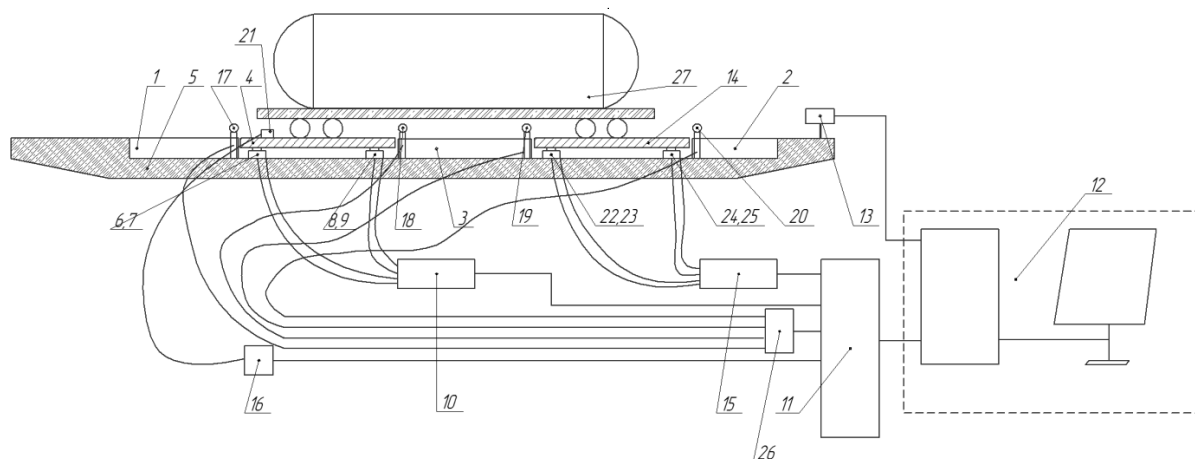


Рис. 1. Структурная схема виртуальной системы управления комбинированных железнодорожных вагонных весов

