

<https://doi.org/10.21122/2227-1031-2019-18-1-38-46>

УДК 629.3.07

Панель управления транспортным средством технологического назначения на электротяге

Докт. техн. наук, проф. А. В. Щенятский¹⁾, канд. техн. наук, проф. Р. С. Музафаров¹⁾,
инж. Э. Р. Музафаров¹⁾, кандидаты техн. наук, доценты Е. С. Чухланцев²⁾, А. Н. Домбрачев¹⁾

¹⁾Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова (Ижевск, Российская Федерация),

²⁾Белорусский национальный технический университет (Минск, Республика Беларусь)

© Белорусский национальный технический университет, 2019
Belarusian National Technical University, 2019

Реферат. Предложенное конструкторское решение относится к элементам кузовов наземных транспортных средств, а именно – к панелям управления электрокаром, и может применяться для управления транспортными средствами технологического назначения на электротяге, а также их навесным и прицепным оборудованием. Техническая задача устройства, совпадающая с положительным результатом от его применения, – это обеспечение возможности управления с помощью панели навесным или прицепным оборудованием транспортного средства технологического назначения. Панель управления содержит расположенные в ее левой части руль, установленный на рулевой колонке, спидометр и секцию приборов управления транспортным средством, а в правой части панели размещен узел управления навесным и прицепным оборудованием транспортного средства, выполненный в виде короба, на наружной поверхности которого размещены группа приборов индикации, кнопочная клавиатура и две функциональные клавиши. Группа приборов индикации включает в себя: линейку семисегментных индикаторов, текстовый LCD-индикатор, графический TFT-дисплей, первый и второй светодиоды индикации состояния навесного и прицепного оборудования. Приборы индикации, кнопочная клавиатура и две функциональные клавиши электрически соединены с блоком управления, расположенным внутри короба. Блок управления выполнен на основе промышленного микроконтроллера, снабженного блоком энергонезависимой памяти и модулем USART, подключенным через блок преобразователя интерфейсов к радиомодулю.

Ключевые слова: транспортное средство, навесное оборудование, панель управления, микроконтроллер, радиомодуль

Для цитирования: Панель управления транспортным средством технологического назначения на электротяге / А. В. Щенятский [и др.] // *Наука и техника*. 2019. Т. 18, № 1. С. 38–46. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2019-18-1-38-46>

Control Panel for Transport Vehicle of Technological Purpose with Electric Traction

A. V. Schenyatskiy¹⁾, R. S. Muzafarov¹⁾, E. R. Muzafarov¹⁾, E. S. Chukhlantsev²⁾, A. N. Dombrachev¹⁾

¹⁾Kalashnikov Izhevsk State Technical University (Izhevsk, Russian Federation),

²⁾Belarusian National Technical University (Minsk, Republic of Belarus)

Abstract. The proposed design solution refers to elements of land vehicle bodies and namely to control panels of a power truck and it can be used to control vehicles of technological purpose with electric traction, as well as their hinged and trailed equipment. A technical problem of a device coinciding with the positive result from its application is to provide a possibility

Адрес для переписки

Чухланцев Евгений Сергеевич
Белорусский национальный технический университет
просп. Независимости, 65/11,
220013, г. Минск, Республика Беларусь
Тел.: +375 17 293-95-61
eapu@bntu.by

Address for correspondence

Chukhlantsev Evgeniy S.
Belarusian National Technical University
65/11 Nezavisimosty Ave.,
220013, Minsk, Republic of Belarus
Tel.: +375 17 293-95-61
eapu@bntu.by

for controlling hinged or trailed equipment of a transport vehicle of technological purpose with the help of a panel. The control panel has a steering wheel located on its left side mounted on a steering column, a speedometer and a section of vehicle control devices, and there is a control unit for hinged and trailed equipment of the vehicle in the right part of the panel; it is made in the form of a box and there is a group of indicating devices, keypad and two function keys on the outer box surface. The group of indicating instruments includes a line of seven-segment indicators, a text LCD-indicator, a graphic TFT-display, the first and second LEDs indicating the status of hinged and trailed equipment. Indicating devices, keypad and two function keys are electrically connected to the control unit located inside the box. The control unit is based on an industrial microcontroller equipped with a non-volatile memory unit and a USART module connected via an interface converter unit to a radio module.

