

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-А19-119040990059-5

УТВЕРЖДАЮ

Врио директора
ФГБНУ «Росинформагротех»,
канд. юрид. наук

П. А. Подъяблонский

« 07 » декабря 2019 г.



ОТЧЕТ

О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Исследование и разработка технического средства для дистанционных методов оценки функциональных характеристик машинно-тракторных агрегатов

по теме: 2.2.9 Проведение исследований и разработка инновационных методов и средств метрологического обеспечения создания конкурентоспособных технологий в растениеводстве

2.2.9.4 Проведение исследований и разработка технического средства для дистанционных методов оценки функциональных характеристик машинно-тракторных агрегатов

Директор КубНИИТиМ

Руководитель темы,
зав. лабораторией, ведущий науч. сотр.,
канд. техн. наук




М.И. Потапкин

В.Е. Таркинский

Новокубанск 2019

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ


Отв. исполнитель,

 22.11.2019 В.Е. Таркивский
зав. лабораторией, канд. техн. наук (введение, раздел 1, 2, 4,
заключение, приложение А, В)


Исполнители:

 22.11.2019 Н.В. Трубицын
Гл. науч. сотр., (раздел 3)
канд. техн. наук


Науч. сотр.

 22.11.2019 Е.С. Воронин
(приложение А)


Инженер

 22.11.2019 В.Н. Слесарев
(приложение Б)

Инженер

 22.11.2019 С.А. Волобуев
(подраздел 4.2, 4.3)

Нормоконтроль

 22.11.2019 В.О. Марченко

РЕФЕРАТ

Отчет 45 с., 24 рис., 5 табл., 26 источн., 3 прил.

ИСПЫТАНИЯ, РАДИОСВЯЗЬ, ДИСКРЕТНЫЙ СИГНАЛ, СЧЁТЧИК ИМПУЛЬСОВ, ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА, ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ.

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

Цель работы – разработка метода и создание модуля ввода дискретных сигналов датчиков, позволяющего использовать любые системы беспроводной связи для передачи данных на удалённый пункт контроля без искажений и в реальном режиме времени при проведении испытаний сельскохозяйственной техники.

Метод исследований – экспериментально-теоретический, основанный на анализе и лабораторном исследовании существующих методов определения временных характеристик дискретных сигналов датчиков.

Результаты работы и новизна заключаются в том, что разработан метод расчёта количества и периода импульсов дискретных каналов, что позволяет исключить влияние неустойчивого характера цифровой радиосвязи в полевых условиях и изготовлен аппаратный модуль дискретного ввода, в котором реализован разработанный метод.

Рекомендации по внедрению – определение количественных критериев функциональных характеристик (потребительских свойств) по различным типам сельскохозяйственной техники в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 01.08.2016 г. № 740.

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

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 Состояние вопроса и выбор направления исследований	7
2 Теоретическое обоснование направления исследований	10
3 Конструкция опытного образца модуля дискретного ввода	16
3.1 Программное обеспечение модуля дискретного ввода	19
3.2 Протокол обмена с управляющим устройством.....	19
4 Экспериментальные исследования.....	21
4.1 Методика экспериментальных исследований.....	21
4.2 Подготовка трактора к экспериментальным исследованиям.	21
4.3 Анализ результатов экспериментальных исследований.....	28
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	30
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	32
ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное) Руководство по эксплуатации модуля ИП-292	35
ПРИЛОЖЕНИЕ Б (справочное) Свидетельство о регистрации програм- мы «Программа управления модуля цифровых входов ИП-292»	41
ПРИЛОЖЕНИЕ В (обязательное) Конструкторская документация на мо- дуль ИП-292	42

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

В настоящем отчете о НИР применяют следующие сокращения:

АЦП – аналогово-цифровой преобразователь

ИИС – измерительная информационная система

МИС – машиноиспытательная станция

МТА – машинотракторный агрегат

МЭС – мобильное энергетическое средство

ПК – персональный компьютер

СИ – средство измерения

ВВЕДЕНИЕ

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

В процессе энергетической оценки сельскохозяйственных машин или определении тяговых и функциональных показателей сельскохозяйственных тракторов возникает необходимость контролировать текущие показатели. Эту функцию выполняет инженер-испытатель, который следит за текущими показателями на ЭВМ и вносит корректировки в работу водителя МЭС.

Существующие измерительные информационные системы (ИИС) предъявляют требования о нахождении инженера-испытателя в кабине энергосредства, так как портативная ЭВМ (ноутбук) с программой определения показателей соединяется с измерительной частью ИИС посредством USB-кабеля. Условия работы инженера-испытателя в кабине трактора не всегда позволяют качественно отслеживать на экране текущие показатели.

Таким образом, актуальным является вопрос о разделении посредством цифровой радиосвязи измерительной части ИИС, находящейся на тракторе и пункта контроля за процессом испытаний, который может быть стационарным и находиться на удалении от испытываемой техники.

Организация стационарного пункта контроля за испытаниями позволит создать комфортные условия работы инженера-испытателя, позволит организовать наглядную демонстрацию текущих показателей техники, например, в случае одновременных сравнительных испытаний в присутствии группы специалистов.

1 Состояние вопроса и выбор направления исследований

Приборные методы определения и контроля различных показателей сельскохозяйственной техники подразумевают использование первичных преобразователей (датчиков) установленных на испытываемом объекте. Задачей датчика является преобразование измеряемой физической величины в электрический сигнал, который регистрируется информационной системой и пересчитывается в значение физической величины. По типу выходного сигнала датчики делятся, как правило, на аналоговые, дискретные и цифровые.

Большинство датчиков, применяемых при испытаниях сельскохозяйственной техники, формируют дискретным выходной сигнал. Такой сигнал представляет собой электрический импульс, который регистрируется как переход от логического нуля в единицу или наоборот после изменения измеряемого физического параметра на определённую величину. Примером являются расходомеры дизельного топлива, датчики угла поворота ведущих колёс и оборотов ВОМ и т.д.

Датчики, имеющие дискретный (импульсный) выход, подключаются к модулю ввода дискретных сигналов. Функция модуля заключается в подсчёте переходов между низким уровнем сигнала (логический 0) и высоким уровнем сигнала (логическая 1) по каждому каналу ввода.

Компьютер, на котором выполняется программа управления процессом измерения, подключается к устройствам преобразования сигналов посредством информационного кабеля. Типичным примером такой структуры измерительной информационной системы является ИИС ИП-264 [1] для проведения энергетической оценки сельскохозяйственной техники и тяговых испытаний тракторов.

Последнее время наметилась тенденция организации выделенной высокоскоростной радиосвязи между первичными преобразователями, устройствами преобразования и вычислительной системой. Такой подход позволяет избавиться от прокладки проводов между элементами измерительной систе-

мы и организовать более комфортные условия для испытателя. При использовании измерительной системы типа ИП-264 испытатель вынужден находиться в кабине мобильного энергосредства во время энергетической оценки сельскохозяйственной техники. В случае организации удалённого подключения компьютера с программой испытаний к измерительной части системы можно организовать отдельный пункт контроля процессом испытаний. Испытатель, находясь в более комфортных условиях, может контролировать весь процесс испытаний в реальном режиме времени не только одного, но и группы машин при проведении сравнительных испытаний, проходящих одновременно и на одном поле.

Для организации радиосвязи можно использовать различные устройства: модули WiFi, GSM канал сотовой связи, радиомодемы и т.д. К примеру, на Дне Российского поля 2019 в г. Санкт-Петербурге при организации показательных испытаний сельскохозяйственных машин, использовались модули WiFi и направленные антенны для подключения компьютера к измерительной системе, находящейся на тракторе.

Структурная схема измерительной информационной системы с технологией цифровой радиосвязи между первичными преобразователями, устройствами преобразования и управляющим компьютером показана на рисунке 1.



Рисунок 1 – Структурная схема измерительной информационной системы с радиоканалом

2 Теоретическое обоснование направления исследований

Компьютер с управляющей программой для расчёта показателей испытываемой машины в режиме реального времени с определённой периодичностью посылает запросы каждому модулю информационной системы и ждёт ответ. Полный цикл опроса измерительных модулей системы ИП-264 длится около 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;
- опрос модуля температурных каналов I-7015.

После получения ответа на запрос компьютер замеряет время между последним и предыдущим ответом и рассчитывает соответствующий показатель испытываемой машины в соответствии с заложенной в программу формулой на основе количества импульсов и времени между ними. Таким образом, время между запросами является важным фактором для расчёта показателей в режиме реального времени. В случае использования USB-кабеля ответ приходит с задержкой ≈ 20 мс. Причём задержка постоянна и при расчётах показателей оказывает несущественное влияние на результат.

Для организации удалённой радиосвязи можно просто «заменить» USB-кабель связи между компьютером и измерительной системой на два устройства цифровой радиосвязи типа «приёмник-передатчик». В этом случае, возникает ряд проблем, решить которые программными средствами на стороне компьютера с программой расчёта показателей не представляется возможным.

При работе в поле возникает ситуация кратковременного прерывания связи или потери данных при передаче через радиосвязь. Причинами могут служить помехи от сотовых вышек, мобильных телефонов или кратковременный уход испытываемого объекта из зоны прямой видимости между антеннами.

