

**Key words:** *greenhouse device, greenhouse, photosynthetic active radiation, (PAR), heating, greenhouses, soil heating.*

#### References

1. Arhiv pogody v CHEboksarah [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://rp5.ru>.
2. Ognev, V. V. Rezul'taty i perspektivy selekcii tomatov dlya vesennih teplic v Rossii / V. V. Ognev, T. A. Tereshonkova, A. N. Hovrin // Kartofel' i ovoshchi. – 2016. – № 11. – S. 35-38.
3. Svetovye zony Rossijskoj Federacii [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://agromania.ru/enc/svetovye-zony-rossiyskoj-federacii>.
4. Sveshnikov, A. G. Issledovanie intensivnosti solnechnoj radiacii / A. G. Sveshnikov, V. V. Belov // Molodezh' i innovacii: materialy XV Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii molodyh uchenyh, aspirantov i studentov. – CHEboksary: CHuvashskaya GSKHA, 2019. – S. 405-409.
5. Sveshnikov, A. G. Perspektivnyj metod podderzhaniya mikroklimata teplic / A. G. Sveshnikov, E. D. Idrisova, V. V. Belov // Molodezh' i innovacii: materialy XV Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii molodyh uchenyh, aspirantov i studentov. – CHEboksary: CHuvashskaya GSKHA, 2019. – S. 409-413.

#### Information about authors

1. **Belov Valery Vasilyevich**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Mechanization, Electrification and Automatization of Agricultural Production, Chuvash State Agricultural Academy, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, K. Marks str., 29; e-mail: [belovdtn@gmail.com](mailto:belovdtn@gmail.com);
2. **Belov Evgeniy Leonidovich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Mechanization, Electrification and Automation of Agricultural Production, Chuvash State Agricultural Academy, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, K. Marks, str. 29; e-mail: [belovevg2008@yandex.ru](mailto:belovevg2008@yandex.ru).

УДК 631.3.635

DOI: 10.17022/kgw4-bh69

### РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ ДОЗИРОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ АГРЕГАТОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЙ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

**М.А. Канаев, В.А. Милюткин**

*Самарский государственный аграрный университет  
446442, Самарская область, п. Усть-Кинельский, Российская Федерация*

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследований, направленных на поиск эффективного совершенствования сельскохозяйственных машин, способных вносить необходимое количество удобрений в зависимости от степени плодородия почв и их твердости с учетом глубины гумусового горизонта. В статье предложена принципиально новая блок-схема устройств, базирующихся на платформе Arduino. Для функционирования систем разработан специальный алгоритм и программное обеспечение. Согласно этому алгоритму, один раз в секунду происходит вызов программы, инициализированный таймером прерываний, затем происходит последовательный опрос тензодатчиков. Для регистрации показаний используются цифровые входы микроконтроллера AT91SAM3X8E. С учетом тарировочных коэффициентов вычисляется истинный показатель твердости почвы. Затем производится вычисление дозы удобрений, необходимой для внесения в почву в данных условиях, и генерирование управляющих импульсов на сервопривод высевающих аппаратов. Управляющие импульсы подаются через цифровые выходы микроконтроллера. GPS модуль, соединенный с последовательным портом микроконтроллера, считывает точное время и текущие координаты нахождения машины, которые сохраняются на карте SD, что даёт возможность после внесения удобрений получить карту поля с распределением внесённых доз удобрений для дальнейшего анализа ситуации, что позволяет принимать соответствующие решения. Данная система может устанавливаться на сельскохозяйственных машинах для автоматической регулировки доз вносимых удобрений с учётом поступающей с различных датчиков информации о состоянии почвы и посевах в режиме online. Регулировка доз вносимых удобрений осуществляется посредством изменения скорости вращения электродвигателя, установленного на бункере и связанного с валом туковывсевающего аппарата посредством цепной передачи. В результате лабораторных испытаний система показала высокую эффективность, точность при расчете доз минеральных удобрений. Изменение скорости дозирования удобрений находится в пределах 1 секунды. При использовании технологий точного земледелия предлагается использовать усовершенствованные сельхозмашины, дополненные устройствами, позволяющими дифференцированно вносить удобрения.

