

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«РОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИНФОРМАЦИИ И
ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ИНЖЕНЕРНО-
ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА»
(ФГБНУ «РОСИНФОРМАГРОТЕХ»)

УДК 631.3.009:004.428.4

Рег. № НИОКТР АААА-А20-120101490030-3

УТВЕРЖДАЮ

Врио директора

ФГБНУ «Росинформагротех»,

канд. юрид. наук

П.А. Подъяблонский

« 3 » декабря 2020 г.

ОТЧЕТ

О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Исследование и разработка технического средства для сбора и цифровой обработки аналоговых сигналов датчиков тягового усилия энергетических средств в режиме реального времени

Задание 2.1.9 Проведение исследований и разработка современного испытательного оборудования, приборного и программного обеспечения для оценки потребительских свойств высокотехнологичных машин

Тема 2.1.9.1 Проведение исследований и разработка инновационного средства для определения тяговых характеристик энергетических средств

Директор КубНИИТнМ

М.И. Потапкин


Руководитель НИР,
зав. лабораторией разработки
средств измерений и программного
обеспечения, д-р техн. наук

В.Е. Таркивский

Новокубанск 2020


СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель НИР,
отв. исполнитель,
зав. лабораторией разработки
средств измерений и программного
обеспечения, д-р техн. наук

 30.11.2020


В.Е. Таркивский
(введение, разделы 1, 2,
заключение, приложение Б)

Исполнители:
Гл. науч. сотр., канд. техн. наук

 30.11.2020

Н.В. Трубицын
(раздел 3, приложение В)

Науч. сотр.

 30.11.2020

Е.С. Воронин
(подраздел 4.2, 4.3)

Инженер

 30.11.2020

В.Н. Слесарев
(приложение А)

Инженер

 30.11.2020

С.А. Волобуев
(подраздел 4.1)

Нормоконтроль

 30.11.2020

В.О. Марченко

РЕФЕРАТ

Отчет 61 с., 1 кн., 17 рис., 11 табл., 26 источн., 3 прил.

ИСПЫТАНИЯ, ТЯГОВОЕ УСИЛИЕ, ЦИФРОВОЙ ФИЛЬТР, ИМПУЛЬСНЫЕ ПОМЕХИ, ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКИЙ СИЛОИЗМЕРИТЕЛЬ

Объектом исследования являются методы и технические средства измерения и контроля показателей сельскохозяйственной техники.

Цель работы – обоснование метода измерений тягового усилия трактора и разработка устройства для получения величины тягового усилия на крюке во время испытаний сельскохозяйственных тракторов и агрегатов.

Метод исследований – экспериментально-теоретический, основанный на анализе и лабораторном исследовании существующих методов обработки данных при определении тягового усилия на крюке трактора.

Новизна – разработан метод и основанный на нем алгоритм цифровой обработки сигнала тензометрического силоизмерителя на основе медианного фильтра, позволяющий повысить точность измерений. Преимуществом предложенного метода является способность отсекаать кратковременные импульсные помехи и резкие колебания амплитуды измеренной величины, выделяющиеся на фоне общей совокупности измеренных величин.

Рекомендации по внедрению – применение разработки с целью определения функциональных характеристик (потребительских свойств) сельскохозяйственных тракторов и техники в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 01.08.2016 г. № 740.

Область применения – машиноиспытательные станции Минсельхоза России, научно-исследовательские институты, учебные институты и другие организации, занимающиеся исследованиями и испытаниями сельскохозяйственной техники.

СОДЕРЖАНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ	5
ВВЕДЕНИЕ	6
1 Состояние вопроса	8
2 Теоретическое обоснование направления исследований	12
3 Разработка макетного образца модуля аналогового ввода	16
3.1 Конструкция макетного образца модуля аналогового ввода	16
3.2 Программное обеспечение модуля аналогового ввода	19
3.3 Протокол обмена с управляющим устройством	20
4 Лабораторные исследования	21
4.1 Рабочая программа-методика лабораторных исследований	21
4.2 Конструкция стенда для лабораторных исследований	22
4.3 Анализ результатов лабораторных исследований	24
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	25
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	27
ПРИЛОЖЕНИЕ А Отчет о патентных исследованиях	30
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Свидетельство о регистрации программы «Программа управления модуля аналоговых входов ИП-293»	57
ПРИЛОЖЕНИЕ В Протокол лабораторных исследований макетного образца модуля аналогового ввода ИП-293	58

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

В настоящем отчете о НИР применяют следующие сокращения и обозначения:

АЦП – аналогово-цифровой преобразователь

ВУЗ – высшее учебное заведение

ИИС – измерительная информационная система

МИС – машиноиспытательная станция

МТА – машинотракторный агрегат

МЭС – мобильное энергетическое средство

НИИ – научно-исследовательский институт

ПК – персональный компьютер

СИ – средство измерения

ВВЕДЕНИЕ

Важным направлением деятельности Новокубанского филиала ФГБНУ «Росинформагротех» (КубНИИТиМ) является разработка СИ для обеспечения испытательных лабораторий, учебных и научных организаций современными техническими средствами для оценки показателей сельскохозяйственной техники. Средства измерений, разработанные в КубНИИТиМ, позволяют проводить оценку сельскохозяйственной техники в соответствии с национальными и межгосударственными стандартами на методы испытаний и способствуют развитию отечественного сельскохозяйственного машиностроения.

При испытаниях сельскохозяйственных тракторов с целью определения их характеристик важным условием является установившийся режим работы при номинальном тяговом усилии. Экспериментальный и расчетный методы определения номинального тягового усилия тракторов сельскохозяйственного назначения отражены в межгосударственном стандарте ГОСТ 27021 [1].

Экспериментальный метод заключается в определении номинального тягового усилия при тяговых испытаниях на невзлущенной стерне озимых колосовых в соответствии с межгосударственным стандартом на методы определения тяговых показателей ГОСТ 30745 [2]. В этом стандарте определены общие требования к испытываемому трактору и точности средств измерения для определения показателей. Также сделан акцент на требованиях к линии действия тягового усилия, которая должна быть горизонтальной и лежать в продольной плоскости симметрии трактора, отклонение от которой не должно превышать 3° .

Измерительная система измеряет уровень аналогового сигнала, сформированного тензометрическим датчиком в виде моста Уитстона, и передает в цифровом виде информацию о нем в устройство обработки (ноутбук для ИП-264). Обычный метод измерения подразумевает накопление и усреднение данных по окончании опыта или на конкретном участке.

Такой подход имеет определенные недостатки, связанные с неравномерным характером почвы, на которой проходят испытания. Почва на участке испытаний может иметь различную степень уплотненности, комковатость, и физический состав, что может привести к резким скачкам значения тягового усилия. При использовании метода усреднения значений эти скачки значений могут оказать существенное влияние на результат. Таким образом, для выделения полезного и устранения «вредных» сигналов во время измерения тягового усилия, поток данных датчика необходимо подвергать дополнительной цифровой обработке с учетом условий функционирования сельскохозяйственного агрегата.

Цель работы – обоснование метода измерений тягового усилия трактора и разработка устройства для получения величины тягового усилия на крюке во время испытаний сельскохозяйственных тракторов и агрегатов.

1 Состояние вопроса

Существующие методы определения тягового усилия подразумевают использование специализированных средств измерений, состоящих из тензометрического датчика, установленного в точке соединения сцепного устройства, устройства нормализации и усиления сигнала, АЦП и устройства обработки и отображения информации [3]–[6].

В стандартах на испытания тракторов также определено, что начинать измерения тягового усилия можно только после обеспечения стабильного режима работы, но методы получения тягового усилия не конкретизируются. Также отсутствуют конкретные алгоритмы расчета значений тягового усилия в зависимости от режимов работы трактора (скорости, тягового усилия, буксования) и почвенного фона, которые бы обеспечивали высокую точность измерений и возможность получения информации непосредственно во время испытаний.

Широко распространенные в НИИ, ВУЗах и системе испытаний сельскохозяйственной техники Минсельхоза России измерительные информационные системы для испытаний ИП-264 основаны на модулях ввода аналоговых сигналов I-7016 фирмы ICP или аналогичных. Частота преобразования аналоговых сигналов у них составляет 10 с^{-1} . Модуль имеет 24-разрядный сигма-дельта аналогово-цифровой преобразователь и внутренний нормализатор входных сигналов в диапазоне от -20 мВ до $+20\text{ мВ}$. В 70-80-х гг. прошлого века нашли широкое применение измерительные системы ЭМА-П и ЭМА-ПМ. Частота преобразования сигналов тензометрических датчиков у них также составляла 10 с^{-1} [7].

Анализ отечественной и зарубежной литературы, посвященной точным измерениям с использованием тензометрических силоизмерителей, показывает, что комплексный подход повышения качества измерений включает в себя аппаратные и программные решения, которые комбинируются в той или иной степени [8]–[11]. Для компенсации смещения нуля (разбалансировки

тензометрического моста) и устранения негативного влияния длины проводов между датчиком и измерительной системой применяются различные варианты подключения, использование каскада усилителей, дополнительное измерение напряжения возбуждения датчика и т. д. Существуют различные аппаратные решения для повышения точности измерений, в том числе, предусматривающие подключение дополнительных проводов к плечам тензометрического моста. В таком случае, используется дополнительное АЦП, которое вычисляет компенсирующее значение искажения сигнала, обусловленное длиной сигнальных проводов. Такие решения при испытаниях сельскохозяйственной техники применяются редко, так как требуют существенного усложнения аппаратной и программной части измерительного комплекса, проводки дополнительных проводов между датчиком и измерительной системой и служат только для нейтрализации влияния электромагнитной составляющей помехи при измерении сигнала.

Структурная схема общепринятого измерительного тракта аналогового канала измерительной информационной системы показана на рисунке 1.

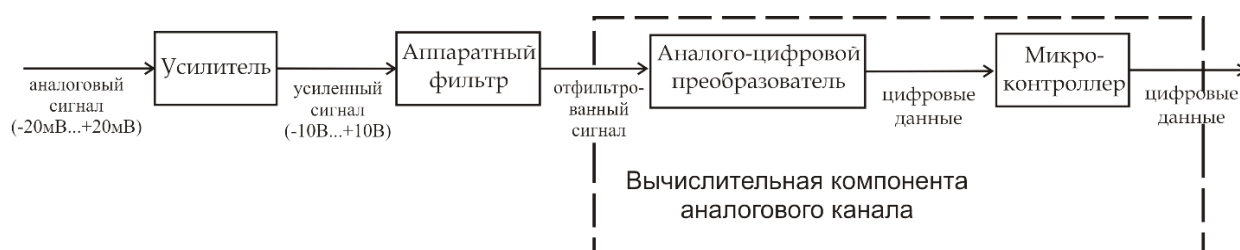


Рисунок 1 – Структурная схема аналогового канала измерительной системы

В процессе прохождения сигнала от датчика до получателя, последовательность данных необходимо преобразовать. Эти преобразования обусловлены прохождением сигнала через различные вычислительные устройства, реализующие ту или иную математическую задачу. В задачах цифровой обработки сигналов данные проходят через цифровые цепи, которые называются фильтрами. Цифровые фильтры, как и аналоговые, обладают различными характеристиками. Как правило, эти характеристики выражаются в частотном

представлении – амплитудно-частотная и фазо-частотная характеристики фильтра.

Цифровой обработке сигналов посвящены многочисленные исследования, основная цель которых улучшение качества сигнала, т.е. полезного сигнала из последовательности данных, а также подавление «вредных» сигналов в проходящих последовательностях отсчетов [12]–[16].

Компьютер с управляющей программой для расчета и отображения показателей испытываемой машины в режиме реального времени должен с определенной периодичностью посылать запросы каждому модулю информационной системы и ждать ответ. Например, полный цикл опроса измерительных модулей системы ИП-264 длится ≈ 1 с. За это время компьютер посылает следующие команды:

- опрос канала модуля тензометрических измерений I-7016;
- восемь последовательных опросов каналов дискретного ввода модуля I-7041 (ИП-292);
- опрос модуля температурных каналов I-7015.

Таким образом, учитывая загруженность информационного канала между управляющим компьютером и измерительной системой, достаточно сложно организовать частый (свыше 10 с^{-1}) опрос модуля аналоговых каналов (тензометрических силоизмерителей), что является важным фактором для расчета величины тягового усилия в режиме реального времени. В случае использования USB-кабеля ответ приходит с задержкой ≈ 20 мс [17]. В случае использования радиосвязи величина задержки непредсказуема, что приводит к неадекватной оценке тягового усилия с использованием цифровых фильтров.

Анализ существующих решений и патентный поиск (приложение А) показал, что предлагаемые на рынке устройства ввода аналоговых сигналов тензометрических силоизмерителей обладают ограниченной возможностью по цифровой обработке входного сигнала в реальном режиме времени. Кроме того, частота опроса аналоговых каналов устройств, рассчитанных на вход сигналов тензометрических датчиков, обычно невысока и не превышает

100 с⁻¹, что недостаточно для эффективной обработки сигнала в реальном режиме времени при проведении испытаний тракторов в полевых условиях. Учитывая закрытую архитектуру решений, необходимо разработать цифровой фильтр обработки сигнала тензометрических силоизмерителей и реализовать аппаратно-программную платформу, совместимую с протоколами обмена информацией, применяемыми при оценке показателей сельскохозяйственной техники.