Несмотря на заявленную высокую скорость передачи данных устройств цифровой радиосвязи различных производителей, в случае непрерывного переключения устройств между направлением передачи «компьютер-измерительная система» и «измерительная система-компьютер», часто возникает задержка, величину, которой невозможно определить и спрогнозировать. Причиной является то, что системы цифровой радиосвязи любого типа представляют собой сложные устройства с микроконтроллерами и внутренним закрытым и функционирующим по собственным алгоритмам программным обеспечением. Это приводит к неадекватному расчёту показателей в режиме реального времени. Неверные показания в режиме реального времени возможны также в случае применения датчиков, имеющих низкую частоту формирования импульсов, например, сигналы расходомера дизельного топлива DFM (цена импульса 12 см³) на холостом режиме работы двигателя. В этой ситуации характерны «прыжки» значений от больших величин до нуля после каждого обновления показаний.

Отсюда следует, что задачу по определению времени между переходами (импульсами) по каждому измерительному каналу необходимо возложить на модуль дискретного ввода. Это решение даст модулю автономность и независимость от неустойчивой связи и позволит программе управляющего компьютера в любом случае правильно вычислять текущие показатели.

На рисунке 2 представлена временная диаграмма опроса обычных счётчиков дискретных каналов с применением устройства радиосвязи.

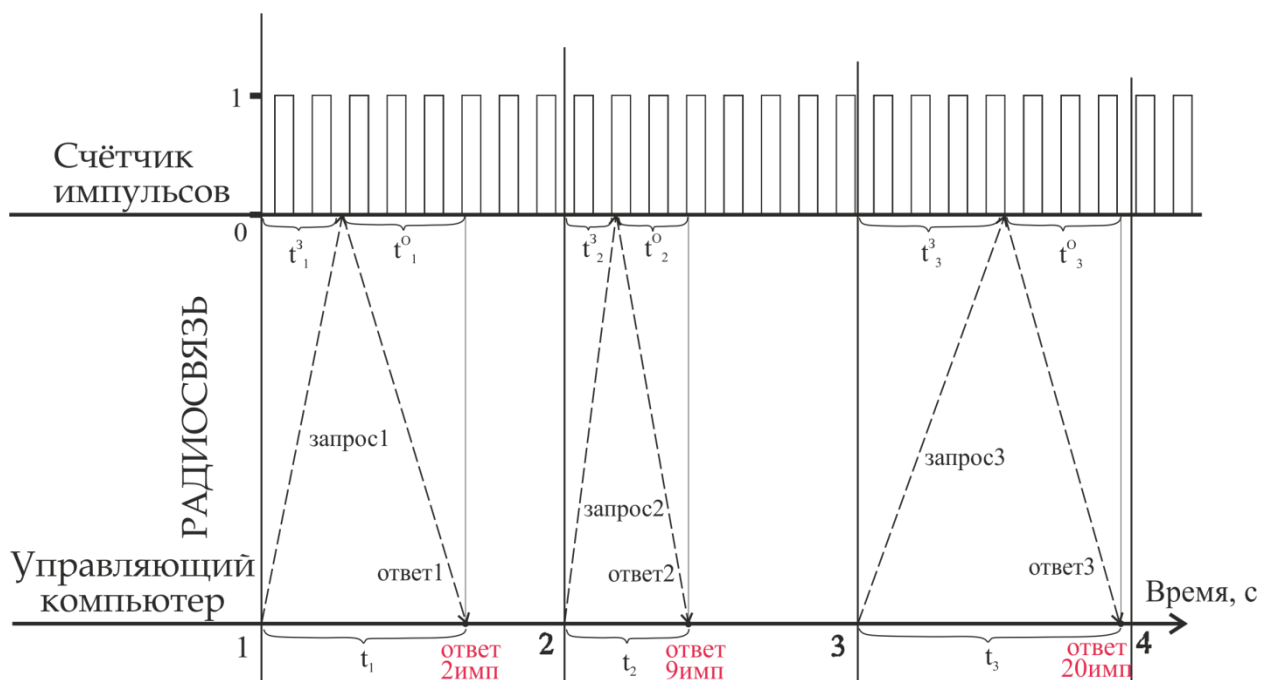


Рисунок 2 – Временная диаграмма опроса обычного счётчиков импульсов

Как видно из диаграммы, управляющая программа генерирует запрос с периодом 1 с. Ответ от счётчика импульсов через систему радиосвязи приходит с разным интервалом времени t_1, t_2, \dots, t_n и, соответственно, возвращает различные значения счётчика. Общая длительность задержек складывается из времени на передачу запроса от информационной системы к счётчику импульсов, находящемуся на испытываемом объекте, $t_1^3, t_2^3, \dots, t_n^3$ и времени на прохождение ответа $t_1^0, t_2^0, \dots, t_n^0$. Если величину общей задержки на запрос t_1, t_2, \dots, t_n можно определить на стороне компьютера, то определение времени на прохождение запросов через беспроводную систему передачи данных в сторону счётчика $t_1^3, t_2^3, \dots, t_n^3$ не поддаётся определению. Соответственно, счётчик вернёт количество импульсов с учётом времени $t_1^3, t_2^3, \dots, t_n^3$.

К примеру, на рисунке 2, на запросы 1, 2 и 3 будет получен ответ 2, 9 и 20 соответственно. Правильный ответ – 0, 8 и 16. Ситуация усугубится если, по какой-то причине, запрос от компьютера или ответ от счётчика импульсов не дойдёт до адресата. Показания виртуальных приборов будут «скакать» или отображать информацию неадекватную реальным данным.

Решить эту проблему можно только, если на счётчик импульсов пере-
ложить задачу расчёта периодов следования импульсов или группы импуль-
сов. В этом случае показатели, получаемые по дискретным каналам, расчи-
тываются на основании периода T_i , с, между фронтами импульсов и вычис-
ляются по формуле

$$T_i = \frac{\Delta t_i}{N_i}, \quad (1)$$

где Δt_i – время между первым и последним импульсом, с;

N_i – число импульсов i -го измерительного канала, шт.;

На рисунке 3 представлена временная диаграмма работы счётчика им-
пульсов с расчётом периодов.

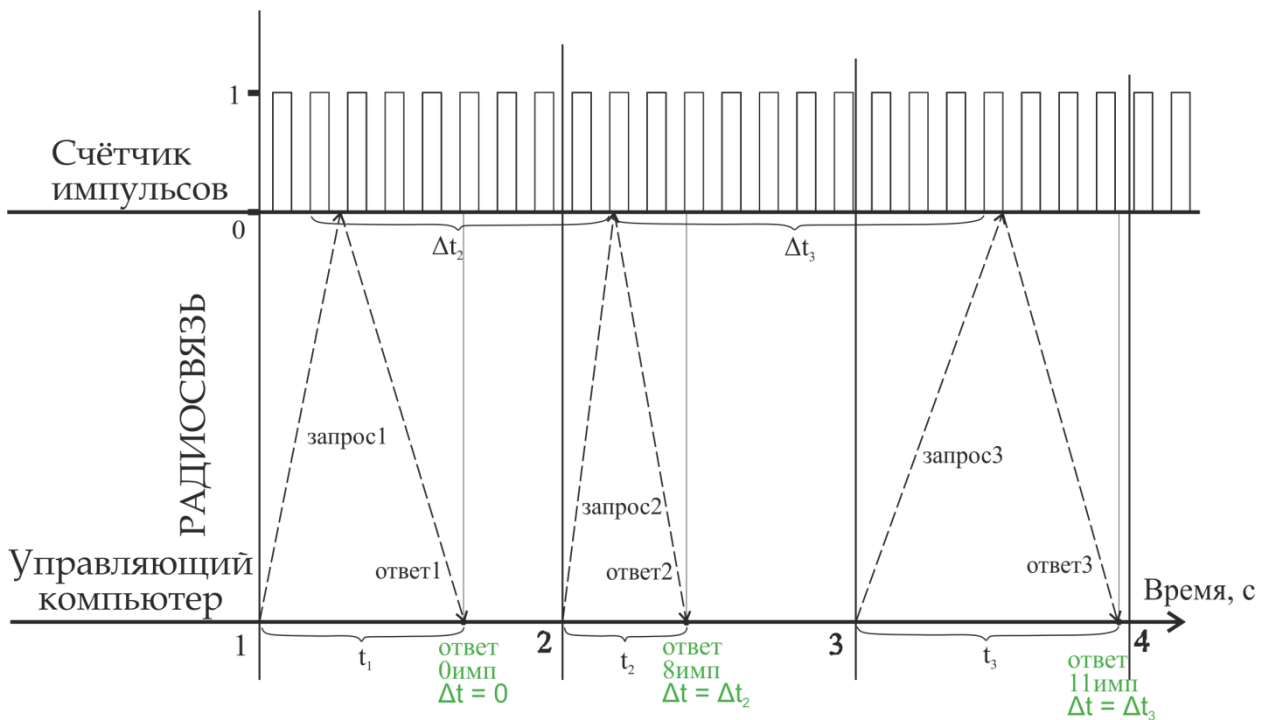


Рисунок 3 – Временная диаграмма работы счётчика импульсов с расчё-
том периодов

Алгоритм определения числа и периода импульсов будет выглядеть
следующим образом:

– при фиксации импульса фиксируется время переднего фронта и увели-
чивается значение счётчика;

- после получения запроса счётчик запоминает отдельно время переднего фронта последнего импульса и вычисляет период целых импульсов;
- повторяется с первого перечисления.