**Ключевые слова:** удобрения, точное земледелие, алгоритм, программа, гумус.

**Введение.** Современные системы дозирования минеральных удобрений представляют собой сложные аппаратные программные комплексы, базирующиеся на последних научных достижениях в сфере информационных технологий [1], [2]. Основными требованиями, предъявляемыми к ним, являются высокая точность при определении доз минеральных удобрений, быстрая и плавная регулировка количества при их внесении в режиме online, высокая надёжность и низкая стоимость [6], [7], [8], [9]. В основном системы дозирования имеют механический, электрический, пневматический и гидравлический приводы. Наиболее простым и эффективным из данных типов приводов является электрический, так как он имеет минимальное количество дополнительных элементов, необходимых для обеспечения его функционирования. Сравнительно простая регулировка частоты его вращения обеспечивается методом широтно-импульсной модуляции. Целью данных исследований является разработка электронной системы дозирования минеральных удобрений, предназначенной для сельскохозяйственных агрегатов, в случае использования технологий точного земледелия.

**Материалы и методы.** В Самарском ГАУ при поддержке Фонда содействия инновациям разрабатывалась система дифференцированного внесения удобрений с помощью посевного агрегата. Она включает в себя тензометрические датчики, обеспечивающие измерение твердости почвы [3], [4], [5]. На основе полученных с их помощью данных формируется управляющий сигнал для привода туковывсевающего аппарата. При этом технологической основой при решении данного вопроса являются наши исследования по определению корреляционной зависимости твердости почвы и глубины гумусового горизонта, определяющего уровень плодородия почвы. То есть для выравнивания плодородия почвы на поле и получения максимальной урожайности необходимо вносить удобрения дифференцированно: тем, где степень плодородия низкая, необходимо использовать небольшое количество гумуса, при высокой твердости почвы вносятся более высокие дозы удобрений в соответствии с расчетами и наоборот. Привод туковывсевающего аппарата представляет собой мотор-редуктор (сервопривод), соединённый цепной передачей с валом туковывсевающего аппарата (в нашей работе анализируется работа использованных в эксперименте туковывсевающих аппаратов сеялки УПС-8 «Веста»).

Основой разработанной системы служит платформа Arduino, которая может использоваться в различных отраслях, и позволяет подключать различные датчики и исполняющие механизмы.

Разработанная принципиальная блок-схема системы представлена на рисунке 1.