2 Теоретическое обоснование направления исследований

В зарубежной литературе предлагаются варианты обработки цифровых данных с помощью различных вариантов фильтров Калмана [18], [19]. Такой подход имеет ряд недостатков так как фильтры Калмана требуют предварительной настройки в зависимости от характера обрабатываемого сигнала, а также предъявляют высокие требования к аппаратной части (высокая производительность, объем памяти). Эти недостатки не позволяют использовать фильтры Калмана при обработке данных силоизмерителя трактора.

При проведении энергетической оценки сельскохозяйственной машины фоном, на которой проходят испытания является почва. Комки, камни, пожнивные остатки, корни растений, разная степень уплотнения и влажности почвы – все эти факторы оказывают существенное влияние на мгновенное значение тягового сопротивления машины при выполнении технологической операции. Данные, полученные при проведении энергетической оценки сельскохозяйственных машин или тяговых испытаний трактора, могут иметь вид, представленный на рисунке 2.

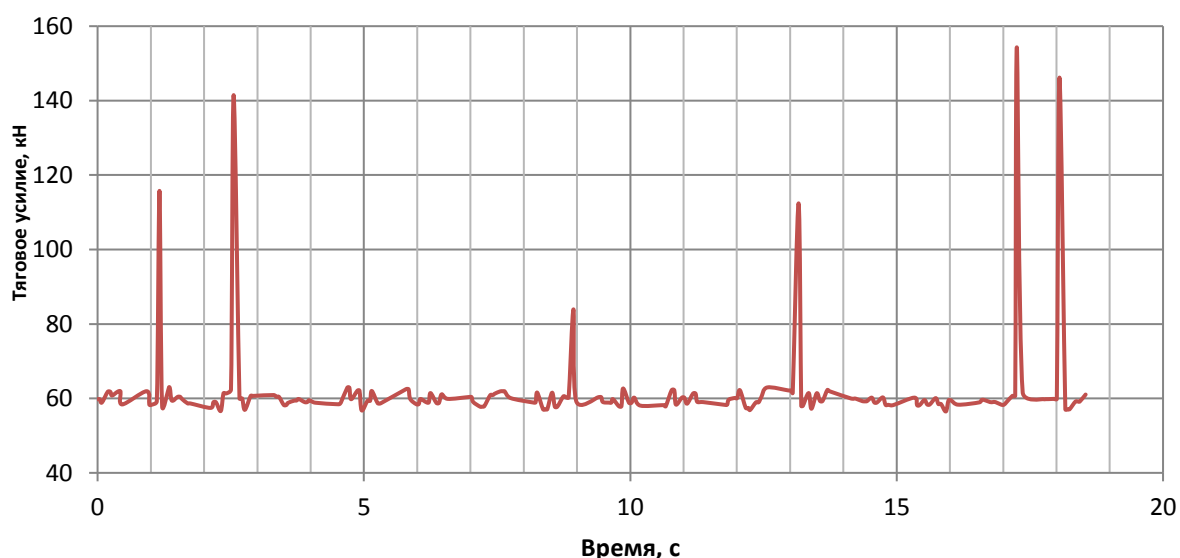


Рисунок 2 – График изменения тягового усилия

На рисунке 2 видны кратковременные импульсные выбросы, амплитуда которых достигает 80 кН, т. е. в 2 раза больше измеряемой величины. Отсюда следует требование к тензодатчикам для измерения тягового усилия трактора – номинальная величина нагрузки на датчик должна быть в 2 раза больше крюкового усилия трактора соответствующего тягового класса.

Обычная обработка массива данных требует простого усреднения всей полученной выборки. Но даже при усреднении всей выборки, выбросы большой величины могут оказать существенное влияние на полученную величину тягового усилия, которая потом будет учитываться при расчете тяговой мощности, удельного расхода топлива и других важных характеристик трактора.

Для устранения этой проблемы целесообразно использовать предварительный цифровой фильтр. Такой фильтр должен работать в реальном режиме времени, анализировать характер процесса, отбрасывать «бракованные» данные, но при этом не вносить существенных изменений в характер процесса и полученный результат.

Для решения задачи цифровой обработки данных при измерении тягового усилия в реальном режиме времени предлагается разработать цифровой алгоритм обработки сигнала, основанного на методе медианной фильтрации [20], [21].

Медианная фильтрация – метод нелинейной обработки сигналов, разработанный Тьюки [22]. Медианные фильтры достаточно часто применяются на практике как средство предварительной обработки цифровых данных. Специфической особенностью фильтров является слабая реакция на отсчеты, резко выделяющиеся на фоне соседних. Это свойство позволяет применять медианную фильтрацию для устранения аномальных значений в массивах данных, уменьшения импульсных помех (рисунок 3).

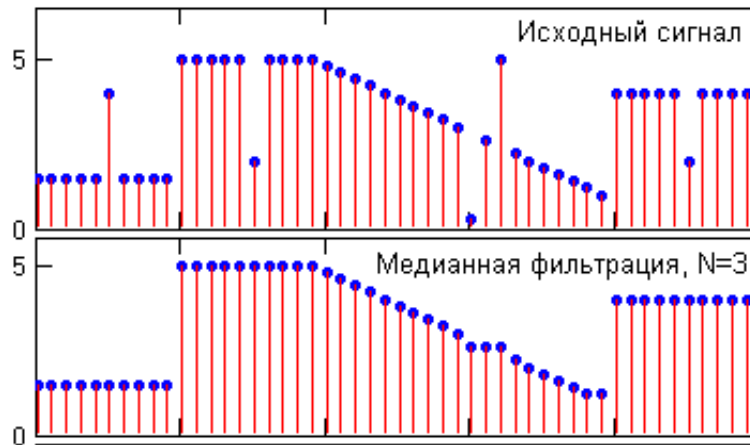


Рисунок 3 – Пример обработки сигнала с импульсными шумами медианным фильтром

Медианный фильтр представляет собой оконный фильтр, последовательно скользящий по массиву сигнала и возвращающий на каждом шаге один из элементов, попавших в окно фильтра. Выходной сигнал y_k скользящего медианного фильтра шириной $2n+1$ для текущего отсчета k формируется из входного временного ряда $\dots, x_{k-1}, x_k, x_{k+1}, \dots$ в соответствии с формулой

$$y_k = \text{med}(x_{k-n}, x_{k-n+1}, \dots, x_{k-1}, x_k, x_{k+1}, \dots, x_{k+n-1}, x_{k+n}), \quad (1)$$

где x_k – элементы ранжированного в порядке возрастания (или убывания) вариационного ряда.

Характерной особенностью медианного фильтра является его нелинейность. Во многих случаях применение медианного фильтра оказывается более эффективным по сравнению с линейными фильтрами, поскольку процедуры линейной обработки являются оптимальными при равномерном или гауссовом распределении помех, что в реальных сигналах может быть далеко не так. В случаях, когда перепады значений сигналов велики по сравнению с дисперсией аддитивного белого шума, медианный фильтр дает меньшее значение среднеквадратической ошибки по сравнению с оптимальными линейными фильтрами. Особенно эффективным медианный фильтр оказывается при

очистке сигналов от импульсных шумов при высокочастотной оцифровке аналоговых сигналов, получаемых от тензометрических датчиков.

Алгоритм медианной фильтрации выглядит следующим образом:

1) новое значение поступает в последовательный буфер, имеющий нечетный размер K , смещая все остальные на один шаг и удаляя последний элемент;

2) с помощью алгоритма быстрой сортировки значения в буфере перераспределяются по возрастанию (или убыванию);

3) выходное значение фильтра принимает элемент буфера со средним индексом $K/2+1$.

В случае использования буфера четной длины, за результирующее значение принимается среднее двух соседних элементов с индексами $K/2$ и $K/2+1$.

Алгоритм медианной фильтрации имеет ряд преимуществ по сравнению с фильтрами Калмана:

- эффективно удаляет импульсные помехи при высокочастотной оцифровке сигналов тензометрических датчиков, значения которых резко выделяются на фоне основного потока данных;

- нелинейный, что позволяет его использовать для обработки рядов данных неоднородных и нестационарных процессов, например, при измерении тягового усилия трактора;

- прост в программной реализации и не требует производительной аппаратной части.

3 Разработка макетного образца модуля аналогового ввода

3.1 Конструкция макетного образца модуля аналогового ввода

Для реализации поставленной задачи необходимо разработать микропроцессорное устройство для приема и обработки сигнала тензометрического датчика тягового усилия (модуль ввода аналоговых сигналов ИП-293). Структурная схема устройства приведена на рисунке 4.

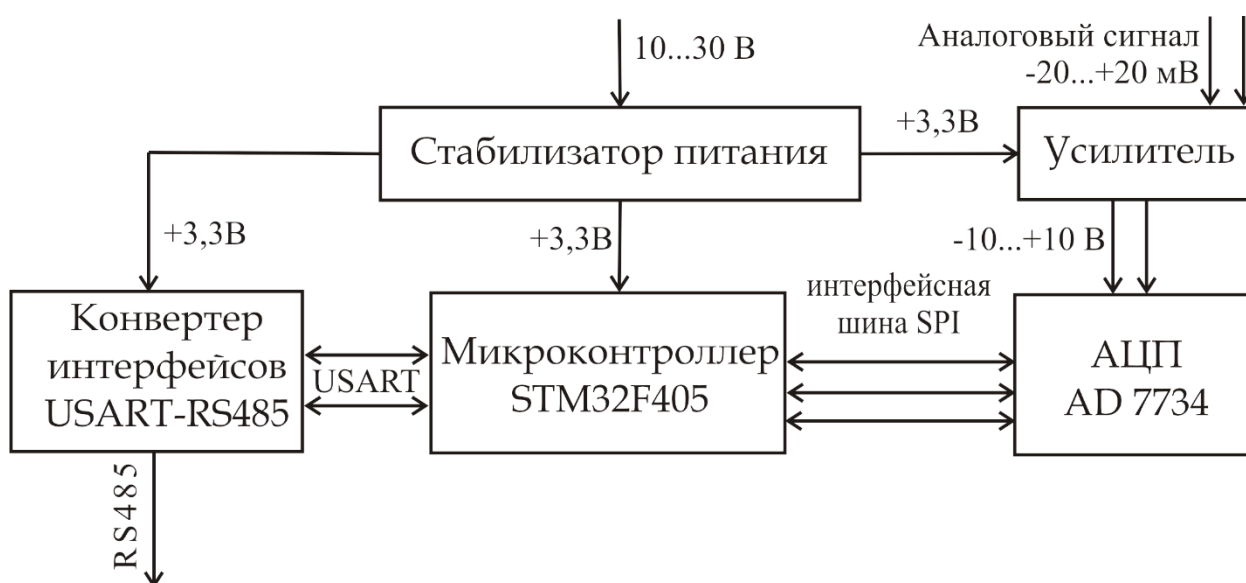


Рисунок 4 – Структурная схема устройства ввода и обработки сигнала тензометрического датчика

Модуль ввода аналоговых сигналов должен обеспечивать высокоскоростную обработку сигналов с помощью цифрового фильтра. Для обеспечения функционирования программного фильтра обработки сигнала предлагается использование микроконтроллера STM32F405RG. Преобразование аналогового сигнала в цифровой вид обеспечивает 4-х канальная микросхема аналого-цифрового преобразования AD7734 [23]. Ее особенностью является высокая скорость преобразования сигнала – до 10000 с^{-1} , 24-битный сигма-дельта формат преобразования и возможность работы через аппаратное прерывание. Конвертер интерфейсов позволяет подключать устройство к внешним устройствам по промышленной шине RS485.

Для монтажа электронных компонентов модуля разработана печатная плата (рисунок 5).

