

**ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА /
POWER SUPPLY AND AUTOMATION OF AGRICULTURAL PRODUCTION**

УДК 631.21

DOI: 10.26897/2687-1149-2020-4-55-60

**РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ОПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛА ПОВОРОТА СЕКЦИИ
ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ**

БАКИРОВ СЕРГЕЙ МУДАРИСОВИЧ, канд. техн. наук, доцент

E-mail: s.m.bakirov@mail.ru

Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова; 410012, Российская Федерация, г. Саратов, Театральная пл., д. 1

Управление движением дождевальных машин осуществляется за счёт приборов синхронизации движения в линию, в основе которых лежит электромеханическое устройство. Исследования показывают, что данные устройства имеют низкую надёжность, связанную с малым механическим и электрическим ресурсом концевых выключателей. Отказ одного электромеханического устройства приводит к остановке дождевальной машины. Повысить надёжность работы системы управления движением, а также сократить время настройки и наладки его действия можно с помощью устройства, работающего на основе ультразвукового приёмопередатчика. Предлагается устройство определения угла поворота секции, включающее ультразвуковой приёмопередатчик, отражатель и экран, закреплённые на шарнире карданного типа. При возникновении угла между вертикальными плоскостями подвижной и неподвижной частями шарнира расстояние между ультразвуковым приёмопередатчиком и отражателем изменяется, тем самым подаётся сигнал на включение (отключение) электропривода. При сравнении энергозатрат нового и традиционного устройств управления установлено, что прибор на основе ультразвукового приёмопередатчика работает в более продолжительном режиме, поскольку расстояние между приёмопередатчиком и отражателем контролируется даже в режиме ожидания. Установлено, что при равных эквивалентных сопротивлениях рассматриваемых устройств и отличных номинальных напряжений, можно добиться экономии энергозатрат системы управления в 2,34...47,8 раза.

Ключевые слова: энергозатраты, дождевальная машина, электропривод, концевой выключатель, ультразвуковой приёмопередатчик, эксплуатационная надёжность, наладка устройств управления, устройство определения угла поворота.

Формат цитирования: Бакиров С.М. Разработка устройства определения угла поворота секции дождевальной машины // *Агроинженерия*. 2020. № 4(98). С. 55-60. DOI: 10.26897/2687-1149-2020-4-55-60.

**DESIGNING A DEVICE FOR DETERMINING THE ROTATION ANGLE
OF A SPRINKLER INSTALLATION**

SERGEY M. BAKIROV, PhD (Eng), Associate Professor

E-mail: s.m.bakirov@mail.ru

Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov; 410012, Teatralnaya Sq., 1 Saratov, Russian Federation

The movement of sprinklers is controlled with line synchronization devices based on an electromechanical device. Studies have shown that these devices have low reliability caused by short mechanical and electrical life of the limit switches. A failed electromechanical device causes the sprinkler to stop. A device based on an ultrasonic transceiver can be used to increase the reliability of the motion control system, as well as reduce the setup and adjustment time of its operation. The author proposes a device for determining the rotation angle of the section, which includes an ultrasonic transceiver, a reflector and a screen fixed on a gimbal-type hinge. When there is an angle between the vertical planes of the movable and fixed parts of the hinge, the distance between the ultrasonic transceiver and the reflector changes, thereby giving a signal to turn on (off) the electric drive. When comparing the energy consumption of the new and conventional control devices, the author found that the device based on the ultrasonic transceiver operates in a longer mode, since the distance between the transceiver and the reflector is monitored even in a standby mode. It has been established that with equal equivalent resistances of the considered devices and excellent rated voltages, it is possible to reduce energy consumption of the control system in 2.34...47.8 times.

Key words: energy consumption, sprinkler, electric drive, limit switch, ultrasonic transceiver, operational reliability, adjustment of control devices, device for determining the rotation angle.

For citation: Bakirov S.M. Designing a device for determining the rotation angle of a sprinkler installation // *Agricultural Engineering*, 2020; 4 (98): 55-60. (In Rus.). DOI: 10.26897/2687-1149-2020-4-55-60.