Keywords: transport vehicle, hinged equipment, control panel, microcontroller, radio modul

For citation: Schenyatskiy A. V., Muzafarov R. S., Muzafarov E. R., Chukhlantsev E. S., Dombachev A. N. (2019) Control Panel for Transport Vehicle of Technological Purpose with Electric Traction. *Science and Technique*. 18 (1), 38–46. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2019-18-1-38-46> (in Russian)

Введение

Предложенное конструкторское решение относится к элементам кузовов наземных транспортных средств, а именно к панелям управления электрокаром, и может применяться для управления транспортными средствами технологического назначения на электротяге, а также их навесным и прицепным оборудованием, например различными коммунальными орудиями, в частности дисковыми подметальными щетками.

Как известно, пульт управления в общем случае представляет собой электронное устройство, позволяющее удаленно управлять различными аппаратами и механизмами. Первый образец такого прибора разработал Никола Тесла в 1898 г., первый беспилотный летательный аппарат, снабженный пультом дистанционного управления, испытан в 1932-м, а первый беспроводной пульт управления телевизионным приемником на основе применения фотоэлементов был представлен в 1955 г. Вместе с тем применение пультов для удаленного управления оборудованием машин коммунального назначения в настоящее время не получило широкого распространения. При этом создание такого прибора на основе современной элементной базы позволит значительно повысить удобство управления транспортным средством технологического назначения, а также увеличит надежность машины за счет исключения большого количества электрических кабельных соединений между пультом и исполнительными механизмами электрокара [1].

Отсутствие известных конструктивных решений, позволяющих удаленно управлять механизмами коммунальных машин, было подтверждено информационным поиском, прове-

денным в базах данных российского и европейского патентных ведомств. На основе поиска выделены два устройства-аналога, содержащих наибольшее количество конструктивных признаков, совпадающих с конструктивными признаками панели управления, разработанной авторами.

По российскому патенту на полезную модель RU24161U1 известна панель приборов автомобиля. Панель содержит гнезда для щитка приборов, решеток вентиляции, клавиш управления электрическими цепями, блока предохранителей, ящика с крышкой для вещей, выполнена из отдельных модулей: водительского, управленческого и хозяйственного. Отличительной особенностью панели является то, что в водительском модуле расположены гнезда для приборов, на управленческом модуле, который расположен между водительским и хозяйственным, выполнены гнезда под установку клавиш управления электрическими цепями, решеток вентиляции и блока управления вентиляцией салона, а также гнездо для радиоустройства [2].

Наиболее близким по технической сущности к разработанной панели управления устройством, выбранным в качестве прототипа, признан пульт управления транспортным средством, известный по авторскому свидетельству SU1066851A1. Пульт содержит корпус, расположенный сбоку от сиденья водителя, щиток приборов и рычаги управления. При этом корпус имеет: переднюю секцию, панель которой перпендикулярна основному визирному направлению от точки расположения глаз водителя (на панели размещены измерительные приборы); среднюю секцию с панелью, параллельной основному визирному направлению, на которой размещены рычаги управления, и с

горизонтальной панелью, на которой смонтированы переключатели; заднюю секцию пульта управления, выполненную в виде ящика [3].

Общим недостатком известных конструктивных решений является их ограниченная возможность по установке на транспортные средства технологического назначения на электротяге. Кроме того, модернизировать известные устройства, снабдив их узлом удаленной связи с коммунальным оборудованием, не представляется возможным. В статье рассмотрена конструкция гибридной панели транспортного средства на электротяге, которая лишена недостатков аналогов.

Конструкция панели управления транспортным средством технологического назначения на электротяге

Технической задачей разработанной панели управления, совпадающей с положительным результатом от ее применения, является обеспечение возможности управления с ее помощью навесным и прицепным оборудованием транспортного средства за счет применения в конструкции панели узла управления оборудованием, снабженного приборами индикации, средствами ввода данных и команд, а также блоком управления.

Внешний вид панели управления показан на рис. 1; структурная схема блока управления

приведена на рис. 2, а одна из возможных конструкций прицепной дисковой подметальной щетки – на рис. 3.

Панель управления имеет следующую конструкцию.

Панель 1 (рис. 1) содержит расположенные в ее левой части руль 2, установленный на рулевой колонке, спидометр 3 и секцию приборов управления транспортным средством 4. Секция приборов включает в себя клавишу пуска двигателя 5, клавиши управления направлением движения 6 и 7, а также две клавиши 8 и 9 для управления световыми приборами транспортного средства. В правой части панели размещен узел управления навесным и прицепным оборудованием транспортного средства, выполненный в виде короба 10, на наружной поверхности которого размещены группа приборов индикации, кнопочная клавиатура 11 и две функциональные клавиши 12 и 13, которые используются, в частности, для запуска и останова навесного и прицепного оборудования. Группа приборов индикации включает в себя линейку семисегментных индикаторов 14, текстовый LCD-индикатор 15, графический TFT-дисплей 16, первый и второй светодиоды индикации состояния навесного и прицепного оборудования 17 и 18. Приборы индикации 14, 15, 16, 17 и 18, кнопочная клавиатура и две функциональные клавиши 12 и 13 электрически соединены с блоком управления, расположенным внутри короба, способом, описанным ниже.