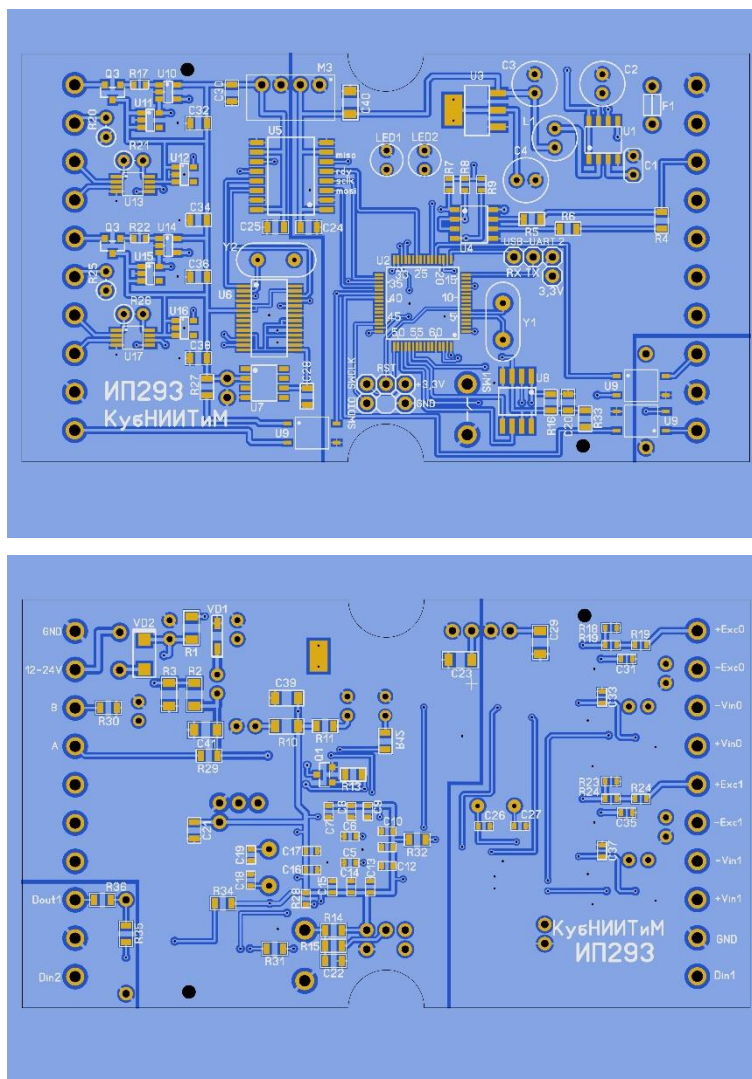
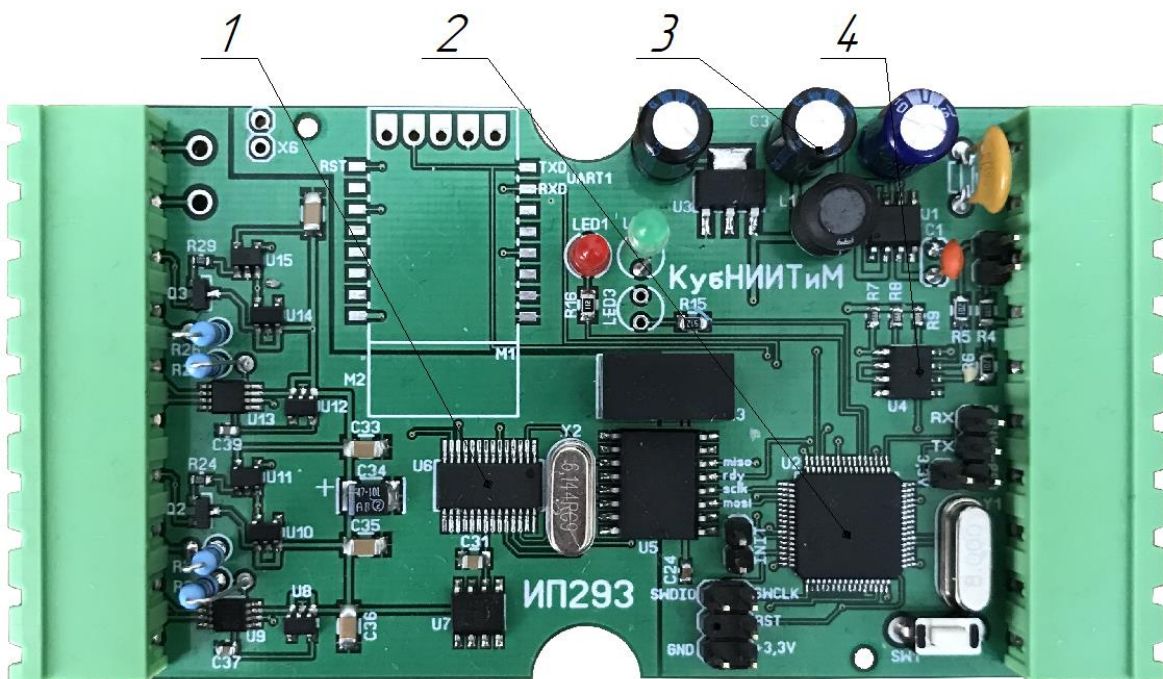


Рисунок 5 – Плата модуля ввода аналоговых сигналов ИП-293

На плате модуля распаяны основные элементы: АЦП AD7734, микроконтроллер STM32F405RG с элементами обвязки, стабилизатор питания, и преобразователь интерфейсов RS485-USB (рисунок 6).



1 – микросхема АЦП AD7734; 2 – микроконтроллер STM32F405RG; 3 – стабилизатор питания; 4 – преобразователь интерфейсов UART-RS485

Рисунок 6 – Компоненты модуля ввода аналоговых сигналов ИП-293

Макетный образец модуля ввода аналоговых сигналов ИП-293 изображен на рисунке 7. Модуль выполнен в стандартном корпусе с возможностью установки на DIN-рейку. Размеры корпуса и расположение выводов позволяют устанавливать его на место стандартного модуля I-7016 в ИИС ИП-264.



Рисунок 7 – Модуль ввода аналоговых сигналов ИП-293

Краткая техническая характеристика модуля приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Краткая характеристика модуля ИП-293

Наименование параметра	Значение параметра
Напряжение питания, В	10...30
Потребляемая мощность, Вт	3
Напряжение входного сигнала, мВ	± 15
Количество аналоговых входов, ед.	2
Частота преобразования АЦП, с ⁻¹	до 10000
Выходное напряжение питания тензостов, В	5
Относительная приведенная погрешность, не более, %	1
Разрядность АЦП, бит	24
Интерфейс связи	RS-485
Габаритные размеры, мм	
- длина	120
- ширина	70
- высота	35
Масса, г	130
Рабочий диапазон температур окружающей среды, °С	0...+55

3.2 Программное обеспечение модуля аналогового ввода

Встроенная программа для модуля ИП-293 написана на языке «МikroC» (приложение Б). Программа скомпилирована для микроконтроллера STM32F405 и записана во встроенную память. Основные функции программы, следующие:

- настройка и опрос микросхемы АЦП AD7734 с заданной частотой;
- буферизация и обработка входящего потока данных с помощью разработанного цифрового фильтра;
- поддержка протокола связи для обмена данными с внешними устройствами DCON;
- поддержка различных скоростей связи с внешними устройствами;
- поддержка уникального адреса для каждого модуля;
- запись и загрузка при включении настроек из встроенной энергонезависимой памяти.

Для обеспечения стабильной работы модуля и повышения точности обработки данных, связь с внешними устройствами по интерфейсу RS-485 организована через канал прямого доступа к памяти (DMA) благодаря чему микроконтроллер не «отвлекается» на обмен данными с внешними устройствами во время работы.

3.3 Протокол обмена с управляющим устройством

Для передачи данных во внешнее устройство и распознавания команд от внешних устройств служит специальное соглашение – протокол обмена. Модуль ИП-293 поддерживает основные команды протокола DCON (таблица 2).

Таблица 2 – Команды протокола обмена модуля ИП-293

Наименование команды	Формат команды	Описание команды
Опрос	#AA	Опрос значения сигнала на активном аналоговом входе
Конфигурация	\$AA2	Запрос текущей конфигурации модуля
Установка	%AANNTTCCFF	Установка и запись в память новых параметров конфигурации
Номер	\$AA3	Запросить номер выбранного канала аналогового ввода
Выбор	\$AA3N	Выбрать канал N аналогового входа
Версия	\$AAF	Запрос версии встроенной программы
Имя	\$AAM	Запрос имени модуля
Балансировка	\$AA1N	Выполнить балансировку нуля канала N

Так как модуль ИП-293 имеет возможности, не предусмотренные протоколом обмена DCON, добавлена дополнительная команда, запрашивающая значения по всем аналоговым входам.

Формат команды: #AAA.

Аргументы команды: AA – адрес устройства в сети RS485; A – команда опроса всех доступных каналов.

4 Лабораторные исследования

4.1 Рабочая программа-методика лабораторных исследований

Для оценки соответствия характеристик модуля заявленным, необходимо разработать стенд для проверки следующих показателей:

- точности определения значений входного напряжения при постоянном напряжении;
- частоты работы АЦП;
- фильтрации импульсных помех с помощью разработанного медианного фильтра;
- точности определения массы в диапазоне от 0 до 10 кг на стенде К-10А.

Методика исследования заключается в следующем:

- 1) к первому входу модуля ИП-293 подключается источник стабилизированного напряжения и поверенный вольтметр для контроля;
- 2) на модуле отключается цифровой медианный фильтр;
- 3) настраивается значение выходного сигнала 0 мВ;
- 4) подается сигнал в течение 60 с;
- 5) опрашивается значение активного канала модуля ИП-293;
- 6) увеличивается значение напряжения на 1 мВ и повторяются пункты 3), 4), 5) до достижения напряжения 15 мВ;
- 7) включается цифровой медианный фильтр;
- 8) на вход подается переменное напряжение с амплитудой ≈ 5 мВ в течение 20 с;
- 9) записываются значения подаваемого сигнала и обработанного с помощью фильтра;
- 10) калибруется модуль ИП-293 на тензодатчике К-10А;
- 11) нагружается гирями от 0 до 10 кг с шагом 0,5 кг тензодатчик К-10А;
- 12) записываются показания в течение 60 с.

После проведения опытов оценивается соответствие измеренного напряжения заданному, рассчитывается значение погрешности, количество опросов

АЦП и успешность отбраковки импульсных помех.

4.2 Конструкция стенда для лабораторных исследований

Лабораторный стенд для испытаний модуля ИП-293 состоит из модуля I-7016 с источником сигнала различной длительности и величиной напряжения в рабочем диапазоне и вольтметра для контроля показателей.

В качестве источника сигнала использован выходной настраиваемый через ЦАП канал модуля I-7016 (рисунок 8, таблица 3).



Рисунок 8 – Модуль I-7016

Таблица 3 – Краткая характеристика модуля I-7016

Наименование параметра	Значение параметра
Напряжение питания, В	10...30
Количество аналоговых входов, ед.	2
Частота преобразования АЦП, с ⁻¹	10
Количество аналоговых выходов, ед.	1
Разрядность АЦП, бит	24
Разрядность ЦАП, бит	12
Интерфейс связи	RS-485
Габаритные размеры, мм	
- длина	120
- ширина	70
- высота	35

Эталонное значение напряжения сигнала определяется вольтметром В7-78/1 (рисунок 9, таблица 4).



Рисунок 9 – Вольтметр В7-78/1

Таблица 4 – Краткая характеристика вольтметра В7-78/1

Наименование параметра	Значение параметра
Число каналов, ед.	1
Базовая погрешность, %	0,0035
Диапазон постоянного напряжения, В	от 0 до 1000
Разрешение DCV, мкВ	0,1
Диапазон переменного напряжения, В	от 0 до 750
Разрешение ACV, мкВ	0,1
Номер госреестра РФ	31773-06
Масса, кг	5,23

Исходя из метрологических характеристик вольтметра можно сделать вывод, что он подходит для оценки значения сигнала при лабораторных исследованиях модуля ИП-293.

Для определения частоты работы АЦП используется стандартный частотомер ЧЗ-54, подключенный к схеме формирования интерфейса связи UART-RS485 между управляющим компьютером и модулем ИП-293.

Для оценки точности определения массы модулем ИП-293 изготовлен стенд на базе консольного тензодатчика К-10А (рисунок 10).

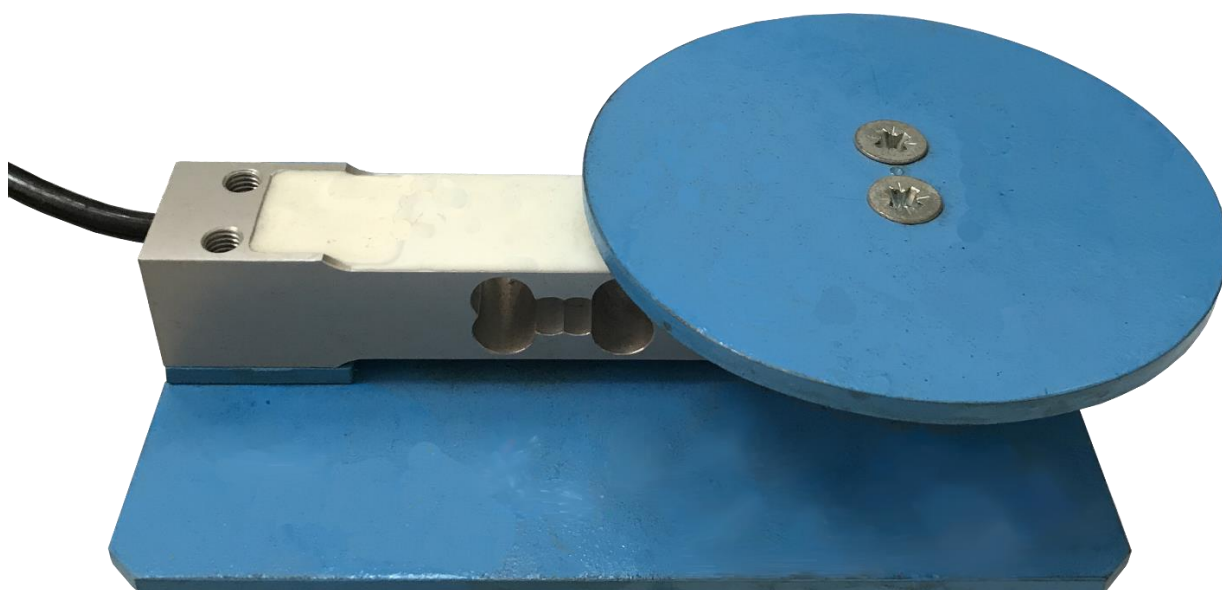


Рисунок 10 – Стенд на базе К-10А

4.3 Анализ результатов лабораторных исследований

Протокол лабораторных испытаний модуля аналогового ввода ИП-293 приведен в приложении В.