Введение. Большинство электрифицированных дождевальных машин кругового действия имеют устройство управления на основе электромеханической системы [1-3]. Принцип её работы основан на контроле изменения угла так называемым прибором синхронизации движения в линию (ПСЛ). Он имеет чувствительный элемент в виде рычага, который, отклоняясь на определённый угол φ , механически воздействует на концевой выключатель катушки

магнитного пускателя электродвигателя в составе электропривода опорной тележки секции (рис. 1). Количество ПСЛ соответствует количеству секций дождевальной машины.

Рычаг должен иметь небольшой ход в пределах от -2 до $+2$ мм от положения равновесия, так как при длине трубопровода секции 59...65 м данный диапазон позволяет выполнять требования к равномерному перемещению опорных тележек секций без излома и других нарушений (рис. 1) [4, 5].

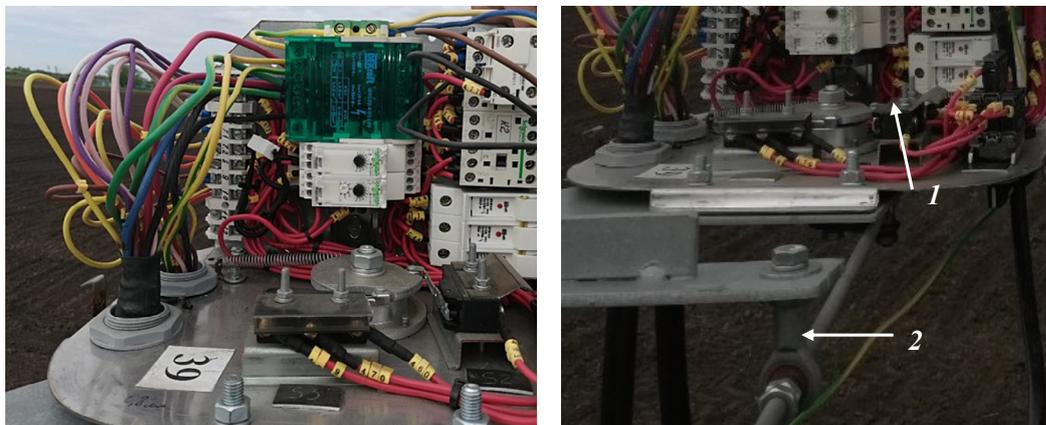


Рис. 1. Общий вид прибора синхронизации движения в линию:
1 – концевой выключатель; 2 – рычаг (чувствительный элемент)

Fig. 1. General view of an line synchronization device (LSD):
1 – a limit switch; 2 – a lever (a sensitive element)

Настроить работу каждой ПСЛ в пределах данного диапазона является трудоёмкой и ответственной работой. Вместе с этим концевые выключатели, применяемые в качестве исполнительных механизмов, несут высокую эксплуатационную ответственность [6]. Несрабатывание этих выключателей (окисление контактов, недостаточная сила нажатия, ослабление места крепления и т.п.) может привести к аварийной остановке или отказу дождевальной машины.

Ресурс концевых выключателей оценивается количеством замыканий / размыканий [7]. В старт-стоповом режиме работы дождевальной машины ресурс концевых выключателя для электропривода крайней опорной тележки отрабатывается в течение 1-2 лет эксплуатации. Вместе с этим растёт сопротивление контакта за счёт образования нагара, окисления и т.п. Можно оценить продолжительность работы концевых выключателя по скорости роста сопротивления и закону распределения [8]. Также растут энергетические затраты на управление W_y , которые зависят от сопротивления

$$W_y = U_1 I t = F R_1 t, \tag{1}$$

где R_1 – эквивалентное сопротивление концевых выключателя, Ом; t – продолжительность замкнутого состояния контакта концевых выключателя, с; U_1 – напряжение на зажимах контакта, В; I – рабочий ток, определяемый эквивалентным сопротивлением цепи катушки магнитного пускателя, А.