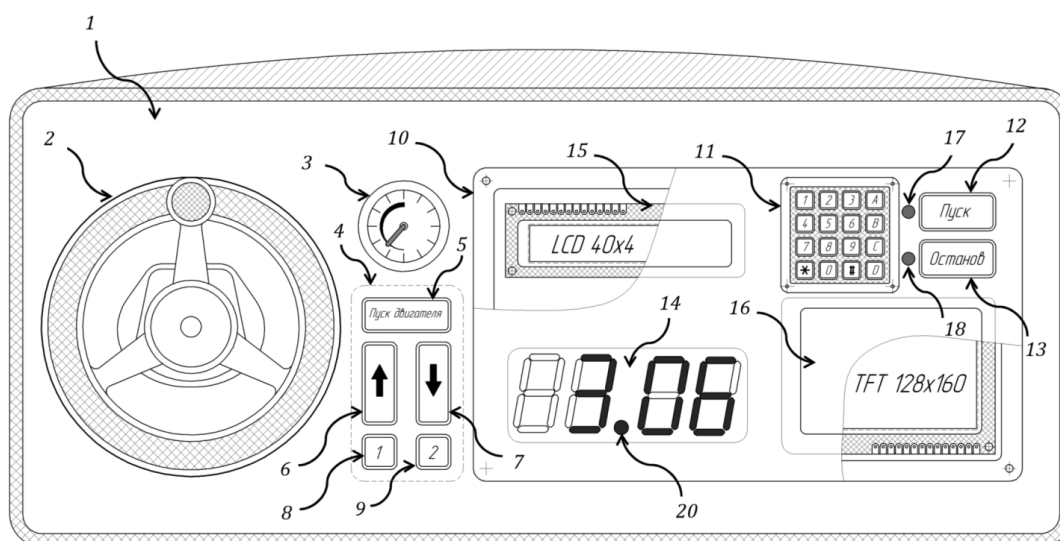


Рис. 1. Внешний вид панели управления

Fig. 1. External view of control panel

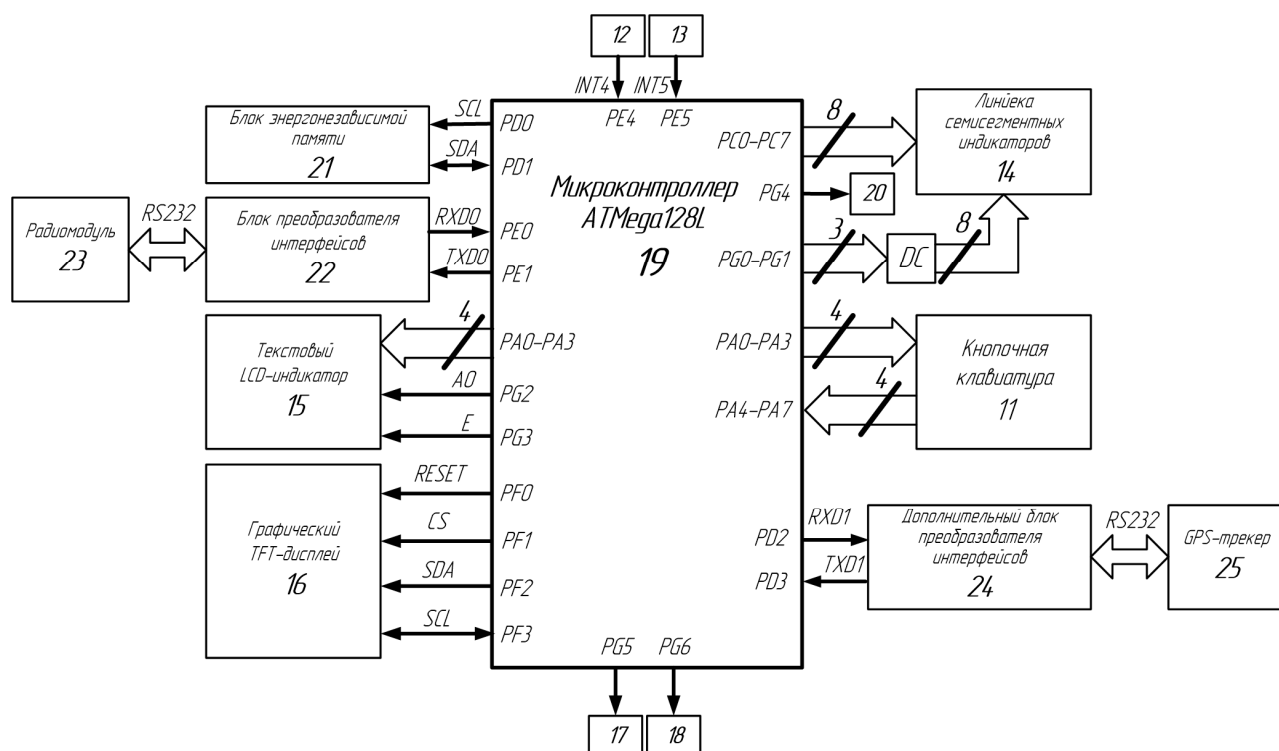


Рис. 2. Структурная схема блока управления

Fig. 2. Block diagram of control unit

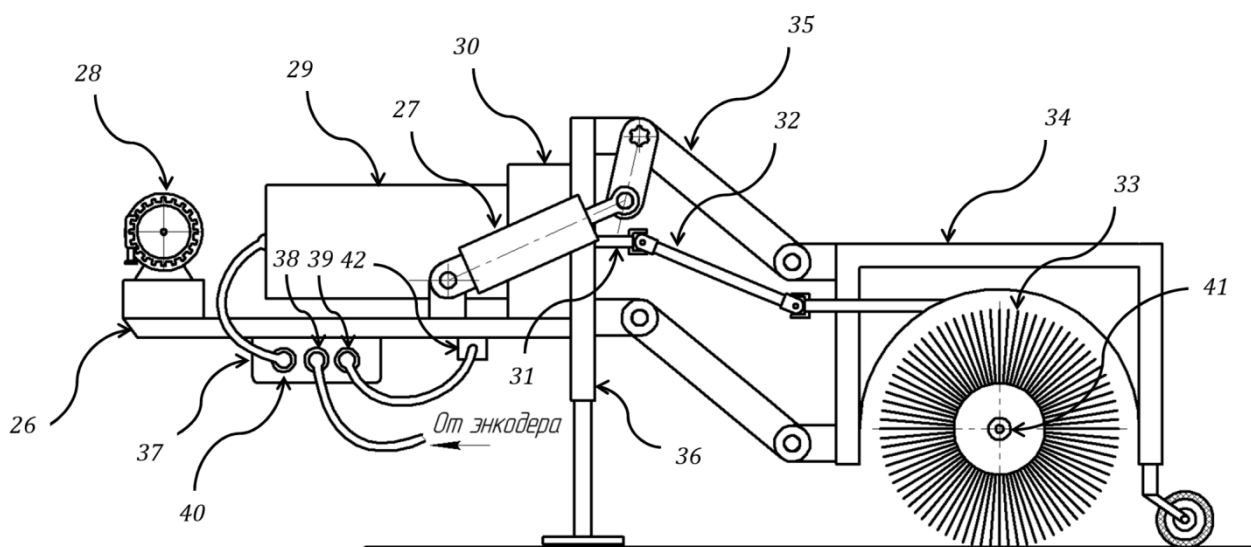


Рис. 3. Возможная конструкция прицепной дисковой подметальной щетки

Fig. 3. Possible design of trailing disc sweeping brush

Основой блока управления является микроконтроллер 19 (рис. 2), в качестве которого целесообразно применить микросхему Atmel AVR ATmega128L. Указанная микросхема – это восьмиразрядный КМОП-микроконтроллер, основан-

ный на расширенной AVR RISC-архитектуре, содержащий семь восьмиразрядных двунаправленных портов ввода-вывода, каждая линия которых может выполнять как основную, так и дополнительную функции. За счет выполнения

большинства инструкций за один машинный цикл ATmega128L достигает высокой производительности, что позволяет использовать микроконтроллер в сложных системах управления [1, 4].

Линейка семисегментных индикаторов подключена к универсальным двунаправленным портам ввода-вывода C и G микроконтроллера. Для передачи восьмиразрядных кодов цифр на семисегментные индикаторы используются линии PC0-PC7 (рис. 2) порта C, а выбор конкретного индикатора осуществляется с помощью линий PG0-PG1 порта G, управляющих четырьмя младшими разрядами выхода дешифратора DC, что соответственно позволяет непосредственно управлять анодами четырех семисегментных индикаторов. Управление светодиодом 20 (рис. 1), визуальным разделяющим два старших и два младших разряда линейки, осуществляется с помощью линии PG4 порта G.