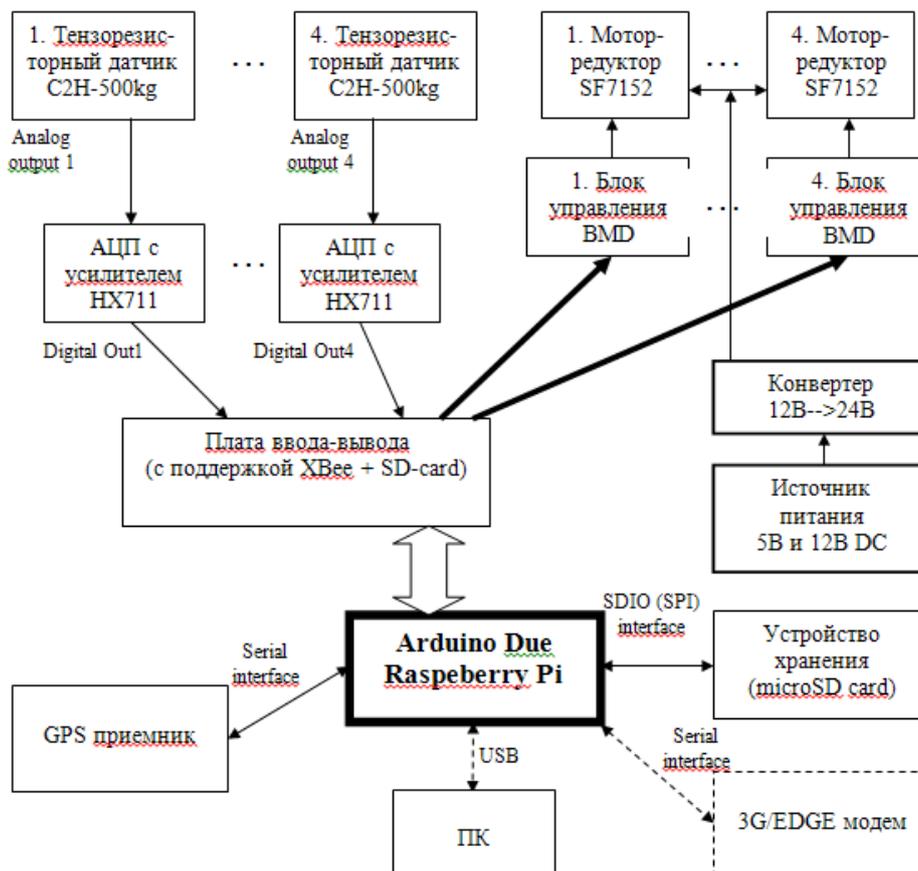


Рис. 1. Принципиальная блок-схема системы

К плате Arduino присоединена плата ввода-вывода, к которой подключены тензодатчики и блоки управления сервоприводом. На начальном этапе работы планировалось прямое подключение тензодатчиков к аналоговому выходу платы ввода-вывода, но в результате лабораторных испытаний выяснилось, что величина

изменений аналогового сигнала с тензометрических датчиков в процессе работы очень мала (порядка 0,02 mV на 100 кг) и данное оборудование не сможет обеспечить необходимую точность измерения твёрдости почвы. Для решения этого вопроса в систему дополнительно ввели аналогово-цифровые преобразователи с усилителями НХ711, что позволило многократно повысить точность измерения и, благодаря использованию цифрового сигнала, упростить программу. Также к плате ввода-вывода были подключены сервоприводы с блоками управления ВМД, которые позволяют изменять частоту вращения сервоприводов в широком диапазоне методом широтно-импульсной модуляции (ШИМ). В разработанной системе присутствуют блоки преобразования напряжений для обеспечения питания отдельных элементов и датчиков. Для определения местоположения машины установлен GPS приёмник, а также устройство хранения данных (SD карта). Для функционирования систем был разработан специальный алгоритм (рис.2).