В результате лабораторных исследований относительная приведенная погрешность измерения напряжения сигнала не превысила заявленной в характеристиках на модуль ИП-293 величины 1 % (максимальное значение 0,6 %). Максимальная погрешность частоты преобразования АЦП составила, 0,4 %.

Эффективность предложенного цифрового фильтра подтверждается тем, что были сглажены все 7 пиков, при этом коэффициент вариации, характеризующий адекватность процесса, уменьшился с 19,86 до 1,96. Размах вариации уменьшился с 12,55 до 0,51 мВ, что подтверждает заявленные характеристики модуля аналогового ввода ИП-293.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведения теоретических исследований были проанализированы особенности аналоговых сигналов, получаемых в процессе измерения тягового усилия при испытаниях сельскохозяйственной техники для получения показателей энергетической оценки и тяговых показателей тракторов сельскохозяйственного назначения.

Отмечены недостатки существующих методов цифровой обработки сигналов тензометрических силоизмерителей, заключающиеся в неспособности фильтрации выбросов, существенно отличающихся от измеряемых показателей.

В результате выполнения НИР:

- проанализированы проблемы, возникающие при использовании стандартного модуля аналогового ввода I-7016 и существующего метода оценки тягового усилия за счет непрогнозируемых кратковременных выбросов показателей, формируемых неоднородной почвенной средой;

- предложен метод расчета тягового усилия или тягового сопротивления сельскохозяйственных машин за счет цифровой обработки входящего потока данных медианным фильтром. Разработан алгоритм работы медианного фильтра для тензометрического силоизмерителя;

- предложена структурная схема модуля сбора аналоговых сигналов тензометрических силоизмерителей;

- разработан макетный образец модуля ввода аналоговых сигналов ИП-293. Разработано программное обеспечение для модуля ИП-293, которое было зарегистрировано в Федеральной службе по интеллектуальной собственности свидетельство № 2020618603 от 30.07.2020 г.;

- проведены лабораторные исследования заявленных метрологических характеристик модуля аналогового ввода, которые подтверждают правильность выбора технических и программных решений.

Рекомендуется продолжить данные исследования в полевых условиях при проведении энергетической оценки прицепных сельскохозяйственных машин или тяговых испытаний тракторов в сравнении с распространенными измерительными модулями сбора аналоговых сигналов и разработанным модулем с различными настройками предложенного цифрового фильтра.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 ГОСТ 27021–86 Тракторы сельскохозяйственные и лесохозяйственные. Тяговые классы. М.: Издательство стандартов, 1986. – 7 с.

2 ГОСТ 30745–2001 (ИСО 789–9–90) Тракторы сельскохозяйственные. Определение тяговых показателей. М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 15 с.

3 Трубицын Н.В., Таркинский В.Е. Современные микропроцессорные системы для разработки средств испытаний // Техника и оборудование для села. – 2013. – № 12. – С. 31–32.

4 Тавасиев Р.М., Козаев Т.С., Цаллагов Т.Т., Туаев А.Г. Экспериментальное определение тягового усилия трактора. // Материалы 7-й международной научно-практической конференции «Перспективы развития АПК в современных условиях». Владикавказ: Изд-во Горский ГАУ, 2017. – С. 278–280.

5 Гапич Д.С., Елфимов А.В., Привалов В.А. К вопросу определения номинального тягового усилия колесных тракторов // Материалы Международной научно-практической конференции «Парадигма аграрного образования в условиях цифровой экономики». Волгоград: Изд-во Волгоградский ГАУ, 2019. – С. 283–288.

6 Chethan C.R., Tewari V.K., Nare B., Kumar S.P. Transducers for Measurement of Draft and Torque of Tractor-implement System // Agr. Mechan. in Asia Africa Latin America. – 2018. – Vol. 49, No. 4. – P. 81–87. – Англ. – Bibliogr.: p. 87.

7 Федоренко В.Ф., Трубицын Н.В. Современные информационные технологии при испытаниях сельскохозяйственной техники: науч. аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. – 140 с.

8 Косульников Р.А., Карсаков А.А., Фомин С.Д., Назаров Е.А. Метод повышения точности измерения тягового сопротивления в навесном устройстве трактора // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – №1 (49). – С. 326–333.

9 Шилин Д.В., Шестов Д.А., Ганин П.Е. Повышение точности взвешивания сыпучих материалов на поточном расходомере-дозаторе с двумя тензометрическими датчиками // Вестник Московского энергетического института. – 2019. – № 3. – С. 116–123.

10 Пахоменков Ю.М. Преобразователь сигналов мостовых тензометрических датчиков // Системы управления и обработки информации. – 2017. – № 1. – С. 80–93.

11 Francisco Rovira-Más Sensor Architecture and Task Classification for Agricultural Vehicles and Environments // Sensors. – 2010. – № 10 (12). – DOI: 10.3390/s101211226.

12 Лашова С.С., Клевеко В.И. Вывод зависимости относительного удлинения, возникающего в тензометрическом датчике от его геометрических параметров // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. – 2017. – Т. 2. – С. 115–120.

13 Васильев А.В. Метод косвенного измерения сопротивлений тензорезисторов в тензометрическом датчике // Современные технологии в науке и образовании – СТНО-2018. Рязань. Издательство: Рязанский государственный радиотехнический университет. – 2018. – С. 133–138.

14 Зеленцов Ю.А., Зеленцов В.Ю. Исследование влияния схем термокомпенсации дрейфа начального разбаланса мостовых схем на выходной сигнал тензометрического датчика // Метрология. – 2007. – № 4. – С. 39–47.

15 Авроров В.А., Волков В.В., Николаев В.С., Горюнова М.В. Анализ функции преобразования датчика линейной плотности волокнистой ленты тензометрического типа // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2009. – № 2. – С. 83–86.

16 Куликова М.В., Куликов Г.Ю. Численные методы нелинейной фильтрации для обработки сигналов и измерений // Вычислительные технологии. Новосибирск. – 2016. – № 4. – С. 64–98.

17 Федоренко В.Ф., Трубицын Н.В., Таркинский В.Е., Сазонов М.В. Уникальная система // Информационный бюллетень. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. – № 8. – С. 45–47.

18 Lubov A Marcovich Inferences from optimal filtering equation // Lithuanian Mathematical Journal. – 2015. – № 7. – DOI: 10.1007/s10986-015-9289-5.

19 Kulikova M.V., Tsyganova J.V. Constructing numerically stable Kalman filter-based algorithms for gradient-based adaptive filtering // International journal of adaptive control and signal processing. – 2015. – № 11, – P. 1411–1426. DOI: 10.1002/acs.2552.

20 Таркинский В.Е., Трубицын Н.В. Цифровая обработка данных при тензометрировании сельскохозяйственной техники // Техника и оборудование для села. – 2016. – № 1. – С. 28–30.

21 Федоренко В.Ф., Таркинский В.Е. Метод цифровой фильтрации при определении тягового усилия сельскохозяйственных тракторов // Техника и оборудование для села. – 2019. – № 1. – С. 8–10.

22 Тьюки Дж. Анализ результатов наблюдений. Разведочный анализ. М.: Мир, 1981. – 689 с.

23 Analog Devices. AD7734. Data Sheet. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD7734.pdf>.

24 Катков А.Н. Проектирование и документирование встроенного программного обеспечения вторичных преобразователей тензометрических датчиков давления // Молодой ученый. – 2011. – № 8. – С. 61–63.

25 ГОСТ Р 52777–2007 Техника сельскохозяйственная. Методы энергетической оценки. – М.: Стандартинформ, 2008. – 10 с.

26 ГОСТ 7057–2001 Тракторы сельскохозяйственные. Методы испытаний. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 10 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ОТЧЕТ

О ПАТЕНТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Задание 2.1.9 «Проведение исследований и разработка современного испытательного оборудования, приборного и программного обеспечения для оценки потребительских свойств высокотехнологичных машин»

Тема 2.1.9.1

«Проведение исследований и разработка инновационного средства для определения тяговых характеристик энергетических средств»

А.1 Общие данные об объекте исследований

Основанием для проведения работ является тематический план на 2020 г. научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ, выполняемых Новокубанским филиалом ФГБНУ «Росинформгротех» (КубНИИТиМ).

Объектом исследования являются системы мониторинга и средства измерения тяговых характеристик сельскохозяйственных машин, датчики силы и соответствующие им конструкции тензометрических установок для изучения силовых параметров рабочих органов почвообрабатывающих орудий, датчики силы, устанавливаемые непосредственно на конструктивных компонентах машин сельскохозяйственного назначения.

Разработка элементов интеллектуальных систем для сбора данных при определении потребительских свойств сельскохозяйственной техники проводится с целью модернизации существующих систем и средств измерений, а так же датчиков для повышения их эксплуатационных, технических и потребительских свойств до современного уровня.

Целями разработки НИР являются:

- создание экспериментального образца технического средства для сбора и цифровой обработки аналоговых сигналов датчиков тягового усилия в реальном режиме времени с учетом развития технического уровня как отечественной, так и зарубежной техники и требований, предъявляемых к средствам полевых исследований;
- повышение достоверности и воспроизводимости результатов измерения;
- повышение технического уровня, универсальности и функциональности систем измерения тяговых характеристик энергетических средств;
- уменьшение затрат труда на получение и обработку результатов измерений.

Исходными данными для проведения НИР по разработке являются требования нормативных документов на методы испытаний (ГОСТ Р 52777 [25], ГОСТ 7057 [26], ГОСТ 30745 [2]).

А.2 Аналитическая часть

А.2.1 Патентные исследования проведены по заданию тематики «Проведение исследований и разработка инновационного средства для определения тяговых характеристик энергетических средств».

Патентный поиск проводился на сайтах Российского Патентного ведомства – Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам (Роспатент), Европейской патентной организации (EPO-espace.net), Всемирной организации интеллектуальной собственности (WIPO), научной электронной библиотеки (elibrary.ru) и в других информационных ресурсах сети Интернет.

Основной запрос проводился по следующим техническим средствам и направлениям:

- устройства для определения тяговых усилий, создаваемых энергосредством при работе с прицепной нагрузкой (динамометры, тензобалки, тензорамки, тензотреугольники);
- датчики и соответствующие им системы для измерения тягового усилия на приводной оси энергосредства;
- методика системы контроля тяговых характеристик сельскохозяйственных машин.

В результате проведенных патентных исследований установлен ряд показательных датчиков, измерительных устройств и технических средств, описание и рисунки которых приведены ниже.

А.2.2 Большинство устройств, датчиков и средств измерения тяговых характеристик сельскохозяйственных машин устанавливаются на навесном устройстве энергосредств, которые бывают одноточечные, двухточечные и трехточечные, что соответствует прицепным, полунавесным и навесным типам сельскохозяйственных орудий.

Для начала рассмотрим устройство для измерения тягового усилия при трехточечной сцепке. Оно описано в патенте на изобретение RU2682886 (приоритетный US201314135163) МПК G01L5/13, опубликованном 22.03.2019 «Система измерения тягового усилия трехточечной сцепки» (рисунок А.1).

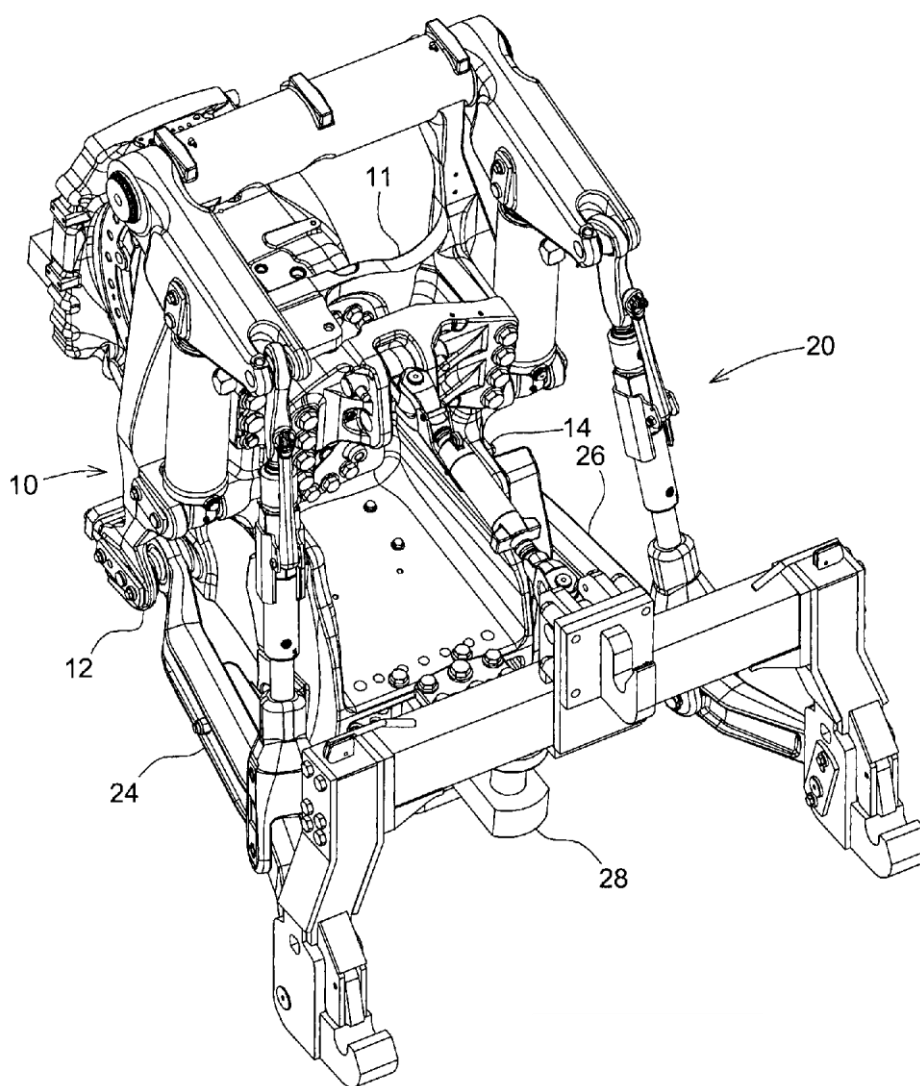


Рисунок А.1 – Общий вид системы измерения тягового усилия трехточечной сцепки

Система измерения тягового усилия в транспортном средстве с левой и правой продольными тягами для соединения орудия с рамой сцепки содержит корпус. В корпусе установлены первый и второй разнесенные шарнирные пальцы с шарнирно установленными на них первым и вторым рычагом, соответственно. Первый рычаг имеет первую часть, перемещаемую в ответ на тяговое усилие, прикладываемое к левой продольной тяге, и вторую часть. Второй рычаг имеет первую часть, перемещаемую в ответ на тяговое усилие, прикладываемое к правой продольной тяге, и вторую часть. С первым и вторым рычагами соединен упругий элемент, смещенный для поджатия рычагов друг к другу. Между рычагами расположен стопорный элемент, входящий в зацеп-