Текстовый LCD-индикатор подключен к четырем линиям порта A (PA0-PA3) микроконтроллера, которые используются для передачи данных. Управление блоком осуществляется с помощью линий A0 (выбор адреса символа) и E (синхронизирующий строб-сигнал), подключенных соответственно к линиям PG2 и PG3 микроконтроллера [4, 5].

Графический TFT-дисплей подключен к микроконтроллеру с помощью последовательного трехпроводного интерфейса с использованием линий PF0-PF3 порта F. При этом выбор кристалла контроллера TFT-дисплея для инициации передачи команд и данных осуществляется с помощью линии PF1(CS), передача данных выполняется с помощью одnorазрядной шины данных PF2(SDA), а выдача строб-сигнала – с помощью одnorазрядной шины синхронизации PF3(SCL) [6].

Кнопочная клавиатура содержит шестнадцать кнопок и подключена к линиям PA0-PA7 порта A микроконтроллера. Для реализации алгоритма «бегущая единица» младшие линии PA0-PA3 порта A переключены в режим вывода данных и используются для итерационного перебора столбцов клавиатуры, а младшие линии PA4-PA7 переключены в режим входов и используются для сканирования ее строк.

Функциональные клавиши 12 и 13 («Пуск» и «Останов») подключены к линиям PE4(INT4) и PE5(INT5) порта E, переключенным в режим

выполнения ими альтернативной функции – генераторов внешних прерываний. Это необходимо для гарантированной программной реакции устройства на нажатие оператором упомянутых клавиш.

Светодиоды 17 и 18 используются синхронно с функциональными клавишами 12 и 13, индицируя текущее состояние навесного и прицепного оборудования, и подключены к линиям PG5, PG6 порта G.

Блок энергонезависимой памяти 21 выполнен на основе микросхемы семейства AT24 и подключен к микроконтроллеру с помощью линий PD0(SCL) и PD1(SDA), первая из которых является линией последовательной передачи тактовых импульсов, а вторая – линией последовательной передачи данных. Блок энергонезависимой памяти хранит параметры режимов работы навесного и прицепного оборудования [7].

Блок преобразователя интерфейсов 22 представляет собой микросхему-драйвер MAX232, преобразующую сигналы проводного дуплексного интерфейса RS-232 в сигналы, использующиеся в цифровых схемах на базе ТТЛ или КМОП микросхем. Блок преобразователя интерфейсов подключен к блоку управления с помощью линий PE0(RXD0) и PE1(TXD0) порта E, являющихся, соответственно, входом и выходом универсального синхронно-асинхронного приемопередатчика USART микроконтроллера. Выход блока преобразователя интерфейсов подключен к входу радиомодуля 23 через интерфейс RS-232. В качестве радиомодуля может использоваться, например, микросхема HC-12 [8, 9].

Микроконтроллер ATmega128L имеет дополнительный универсальный синхронно-асинхронный приемопередатчик USART, входом и выходом которого являются линии PD2(RXD1) и PD3(TXD1). К упомянутому приемопередатчику посредством дополнительного блока преобразователя интерфейсов 24 (вторая микросхема MAX232) целесообразно подключить GPS-трекер 25, в качестве которого может быть использован модуль Beitian BS-280 [10].

Использование панели управления транспортного средства технологического назначения на электротяге

Панель управления транспортного средства технологического назначения на электротяге

при эксплуатации последнего используют следующим образом. Первоначально на транспортное средство подвешивают на соответствующие узлы подвеса или прицепляют посредством сцепки коммунальное оборудование, например дисковую подметальную щетку.

Дисковая подметальная щетка (рис. 3) имеет типовую конструкцию и содержит раму 26, с установленными на ней гидроцилиндром 27 (подключенным к гидростанции 28), быстро-съемным креплением для обеспечения сцепки подметального устройства и наземного транспортного средства на электротяге коммунального назначения (на фигурах условно не показано). Вал асинхронного электродвигателя 29 щетки посредством муфты соединен с входным валом редуктора 30, а его выходной вал 31 – с карданным валом 32 привода щетки 33, установленной на раме подвесного оборудования 34 с опорным колесом посредством трехточечного подвеса 35. Дополнительно щетка снабжена стойками 36, используемыми для ее стояночного хранения.