При реализации алгоритма расчёта числа и периодов импульсов решается проблема неконтролируемых задержек в системе радиосвязи. При пропадании запроса или ответа значение следующего успешного запроса будет адекватно, так как вернёт число и период «неиспользованных» импульсов.

Данные о числе импульсов и значение точного времени между первым и последним импульсом на измерительном канале позволит рассчитать показатели энергетической оценки и тяговых характеристик тракторов в режиме реального времени основываясь на методах, изложенных в межгосударственных и национальных стандартах [3 – 7].

Текущая скорость v_m , м/с, вычисляется по формуле

$$v_m = \frac{K_n}{T_s}, \quad (2)$$

где K_n – калибровочный коэффициент датчика пути, м;

T_s – период импульсов датчика пути, с.

Среднее текущее буксование движителей $\bar{\delta}_m$, %, с использованием датчика пути (путеизмерительного колеса) вычисляется по формуле:

$$\bar{\delta}_m = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \left(1 - k_i \cdot \frac{T_{ki}}{T_s} \right) \cdot 10^2, \quad (3)$$

где n – число ведущих колёс, шт;

k_i – калибровочный коэффициент буксования i -го ведущего колеса;

T_{ki} – период импульсов датчика i -го движителя, с.

Текущая частота вращения коленчатого вала двигателя $n_{дв}$, с⁻¹, вычисляется по формуле

$$n_{дв} = \frac{K_{ВОМ} \cdot K_{ДВ}}{T_{ВОМ}}, \quad (4)$$

где $T_{ВОМ}$ – период импульсов датчика ВОМ, с.

$K_{ВОМ}$ – коэффициент преобразования датчика оборотов ВОМ;

$K_{ДВ}$ – передаточное число от вала двигателя к ВОМ.

Текущий часовой расход топлива G_m , кг/ч, вычисляется по формуле

$$G_m = \frac{K_T \cdot q}{T_T} \cdot 3.6, \quad (5)$$

где K_T – калибровочный коэффициент расходомера топлива, см³;

q – удельный вес топлива, г/см³.

T_T – период импульсов датчика расхода топлива, с.

Остальные показатели определяются в соответствии с соответствующими методиками или рассчитываются на основании показателей, определённых по формулам (2, 3, 4, 5).

3 Конструкция опытного образца модуля дискретного ввода

Для реализации расширенных возможностей, связанных с точным измерением времени, в модуль дискретного ввода, помимо счётчиков импульсов, установлен микроконтроллер STM32F405RG. Структурная схема модуля дискретных сигналов приведена на рисунке 6.

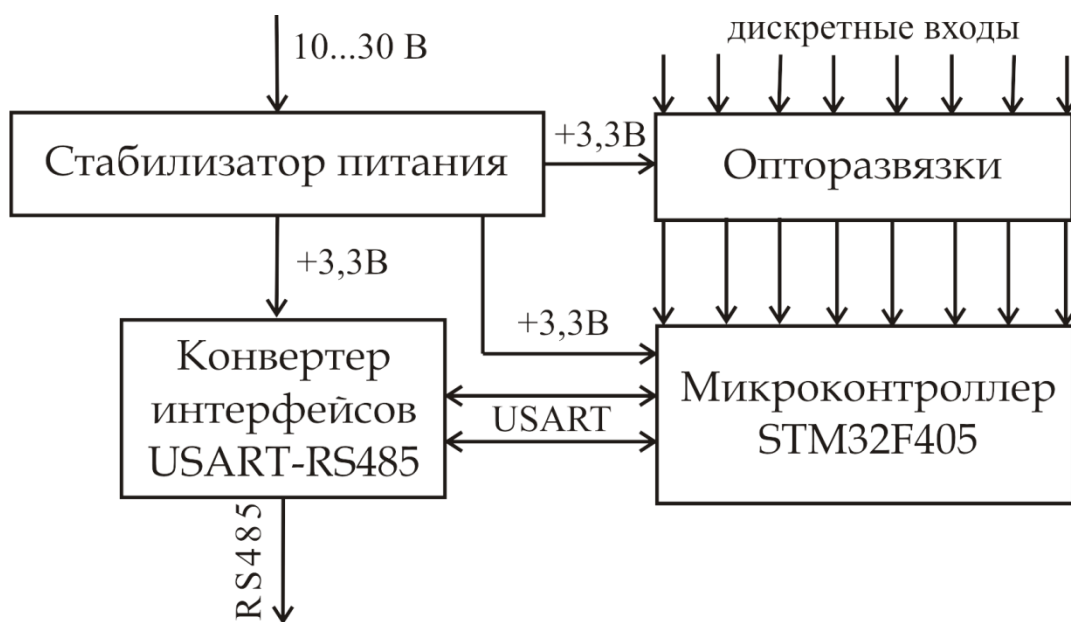


Рисунок 4 – Структурная схема модуля ввода дискретных сигналов

Опытный образец модуля ввода дискретных сигналов ИП-292 изображён на рисунке 5. Модуль выполнен в стандартном корпусе с возможностью установки на DIN-рейку. Размеры корпуса и расположение выводов позволяют устанавливать его на место стандартного модуля I-7041 в ИИС ИП-264 в соответствии с приложением А.

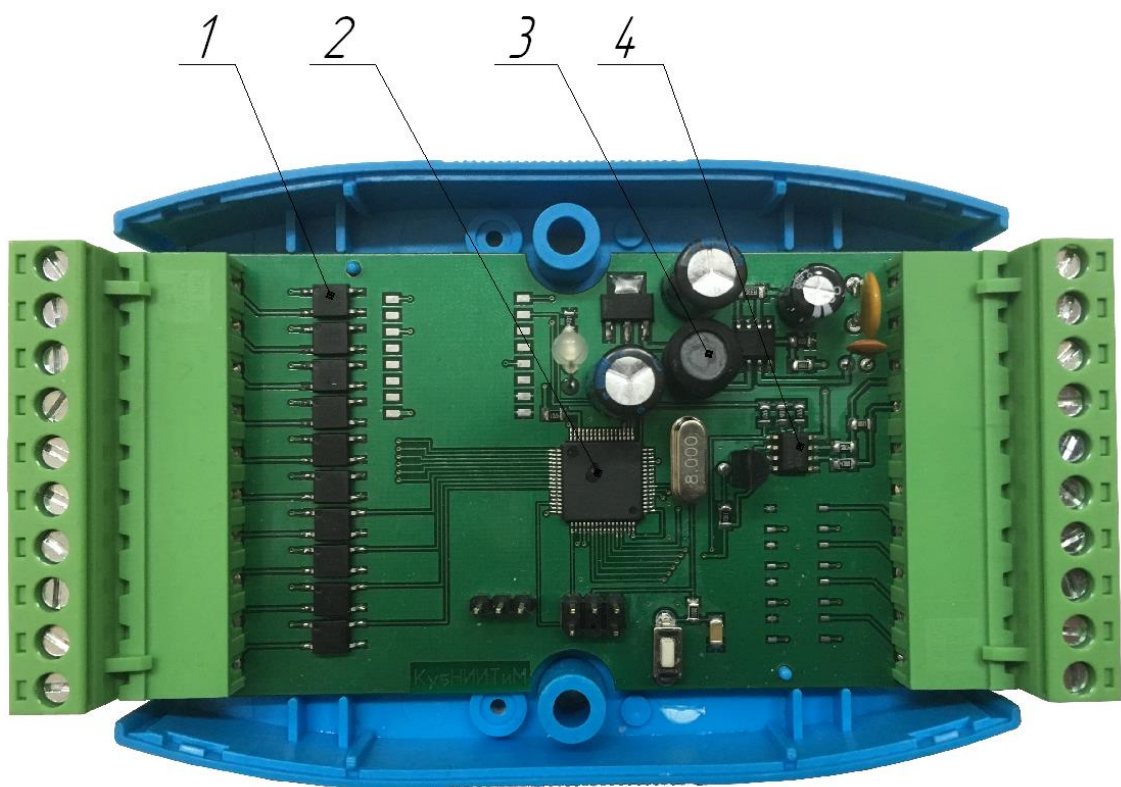


Рисунок 5 – Модуль ввода дискретных сигналов ИП-292

Оптические развязки служат защитой микроконтроллера от импульсных помех на дискретных каналах. Конвертер интерфейсов позволяет подключать модуль ИП-292 к внешним устройствам по промышленной шине RS485.

Для монтажа электронных компонентов модуля разработана печатная плата. На плате модуля распаяны: система оптической развязки сигналов, микроконтроллер STM32F405RG с элементами обвязки, стабилизатор питания, и преобразователь интерфейсов RS485-USB (рисунок 6).

Конструкторская документация на изготовление модуля приведена в приложении В.