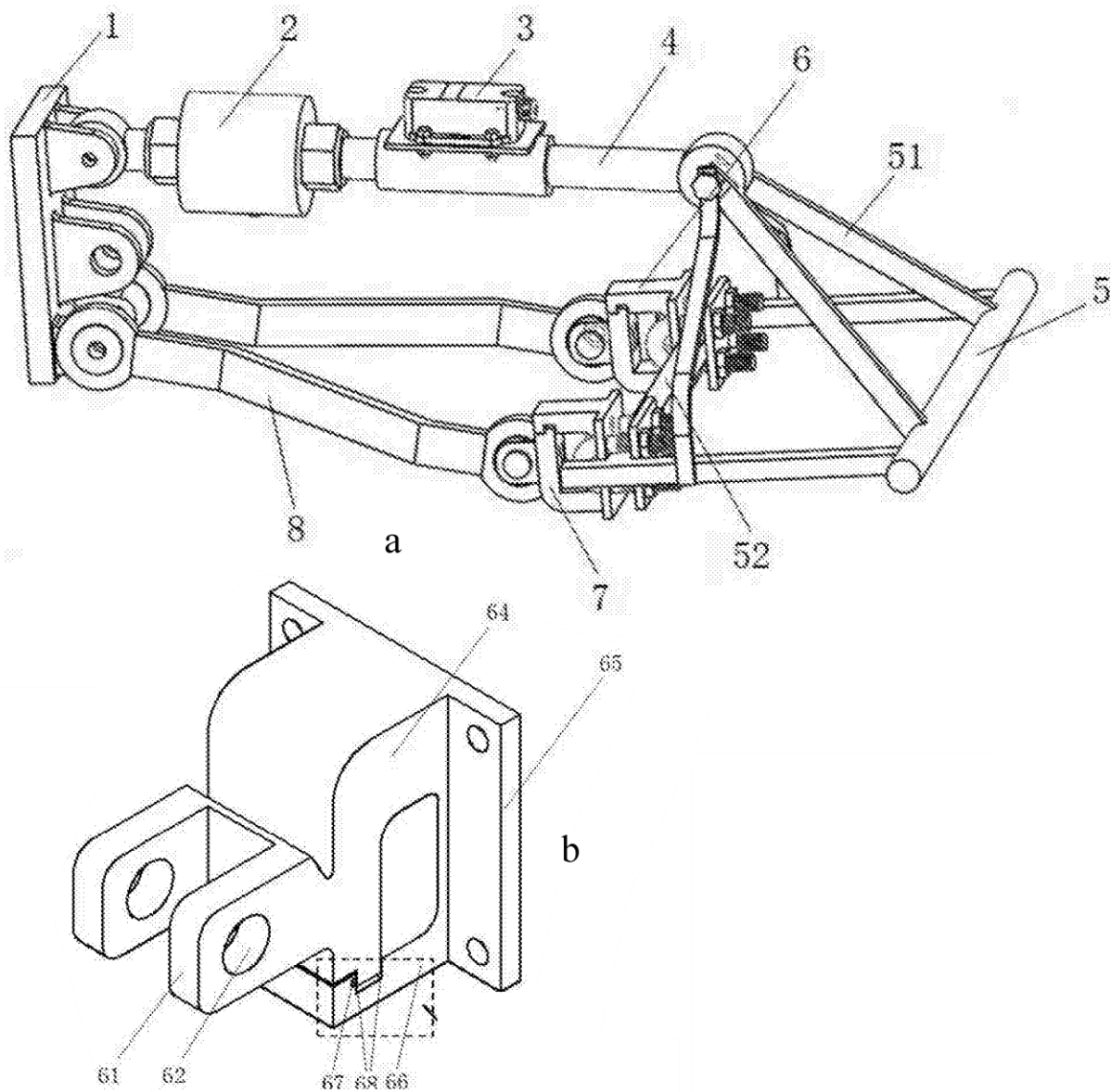
ление с рычагами для ограничения перемещения рычагов друг к другу. Со вторыми частями первого и второго рычагов входит в зацепление измерительный преобразователь, генерирующий электрический сигнал, указывающий расстояние между вторыми частями. Обеспечивается компактность и герметичность системы измерения.

Рама 10 сцепки выполнена с возможностью прикрепления к задней концевой раме рабочего транспортного средства, такого как сельскохозяйственный трактор (не показан). Рама 10 сцепки содержит главный корпус 11, левую и правую опоры продольной тяги или тяговые проушины 12 и 14. Общепринятая трехточечная сцепка 20 установлена на раме 10 сцепки и содержит левую и правую продольные тяги 24 и 26, которые известным образом соединены с тяговыми проушинами 12 и 14. Общепринятый тяговый брус 28 тянется в продольном направлении под рамой 10 сцепки.

Данная система измерения тягового усилия механически суммирует горизонтальную тяговую нагрузку между двумя нижними продольными тягами трехточечной сцепки. Две нижние продольные тяги соединены с частями рамы сцепки, которые являются гибкими в ответ на горизонтальные нагрузки и являются жесткими в ответ на вертикальные нагрузки. Конструкция рамы сцепки и размещение неравнобоких уголков делает максимальным сигнал горизонтальной тяги и делает минимальным сигнал вертикальной нагрузки. Система измерения тягового усилия требует очень небольшого пространства и не требует периодического смазывания и технического обслуживания. Рамой сцепки является литое изделие, которое отклоняется в ответ на тяговую нагрузку. Данное отклонение передается на два неравнобоких уголка, установленных на раме сцепки. Неравнобокие уголки имеют концы, которые поворачиваются вследствие отклонения и скручивания рамы сцепки. Концы неравнобоких уголков толкают два круглых болта с головками, которые соединены с рычажным узлом в сенсорном блоке. Рычажный узел содержит поворотные рычаги, которые увеличивают отклонение. Измерительный преобразователь установлен между рычагами, и давление на него увеличивается или уменьшается в зависимости от тяговой нагрузки, прикладываемой к раме сцепки. Данная система механически суммирует вместе тяговую нагрузку от обеих нижних продольных тяг, так что требуется только единственный измерительный

преобразователь, повышая таким образом надежность системы.

А.2.3 В качестве примера системы измерения тягового усилия устанавливаемой при двухточечной сцепке сельскохозяйственного орудия приведем описание устройства из патента на изобретение CN107402100 МПК G01L5/13, опубликованном 28.11.2017 «Датчик измерения силы» (рисунок А.2).



а) общая схема конструкции измерительной системы в сборе

б) датчик измерения силы

Рисунок А.2 – Устройство для измерения тягового усилия

На рисунке А.2: 1 – подвесная рама, 2 – датчик натяжения, 3 – датчик угла поворота, 4 – тяга, 5 – соединительный кронштейн, 51 – верхний соединительный стержень, 52 – балка, 6 – датчик нагрузки I, 61 – соединительная ушная

пластина, 62 – соединительное отверстие, 63 – скос, 64 – верхняя консольная балка, 65 – соединительная пластина, 66 – нижняя консольная балка, 67 – сквозное отверстие, 68 – зазор, 7 – тензодатчик II, 8 – тяга опускания штока.

В данном устройстве измерения тяги используются два тензодатчика. Вместе с датчиком угла необходимо измерять только один угол для получения показаний усилия во всех направлениях.

В настоящем изобретении тензодатчик снабжен соединительной пластиной на одном конце для соединения с сельскохозяйственным орудием и соединительной ушной пластиной на другом конце для соединения дышла трактора. Опорная пластина соединена между соединительной пластиной и соединительной ушной пластиной. Несущая рама представляет собой полую рамную конструкцию в середине, и на стороне несущей рамы рядом с соединительной ушной пластиной имеется зазор для разделения верхней и нижней частей. Верхняя консольная балка образует верхнюю часть, а нижняя консольная балка образует нижнюю часть. Зазор между балками представляет собой рифленую структуру со складками.

Измерительная часть тензодатчика в соответствии с настоящим изобретением имеет L-образную конструкцию, а верхняя и нижняя консольные балки несущей рамы имеют зазор в форме канавки с подшитым краем, а зазор x , установленный в вертикальном направлении, определяет значение сопротивления горизонтальной тяги. Во время измерения силы два набора тензометрических датчиков симметрично расположены на нижней поверхности соединительной ушной пластины для предотвращения неравномерного усилия, а два набора тензометрических датчиков симметрично расположены на верхней и нижней поверхностях верхней консольной балки, чтобы сформировать полное измерение силы перемычки. Конструкция не влияет на результаты измерений при наличии боковой силы.

А.2.4 В качестве примера системы измерения тягового усилия устанавливаемой при одноточечной сцепке сельскохозяйственного орудия приведем описание устройства из патента на полезную модель CN204831672 МПК G01L5/00, опубликованном 02.12.2015 (рисунок А.3) «Беспроводная система испытаний сельскохозяйственной техники на силу сопротивления».

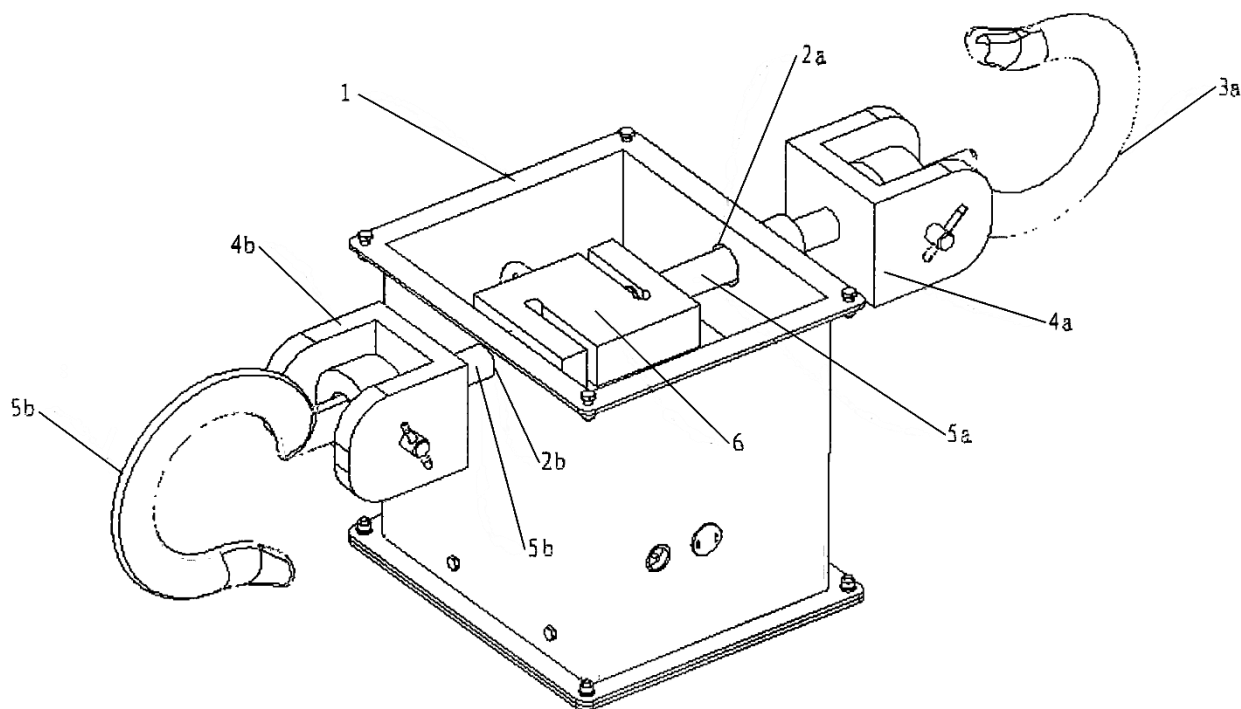


Рисунок А.3 – Беспроводная система измерения тяговых характеристик, применяемая для сельхозтехники

Устройство для измерения сил тяги, описанное в данном патенте, представляет собой беспроводную систему тестирования сопротивления тяги сельскохозяйственной техники, которая включает в себя тестовое устройство 1 и хост-компьютер. Измеренное сопротивление тяги испытанного сельскохозяйственного орудия посылается на компьютер.