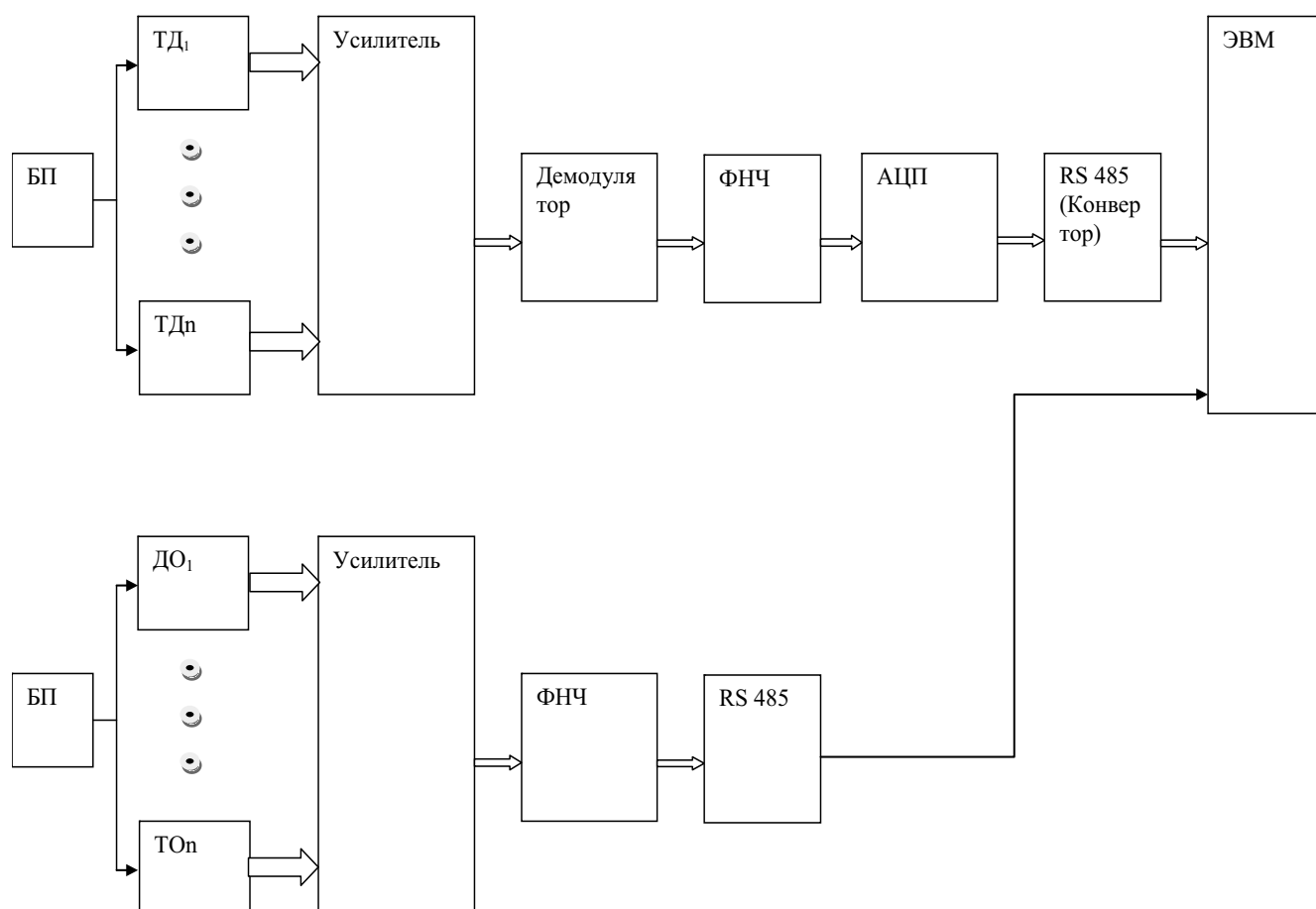


Рис. 2. Структурная схема виртуальной системы управления по обработке сигналов тензодатчиков и датчиков оси вагона

Применение ФНЧ на переключаемых конденсаторах [2] для фильтрации сигнала при взвешивании цистерн позволит обеспечить высокую точность взвешивания за счет подавления частоты помех превышающих верх-

ний диапазон низкочастотных колебаний с помощью, фильтра низкой частоты Бесселя 4-го порядка $f_c = 8 Гц$, который имеет возможность, перестраивается после обработки сигналов от датчиков ускорения [4, с. 29].

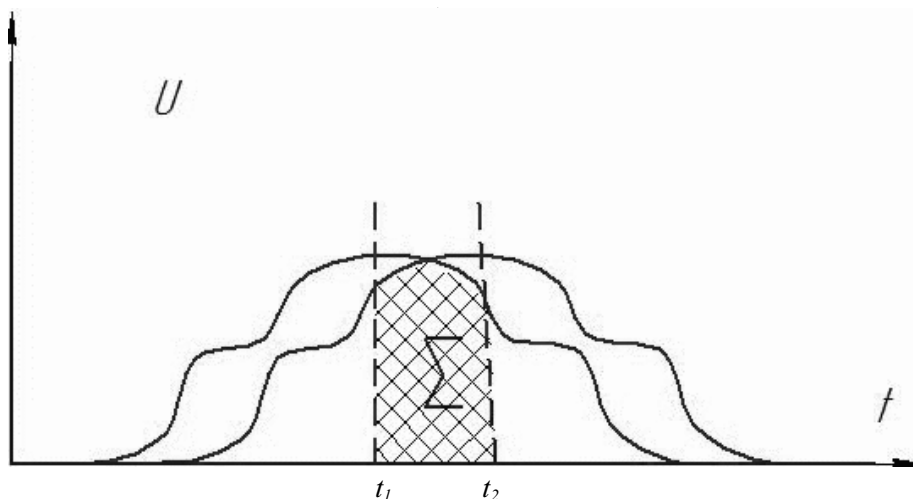


Рис. 3. Суммирование цифровых сигналов

Схема обработки цифровых сигналов во времени при расположении первой тележки вагона на первом грузоприёмном устройстве тележек вагона 4 (платформа 1) и второй тележки вагона на втором грузоприёмном устройстве тележек вагона 14 (платформа 2) заключается в одновременном считывании и фильтрации сигналов с последующим суммированием цифровых сигналов и усреднении отображена на Рис. 3.