Несмотря на закупку надёжных концевых выключателей, выполнения своевременных технических обслуживаний и текущих ремонтов ПСЛ, тщательную наладку работы рассматриваемых электромеханических устройств, необходим поиск нового способа управления дождевальными машинами с простейшим устройством управления и обслуживания и меньшими энергетическими затратами.

Цель исследований – разработка нового способа и устройства определения угла поворота секции дождевальной машины, оценка потребления энергии на управление.

Методы исследования. Для достижения поставленной цели применены эмпирические методы научного исследования: наблюдение, счёт, измерение, и теоретические: анализ, идеализация и моделирование.

Результаты исследования. Рассмотрим устройство, которое выполняет такую же функцию, но на более низком энергетическом уровне, например, при более низком напряжении

$$U_2 < U_1, \tag{2}$$

где U_1 – номинальное напряжение традиционного устройства управления, U_2 – рабочее напряжение усовершенствованного устройства.

Тогда, с точки зрения энергетических затрат, эквивалентное сопротивление усовершенствованного устройства R_2 должно удовлетворять следующему условию

$$R_2 \leq R_1. \tag{3}$$

Рассмотрим устройство определения угла поворота на примере ультразвукового приёмопередатчика (рис. 2).

В ходе движения двух соседних секций трубопровод искривляется в вертикальной плоскости из-за того, что пути перемещения опорных тележек секций различны при одинаковой скорости вращения колес [9]. Возникший между секциями угол контролируется для того, чтобы избежать сбоя в траектории движения и излома трубопровода. Когда угол превышает допустимый ($\varphi^\circ = 2...2,5^\circ$), то изменяется расстояние между приёмопередатчиком, закреплённым на неподвижной части шарнира,

и отражателем, закреплённым на подвижной части шарнира [1-3]. Таким образом, испускаемые ультразвуковые лучи от приёмопередатчика отражаются и возвращаются обратно в приёмопередатчик. Путь, пройденный лучами, рассчитывается и соотносится с углом между секциями.

При возникновении критического значения угла выполняется остановка движения последующей секции, прикреплённой к подвижной части шарнира. Для снижения погрешности измерения пройденного лучами пути используется изолирующий экран.

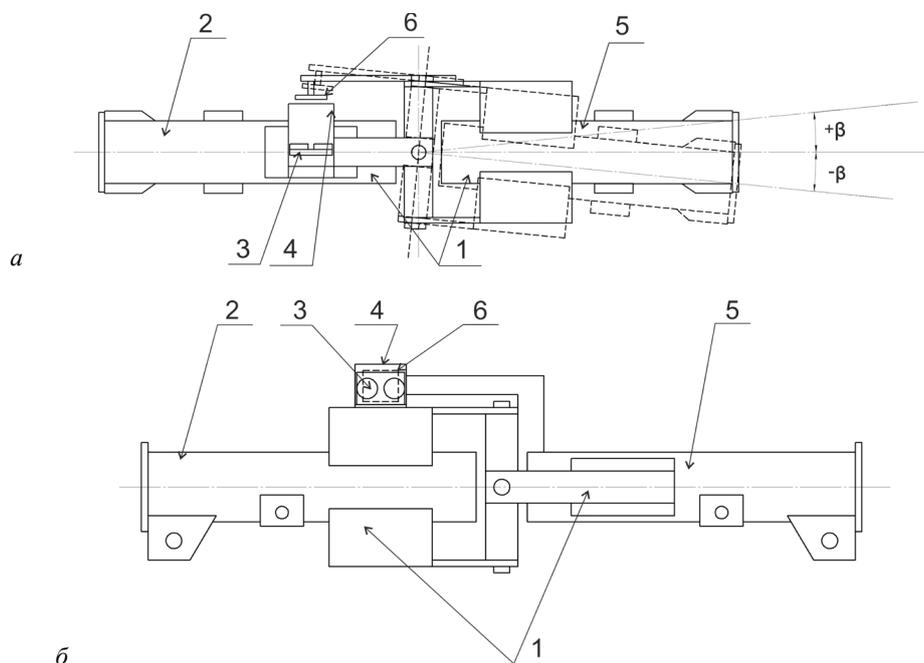


Рис. 2. Внешний вид устройства определения угла поворота секции ДМ:

а – вид сверху; б – вид сбоку: 1 – шарнир; 2 – неподвижная часть шарнира; 3 – ультразвуковой приёмопередатчик; 4 – экран; 5 – подвижная часть шарнира; 6 – отражатель

Fig. 2. External view of the device for determining the rotation angle of the sprinkler section:

a – top view; b – side view: 1 – a hinge; 2 – a fixed part of the hinge; 3 – an ultrasonic transceiver; 4 – a screen; 5 – a movable part of the hinge; 6 – a reflector

На данное устройство получен патент РФ на изобретение [10]. Расстояние между приёмопередатчиком можно регулировать путём перемещения рычага отражателя и приёмопередатчика вдоль трубопровода предыдущей секции.

Данный способ исключает трудоёмкую настройку работы устройства управления, так как данные пройденного пути лучами программируются однажды. А количество срабатываний ультразвукового приёмопередатчика гораздо выше, чем у концевого выключателя [11].

Оценим энергозатраты данного устройства для дождевальной машины.

Доля снижения затрат энергии ΔW_y от применения устройства на ультразвуковом передатчике (W_{y3}) составит

$$\Delta W_y = \frac{W_{\text{псл}} - W_{y3}}{W_{\text{псл}}} = 1 - \frac{U_1 I_1 t_y}{U_2 I_2 t_{\text{п}}} = 1 - \frac{U_2'^2 t_y R_1}{R_2 U_1'^2 t_{\text{п}}}, \quad (4)$$

где U_1' и U_2' – величины падения напряжения на зажимах устройства ПСЛ и ультразвукового устройства, В; R_1 и R_2 – эквивалентные сопротивления ПСЛ и ультразвукового устройства, Ом; $t_{\text{п}}$ и t_y – продолжительность работы ПСЛ и ультразвукового устройства, ч.

Примем допущение, что эквивалентное сопротивление сравниваемых устройств равны $R_1 = R_2$. Продолжительность работы ультразвукового приёмопередатчика совпадает с продолжительностью работы всей машины, так как данное устройство должно находиться в режиме

ожидания, пока выполняется движение дождевальной машины. Тогда продолжительность работы ультразвукового устройства для одной секции составит

$$t_y = \frac{j(j t_1 + t_1)}{2}, \quad (5)$$

где j – количество секций дождевальной машины; t_1 – продолжительность работы первой секции дождевальной машины, с.

Для всех устройств ультразвукового управления дождевальной машины, состоящей из j секций

$$\sum t_y = (j-1) \frac{j(j t_1 + t_1)}{2}. \quad (6)$$

Продолжительность работы ПСЛ зависит от продолжительности работы электропривода. Для опорной тележки первой секции продолжительность работы ПСЛ составит t_1 , для следующей – $2t_1$ и т.п.

Определим продолжительность работы всех ПСЛ дождевальной машины, состоящей из j секций

$$\sum t_{\text{п}} = \frac{j(j t_1 + t_1)}{2}. \quad (7)$$

Подставляя (6) и (7) в выражение (4), получим

$$\Delta W_{y0} = 1 - \frac{(j-1)U_2^2}{U_1^2}. \quad (8)$$

Полученное выражение отражает смысл применения нового устройства. Ультразвуковой приёмопередатчик должен находиться в постоянном режиме ожидания, что увеличивает его продолжительность работы и затраты энергии. Данные устройства просты в обслуживании, так как при программировании одного диапазона работы приёмопередатчика не требуется его регулярная настройка. А также ультразвуковой приёмопередатчик не ограничен ресурсом срабатываний, что в целом повышает надёжность работы устройства управления. Как правило, ультразвуковые приёмопередатчики выпускаются на низкое напряжение питания [11].

Рассмотрим зависимость потребляемой мощности сравниваемых устройств (рис. 3) и долю снижения энергозатрат при использовании новых устройств управления с различным напряжением питания (рис. 4).