Дисковая подметальная щетка снабжена узлом управления, основой которого является корпус 37, закрепленный на раме 26 щетки, снабженный двумя разъемами измерительных входов 38 и 39 и одним разъемом силового выхода 40. К разъемам измерительных входов посредством электрических кабелей подключены энкодер 41 и датчик температуры 42, а силовой выход 40 посредством силового электрического кабеля подключен к асинхронному электродвигателю, при этом энкодер установлен на валу щетки, а датчик температуры – на раме 26; измерительные входы 38 и 39 с помощью кабелей через операционные усилители подключены к первому и второму каналам аналого-цифрового преобразователя промышленного контроллера, размещенного внутри корпуса 37 узла управления щеткой, а его управляющий выход посредством кабеля подключен к силовому выходу 40. Дополнительно к промышленному контроллеру подключен радиомодуль, обеспечивающий прием управляющих команд.

При начале уборочных работ асинхронный электродвигатель, гидростанцию и блок питания узла управления щетки подключают к бортовой электрической сети транспортного средства. Активируют узел управления щетки,

приводят с помощью гидроцилиндра раму подвесного оборудования с установленной на ней щеткой в рабочее положение, далее управление оборудованием осуществляют с помощью панели управления (рис. 1) транспортного средства, конструкция которой описана выше.

Водитель транспортного средства управляет его движением с помощью руля 2 и секции приборов 4 (рис. 1), контролируя скорость движения с помощью спидометра. Одновременно с этим водитель имеет возможность управлять подметальной дисковой щеткой с помощью узла управления навесным и прицепным оборудованием. Для этого с помощью кнопочной клавиатуры он выбирает одну из программ уборки, хранящуюся в энергонезависимой памяти 21 блока управления, при этом наименование программы и ее параметры, в частности частота вращения щетки, выводятся на текстовый LCD-индикатор 15. Выбрав таким образом программу, водитель активирует ее, нажав функциональную клавишу 12 «Пуск», что подтверждается блоком управления, путем включения светодиода 17. Далее блок управления, на основе управляющей программы, хранящейся в FLASH-памяти микроконтроллера, посредством радиомодуля 23 передает последовательность управляющих команд, которые принимает промышленный контроллер узла управления щеткой, последний отправляет сигнал подтверждения приема, после чего активирует щетку, устанавливая принятые параметры частоты ее вращения. Во время уборки промышленный контроллер с помощью датчика температуры и энкодера измеряет, соответственно, температуру окружающего воздуха и частоту вращения щетки, передавая их значения на узел управления навесным и прицепным оборудованием транспортного средства. Блок управления навесным и прицепным оборудованием с помощью линейки семисегментных индикаторов отображает время, прошедшее с начала уборки, а с помощью TFT-дисплея 16 индицирует данные, полученные от датчиков. Кроме этого, TFT-дисплей может использоваться для отображения текущих географических координат транспортного средства, полученных с помощью GPS-трекера, а также для визуализации динамической карты местности, отмечая маркером на ней местоположение электрокара. После окончания уборки водитель нажимает функцио-

Таблица 1

Результаты эксперимента: объекты малой выборки
Experiment results: objects of small sample theory

№ элемента выборки	Время наработки на отказ t_i , ч
1	47,79
2	48,05
3	48,18
4	47,58
5	48,79
6	47,07
7	47,66
8	48,03
9	46,21
10	48,85
11	47,52
12	47,57
13	46,97
14	49,31
15	45,95
16	46,60
17	48,19
18	49,25
19	48,10
20	47,37

нальную клавишу 13 «Останов», блок управления подтверждает команду, отключая светодиод 17 и включая светодиод 18, а затем передает с помощью радиомодуля 23 последовательность управляющих команд, которые принимает промышленный контроллер узла управления щеткой и останавливает ее работу. Затем с помощью гидроцилиндра щетка переводится в нерабочее положение.

Для определения надежности разработанного устройства было проведено прикладное исследование, в рамках которого с помощью выборочного метода определялось среднее время наработки электронных узлов панели на отказ.

Сущность эксперимента заключалась в следующем. Был изготовлен прототип панели управления и узла управления подметальным устройством, выполненным на основе промышленного контроллера, построенного на основе микроконтроллера STM8L152, содержащего микропроцессорное ядро, соединенное с помощью системной шины с FLASH-памятью программ, SRAM-памятью данных, аналого-цифровым преобразователем, энергонезависимой электрически перепрограммируемой памятью EEPROM, универсальным восьмиразрядным двунаправленным портом ввода-вывода и универсальным синхронно-асинхронным приемопередатчиком USART, подключенным к радиомодулю; порт ввода-вывода подключен к входу частотного регулятора, а его выход является управляющим выходом промышленного контроллера. Между блоком управления панели управления и промышленным контроллером была установлена радиосвязь, после чего управляющая программа блока управления один раз в пятнадцать секунд передавала промышленному контроллеру подметального устройства серию команд и принимала от него телеметрию. Отказом в эксперименте считался потерянный при передаче пакет данных, такие события фиксировались, измерялось время между указанными событиями. В результате была полученная выборочная совокупность величины времени исправной работы t_i блока управления между отказами в часах, составившая $n = 20$ наблюдений (табл. 1).