Вагонные весы работают следующим образом. В исходном положении при отсутствии тележек вагона 27 на первом 4 и втором 14 грузоприёмных устройствах тележек вагона, первое и второе грузоприёмные устройства тележек вагона 4, 14 подгружают ТД 6, 7, 8, 9 и 22, 23, 24, 25 (исходный нуль). Сейсмический датчик 21 воспринимает колебания платформы ГУ 4, которые усиливаются, фильтруются и подаются на четвертый вход ЭВМ 11. Первый, второй и третий блоки измерений 10, 15, 16 обрабатывают поступившие аналоговые сигналы от ТД 6, 7, 8, 9, 22, 23, 24, 25 предварительно усиливая, фильтруя и оцифровывая полученные сигналы. Далее полученные «исходные нули» в цифровом виде через интерфейс типа RS485 поступают на первый, второй и третий входы ЭВМ 11. Датчики определения оси тележки 17, 18, 19, 20 подают сигнал (нуль) отсутствия оси тележки вагона в зоне срабатывания датчиков на 1, 2, 3, 4 входы блока формирования 26. В соответствии с программой и алгоритмом обработки весоизмерительной информации рисунок 4, ЭВМ 11 через интерфейс типа RS485 передаёт цифровое значение нуля на первый вход блока автоматизированного рабочего места 12 (персональный компьютер). Полученные значения обработанной весоизмерительной информации и информации от устройства считывания бортового номера вагона 13 (видеокамера) фиксируются в базе данных авто-

матизированного рабочего места 12 в утверждённой табличной форме.

При движении вагона 27 железнодорожного поезда через узел въезда-съезда 1 по первому грузоприёмному устройству тележек вагона 4 и в дальнейшем через узел въезда-съезда 3 по второму грузоприёмному устройству тележек вагона 14, происходит определение положения осей тележек вагона во времени с помощью датчиков определения оси тележки 17, 18, 19, 20, блоком формирования 26, тем самым определяется скорость движения вагона 27. Одновременно происходит фиксация нагрузки (вес) на оси тележки и определение частоты и амплитуды колебания платформы грузоприёмного устройства 4. В соответствии с Рис. 3, происходит обработка значений веса первого, второго грузоприёмных устройств тележек вагона 4, 14 за вычисленный интервал времени $t_2 - t_1$ (прямоугольное окно) по соответствующему алгоритму и программе с учётом значений колебания грузоприёмных устройств 4, 14 блоком измерения 16 и ЭВМ 11. При этом первый, второй, третий блоки измерения 10, 15, 16 производят усиление, предварительную фильтрацию полученных аналоговых сигналов и аналого-цифровое преобразование.

В последующем полученные весовые значения поступают по интерфейсу типа RS485 на первый вход автоматизированного рабочего места 12, где фиксируются в соответствующей базе данных. Номер вагона так же фиксируется устройством считывания бортового номера вагона 13 и регистрируется по второму входу автоматизированного рабочего места 12 в базе данных [12, с. 9].

Таким образом, происходит взвешивание веса вагонов в движении, с учётом адаптивной составляющей ко-