Устройство для испытания на тяговое сопротивление включает в себя: корпус 1 коробки, первое сквозное отверстие 2а, второе сквозное отверстие 2b, первый тяговый крюк 3а, первый универсальный шарнир, первый тяговой стержень 5а, второй тянущий крюк 3b, второй универсальный шарнир 4b, второй тяговой стержень 5b, датчик натяжения S-типа 6, лазерный датчик скорости, аналого-цифровой преобразователь, контроллер и передающий модуль GPRS.

Первое сквозное отверстие 2а открыто на одной боковой стенке коробки 1. Второе сквозное отверстие 2b открывается на боковой стенке, противоположной стенке, и первый крюк 3а, расположенный снаружи коробки 1, проходит через первый универсальный шарнир и соединен с одним концом первого

соединительного стержня 5a, а второй крюк 3b, расположенный снаружи корпуса 1 коробки, проходит через второй универсальный шарнир. Соединение 4b соединено с одним концом второго соединительного стержня 5b, первый соединительный стержень 5a проходит через первое сквозное отверстие 2a, а другой конец соединен с корпусом коробки. Один конец внутреннего датчика 6 натяжения S-типа соединен, второй стержень 5b проходит через второе сквозное отверстие 2b, а другой конец подключен к другому концу датчика 6 натяжения S-типа, датчик 6 натяжения S-типа подключен к аналого-цифровому преобразователю и контроллеру.

Передающий модуль GPRS подключен последовательно, лазерный датчик скорости соединен с аналого-цифровым преобразователем.

Беспроводная система тестирования сопротивления тяги сельскохозяйственного орудия, представленная в варианте полезной модели, эффективно решает следующие задачи: автоматическое тестирование тягового сопротивления сельскохозяйственной техники в реальном времени, отличается высокой точностью, высокой эффективностью работы, высоким коэффициентом безопасности и т. д., а также выдает кривую мгновенной скорости и сопротивления тяги.

А.2.5 Отдельно приведем в данном пункте отчета о патентном поиске систему измерения тяговых усилий энергосредства, которая воспринимает только горизонтальную составляющую. Таким свойством обладает и устройство, приведенное в пункте А.2.2 данного отчета. Подобные измерительные устройства актуальны для исследования тяговых характеристик тракторов, а также для выявления удельного сопротивления сельхозорудий. В качестве примера системы измерения горизонтальной составляющей тягового усилия сельскохозяйственных орудий приведем описание устройства из патента на изобретение RU2703423 МПК G01L5/13, опубликованном 16.10.2019 (рисунок А.4) «Механизм для измерения горизонтальной составляющей тягового усилия от сельскохозяйственной машины».

Механизм для измерения горизонтальной составляющей тягового усилия от сельскохозяйственной машины, включающий трактор, гидронавесную систему с тягами и переходной плитой и тензорезисторы, отличающийся тем,

что к переходной плите посредством шарнирно подвижной и шарнирно неподвижной опор прикреплена горизонтальная балка с двумя консолями, к концам которых прикреплены концы нижних тяг гидронавесной системы трактора, а тензорезисторы наклеены в середине пролета балки в горизонтальной диаметральной плоскости, при этом консоли горизонтальной балки выполнены одинаковой длины.

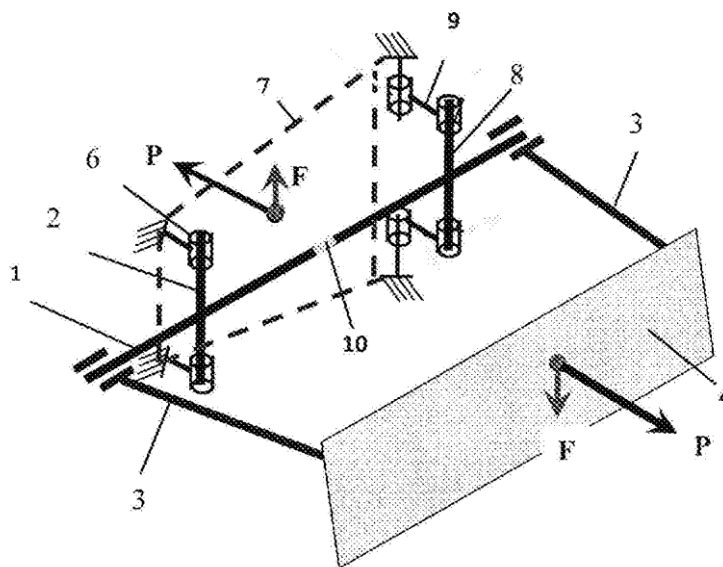


Рисунок А.4 – Общая схема устройства для измерения горизонтальной составляющей тягового усилия

Механизм для измерения горизонтальной составляющей тягового усилия от сельскохозяйственной машины состоит из горизонтально расположенной балки 1 с жестко прикрепленными к ней вертикальными осями 2 и 8. К концам балки 1 шарнирно закреплены тяги 3 гидронавесной системы трактора 4 на одинаковом расстоянии a . Одна из вертикальных осей 2 шарнирно соединяется через кронштейн 6 с переходной плитой 7, связанной с остовом навесной машины, обычно выполняемой треугольной формы (на чертеже не показано). Вторая вертикальная ось 8 через рычаги 9 также соединяется с переходной плитой 7.

Работа заявленного механизма осуществляется следующим образом.

При движении трактора 4 на навесную сельскохозяйственную машину могут действовать как горизонтальная нагрузка P , так и вертикальная нагрузка F . Горизонтальная нагрузка будет изгибать балку 1 в горизонтальной плоскости. В этом случае балку 1 можно рассматривать, как нагруженную силами P и F

и P_2 . Величина изгибающего момента в середине балки 1 всегда будет равна $(P_1+P_2) \times a$. Закрепив тензорезисторы 10 в середине балки 1, можно замерять суммарное горизонтальное усилие в двух тягах навески 3.

Применение заявленного технического решения, за счет описанной совокупности существенных признаков, обеспечивает повышение точности измерения горизонтальной составляющей тягового сопротивления путем устранения изгибающих моментов в вертикальной плоскости, прикрепления тензорезисторов на расстоянии, превышающем 10 диаметров от точки приложения сил. Кроме того, по сравнению с прототипом сокращается количество датчиков для определения горизонтального усилия.

А.2.6 Стоит также отметить, что существуют также системы определения силы механической нагрузки, установленные непосредственно на самой сельскохозяйственной машине, на приводном валу энергосредства. При этом такая система измерения является частью оборудования трактора или машины и имеет достаточно сложную структуру. Такой пример приводится в патенте на изобретение EP3298871 МПК G01L3/10, опубликованном 28.03.2018 (рисунок А.5) «Сельхозтехника, процесс обнаружения механической нагрузки на компоненты сельскохозяйственной техники».

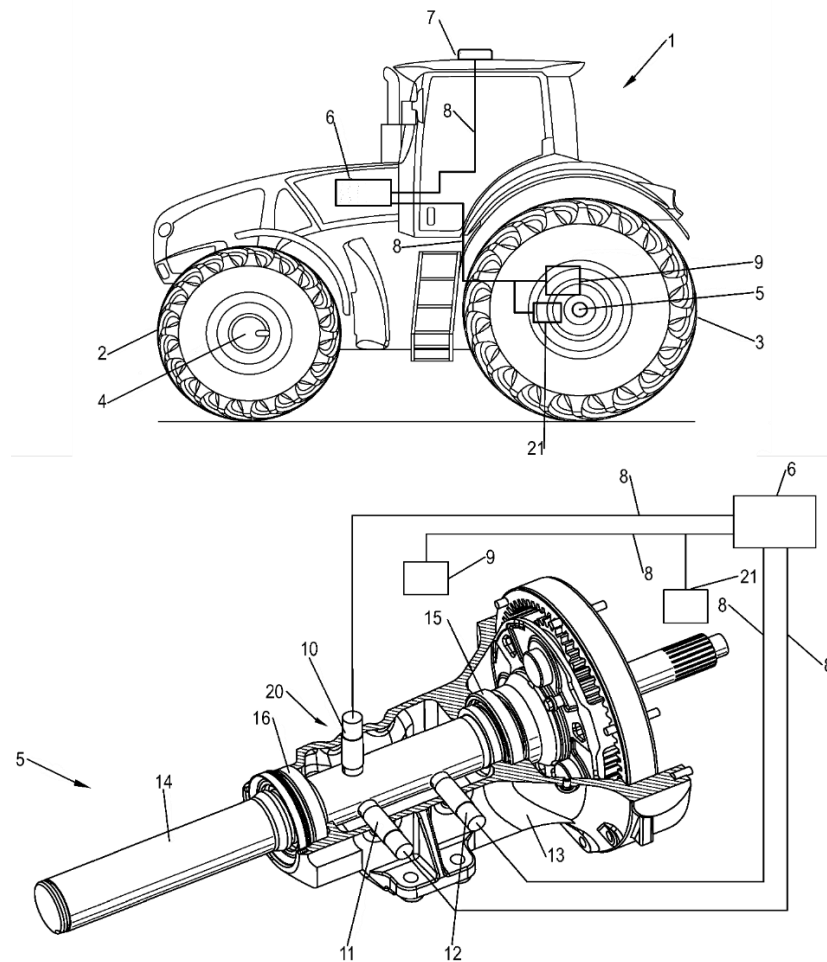


Рисунок А.5 – Описание системы измерения усилия на приводном валу трактора

Согласно патенту EP3298871, разработанному в Германии, изобретение относится к сельскохозяйственному транспортному средству 1, содержащему компоненты 5 и 14, механически нагруженные силами и/или моментами, управляющее устройство 6 и измерительное устройство для определения механической нагрузки по меньшей мере одного из компонентов 14. Сельскохозяйственное транспортное средство 1 имеет, в частности, модульную систему датчиков 20 для размещения, по меньшей мере, одного компонента 5 или 14 транспортного средства 1, причем система датчиков 20 имеет, по меньшей мере, один датчик, основанный на принципе бесконтактного измерения расстояния 10, 11, 12 и для определения физической величины характеристики механической нагрузки.

Датчики устанавливаются на заднюю ось 5 симметрично на правое и левое колесо. Валы 14 задней оси, проходящие от центрально расположенного дифференциала влево и вправо к соответствующим задним колесам 3. Каждый

из валов 14 задней оси поддерживается с возможностью вращения в корпусе 13 вороночной оси с помощью роликовых подшипников. Подшипник 16 наружного колеса расположен на внешней поверхности корпуса 13 соответствующей воронки оси, то есть там, где вал 14 задней оси выходит из корпуса 13 воронки закрытой задней оси 5. Изгибающие моменты или нормальные напряжения, действующие внутри соответствующего вала 14 задней оси, которые, в частности, соответствуют нагрузке на колесо, действующей на соответствующее заднее колесо 3, и/или движущей силе, действующей на него, достигают своего наибольшего значения в области наружного колесного подшипника 16 благодаря конструкции.

Заявленная цель достигается посредством способа определения механической нагрузки на компоненты сельскохозяйственного транспортного средства по силам и/или моментам, причем механическая нагрузка обнаруживается, по меньшей мере, одним из компонентов с помощью измерительного устройства и оценивается устройством управления. В соответствии с изобретением предусмотрено, что измерительное устройство выполнено в виде, в частности, модульной системы датчиков, которая предназначена, по меньшей мере, одному компоненту транспортного средства, и имеет, по меньшей мере, один датчик, основанный на принципе бесконтактного измерения расстояния, для обнаружения характеристики физической величины механической нагрузки, при этом относительная деформация между компонентом и корпусом, окружающим компонент в секциях, измеряется посредством расположения датчиков в качестве характерной физической переменной.

В предпочтительном дальнейшем развитии, сигналы, предоставляемые устройством датчиков, могут оцениваться устройством управления и использоваться для управления или регулирования рабочих параметров сельскохозяйственного транспортного средства и/или навесного оборудования, размещенного на нем.

Сигналы, предоставляемые устройством датчиков, могут оцениваться устройством управления и использоваться для компенсации помех во время измерений с помощью дополнительного магнитострикционного датчика, который основан на измерениях расстояния.

Кроме того, управляющее устройство может компенсировать температурный дрейф системы датчиков, поскольку устройство управления соответствующим образом оценивает сигналы, полученные от датчика температуры, и учитывает их соответствующим образом при оценке сигналов системы датчиков.

Кроме того, сигналы, принятые от датчика угла поворота, расположенного в области расположения датчиков, могут использоваться устройством управления для компенсации влияния на измеренные значения, обнаруженные устройством датчиков, вызванного эксцентриситетом и/или изменением формы механически нагруженного компонента. Поскольку оси вала рассчитаны на кручение, вал оси слишком большой для чистых изгибающих напряжений, в результате чего изгибающие напряжения, возникающие в результате механической нагрузки, очень малы. Поэтому измеримое отклонение сигнала магнитострикционного датчика очень мало для измерения силы. Соответственно, использование бесконтактных датчиков расстояния для измерения силы является преимуществом. При этом стоит отметить, что магнитострикционные датчики применяются для аналогичного устройства, описанного в патенте на изобретение EP2851667 МПК G01L3/10, опубликованном 25.03.2015.