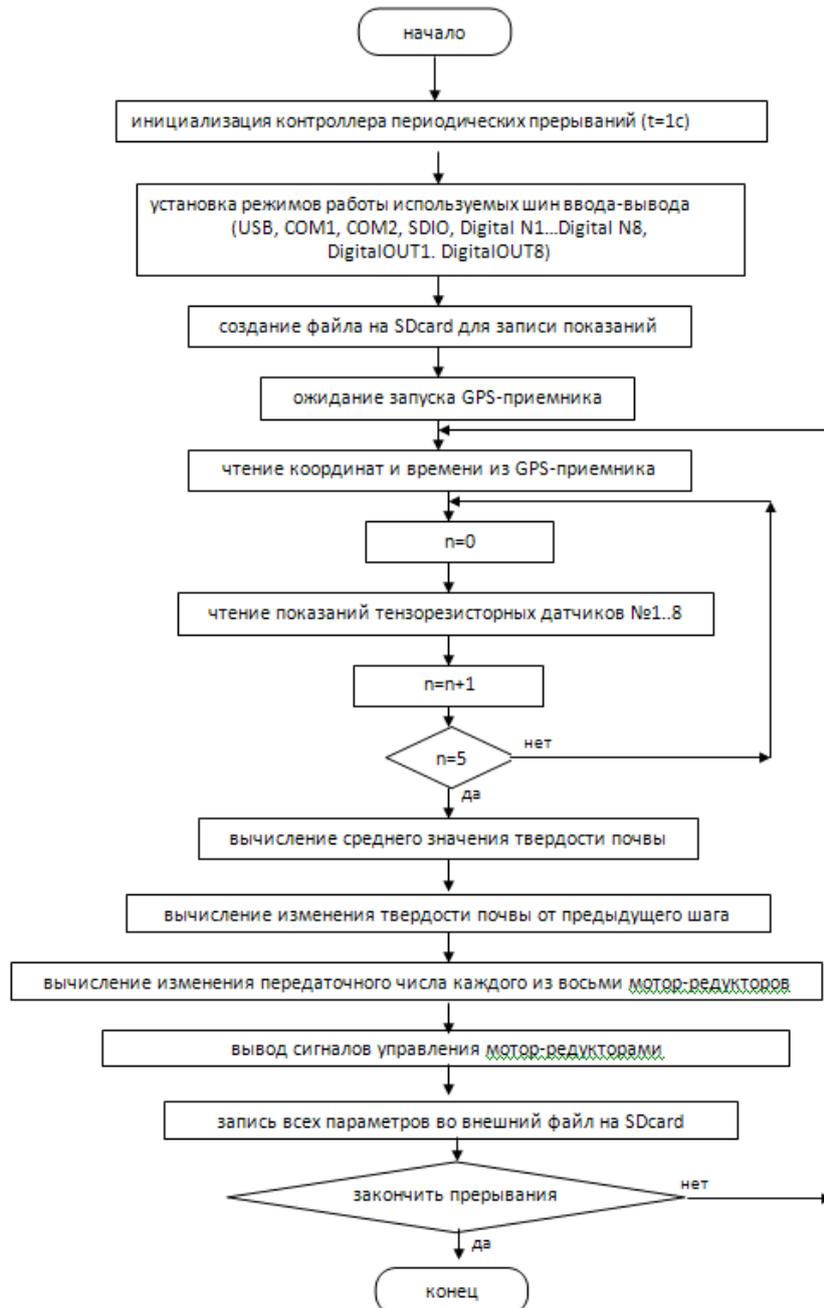


Рис. 2. Разработанный алгоритм

Согласно этому алгоритму, один раз в секунду происходит вызов программы, инициированный таймером прерываний, затем происходит последовательный, в количестве пяти раз, опрос каждого тензодатчика для повышения точности измерения. Для регистрации показаний используются цифровые входы микроконтроллера AT91SAM3X8E. С учётом тарировочных коэффициентов вычисляется истинный показатель твёрдости почвы. Затем производится вычисление необходимой в данных условиях дозы удобрений и генерирование управляющих импульсов на сервопривод высевающих аппаратов. Управляющие импульсы

выдаются через цифровые выходы микроконтроллера. GPS модуль, соединенный с последовательным портом микроконтроллера, считывает точное время и текущие координаты местоположения машины, которые сохраняются на карте SD и используются для дальнейшей обработки результатов и составлении карт, учитывающих распределение различных участков почвы по степени твердости и определяющих необходимую дозу вносимых удобрений на каждом из них. После этого контроллер переходит в режим ожидания следующего прерывания.

Разработка программного обеспечения для системы дозирования выполнялась на языке C++. Финальная версия программы имеет гибкий функционал настроек и возможность добавления обновлений по результатам предварительных испытаний. Само программное обеспечение даёт возможность считывать величину сигнала с тензодатчиков с учетом резких контрастов степени плодородия на различных участках почвы. В программу также была внесена функция вычисления значений с двух установленных рядом тензодатчиков, вычисление средней величины – на основе этих показателей подается управляющий сигнал на сервопривод. Для реализации настроек управляющих напряжений введён параметр k Tenso, который позволяет гибко изменять чувствительность считывания сигнала с тензодатчиков. В программном обеспечении реализован алгоритм определения местоположения посевного агрегата, даты и времени работы, что позволяет после обработки почвы с помощью прикладных программ получить готовую карту распределения твёрдости почвы в соответствии с тем или иным ее участком, а после необходимых преобразований и карту глубины гумусового горизонта засеянного поля для дальнейшего ее использования.

Таблица 1 – Нагрузка тензодатчика в лабораторных условиях.