Результаты эксперимента подвергли статистической обработке, после чего были получены основные статистики.

Среднее время наработки на отказ, представляющее собой выборочное среднее \bar{T} , найденное по выборке, вычисляли по следующей формуле:

$$\bar{T} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i, \quad (1)$$

где t_i – время исправной работы блока управления между отказами; n – число наблюдений.

Выборочную дисперсию характеристики и стандартное отклонение, показывающие меру рассеяния случайной величины вокруг ее среднего значения, определяли на основе зависимостей:

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (t_i - \bar{T})^2; \quad (2)$$

$$s = \sqrt{s^2}, \quad (3)$$

где s^2 – дисперсия; s – стандартное отклонение.

Также был вычислен доверительный интервал, содержащий $(1 - \alpha) \cdot 100$ % значений случайной величины:

$$\bar{T} - t_{\alpha,k} \frac{s}{\sqrt{n}} < \bar{T} \leq \bar{T} + t_{\alpha,k} \frac{s}{\sqrt{n}}, \quad (4)$$

где $t_{\alpha,k}$ – точка распределения Стьюдента (α – уровень надежности, k – объем выборки), в случае, если $k = 20$ и $\alpha = 0,05$, то $t_{\alpha,k} \approx 2,086$.

Вычисленные выборочные характеристики сведены в табл. 2. Графическая интерпретация эксперимента, включающая в себя гистограмму накопленных частот и график теоретического нормального распределения, приведена на рис. 4.

Таблица 2

Численные значения выборочных характеристик
Numerical values of selected characteristics

Выборочная характеристика	Значение
Минимальное значение	45,95
Максимальное значение	49,31
Среднее время наработки на отказ \bar{T} , ч	47,75
Выборочная дисперсия s^2	0,88
Стандартное отклонение s	0,94
Доверительный интервал	$47,34 < \bar{T} \leq 48,16$

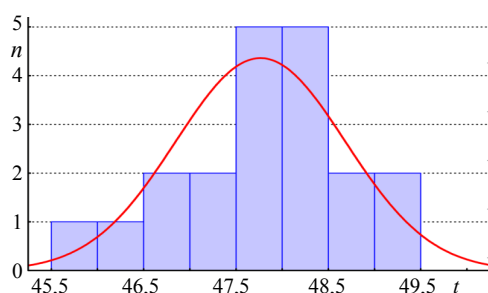


Рис. 4. Гистограмма распределения частот и кривая теоретического нормального распределения среднего времени наработки на отказ

Fig. 4. Histogram of frequency distribution and curve of theoretical normal distribution of mean time between failures

ВЫВОДЫ

1. Рассмотренная панель управления транспортного средства технологического назначения на электротяге является новым и промышленно применимым прибором, обеспечивающим простое и эффективное управление навесным и прицепным коммунальным оборудованием.

2. Исследование изготовленного прототипа прибора на надежность, в качестве количест-

венной характеристики которой было выбрано среднее время наработки электронных компонентов блока управления панели на отказ, показало следующее. Для целей отработки функционирования электромеханических узлов навесного и прицепного оборудования, управляемого с помощью панели управления в лабораторных условиях, величина $\bar{T} = 47,75$ ч признана удовлетворительной. При доведении конструкции панели управления до стадии ее серийного производства надежность прибора потребует значительно увеличить. Этого планируется добиться двумя способами: применением микросхем, в первую очередь микроконтроллера, в индустриальном исполнении (диапазон рабочих температур от -40 до 85 °C), а также оптимизацией управляющей программы микроконтроллера, включая разработку эффективного обработчика прерывания от сторожевого таймера (WatchDog timer), позволяющего предотвратить сбои в работе микросхемы, обусловленные внешними негативными факторами.

3. Статья профинансирована из средств субсидии из федерального бюджета с целью реализации комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства «Разработка и создание высокотехнологичного производства унифицированной машины технологического электротранспорта», реализуемого в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 г. № 218 «О мерах государственной поддержки развития кооперации российских образовательных организаций высшего образования, государственных научных учреждений и организаций, реализующих комплексные проекты по созданию высокотехнологичного производства», в рамках подпрограммы «Институциональное развитие научно-исследовательского сектора» Государственной программы Российской Федерации «Развитие науки и технологий на 2013–2020 гг.», АО «Сарапульский электрогенераторный завод» и ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова», договор от 1 декабря 2015 г. № 02.G325.31.0132.