1 – оптические развязки дискретных входов; 2 – микроконтроллер STM32F405RG;
 3 – стабилизатор питания; 4 – преобразователь интерфейсов RS485-USB
 Рисунок 6 – Компоненты модуля ввода дискретных сигналов ИП-292

Краткая техническая характеристика модуля ввода дискретных сигналов ИП-292 приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Краткая характеристика модуля ИП-292

Наименование параметра	Значение параметра
Напряжение питания, В	10...30
Потребляемая мощность, Вт	2
Число дискретных входов, шт	14
Точность определения длительности дискретного импульса, с	0,001
Частота счётчика входного сигнала, не менее, с ⁻¹ , не менее	1000
Ёмкость счётчиков, ед	2 ³² -1
Интерфейс связи	RS-485
Габаритные размеры, мм:	
- длина	120
- ширина	70
- высота	35
Масса, г	130
Рабочий диапазон температур, °С	от 0 до 55

3.1 Программное обеспечение модуля дискретного ввода

Встроенная программа для модуля дискретного ввода ИП-292 написана на языке «MikroC» (приложение Б). Программа скомпилирована для микроконтроллера STM32F405 и записана во встроенную память. Основные функции программы следующие:

- подсчёт числа импульсов на входных линиях по переднему и заднему фронтам;
- подсчёт длительности импульсов между опросами модуля с точностью 0,001 с;
- поддержка протокола связи для обмена данными с внешними устройствами;
- 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 точности определения времени, связь с внешними устройствами организована через аппаратное прерывание на входные команды и с использованием канала прямого доступа к памяти (DMA) для ответов.

3.2 Протокол обмена с управляющим устройством

Для передачи данных во внешнее устройство и распознавания команд от внешних устройств служит специальное соглашение – протокол обмена. Модуль ИП-292 поддерживает основные команды протокола DCON (таблица 2).

Так как модуль ИП-292 имеет возможности, не предусмотренные протоколом обмена DCON, добавлена дополнительная команда, запрашивающая количество и период импульсов между запросами.

Формат команды: &AAXNN.

Аргументы команды: AA – адрес устройства в сети RS485; X - признак способа счёта импульсов (X=«L»– подсчёт количества переходов по заднему фронту сигнала, X=«H» – подсчёт количества переходов по переднему фронту сигнала); NN – номер входного канала модуля (от 0 до 13).

Таблица 2 – Команды протокола обмена модуля ИП-292

Наименование команды	Формат команды	Описание команды
Опрос	#AANN	Опрос счётчика входа N (от 0 до 13)
Специальная команда	&AAХ0	X='H' – запрос целого количества переходов от '0' до '1' от последнего успешного опроса; X='L' – запрос целого количества переходов от '1' до '0' от последнего успешного опроса; X='F' – запрос частоты следования импульсов от последнего успешного опроса
Конфигурация	\$AA2	Запрос текущей конфигурации модуля
Установка	%AANNTTCCFF	Установка и запись в память новых параметров конфигурации
Очистка	\$AACNN	Очистка значений счётчика N (от 0 до 13)
Версия	\$AAF	Запрос версии встроенной программы
Имя	\$AAM	Запрос имени модуля
Состояние	\$AA6	Запрос текущего состояния всех дискретных входов

4 Экспериментальные исследования

4.1 Методика экспериментальных исследований

Для оценки соответствия характеристик модуля, необходимо провести исследования в реальных условиях при передаче данных от трактора в пункт управления с помощью беспроводной технологии.

Трактор должен быть оборудован следующими датчиками с дискретным выходом:

- расхода топлива;
- угла поворота ведущих колёс;
- оборотов коленчатого вала двигателя или ВОМ;
- пройденного пути.

Показатели рассчитываются в соответствии с ГОСТ 30745 [22] и формулами (2 – 5).

В реальном режиме времени должны рассчитываться следующие показатели:

- текущая скорость, км/ч (м/с);
- часовой расход топлива, кг/ч;
- удельный расход топлива, г/кВт·ч;
- среднее буксование движителей, %;
- обороты коленвала двигателя, об/мин.

4.2 Подготовка трактора к экспериментальным исследованиям

Исследование проводилось на тракторе «Кировец» К-424. Перед проведением исследования трактор прошел ТО-2 и соответствовал техническим требованиям по эксплуатации.

На колёса трактора устанавливались датчики угла поворота ведущих колёс (рисунок 7).



Рисунок 7 – Датчик угла поворота колеса трактора

Для определения расхода топлива на трактор устанавливается дифференциальный расходомер топлива DFM (рисунок 8).



Рисунок 8 – Установленный дифференциальный расходомер топлива

Для определения частоты вращения коленчатого вала двигателя трактора был использован выход «W» генератора (рисунок 9).

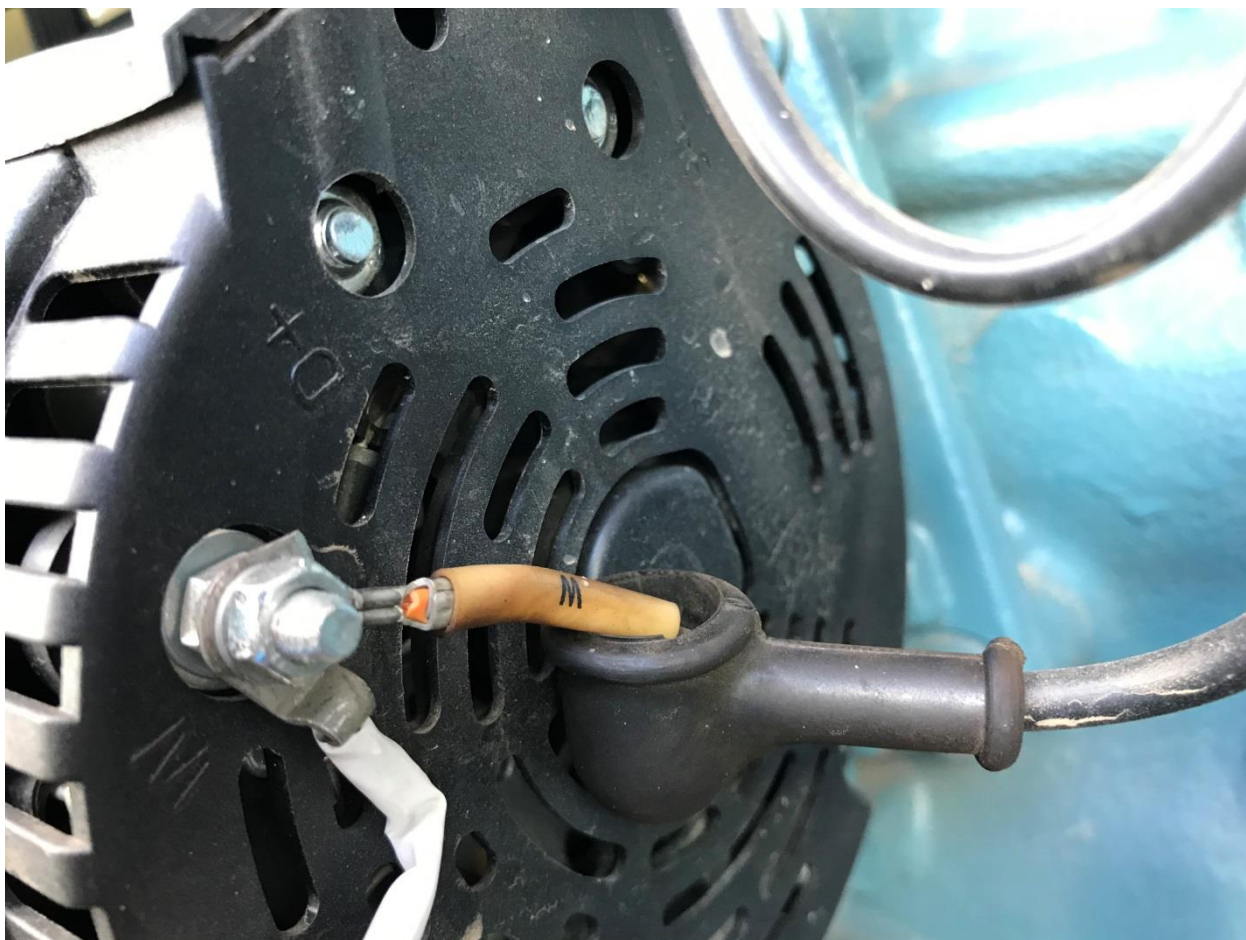


Рисунок 9 – Подключение к выходу «W» генератора для определения оборотов коленчатого вала

В процессе работы на выходе «W» генератора формируется синусоидальный сигнал. Путём установки триггера Шмидта сигнал преобразуется в прямоугольный импульс, который регистрируется модулем измерительной информационной системой.

Для определения пройденного пути и текущей скорости был установлено путеизмерительное колесо (рисунок 10).



Рисунок 10 – Путеизмерительное колесо

В качестве системы беспроводной связи используется WiFi-модем, подключенный к направленным антеннам (рисунок 11).