На рисунке 3 показана зависимость потребляемой энергии на управление секций ДМ. Например, для машины, состоящей из 10 секций, потребляемая энергия на управление приборами ПСЛ составит 239 Вт·ч. Такой же дождевальной машине с устройствами управления на ультразвуковых приёмопередатчиках требуется от 5 до 102 Вт·ч энергии (в зависимости от напряжения питания 5, 12, 24 В), что в 2,3...47,8 раз меньше.

На основе полученных теоретических данных разработана схема устройства определения угла поворота, а также собран стенд в лабораторных условиях для проверки работоспособности устройства на ультразвуковом приёмопередатчике (рис. 5) [12].

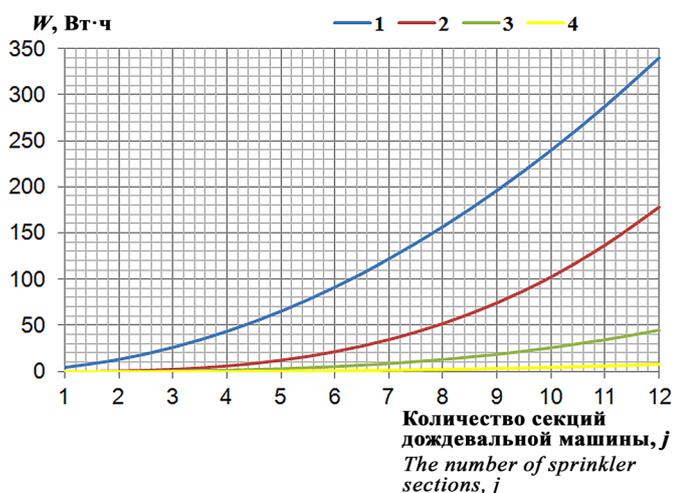


Рис. 3. Зависимость потребляемой энергии (W) устройствами управления перемещением секций:

- 1 – прибор ПСЛ с напряжением питания 110 В;
- 2 – устройство определения угла поворота на ультразвуковом приёмопередатчике с напряжением питания 24 В;
- 3 – то же с напряжением питания 12 В;
- 4 – то же с напряжением питания 5 В

Fig. 3. Relationship between the consumed energy (W) by the section movement control devices:

- 1 – an LSD with a supply voltage of 110 V;
- 2 – a device for determining the rotation angle of an ultrasonic transceiver with a supply voltage of 24 V;
- 3 – a device for determining the rotation angle of an ultrasonic transceiver with a supply voltage of 12 V;
- 4 – a device for determining the rotation angle of an ultrasonic transceiver with a supply voltage of 5 V

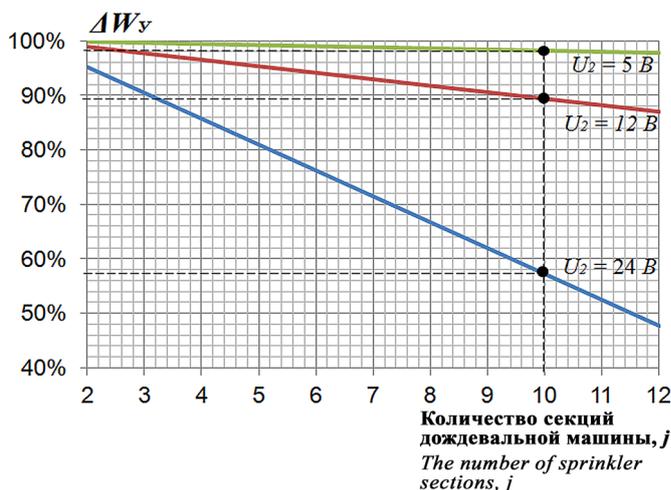


Рис. 4. Доля снижения энергозатрат (ΔW) при использовании устройств управления на ультразвуковом приёмопередатчике в сравнении с электромеханическим прибором ПСЛ

Fig. 4. Share of reduced energy consumption (ΔW) when using control devices on an ultrasonic transceiver as compared with an electromechanical LSD