А.3 Заключение

На основании анализа технических решений датчиков силы, механических устройств для тензометрирования, систем измерения тяговых усилий сельскохозяйственных машин основные конструктивные элементы или структурная схема которых могут быть использованы для разработки инновационного средства для определения тяговых характеристик энергетических средств – предлагается разработать экспериментальный образец методики и системы измерения тягового усилия энергосредства, удовлетворяющее действующим требованиям нормативных документов. А также разработать актуальные технические требования к экспериментальному образцу средства измерения, которые удовлетворяли бы современным требованиям и характеристикам, предъявляемым к данному испытательному оборудованию. При разработке системы измерения необходимо использовать современные конструкторские решения.

Средство измерения найдет применение в системе МИС, НИИ Минсельхоза России и стран СНГ, а также в сельхозпредприятиях, занимающихся испытанием сельхозтехники и сельхозорудий.

Необходимо выполнить НИР с изготовлением экспериментального образца интеллектуальной системы сбора данных для определения потребительских свойств сельскохозяйственной техники и разработать методику измерений.

А.4 Задание № 2.1.9.1 на проведение патентных исследований

Наименование задания: «Проведение исследований и разработка инновационного средства для определения тяговых характеристик энергетических средств».

Шифр темы: 2.1.9.

Шифр задания: 2.1.9.1.

Этап работы: НИР.

Сроки выполнения: январь – март 2020 г.

Задачи патентных исследований: определение технического уровня и требований к измерительным системам для определения тяговых характеристик энергосредства.

Поиск путей решения проблемы конструктивного исполнения системы измерения тяговых характеристик энергосредства.

Таблица А.1 – Календарный план проведения патентных исследований

Вид патентного исследования	Подразделение – исполнители (соисполнители)	Ответственный исполнитель (Ф.И.О.)	Сроки выполнения патентных исследований. Начало. Окончание.	Отчетный документ
Определение технического уровня и требований к измерительным системам для определения тяговых характеристик энергосредства	Лаборатория разработки средств измерений и программного обеспечения	Таркивский В.Е. Слесарев В.Н. Попелова И.Г.	15.01.2020 – 29.03.2020 г.	Отчет о патентных исследованиях.

Руководитель патентного подразделения

_____ И.Г. Попелова

Руководитель лаборатории

_____ В.Е. Таркивский

Исполнитель работы

_____ В.Н. Слесарев

А.5 Регламент поиска № 2.1.9.1-2020 от 23.03.2020 г.

Наименование задания: «Проведение исследований и разработка инновационного средства для определения тяговых характеристик энергетических средств»

Шифр темы: 2.1.9

Шифр задания: 2.1.9.1

Номер и дата утверждения задания: № 2.1.9.1-2020 от 19.01.2020 г.

Цель поиска информации: анализ конструкции измерительных систем определения тяговых усилий энергосредства.

Обоснование регламента поиска: проведен поиск по ОБ «Открытия изобретения», БД ФИПС и ЕРО и Р.Ж. «Изобретения стран мира». Глубина поиска – 10 лет.

Окончание поиска 29.03.2020 г.

Таблица А.2 – Таблица к регламенту поиска

Предмет поиска	Страна поиска	Источники информации, по которым проведен поиск								Ретро-спек-тив-ность	Наименование информа-ционной базы
		патентные		НТИ		конъюктурные		другие			
		наименование	классификационные рубрики, МПК, МПКО, НКИ и др.	наименование	рубрики УДК и др.	наименование	код товара: ГС, СМТК, БТН	наименование	классификационные индексы		
Устройства для определения тяговых усилий, создаваемых энергосредством	РФ, Германия, Китай, Сербия, Чехия, США	ОБ «Открытия, изобретения»	G01L 01/00 G01L 01/04 G01L 01/12 G01L 01/22 G01L 03/10 G01L 05/13 G01L 05/136	Р.Ж. «Современные проблемы науки и образования»,						10 лет	ФГНУ «РосНИИТиМ», Изобретения стран мира,

Окончание таблицы А.2

Предмет поиска	Страна поиска	Источники информации, по которым будет проводиться поиск								Ретро-спек-тив-ность	Наименование информационной базы
		патентные		НТИ		конъюктурные		другие			
		наименование	классификационные рубрики, МПК, МПКО, НКИ и др.	наименование	рубрики УДК и др.	наименование	код товара: ГС, СМТК, БТН	наименование	классификационные индексы		
Датчики для измерения тягового усилия на приводной оси энергосредства			A01B59/06 A01B61/00 B60D1/14 B60D1/24 B60D1/62	«С.-х. техника: обслуживание и ремонт», Отчеты НИИ по проблеме							Евразийское патентное ведомство, Банк патентов, НПО НАТИ, электронный ресурс Internet

Таблица А.3 – Патентная документация

Предмет поиска (объект исследования, его составные части)	Страна выдачи, вид и номер охранного документа. Классификационный индекс	Заявитель (патентообладатель), страна, номер заявки, дата приоритета, конвенционный приоритет, дата публикации	Название изобретения (полезной модели, образца)	Сведения о действии охранного документа или причина его аннулирования (только для анализа патентной чистоты)
1	2	3	4	5
Устройства для определения тяговых усилий, создаваемых энергосредством при работе с прицепной нагрузкой	РФ Патент на изобретение RU2703910 G01L5/136; A01B59/06	ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет Рогачев А. Ф., Карсаков А. А., Косильников Р. А., Гапич Д. С. 2019110318 опубл. 22.10.2019 заявл. 08.04.2019	Устройство для определения тягового сопротивления навесных сельскохозяйственных машин и орудий	Действует
То же	РФ Патент на изобретение RU2703423 G01L5/136; A01B59/06	ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет Рогачев А. Ф., Карсаков А. А., Косильников Р. А., Гапич Д. С. 20190110320 опубл. 16.10.2019 заявл. 08.04.2019	Механизм для измерения горизонтальной составляющей тягового усилия от сельскохозяйственной машины	Действует

Продолжение таблицы А.3

1	2	3	4	5
То же	РФ Патент на изобретение RU2682085 G01L5/13; G01L5/16 G01L25/00	ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет Рогачев А. Ф., Карсаков А. А., Косульников Р. А., Назаров Е. А. 20180115336 опубл. 14.03.2019 заявл. 24.04.2018	Установка для пространственного динамометрирования навесных сельскохозяйственных машин и орудий	Действует
То же	РФ Патент на изобретение RU2682886 G01L 5/136; A01B 59/066; A01B 63/112; B60D 1/141; B60D 1/248; B60D 1/62	ДИР ЭНД КОМПАНИ (US) ТИЛКС Эндрю М. (US), ЭРЛИИ Марк С. (US), КРЕЙС Эдвин Р. (US), ХАЙМБУХ Бенджамин Дж. (US), БАУМАН Деннис А. (US), РОТ Джонатан Т. (US), ФИШЕР Дуглас Р. (US), КОЛЛЕТ Майкл Д. (US) RU20140151471 опубл. 22.03.2019 заявл. 18.12.2014	Система измерения тягового усилия трехточечной сцепки	Действует

Продолжение таблицы А.3

1	2	3		
То же	РФ Патент на изобретение RU2589217 G01L5/13; A01B 63/00	ФГБОУ ВО Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова Бартенев И. М., Донцов И. Е., Шабанов М. Л., Лысыч М. Н. 2015114509 опубл. 10.07.2016 заявл. 17.04.2015	Установка для объемного тензометрирования	Не действует
То же	РФ Патент на изобретение RU2585507 G01L5/13	ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный аграрный университет Колпаков В. Е., Шкорлаков Р. В., Тишкин Л. В., Картошкин А. П. 2015111745 опубл. 27.05.2016 заявл. 21.03.2015	Способ измерений тяговых усилий трактора	Не действует

Продолжение таблицы А.3

1	2	3	4	5
То же	<p>Китай Патент на изобретение CN109738103 G01L5/00; G01L5/16; G01M99/00</p>	<p>UNIV SOUTH CHINA AGRICULT ZANG YING; CHEN BOYI; HU LIAN; DU PAN; HE JING; MENG SHIBO; MAO TING; SU HONGYI CN20191060732 опубл. 10.05.2019 заявл. 22.01.2019</p>	<p>Система измерения ра- бочего сопротивления сельхозорудия для ри- сового поля, способ и система измерения ра- бочего сопротивления</p>	<p>Действует</p>
То же	<p>Германия Заявка на изобретение DE102016215071 A01B63/11; G01L1/04; G01L1/12; G01L5/13</p>	<p>BOSCH GMBH ROBERT [DE] THIERBACH PETER, KLEIN STEFFEN 2016215071 опубл. 15.02.2018 заявл. 12.08.2016</p>	<p>Датчик силы, установ- ливающийся на элек- трогидравлическую си- стему управления сцеп- кой сельскохозяйствен- ного трактора</p>	<p>Действует</p>
То же	<p>Китай Патент на изобретение CN107402100 G01L1/22; G01L5/13</p>	<p>UNIV SHENYANG AGRICULTURAL ZHAO PING; ZHANG BENHUA; CUI HONGGUANG; BAI XUEWEI; ZHAO JIZHE; FAN YU; TIAN YUE CN201710595808 опубл. 28.11.2017 заявл. 20.07.2017</p>	<p>Датчик измерения силы</p>	<p>Действует</p>
То же	<p>Германия Заявка на полезную модель DE102016004038 B60D1/00; G01L1/04; G01L1/22; G01L5/13</p>	<p>STEPRATH WERNER STEPRATH WERNER 2016004038 опубл. 24.08.2017 заявл. 02.04.2016</p>	<p>Система измерения и дат- чик силы для использова- ния в сельскохозяйствен- ных тракторах</p>	<p>Действует</p>

Продолжение таблицы А.3

1	2	3	4	5
То же	Китай Патент на полезную модель CN204831672 G01L5/00	UNIV BEIFANG NATIONALITIES LI MAOQIANG; MU CHUNYANG; GAO YANG; WEN YUZE; CHEN QIUYU CN 201520614218 опубл. 02.12.2015 заявл. 06.08.2015	Беспроводная система испытаний сельскохо- зяйственной техники на силу сопротивления	Действует
То же	Китай Патент на полезную модель CN204788760 G01L5/00; A01B51/00	UNIV CHINA AGRICULTURAL DONG XIANGQIAN; WANG JICHENG; SONG JIANNONG; SUN YAPENG; ZHANG CHAO CN 201520549071 опубл. 18.11.2015 заявл. 27.07.2015	Рамка для измерения линейного сопротивле- ния устройства	Действует
То же	Китай Патент на полезную модель CN204422123 G01L5/00	LI HONGQIN LI HONGQIN CN20152007871 опубл. 24.06.2015 заявл. 07.01.2015	Измеритель силы со- противления тяги зад- ней навески трактора	Действует

Продолжение таблицы А.3

1	2	3	4	5
То же	Сербия Патент на полезную модель RS1384 G01L1/00	POLJOPRIVREDNI FAKULTET NOVI SAD [RS] MALINOVIĆ NEDELJKO DR, KOSTIĆ MARKO RS2014MP00007 опубл. 31.10.2014 заявл. 07.12.2012	Универсальная рамка для измерения механиче- ского сопротивления орудий обработки почвы на сельскохозяйственном оборудовании	Действует
То же	Германия Заявка на изобретение DE102012216306 A01B61/00; A01B63/00	ZAHNRADFABRIK FRIEDRICHSHAFEN [DE] JELLBAUER MICHAEL, WANDL MEIKO 2012216306 опубл. 13.03.2014 заявл. 13.09.2012	Способ определения нагрузки на рабочую ма- шину, например сельско- хозяйственная машина, включает определение нагрузки рабочей ма- шины на основе сравне- ния обнаруженной силы и незагруженного состо- яния рабочей машины, соответствующей эта- лонному значению	Действует
То же	Китай Патент на изобретение CN103323160 G01L5/00	MODERN AGRICULTURAL EQUIPMENT; CN ACAD AGRICULTURAL MECH SCI WU JIANMIN; YAN HUA; YANG XUEJUN; SUN XING; ZHU LICHENG CN20121073298 опубл. 25.09.2013 заявл. 19.03.2012	Подвесное устройство для навесного сельскохо- зяйственного орудия	Действует

Продолжение таблицы А.3

1	2	3	4	5
То же	<p>Китай Патент на полезную модель CN21740613 G01L5/00; G01L3/00</p>	<p>HEILONGJIANG PROVINCE RES ACADEMY AGRICULTURAL MACHINERY ENG; HARBIN BONA TECHNOLOGY CO LTD XIAOHUA CAI; JUNJIE LIU; RUI CHENG; CUNZHI YANG; ZEQUAN WU; HU JUN; XU YANG; WANG JUN; DECHUN ZHAO; YI ZHAO CN201020251510 опубл. 09.02.2011 заявл. 08.07.2010</p>	<p>Интегральный датчик сельскохозяйственной техники крутящего мо- мента и тяговая теле- метрическая система</p>	<p>Действует</p>
То же	<p>Чехия Патент на изобретение CZ304215 A01B59/06; G01L1/00; G01L5/00; G01L5/13</p>	<p>VYZK USTAV ZEMEDELSKU TECHNIKY VOTIPKA FRANTISEK, SYROVY ZDENEK, PODPERA VACLAV CZ20090000267 опубл. 10.11.2010 заявл. 27.04.2009</p>	<p>Прибор для измерения силы</p>	<p>Действует</p>