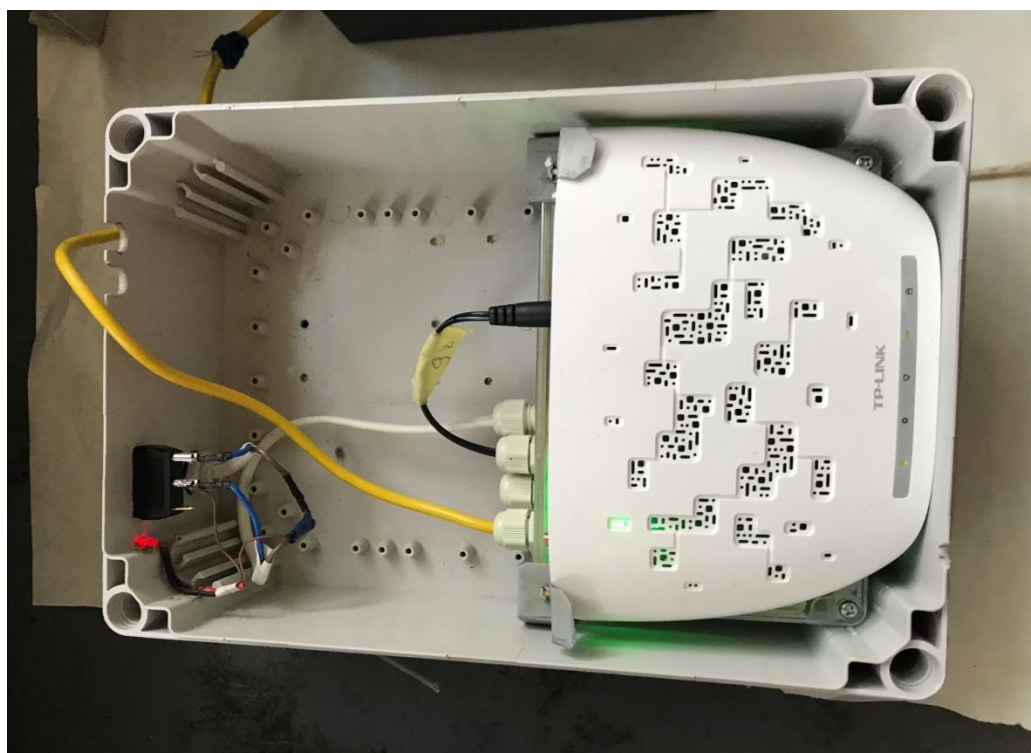


Рисунок 11 – WiFi - модем

Модуль ИП-292 установлен в измерительную информационную систему ИП-264 вместо штатного модуля ввода дискретных сигналов I-7041. Благодаря использованию формирователя сигналов МС-2, входящего в комплект измерительной системы, и полной электрической совместимости разъёмов модулей ИП-292 и I-7041 нет необходимости в установке дополнительных схем и адаптеров (рисунок 12).



Рисунок 12 – Модуль ИП-292 в измерительной информационной системе ИП-264

Информационная система устанавливалась в кабине трактора. Питание осуществлялось от бортовой сети (рисунок 13).



Рисунок 13 – Информационная измерительная система в кабине трактора

Для связи с пунктом дистанционного контроля показателей на трактор установлена внешняя антенна, которая была подключена к измерительной информационной системе (рисунок 14).



Рисунок 14 – Трактор, оборудованный направленной антенной



Рисунок 15 – Трактор, оборудованный для проведения испытаний

4.3 Анализ результатов экспериментальных исследований

Для проведения полевых исследований была разработана специальная версия программы «Исследователь» (рисунок 16).

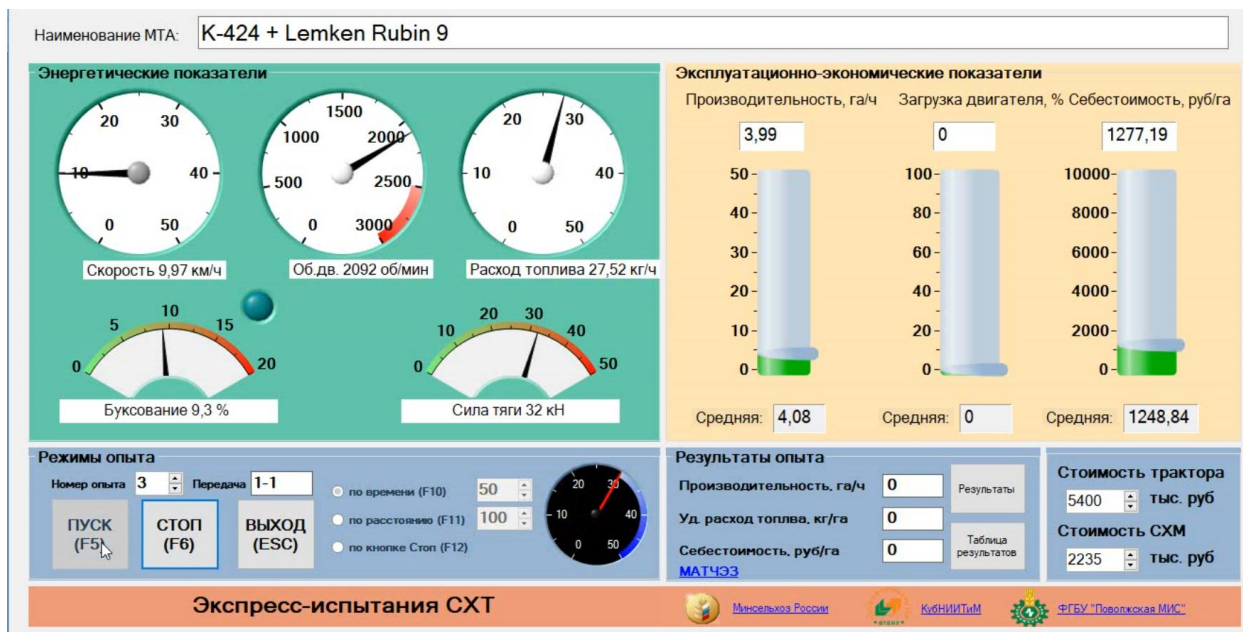


Рисунок 16 – Рабочее окно программы «Исследователь»

Результаты проведения полевых исследований приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты полевых исследований

МТА	Производительность, га/ч	Удельный расход топлива, кг/га	Себестоимость операции, руб/га	Средняя скорость, км/ч	Средняя тяга, кН	Часовой расход топлива, кг/ч	Среднее буксование, %
К424 + АД-4	4,17	8,53	1034,77	10,42	27,8	35,582	7,1
К424 + АД-4	3,9	9,05	1106,41	9,74	32,681	35,283	8
К424 + АД-4	4,36	9,09	989,68	10,9	27,945	39,617	6,5
К424 + АД-4	4,13	9,07	1044,79	10,32	33,084	37,45	6,4
К424 + АД-4	4,23	8,7	1020,09	10,58	29,239	36,819	7,9
К424 + АД-4	4,34	8,13	994,24	10,34	28,768	35,273	2
К424 + АД-4	4,32	9,31	975,69	10,28	30,761	40,223	2,3
К424 + АД-4	3,26	9,18	1292,94	7,95	29,668	29,912	1,5
К424 + АД-4	4,28	8,46	984,81	10,43	28,896	36,2	1,3
К424 + АД-4	4,31	8,18	977,96	10,51	28,839	35,273	1,5
К424 + АД-4	4,39	8,32	960,14	10,7	30,388	36,51	1,5
К424 + АД-4	4,2	8,84	1027,38	10,49	29,297	37,141	6,2
К424 + АД-4	4,06	9,06	1038,18	10,15	27,128	36,785	5,6
К424 + АД-4	4,17	9,33	1001,22	10,28	27,84	38,331	5,1
К424 + АД-4	4,11	8,79	950,35	10,83	27,828	38,069	6,8

Полевые эксперименты показали, что модуль ИП-292 устойчиво работает в составе измерительной информационной системы ИП-264. Получает, обрабатывает и передаёт данные в программу «Исследователь», на основании которых рассчитываются функциональные показатели испытываемого агрегата в соответствии с заложенными алгоритмами и методиками.

Модуль ИП-292 полноценно заменяет штатный модуль I-7041, обладает совместимым интерфейсом, обладает расширенным набором команд, позволяющие устойчиво определять показатели в реальном режиме времени вне зависимости от качества связи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обосновано преимущество использования цифровой радиосвязи между компонентами измерительной системы: датчики – измерительная система, измерительная система – компьютер:

- цифровая радиосвязь между датчиками и измерительной системой позволит избавиться от прокладки проводов;

- цифровая радиосвязь между измерительной системой и компьютером с программным обеспечением позволит организовать удалённый от испытываемого объекта пункт контроля за процессом испытаний.

В результате выполнения НИР было сделано следующее:

- предложена структурная схема измерительной информационной системы с использованием радиосвязи между компонентами;

- проанализированы проблемы, возникающие при использовании стандартного счётчика импульсов I-7041 и существующего метода подсчёта текущих показателей за счёт непрогнозируемых в системе цифровой радиосвязи задержек команд и ответов;

- разработан метод расчёта текущих показателей в процессе испытаний за счёт организации точного измерения времени между импульсами на стороне измерительной системы. Разработан алгоритм работы счётчика и метод его опроса.

- разработан опытный образец модуля ввода дискретных сигналов ИП-292. Разработано программное обеспечение для модуля ИП-292, и зарегистрировано в Федеральной службе по интеллектуальной собственности свидетельство № 2018662066 от 26.09.2018 г. (приложение Б);

- проведены полевые исследования заявленных метрологических характеристик модуля дискретного ввода, которые подтверждают правильность выбора технических и программных решений;

- разработана эксплуатационная документация разработанного модуля ввода дискретных сигналов ИП-292;

- разработана конструкторская документация разработанного модуля ИП-292.