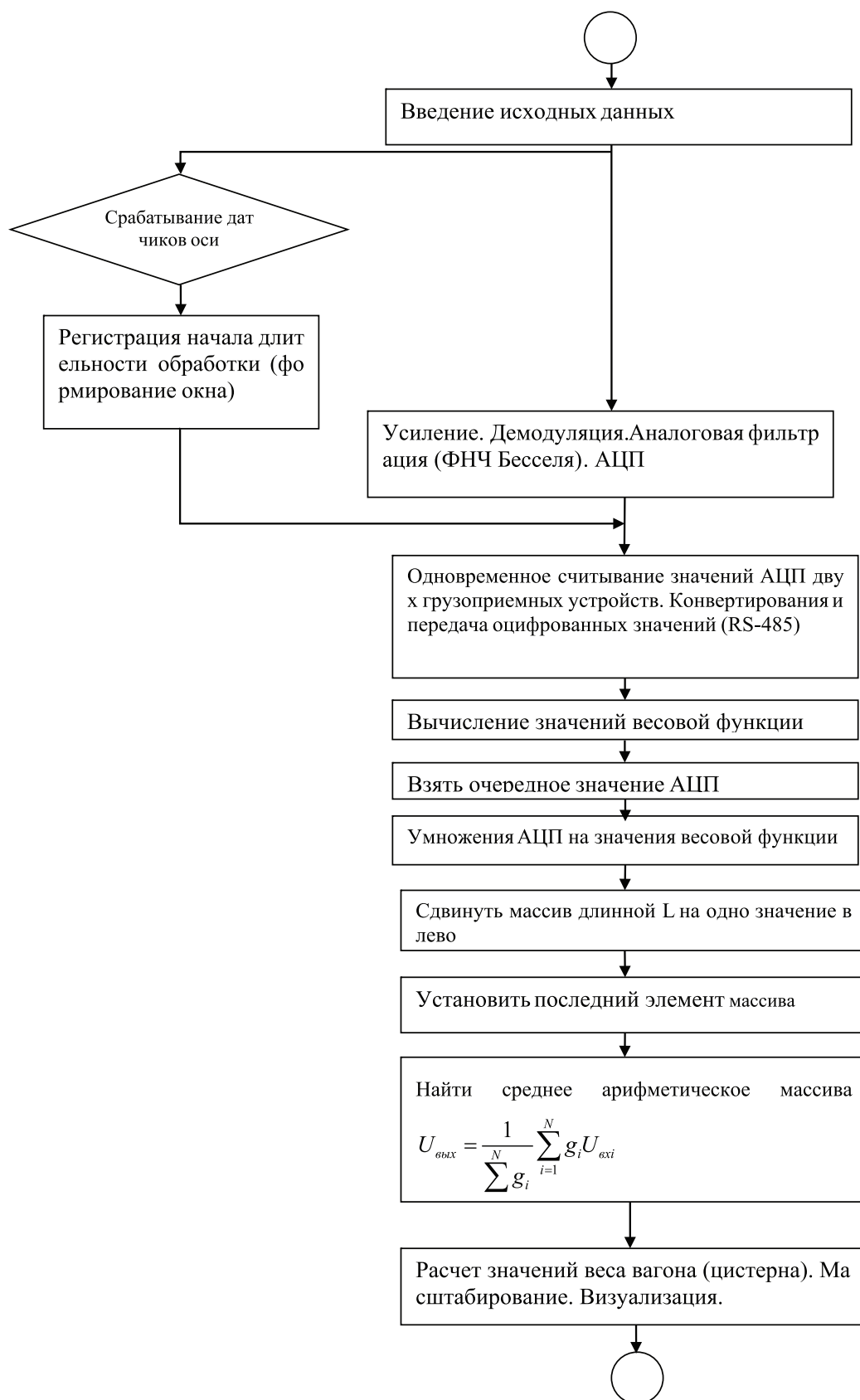


Рис. 4. Алгоритм обработки сигнала вибрационной помехи виртуальной системы управления комбинированных железнодорожных весов в движении.

лебания платформы грузоприемного устройства весов при различных скоростях движения [6, с. 85; 7, с. 95].

Данные весы позволяют производить взвешивание веса вагонов и в статике.

При сравнении аналоговых и цифровых фильтров при минимальном времени интегрировании (2 периода) $f_n = 3 Гц$, время установления сигнала у цифровых фильтров меньше. Применение метода обработки сигнала с помощью весовой функции позволит ограничиться второй гармоникой [9, с. 152].

Период обработки сигнала (прямоугольное окно)

$$T_o[сек] = 3,6 * \frac{L_n[M]}{V[км/ч]} = 3,6 * \frac{2,2}{8} = 1сек$$

Период дискретизации АЦП равен

$$T \leq \frac{\pi}{\omega_s} \leq \frac{1}{2f_s} = \frac{1}{2*8} = 0,06сек. [3, с. 160]$$

Число отсчетов АЦП для расчета нерекурсивного фильтра

$$N = \frac{T_o}{T} = \frac{1}{0,06} = 16$$

Реализация нерекурсивного цифрового фильтра методом весового усреднения с помощью "гладкой" весовой функции (окно Хэмминга) [9, с. 152] позволит произвести подавление помех в диапазоне 3–8Гц более 40дБ с алгоритмом фильтрации: получение значений АЦП, определение значений весовой функции, перемноже-