Окончание таблицы А.3

1	2	3	4	5
<p>Датчики для измерения тягового усилия на приводной оси энергосредства</p>	<p>Общеввропейский Германия Патент на изобретение EP3298871 G01L3/10</p>	<p>CLAAS TRACTOR SAS[FR] FEDDE THOMAS [DE]; GRAF HEIKO [DE]; SENSEL UWE [DE]; WIECKHORST JAN CARSTEN [DE]; PEETERS MICHAEL[DE]; KLOSTER VICTOR [DE] EP20170168322 опубл. 28.03.2018 заявл. 27.04.2017</p>	<p>Сельхозтехника, процесс обнаружения механической нагрузки на компоненты сельскохозяйственной техники</p>	<p>Действует</p>
	<p>Общеввропейский Германия Патент на изобретение EP2851667 G01L1/12; G01L3/10</p>	<p>CLAAS TRACTOR SAS[FR] KLOSTER VIKTOR [DE], FEDDE THOMAS[DE], WIECKHORST JAN CARSTEN[DE] EP20140176262 опубл. 25.03.2015 заявл. 09.07.2014</p>	<p>Датчик в сборе для регистрации механических усилий на компонентах сельскохозяйственного транспортного средства</p>	<p>Действует</p>
<p>Методика системы контроля тяговых характеристик сельскохозяйственных машин</p>	<p>РФ Патент на изобретение RU26941159 G01L 5/00; G01M 17/00; G01F 9/00; G07C 5/08</p>	<p>ФГБОУ ВО Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ) Мороз С. М. 2018133104 опубл. 09.07.2019 заявл. 18.09.2018</p>	<p>Способ автоматического контроля тягово-скоростных свойств транспортных средств, дорожных и сельскохозяйственных машин</p>	<p>Действует</p>

Таблица А.4 – Научно-техническая, конъюнктурная, нормативная документация и материалы государственной регистрации (отчеты о научно-исследовательских работах)

Предмет поиска	Наименование источника	Автор, фирма (держатель) технической документации	Наименование
Устройства для измерения тяговых характеристик энергосредств, применяемых в сельском хозяйстве	https://www.lcard.ru	Россия ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет»	Тензозвено для измерения тягового усилия до 3 т тракторов
То же	Электронный научный журнал «Современные проблемы науки и образования», №1-1, 2015.	ЛЫСЫЧ М.Н. ШАБАНОВ М.Л., ЗАХАРОВ П.В. ФГБОУ ВО «Воронежская государственная лесотехническая академия»	Обзор конструкций тензометрических установок для изучения силовых параметров рабочих органов почвообрабатывающих орудий

А.6 Отчет о поиске

1 Поиск проведен в соответствии с заданием № 2.1.9.1-2020 от 19.01.2020 г. и регламентом поиска № 2.1.9.1-2020 от 23.03.2020 г.

2 Этап работы – не имеется.

3 Начало поиска – январь 2020 г., окончание поиска – март 2020 г.

4 Сведения о выполнении поиска (указывают степень выполнения регламента поиска, отступления от требований регламента, причины их отступления) – поиск выполнен в соответствии с регламентом.

5 Предложения по дальнейшему проведению поиска и патентных исследований – дальнейшее проведение патентного поиска нецелесообразно.

6 Материалы, отобранные для последующего анализа:

- по научно-техническим публикациям;
- по проведенным патентным исследованиям;
- по научно-технической, конъюнктурной, нормативной документации и материалам государственной регистрации;
- по Web-сайтам Интернета.

Патентный поиск проводился на сайтах:

- Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам – ФГУ ФИПС (www.fips.ru);
- Евразийского патентного ведомства (www.espacenet.ru).

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Свидетельство о регистрации программы «Программа управления модуля аналоговых входов ИП-293»

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2020618603

«Программа управления модуля аналоговых входов
ИП-293»

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса» (ФГБНУ «Росинформагротех») (RU)*

Авторы: *Таркинский Виталий Евгеньевич (RU),
Трубицын Николай Владимирович (RU)*



Заявка № 2020617566

Дата поступления 14 июля 2020 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 30 июля 2020 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев Г.П. Ивлиев

ПРИЛОЖЕНИЕ В

ПРОТОКОЛ лабораторных исследований макетного образца модуля аналогового ввода ИП-293

Руководитель НИР,
д-р техн. наук

_____ В.Е. Таркивский

Гл. науч. сотрудник,
канд. техн. наук

_____ Н.В. Трубицын

В.1 Оценка точности определения напряжения и частоты АЦП

Результаты лабораторных исследований модуля аналогового ввода ИП-293 на оценку точности определения значения напряжения входного сигнала и частоты работы АЦП в соответствии с пунктами 1-6 методики проведения лабораторных исследований приведены в таблице В.1.

Таблица В.1 – Результаты оценки точности и частоты работы АЦП модуля ИП-293

№ опыта	Напряжение сигнала, мВ		Относительная приведенная погрешность, %	Частота преобразование АЦП, с ⁻¹		Относительная приведенная погрешность, %
	В7-78/1	ИП-293		ЧЗ-54	ИП-293	
1	0,00	0,00	0,00	998	1000	0,2
2	1,00	1,00	0,00	999	1000	0,1
3	2,00	2,01	0,07	996	1000	0,4
4	3,00	3,04	0,27	997	1000	0,3
5	4,00	4,02	0,13	998	1000	0,2
6	5,00	5,09	0,60	999	1000	0,1
7	6,00	6,05	0,33	998	1000	0,2
8	7,00	7,01	0,07	997	1000	0,3
9	8,00	8,06	0,40	995	1000	0,5
10	9,00	9,02	0,13	996	1000	0,4
11	10,00	10,05	0,33	998	1000	0,2
12	11,00	11,00	0,00	998	1000	0,2
13	12,00	12,04	0,27	995	1000	0,5
14	13,00	13,06	0,40	996	1000	0,4
15	14,00	14,03	0,20	996	1000	0,4
16	15,00	15,08	0,53	996	1000	0,4

В.2 Оценка работы разработанного цифрового фильтра

На рисунке В.1 представлен график исходного сигнала и сигнала, сформированного разработанным цифровым фильтром при проведении лабораторных исследований в соответствии с пунктами 7-9 программы-методики. В таблице В.2 представлены основные статистические показатели входного и обработанного сигналов.

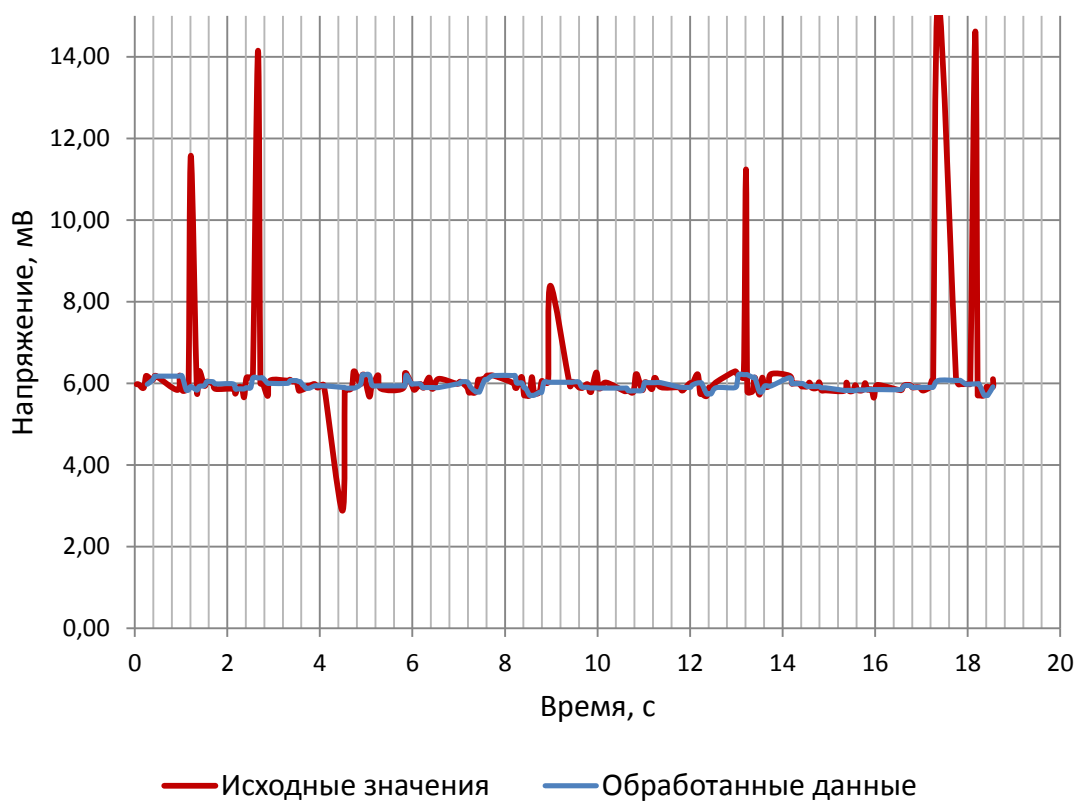


Рисунок В.1 – Графики исходного и обработанного сигналов

Таблица В.2 – Основные статистические показатели сигналов

Параметр	Входной сигнал	Обработанный сигнал	Разница
Среднее значение, мВ	6,13	5,95	> 2,94 %
Дисперсия, мВ ²	1,49	0,01	> 149 раз
Среднее квадратическое, мВ	1,22	0,12	> 1017 раз
Коэффициент вариации	19,86	1,96	> 10,13 раз
Размах вариации, мВ	12,55	0,51	> 24,61

В.3 Оценка точности определения массы

Результаты оценки точности определения массы в диапазоне от 0 до 10 кг на стенде К-10А (рисунок В.2) приведены в таблице В.3.

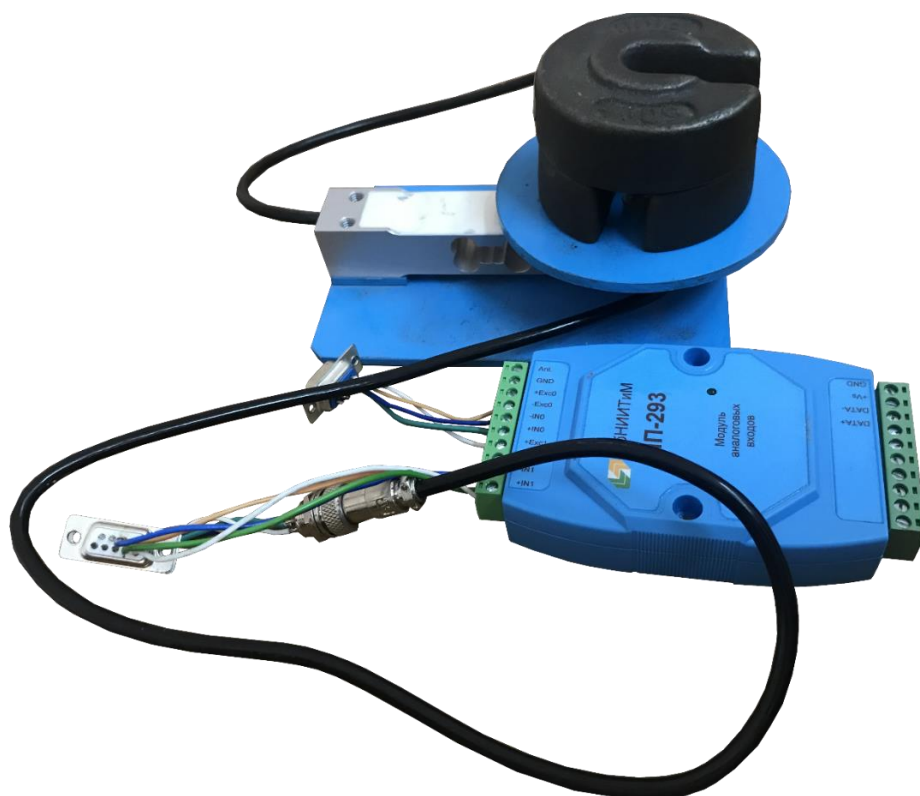


Рисунок В.2 – Определение массы модулем ИП-293

Таблица В.3 – Взвешивание гирь модулем ИП-293 на стенде К-10А

№ опыта	Масса, г	Показания ИП-293, г	Погрешность, %
1	0	0	0
2	500	503	0,60
3	1000	1004	0,40
4	1500	1505	0,30
5	2000	2002	0,10
6	2500	2499	0,04
7	3000	3001	0,03
8	3500	3504	0,11
9	4000	4003	0,07
10	4500	4501	0,02
11	5000	5004	0,08
12	5500	5503	0,05
13	6000	6003	0,05
14	6500	6507	0,11
15	7000	7007	0,10
16	7500	7502	0,03
17	8000	8003	0,04
18	8500	8501	0,01
19	9000	9004	0,04
20	9500	9506	0,06
21	10000	10008	0,08