Рекомендации к производству:

- при разработке и производстве измерительных систем испытаний сельскохозяйственной техники использовать модуль ИП-292 для сбора данных дискретных датчиков;

- использовать расширенную систему команд модуля ИП-292 в программном обеспечении измерительных информационных систем для обеспечения качественной беспроводной связи;

- пользователям ИИС ИП-264 произвести замену модуля I-7041 на модуль ИП-292.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Федоренко В.Ф., Трубицын Н.В., Современные информационные технологии при испытаниях сельскохозяйственной техники. М.: ФГБНУ "Росинформагротех", 2015, - 139 с.
2. Федоренко В.Ф. Информационные технологии в сельскохозяйственном производстве: науч. аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. – 224 с.
3. Федоренко В.Ф. Черноиванов В.И., Гольтяпин В.Я., Федоренко И.В. Мировые тенденции интеллектуализации сельского хозяйства – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. – 232 с.
4. Федоренко В.Ф., Трубицын Н.В., Таркинский В.Е., Сазонов М.В. Уникальная система // Информационно-аналитический бюллетень БЭА. – 2017 . № 8. – С. 45-47.
5. Кардашевский, С.В. Испытания сельскохозяйственной техники / С.В. Кардашевский, Л.В. Погорелый, Г.М. Фудиман. – М.: Машиностроение, 1979. – 288 с.
6. Таркинский В.Е. Беспроводные методы и средства оценки функциональных характеристик сельскохозяйственной техники // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса: Сборник научных трудов XII Международной научно-практической конференции XXII Агропромышленного форума юга России и выставки «Интерагромаш». / – Ростов-на-Дону: ДГТУ-Принт, 2019. – С. 61-65.
7. Федоренко В.Ф., Таркинский В.Е. Цифровые беспроводные методы и средства оценки показателей при испытаниях сельскохозяйственной техники // Инновации в сельском хозяйстве – 2019. – № 1. – С. 271-282.
8. Вальпа О.Г. Современные микроконтроллеры с 32-разрядной ARM-архитектурой // Современная электроника – 2008. – № 1. – С. 11-17.
9. Крюков В.В. Информационно-измерительные системы: учеб. пособ. – Владивосток: ВГУЭС, 2000. – 102 с.

10. Федоренко В.Ф., Мишуров Н.П., Трубицын Н.В., Таркинский В.Е. Применение инерциальной навигации для определения буксования сельскохозяйственных тракторов // Вестник Мордовского университета. –2018. – Т. 28. – Вып. 1. – С. 8-23.
11. Федоренко В.Ф., Таркинский В.Е. Метод цифровой фильтрации при определении тягового усилия сельскохозяйственных тракторов // Техника и оборудование для села – № 1–2019. – С. 8-11.
12. Балабанов В.И., Федоренко В.Ф., Гольцяпин В.Я., Железова С.В., Куликов В.Ю., Петрушин А.Ф., Прокофьев Н.А., Таркинский В.Е., Трубицын Н.В., Худяков А.В. Технологии, техника и оборудование для координатного (точного) земледелия: учеб. для вузов. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. – 240 с.
13. Рубичев Н.А. Измерительные информационные системы. – М.: Дрофа, 2010. – 336 с.
14. Роткоп Л.Л. Статистические методы исследования на электронных моделях. – М.: Энергия, 1967.– 216 с.
15. Веденяпин В.Г. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных. – М.: Колос, 1973. – 199 с.
16. Вентцель Е.С., Овчаров Л.Г. Теория случайных процессов и её инженерные приложения: учебное пособие для вузов. – 2-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2000. – 384 с.
17. Савельев А.П. Повышение эффективности функционирования машинно-тракторного агрегата за счет совершенствования диагностирования тракторов в динамических режимах: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.03. – СПб, 1994. – 35 с.
18. Таркинский В.Е. Измерительно-информационные системы контроля и регистрации показателей МТА // Техника и оборудование для села. – 2010. – № 10. – С. 23-24.

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

20. Трубицын Н.В., Таркинский В.Е. Беспроводные технологии при определении потребительских свойств сельскохозяйственной техники // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК : сб. науч. тр. по итогам IX Междунар. науч.-практ. конф. «ИнформАгро-2017». – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. – С. 321-324.

21. Евланов Л.Г. Контроль динамических систем – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1979. – 432 с.

22. ГОСТ 30745–2001 Тракторы сельскохозяйственные. Определение тяговых показателей. – М.: Издательство стандартов, 2002. – 12 с.

23. ГОСТ 7057–2001 Тракторы сельскохозяйственные. Методы испытаний. – М.: Издательство стандартов, 2002. – 7 с.

24. ГОСТ Р 52777–2007 Техника сельскохозяйственная. Методы энергетической оценки. – М.: Стандартинформ, 2008. – 7 с.

25. Трубицын Н.В., Таркинский В.Е. Нормативное и метрологическое обеспечение оценки потребительских свойств сельскохозяйственной техники // Техника и оборудование для села. – 2017. – № 5. – С.10-12.

26. Трубицын Н.В., Таркинский В.Е., Подольская Е.Е. Критерии оценки эффективности сельскохозяйственных тракторов и нормативные документы на методы их получения // Техника и оборудование для села. – 2018. – № 5 (251). – С. 10-13.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(обязательное)

Модуль ввода-вывода дискретных сигналов ИП-292

Руководство по эксплуатации

ИП-292 РЭ

Новокубанск 2019

Настоящее руководство по эксплуатации предназначено для ознакомления обслуживающего персонала с устройством, принципом действия, конструкцией, работой и техническим обслуживанием модуля ввода-вывода дискретных сигналов ИП-292.

Руководство по эксплуатации распространяется на оригинальный модуль ИП-292, выполненный по техническим условиям предприятия-изготовителя.

А.1 Описание и работа

А.1.1 Назначение изделия

Модуль ввода-вывода дискретных сигналов ИП-292 предназначен для подсчета количества импульсов и передачи информации по запросу через каналы. Может эксплуатироваться в различных климатических зонах, в установленных температурных пределах, когда нет воздействия внешних атмосферных осадков.

А.1.2 Технические характеристики

Основные технические характеристики модуля ввода-вывода дискретных сигналов ИП-292 приведены в таблице А.1.

Таблица А.1 – Краткая характеристика модуля ИП-292

Наименование параметра	Значение параметра
Напряжение питания, В	от 10 до 30
Потребляемая мощность, Вт	2
Число дискретных входов, шт	14
Точность определения длительности дискретного импульса, с	0,001
Частота счётчика входного сигнала, не менее, с ⁻¹ , не менее	1000
Ёмкость счётчиков, ед	4294967295
Интерфейс связи	RS-485
Габаритные размеры, мм:	
- длина	120
- ширина	70
- высота	35
Масса, г	130
Рабочий диапазон температур, °С	от 0 до 55

А.1.3 Комплектность

Комплектность поставки соответствует таблице А.2

Таблица А.2 – Комплектность поставки модуля ИП-292

Обозначение	Наименование	Количество	Примечание
ИП-292	Блок ввода-вывода	1	-
	Контактные группы	2	
ИП-292 ПС	Паспорт	1	-
ИП-292 РЭ	Руководство по эксплуатации	1	-

А.1.4 Устройство и работа модуля ввода-вывода дискретных сигналов ИП-292



Рисунок А.1 — Внешний вид модуля ввода-вывода дискретных сигналов

ИП-292 с контактными группами

А.2 Использование по назначению

А.2.1 Эксплуатационные ограничения

А.2.1.1 Эксплуатация ИП-292 не создает опасности для обслуживающего персонала.

А.2.1.2 Модуль ввода-вывода дискретных сигналов ИП-292 эксплуатируется при испытаниях тракторов в следующих условиях:

- температура окружающего воздуха, от 0 °С до плюс 55 °С;
- относительная влажность воздуха, от 30 % до 80 % ;
- атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.), – от 84 до 106,7 кПа (от 630 до 795 мм рт. ст.);
- атмосферные осадки недопустимы.

А.2.2 Подготовка модуля ввода-вывода дискретных сигналов ИП-292 к использованию

А.2.2.1 Лица, занятые в опыте по определению буксования, должны быть ознакомлены с принципом работы, конструкцией и с эксплуатацией модуля ввода-вывода дискретных сигналов ИП-292 и пройти инструктаж по технике безопасности на рабочем месте с соответствующей записью в регистрационном журнале.

А.2.2.2 Ответственность за выполнение мер безопасности возлагается на руководителя испытаний.

А.2.2.3 Перед началом работы с модулем ввода-вывода дискретных сигналов ИП-292 необходимо:

- произвести внешний осмотр и убедиться в отсутствии механических повреждений на корпусе изделия;
- присоединить к модулю контактные группы;

- установить ИП-292 в электрическую цепь измерительной системы;
- подать питание на электрическую цепь;
- проверить наличие связи ИП-292 с регистрирующим блоком.

А.2.3 Использование модуля ввода-вывода дискретных сигналов ИП-292.