ние, определение среднего значения и масштабирование [8, с. 210; 1, с. 168].

$$U_{вых} = \frac{1}{\sum_{i=1}^N g_i} \sum_{i=1}^N g_i U_{axi}$$

Весовое окно Хэмминга

$$g(t) = 0,54 + 0,46 * \cos\left(\frac{\pi * t}{\tau}\right),$$

где t — номер отсчетов

$$t = \frac{n * \Delta t}{N}, n = 1 \dots 8$$

Данный алгоритм рисунок 4 позволяет определить значение веса груза цистерны с минимальной погрешностью за минимальное время взвешивания платформы в движении.

ВЫВОДЫ

Развитие весоизмерительных систем управления железнодорожных вагонных весов в движении без расцепки с целью повышения точности взвешивания 0,1–0,05% измеряемой массы при скорости движения 8–15км/ч, имеет направление на разработку измерительной аппаратуры на основе виртуальных приборов.

Применение виртуальных приборов в контуре управления весоизмерительных систем позволит значительно повысить точность измерения за счет анализа реальных колебаний грузоприёмного устройства путём введения соответствующих коэффициентов (поправок), обработки визуальной (видеокамеры) весоизмерительной информации в цифровом виде на ЭВМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алиев Т.М., Тер-Хачатуров А.А., Шекиханов А. М. Итерационные методы повышения точности измерений. // М.: Энергоатомиздат, 1986.
2. Гауси М., Лакер К. Активные фильтры с переключаемыми конденсаторами. // М.: Радио и связь. 1986.
3. Гольденберг, Лев Моисеевич. Цифровые фильтры [Текст] / Л. М. Гольденберг, Ю. П. Левчук, М. Н. Поляк. Москва: Связь. 1974.
4. Давиденко А.Н., Давиденко П. Н. Виртуальный прибор по проверки цифровых тензодатчиков весоизмерительных систем. // Проектирование и технология электронных средств. Владимир. 2017.
5. Давиденко А.Н., Давиденко П. Н. Электронные весы. Патент РФ RU2517793 С2 МПК G01G 19/413. Оpubл. 27.5.2014.
6. Давиденко А.Н., Давиденко П. Н., Голодов Е. А., Лапшин Н. А., Метод безгирной поверки виртуальных электронных весов. // Экономика и менеджмент систем управления. Воронеж. 2018.
7. Давиденко П. Н. Исследование и разработка методов проектирования информационных систем на основе дозаторов дискретного действия // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Таганрог. 2005.
8. Зуева В. Н. Разработка объектно-ориентированной системы управления базами данных // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. 2016. № 8.

9. Полунов Ю.Л., Гальченко В. Д. Цифровые измерительно-управляющие устройства тензометрических весов и дозаторов / Ю. Л. Полунов, В. Д. Гальченко. // М.: Энергоатомиздат. 1986.
10. Раннев Г.Г., Тарасенко А. П. Методы и средства измерений. // Учебник для вузов. 2-е изд., стереотип. М.: Академия. 2004.
11. Скалевой В.В., Скалевая Г. М. О повышении эффективности интегрального метода при взвешивании быстро движущихся объектов. // Приборы и системы управления. 1970. № 9.
12. Bitskaya, M. (2018). Ecologically adaptive receptions control the number of pests in the ecosystems of transformed at the forest reclamation. World Ecology Journal, 8(2), 1–10. <https://doi.org/https://doi.org/10.25726/NM.2018.2.2.001>
13. Semenyutina, A., Svintsov, I., Huzhahmetova, A., & Semenyutina, V. (2018). Regulation of increase of biodiversity of woody plants in protective forest plantings of the Volga region. World Ecology Journal, 8(2), 46–59. <https://doi.org/https://doi.org/10.25726/NM.2018.2.2.005>

© Давиденко Алексей Николаевич (andavidenko@mail.ru), Давиденко Павел Николаевич (pavlasd@mail.ru),

Карлов Дмитрий Николаевич (karlov-dima@mail.ru), Зуева Виктория Николаевна (victoria_zueva@list.ru),

Андрусенко Евгений Юрьевич (4301151@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Армавирский государственный педагогический университет