4. Публикация выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках работ по проек-

ту «Разработка и создание высокотехнологичного производства унифицированной машины технологического электротранспорта», выполняемому совместно ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова» и АО «Сарапульский электрогенераторный завод» (договор № 02.G25.31.0132 от 01.12.2015).

ЛИТЕРАТУРА

1. Automated Chronometric System / I. Yu. Tyurin [et al.] // Russian Engineering Research. 2017, Vol. 37, No 8. P. 720–722. DOI: 10.3103/S1068798X17080202.
2. Božek, P. Analysis and Evaluation of Differences Dimensional Products of Production System / P. Božek, P. Pokorný // Appl. Mech. Mater. 2014. Vol. 611, No 10. P. 339–345.
3. Пульт управления транспортного средства: пат. 1066851 СССР, В60К 37/00 / Г. Шобер, Р. Лалеике. Опубл. 15.01.1984.
4. Евстифеев, А. В. Микроконтроллеры семейства Tiny и Mega семейства Atmel / А. В. Евстифеев. 5-е изд., стер. М.: Изд. дом «Додока-XXI», 2008. 148 с.
5. HD44780 Datasheet // Electronic Components Datasheet Search [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=Hd44780>. Дата доступа: 28.05.2018.
6. PiTFT Plus 480x320 3.5" TFT+Touchscreen for Raspberry Pi // Adafruit [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.adafruit.com/products/358>. Дата доступа: 28.05.2018.
7. Two Wire Serial EEPROMs // Atmel Corporation [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.atmel.com/Images/doc0670.pdf>. Дата доступа: 28.05.2018.
8. MAX232x Dual EIA DriversReceivers // Texas Instruments [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/max232.pdf>. Дата доступа: 28.05.2018.
9. HC-12: радиомодуль с UART-интерфейсом на 433 МГц // Записки программиста [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://eax.me/hc-12>. Дата доступа: 28.05.2018.
10. Beitian BS-280 GPS Module Dual Module Compass for Pixhawk // HobbyWOW [Электронный ресурс]. Режим

доступа: <https://www.hobbywow.com/en-beitian-bs-280-gps-module-dual-module-compass-for-pixhawk-p243195.htm>. Дата доступа: 25.05.2018.

Поступила 12.09.2018
Подписана в печать 22.11.2018
Опубликована онлайн 30.01.2019

REFERENCES

1. Tyurin I. Yu., Dombrachev A. N., Korshunov A. I., Kuznetsov A. P., Yakimovich B. A., Galiakhmetov R. A. (2017) Automated Chronometric System. *Russian Engineering Research*, 37 (8), 720–722. <https://doi.org/10.3103/S1068798X17080202>.
2. Božek P., Pokorný P. (2014) Analysis and Evaluation of Differences Dimensional Products of Production System. *Applied Mechanics and Materials*, 611 (10), 339–345. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.611.339>.
3. Schober G., Laleike R. (1984) *Vehicle Control Panel*. Patent No 1066851 USSR (in Russian).
4. Evstifeev A. V. (2008) *Tiny and Mega Microcontrollers of Atmel Family*. 5th ed. Moscow, Dodeka-XXI Publ. 148 (in Russian).
5. HD44780 Datasheet. *Electronic Components Datasheet Search*. Available at: <http://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=Hd44780>. (Accessed 28 May 2018).
6. PiTFT Plus 480x320 3.5" TFT+Touchscreen for Raspberry Pi. *Adafruit*. Available at: <https://www.adafruit.com/products/358>. Access date: 28.05.2018.
7. Two Wire Serial EEPROMs. *Atmel Corporation*. Available at: www.atmel.com/Images/doc0670.pdf. (Accessed 28 May 2018).
8. MAX232x Dual EIA DriversReceivers. *Texas Instruments*. Available at: www.ti.com/lit/ds/symlink/max232.pdf. (Accessed 28 May 2018).
9. HC-12: Radio Module with UART Interface at 433 MHz. *Notes of Programming Specialist*. Available at: <https://eax.me/hc-12>. (Accessed 28 May 2018) (in Russian).
10. Beitian BS-280 GPS Module Dual Module Compass for Pixhawk. *HobbyWOW*. Available at: <https://www.hobbywow.com/en-beitian-bs-280-gps-module-dual-module-compass-for-pixhawk-p243195.htm>. (Accessed 28 May 2018).

Received: 12.09.2018
Accepted: 22.11.2018
Published online: 30.01.2019