А.3 Техническое обслуживание

А.3.1 По техническому обслуживанию проводятся работы с целью обеспечения нормальной работы и сохранения параметров и характеристик модуля ввода-вывода дискретных сигналов ИП-292 в течение всего срока эксплуатации. Гарантии изготовителя действительны только при условии своевременного проведения профилактических работ. Периодичность работ устанавливается предприятиями, эксплуатирующими ИП-292 с учетом интенсивности его эксплуатации, но не реже 1 раза в полгода.

А.3.2 В состав профилактических работ входят:

- осмотр внешнего состояния ИП-292;
- проверка затяжки винтового соединения крышки и корпуса;
- проверка окисления контактов.

А.3.3 Разборка и ремонт модуля производится только специалистами КубНИИТиМа. В противном случае гарантия производителя считается недействительной.

А.4 Хранение

А.4.1 Модуль ввода-вывода дискретных сигналов ИП-292 должен храниться в упаковке в закрытых складских помещениях при температуре от плюс 5°С до плюс 45°С и относительной влажности воздуха не более 80 % без конденсации влаги.

А.4.2 Воздух помещения для хранения не должен содержать агрессивных паров и газов.

А.4.3 Модуль ввода-вывода дискретных сигналов ИП-292 при хранении должен размещаться на стеллажах на уровне 1,5 м от пола и не ближе 2 м от дверей, вентиляционных отверстий и отопительных устройств.

А.4.4 Модуль ввода-вывода дискретных сигналов ИП-292 поступивший на склад потребителя, может храниться в упаковочном ящике не более 12 месяцев.

А.4.5 После длительного хранения в условиях, отличных от нормальных, ИП-292 перед включением необходимо выдержать в распакованном виде в течение 12 ч в нормальных условиях.

А.5 Транспортирование

А.5.1 Модуль ввода-вывода дискретных сигналов ИП-292 должен транспортироваться в упаковке при температуре окружающей среды от плюс 5°С до плюс 45°С и относительной влажности воздуха не более 80 %.

А.5.2 Модуль ввода-вывода дискретных сигналов ИП-292 транспортируется закрытым видом транспорта с условиями транспортирования и хранения 3 (Ж3) ГОСТ 15150.

А.6 Утилизация

А.6.1 Утилизация модуля ввода-вывода дискретных сигналов ИП-292 производится в соответствии с требованиями ГОСТ 1639.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(справочное)

**Свидетельство о регистрации программы управления модуля
цифровых входов ИП-292**

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2018662066

«Программа управления модуля цифровых входов ИП-292»

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 № **2018619296**

Дата поступления **31 августа 2018 г.**

Дата государственной регистрации
в Реестре программ для ЭВМ **26 сентября 2018 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

 **Г.П. Ивлиев**



ПРИЛОЖЕНИЕ В
(обязательное)