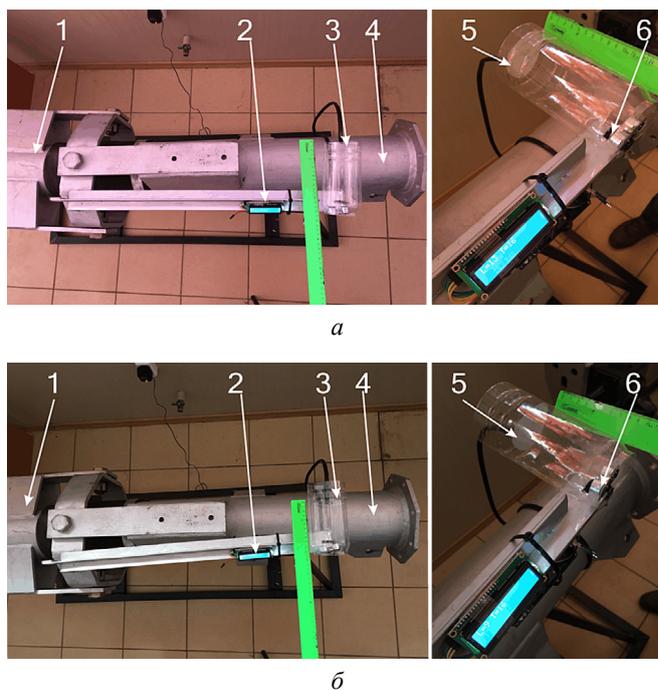


Рис. 5. Лабораторные испытания устройства определения угла поворота на ультразвуковом приёмопередатчике при моделировании угла 10° (а) и 5° (б):

- 1 – подвижная часть шарнира;
- 2 – дисплей контроля расстояния; 3 – экран;
- 4 – неподвижная часть шарнира; 5 – отражатель;
- 6 – ультразвуковой приёмопередатчик HC SR-04 (Arduino)

Fig. 5. Laboratory tests of the device for determining the rotation angle of an ultrasonic transceiver when modeling the angle of 10° (a) and 5° (б):

- 1 – a movable part of the hinge;
- 2 – a distance control display; 3 – a screen;
- 4 – a fixed part of the hinge; 5 – a reflector;
- 6 – an HC SR-04 ultrasonic transceiver (Arduino)

Выводы

1. Использование устройства определения угла поворота на ультразвуковом приёмопередатчике позволяет снизить затраты энергии на управление в 2,34...47,8 раз.

Библиографический список

1. Каталог BAUER. Самая эффективная система под солнцем [Электронный ресурс]. URL: www.bauer-at.com. (Дата обращения: 16.11.2019).
2. Каталог ирригационной продукции Zimmatic by Lindsay [Электронный ресурс]. URL: www.lindsay.com. (Дата обращения: 23.11.2019).
3. Каталог продукции Valley [Электронный ресурс]. URL: www.valmont.com/irrigation. (Дата обращения: 16.11.2019).
4. Рекомендации по научно обоснованным технологиям орошения сельскохозяйственных культур кукурузы на зерно, картофеля, лука и моркови современными стационарными широкозахватными круговыми и фронтальными дождевальными машинами Reinke и Valley в условиях центральной орошаемой зоны Ростовской области / Под ред. Н.А. Иванова. Новочеркасск, 2013. 30 с. URL: http://www.don-agro.ru/FILES/NAUKA/GOSZNR/Rekomendacii_meliorativ_texnika_2013.pdf
5. Рязанцев А.И., Антипов А.О., Цветков А.В. Снижение энергетических затрат на движение многоопорных электрифицированных дождевальных машин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2016. № 1 (29). С. 83-86.
6. Ерошенко Г.П., Бакиров С.М. Адаптация эксплуатации электрооборудования к особенностям сельскохозяйственного производства: монография. Саратов: ИЦ «Наука», 2011. 132 с.
7. Каталог KLS electronic. Micro Switch Series [Электронный ресурс]. URL: www.klsele.com/admin/product_upload/2017051616444320120515125541KLS7-KW4-3Z.pdf (Дата обращения: 07.11.2019).
8. Гуменюк В.М. Надёжность и диагностика электротехнических систем: Учеб. пособие для вузов. Владивосток: Изд-во Дальневост. гос. техн. ун-та, 2010. 218 с.
9. Eroshenko G.P. Modes and Parameters of Circular Action Sprinkler electric drives / G.P. Eroshenko, D.A. Solovyev, V.A. Glukharev, S.M. Bakirov, S.V. Startsev // Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems. 2018. T. 10. № 10 Special Issue. P. 2123-2128.
10. Устройство определения угла поворота секции дождевальной машины кругового действия: Пат. № 2707919 РФ, МПК А01В61/00, А01G 25/09, СПК А01В61/00, А01G 25/09, А01В69/002 / С.М. Бакиров, Г.П. Ерошенко, В.А. Трушкин, Д.А. Соловьев, С.С. Елисеев; № 2019103602; заявл. 08.02.2019; опубл. 02.12.2019. Бюл. № 34. 4 с.
11. Технический паспорт ультразвукового датчика TUSS4440 Texas Instruments [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/tuss4440.pdf?&ts=1589025690690> (Дата обращения: 07.11.2019).
12. Каталог продукции Arduino [Электронный ресурс]. URL: <https://www.arduino.cc/en/Main/Products> (Дата обращения: 17.12.2019).