Конструкторская документация на модуль ИП-292

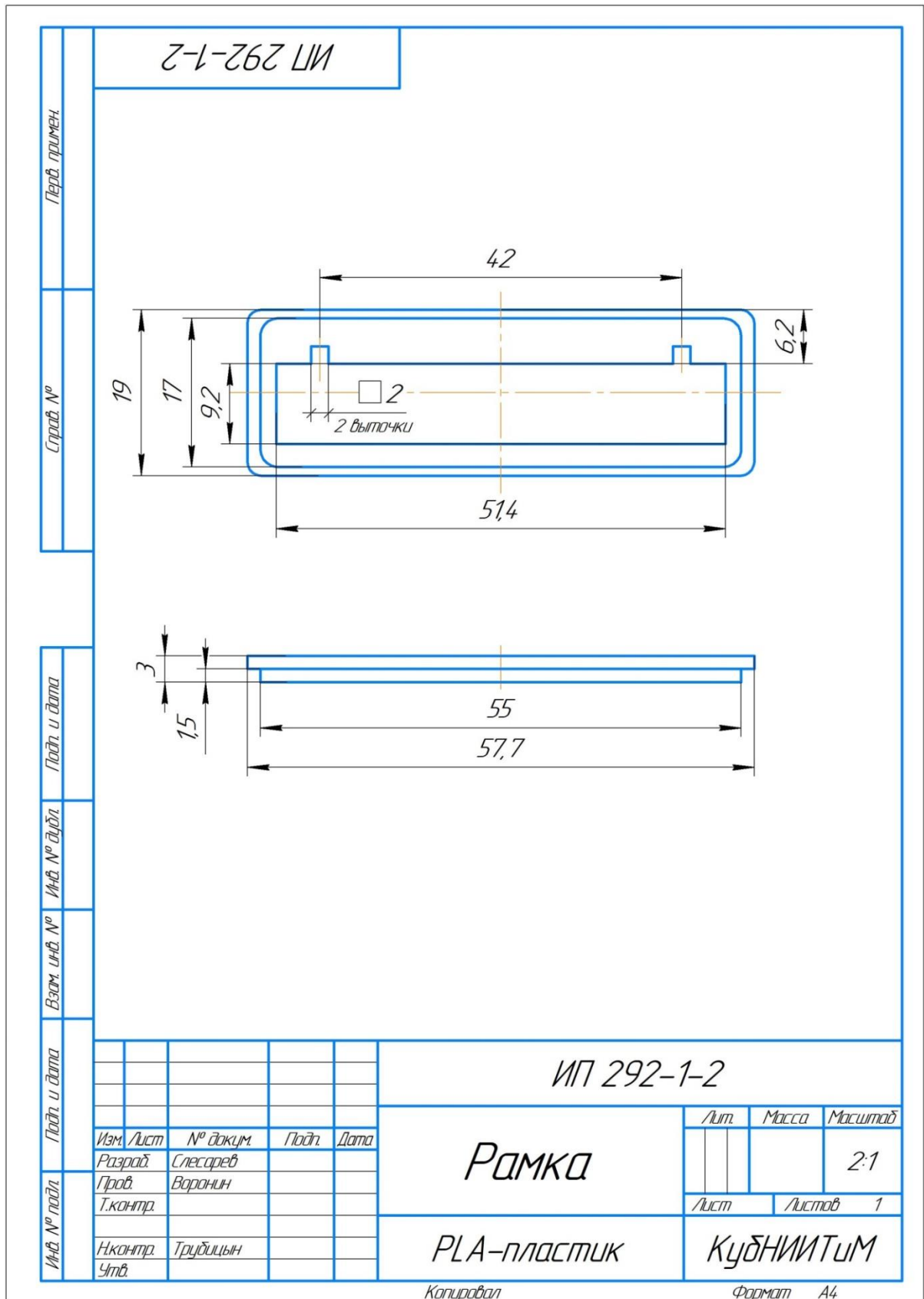


Рисунок В.1 – Чертеж рамки модуля ИП-292

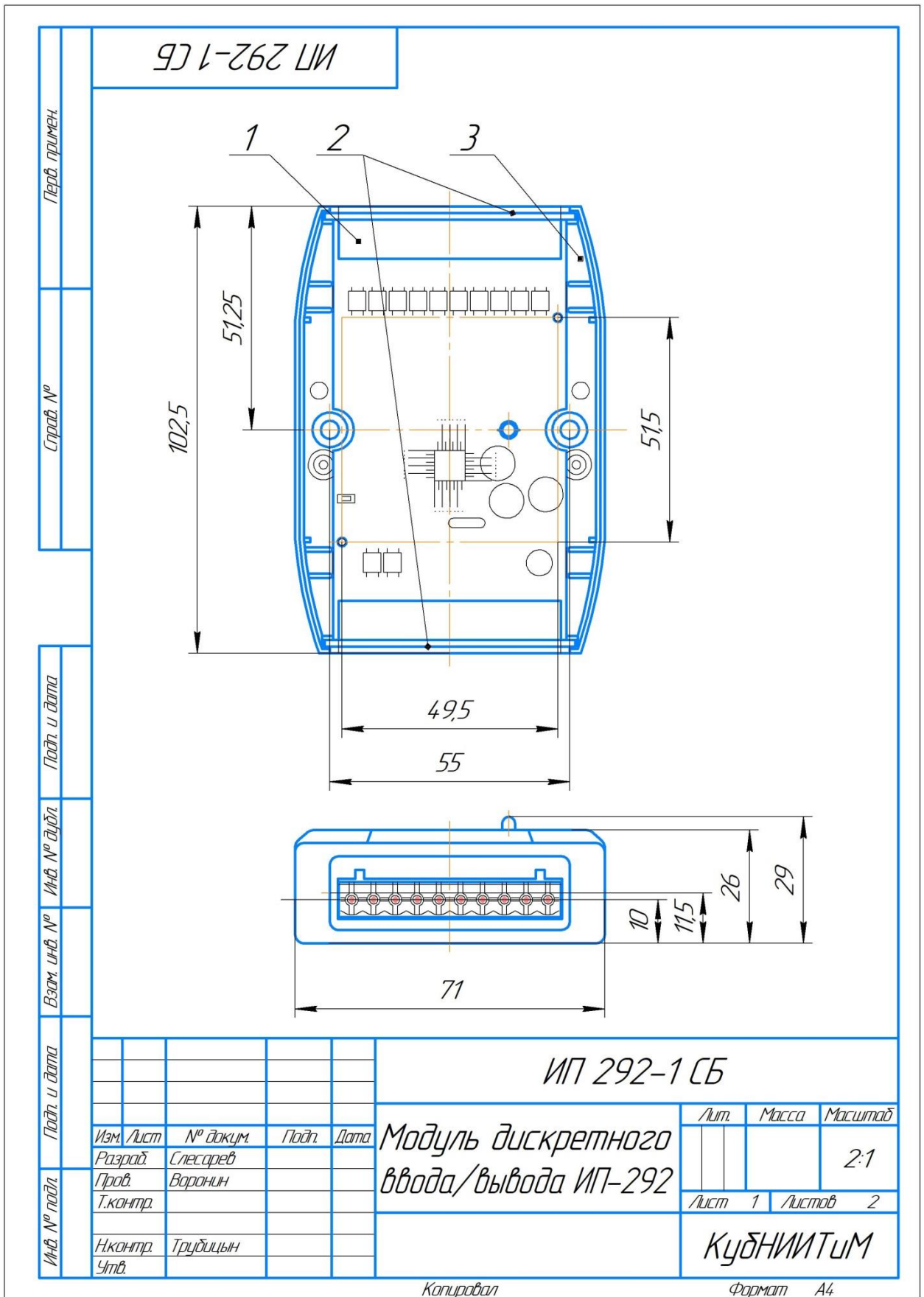


Рисунок В.2 – Чертеж модуля ИП-292

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.																																								
								Справ. №																																							
A4				Документация																																											
				Сборочный чертеж																																											
				Сборочные единицы																																											
		1	ИП292-1-1 Э	Электронная плата модуль ИП292 КудНИИТUM	1																																										
A4		2	ИП292-1-2	Детали Рамка	2	PLA																																									
				Прочие изделия																																											
		3		Корпус АК-DR-10	1	Покупное																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%; text-align: center;">Изм.</td> <td style="width: 15%; text-align: center;">Лист</td> <td style="width: 15%; text-align: center;">№ докум.</td> <td style="width: 15%; text-align: center;">Подп.</td> <td style="width: 15%; text-align: center;">Дата</td> <td colspan="3" style="text-align: center; vertical-align: middle;">ИП 292-1 СБ</td> </tr> <tr> <td>Разраб.</td> <td>Слесарев</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">Лит.</td> <td style="text-align: center;">Лист</td> <td style="text-align: center;">Листов</td> </tr> <tr> <td>Проб.</td> <td>Воронин</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">2</td> </tr> <tr> <td>Н.контр.</td> <td>Трубицын</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="3" style="text-align: center; vertical-align: middle;">КудНИИТUM</td> </tr> <tr> <td>Утв.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="3"></td> </tr> </table>								Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ИП 292-1 СБ			Разраб.	Слесарев				Лит.	Лист	Листов	Проб.	Воронин					2	2	Н.контр.	Трубицын				КудНИИТUM			Утв.							
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ИП 292-1 СБ																																										
Разраб.	Слесарев				Лит.	Лист	Листов																																								
Проб.	Воронин					2	2																																								
Н.контр.	Трубицын				КудНИИТUM																																										
Утв.																																															
Копировал _____ Формат A4																																															

Рисунок В.3 – Спецификация модуля ИП-292

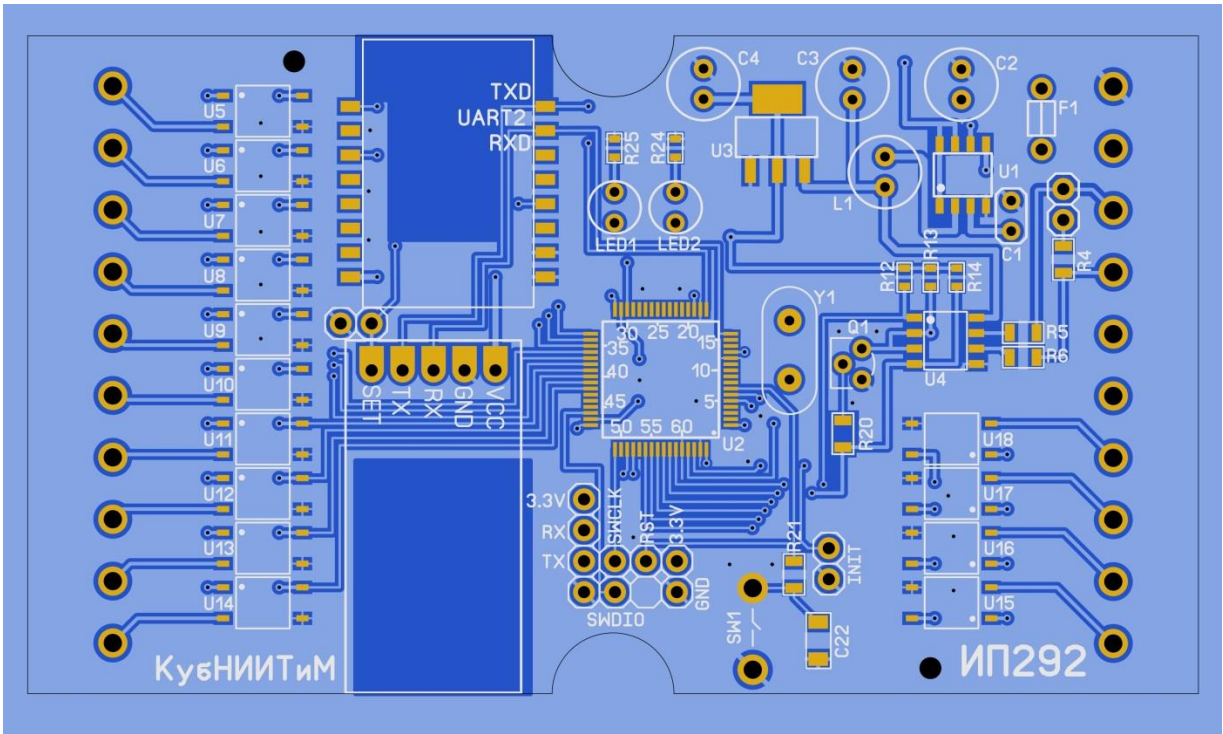


Рисунок В.4 – Плата модуля ИП-292 вид сверху

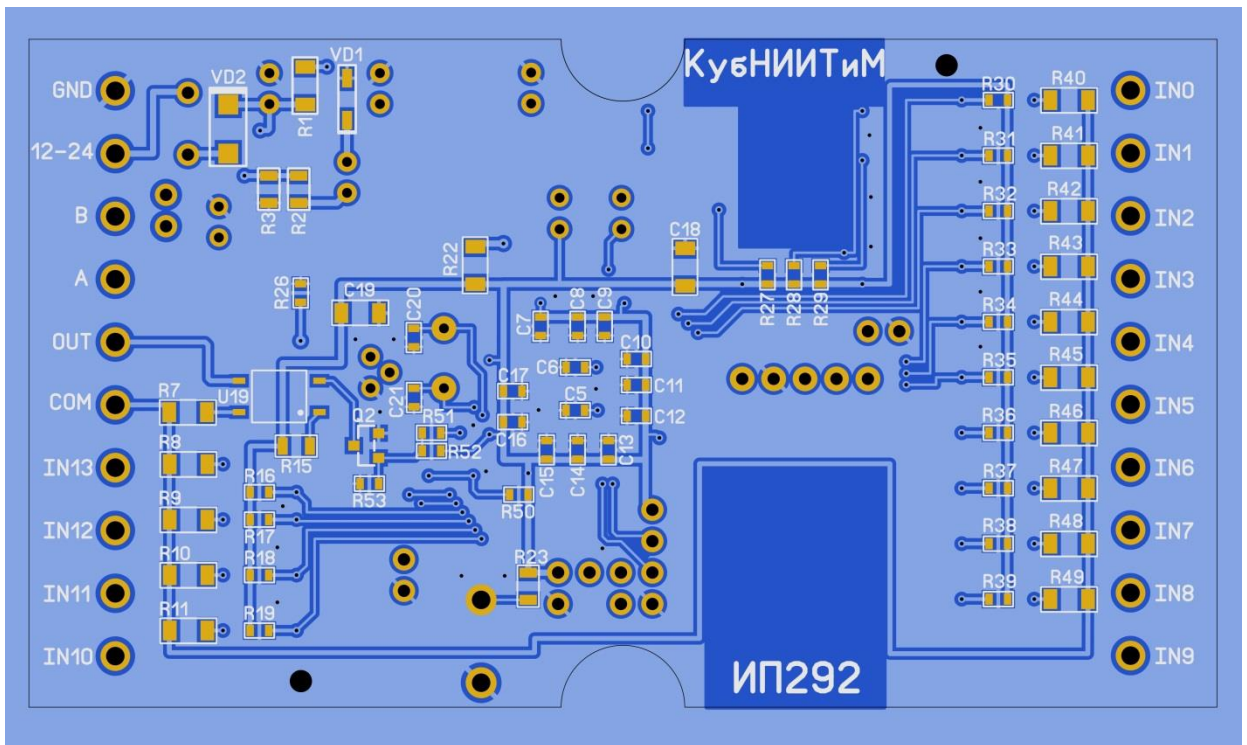


Рисунок В.5 – Плата модуля ИП-292 вид снизу