2. Для оценки параметров надёжности предложенного устройства необходимо в дальнейшем провести ускоренные эксплуатационные испытания в лабораторных и полевых условиях.

References

1. BAUER catalog. The most effective system under the Sun [Electronic resource]. URL: www.bauer-at.com. (Access date: 16.11.2019). (In English)
2. Catalog of Zimmatic irrigation products by Lindsay [Electronic resource]. URL: www.lindsay.com. (Access date: 23.11.2019). (In English)
3. Valley product catalog [Electronic resource]. URL: www.valmont.com/irrigation. (Access date: 16.11.2019). (In English)
4. Rekomendatsii po nauchno obosnovannym tekhnologiyam orosheniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur kukuruzy na zerno, kartofelya, luka i morkovi sovremennymi stacionarnymi shirokozahvatnymi krugovymi i frontal'nymi dozhdeval'nymi mashinami Reinke i Valley v usloviyakh tsentral'noy oroshayemoy zony Rostovskoy oblasti [Recommendations for scientifically grounded technologies for irrigation of crops for grain corn, potatoes, onions and carrots with modern stationary wide-coverage circular and frontal sprinklers from Reinke and Valley in the central irrigated zone of the Rostov region] / Ed. by N.A. Ivanov. Novocherkassk, 2013: 30. URL: http://www.don-agro.ru/FILES/NAUKA/GOSZNR/Rekomendacii_meliorativ_texnika_2013.pdf. (In Rus.)
5. Ryazantsev A.I., Antipov A.O., Tsvetkov A.V. Snizheniye energeticheskikh zatrat na dvizheniye mnogoopornykh elektrifitsirovannykh dozhdeval'nykh mashin [Reducing energy costs for the movement of multi-support electrified sprinkler machines]. *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva*. 2016; 1 (29): 83-86. (In Rus.)
6. Yeroshenko G.P., Bakirov S.M. Adaptatsiya ekspluatatsii elektrooborudovaniya k osobennostyam sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva: monografiya [Adaptation of the electrical equipment operation to the peculiarities of agricultural production: Monograph]. Saratov, ITS "Nauka", 2011: 132. (In Rus.)
7. KLS electronic catalog. Micro Switch Series [Electronic resource]. URL: www.klsele.com/admin/product_upload/2017051616444320120515125541KLS7-KW4-3Z.pdf (Access date: 07.11.2019). (In English)
8. Gumenyuk V.M. Nadezhnost' i diagnostika elektrotekhnicheskikh sistem: Ucheb. posobiye dlya vuzov [Reliability and diagnostics of electrical systems: Study manual for universities]. Vladivostok, Izd-vo Dal'nevost. gos. tekhn. un-ta, 2010: 218. (In Rus.)
9. Eroshenko G.P. Modes and Parameters of Circular Action Sprinkler electric drives / G.P. Eroshenko, D.A. Solovyev, V.A. Glukharev, S.M. Bakirov, S.V. Startsev. *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*. 2018; 10; 10: 2123-2128. (In Rus.)
10. Bakirov S.M., Eroshenko G.P., Trushkin V.A., Solovyev D.A., Eliseev S.S. The device for determining the angle of rotation of the sprinkler section of the circular action: Pat. No. 2707919 Russian Federation, IPCA01B61/00, A01G 25/09, SPK A01B61/00, A01G 25/09, A01B69/002, 2019. (In Rus.)
11. Technical passport of the ultrasonic sensor TUSS4440 Texas Instruments [Electronic resource]. URL:

/ <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/tuss4440.pdf?&ts=1589025690690> (Access date: 07.11.2019). (In English)

12. Arduino product catalog [Electronic resource]. URL: <https://www.arduino.cc/en/Main/Products> (Access date: 17.12.2019). (In English)

Критерии авторства

Бакиров С.М. выполнил теоретические исследования, на их основании провёл эксперимент. Бакиров С.М. имеет на статью авторские права и несёт ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 05.05.2020

Опубликована 31.08.2020

Contribution

S.M. Bakirov performed theoretical studies, and based on the results obtained conducted an experiment. S.M. Bakirov has equal author's rights and bears equal responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The author declares no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received on May 5, 2020

Published 31.08.2020

ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА /
POWER SUPPLY AND AUTOMATION OF AGRICULTURAL PRODUCTION

УДК 621.86.004.45.001.13

DOI: 10.26897/2687-1149-2020-4-60-65

ОПТИМИЗАЦИЯ СЕНСОРНОЙ СИСТЕМЫ ШАГАЮЩЕЙ МАШИНЫ С ДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ

АЛЕЙНИКОВ ЮРИЙ ГЕОРГИЕВИЧ, канд. тех. наук

E-mail: Yuri@AleyRobotics.com

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49

При движении по неровной поверхности в сложных условиях шагающие машины более эффективны в сравнении с колесными и гусеничными транспортными средствами, поскольку контактируют с землёй в отдельно взятых точках и наносят меньший вред сельскохозяйственным растениям. Такие машины применимы в условиях открытого и закрытого грунта для точного мониторинга состояния выращиваемой культуры и факторов, негативно влияющих на рост и развитие растений (сорные растения, вредители, болезни). Шагающая машина имеет множество датчиков, при подключении которых возникают трудности, связанные с ограничениями микроконтроллеров или способом обмена данными. Рассмотрены методы оптимизации, направленные на увеличение частоты опроса двух типов датчиков с принципиально отличающимися шинами данных. Представлены схемы подключения датчиков температуры Dallas Semiconductor DS18B20 и весовых датчиков на базе микросхемы HX711. Разработан стенд шагающей машины и представлена опытная шагающая машина. Экспериментально установлено, что для чтения логических значений при скорости измерений 80 Гц и 25-битном пакете скорости контроллера достаточно шести цифровых линий с побитовым преобразованием в цифровое значение. В результате оптимизации обмена данными бортового компьютера с большим числом датчиков скорость опроса датчиков увеличилась в 30 раз (с 30 секунд до интервала менее одной секунды). Предложенный параллельный метод подключения датчиков нагружения позволил опрашивать шесть датчиков одновременно со скоростью 80 Гц, а при последовательном чтении скорость опроса составила 12 Гц.

Ключевые слова: шагающая машина, датчики температуры, датчики нагрузки, тензисторы.

Формат цитирования: Алейников Ю.Г. Оптимизация сенсорной системы шагающей машины с динамической устойчивостью // Агроинженерия. 2020. № 4(98). С. 60-65. DOI: 10.26897/2687-1149-2020-4-60-65.

SENSOR SYSTEM OPTIMIZATION OF A WALKING MACHINE WITH DYNAMIC STABILITY

YURIY G. ALEYNIKOV, PhD (Eng)

E-mail: Yuri@AleyRobotics.com

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 127550, Timiryazevskaya Str., 49, Moscow, Russian Federation