| Калибровка тензодатчиков и преобразователей: Serial port initialization... OK; GPS reciever initialized... OK; Initializing SD card... OK; Initializing Data out ports... OK |          |               |           |            |        |                  |
|--|----------|---------------|-----------|------------|--------|------------------|
| Time:  | Date:    | Tenso1        | Tenso2    | Tenso3     | Tenso4 | Location:        |
| 11:53:45   | 04.05.17 | -524289(0)    | -1(0)     | -1(0)      | 0(0)   | No location data |
| 11:53:46   | 04.05.17 | -639072(3)    | -4015(0)  | 4096(0)    | 0(0)   | No location data |
| 11:53:47   | 04.05.17 | -806850(19)   | -3996(0)  | 102436(0)  | 0(0)   | No location data |
| 11:53:48   | 04.05.17 | -1237241(63)  | -4043(0)  | 7147525(0) | 0(0)   | No location data |
| 11:53:49   | 04.05.17 | -1436009(82)  | -4063(0)  | 7016449(0) | 0(0)   | No location data |
| 11:53:50   | 04.05.17 | -1595633(98)  | -4024(0)  | -52876(0)  | 0(0)   | No location data |
| 11:53:51   | 04.05.17 | -1670923(106) | -3991(0)  | -54055(0)  | 0(0)   | No location data |
| 11:53:52   | 04.05.17 | -1972550(136) | -4075(0)  | -4075(0)   | 0(0)   | No location data |
| 11:53:53   | 04.05.17 | -2177848(157) | -4080(0)  | -4080(0)   | 0(0)   | No location data |
| 11:53:54   | 04.05.17 | -2276414(166) | -4069(0)  | -4069(0)   | 0(0)   | No location data |
| 11:53:55   | 04.05.17 | -2397249(179) | -3962(0)  | -3962(0)   | 0(0)   | No location data |
| 11:53:56   | 04.05.17 | -2494012(188) | -4104(0)  | -135176(0) | 0(0)   | No location data |
| 11:53:57   | 04.05.17 | -2604011(199) | -3984(0)  | -4048(0)   | 0(0)   | No location data |
| 11:53:58   | 04.05.17 | -2898447(229) | -4038(0)  | 48(0)      | 0(0)   | No location data |
| 11:53:59   | 04.05.17 | -2887069(227) | -4170(0)  | 0(0)       | 0(0)   | No location data |
| 11:54:00   | 04.05.17 | -2884423(227) | -4101(0)  | 24(0)      | 0(0)   | No location data |
| 11:54:01   | 04.05.17 | -2882664(227) | -4129(0)  | 392(0)     | 0(0)   | No location data |
| 11:54:02   | 04.05.17 | -3332232(255) | -4113(0)  | 4466540(0) | 0(0)   | No location data |
| 11:54:03   | 04.05.17 | -3308028(255) | -4069(0)  | -106499(0) | 0(0)   | No location data |
| 11:54:04   | 04.05.17 | -3188120(255) | -10526(0) | -4071(0)   | 0(0)   | No location data |
| 11:54:05   | 04.05.17 | -3168965(255) | -4106(0)  | -105470(0) | 0(0)   | No location data |
| 11:54:06   | 04.05.17 | -3107799(250) | -4061(0)  | -47105(0)  | 0(0)   | No location data |
| 11:54:07   | 04.05.17 | -3024011(241) | -4114(0)  | -4114(0)   | 0(0)   | No location data |
| 11:54:08   | 04.05.17 | -2779000(217) | -4090(0)  | -4090(0)   | 0(0)   | No location data |
| 11:54:09   | 04.05.17 | -2668207(206) | -4133(0)  | -4133(0)   | 0(0)   | No location data |
| 11:54:10   | 04.05.17 | -2370154(176) | -4079(0)  | 0(0)       | 0(0)   | No location data |
| 11:54:11   | 04.05.17 | -2258548(165) | -4050(0)  | 5013518(0) | 0(0)   | No location data |
| 11:54:12   | 04.05.17 | -2069609(146) | -4075(0)  | 6316053(0) | 0(0)   | No location data |
| 11:54:13   | 04.05.17 | -1712008(110) | -4109(0)  | -53236(0)  | 0(0)   | No location data |
| 11:54:14   | 04.05.17 | -1607276(100) | -4075(0)  | 6778900(0) | 0(0)   | No location data |
| 11:54:15   | 04.05.17 | -1495707(88)  | -4050(0)  | 6889510(0) | 0(0)   | No location data |
| 11:54:16   | 04.05.17 | -1383980(77)  | -4077(0)  | -4077(0)   | 0(0)   | No location data |
| 11:54:17   | 04.05.17 | -1243790(63)  | -4128(0)  | -6176(0)   | 0(0)   | No location data |
| 11:54:18   | 04.05.17 | -1148488(54)  | -4102(0)  | -36872(0)  | 0(0)   | No location data |
| 11:54:19   | 04.05.17 | -626104(1)    | -4115(0)  | -40084(0)  | 0(0)   | No location data |
| 11:54:20   | 04.05.17 | -602966(0)    | -4074(0)  | -8170(0)   | 0(0)   | No location data |
| 11:54:21   | 04.05.17 | -601744(0)    | -4107(0)  | -7696(0)   | 0(0)   | No location data |

**Результаты исследований и их обсуждение.** Лог-файл (таблица 1), полученный в результате работы программы, содержит информацию о дате и времени работы (Time, Date), которая передается со спутника:

колонки Tenso 1, Tenso 2, Tenso 3, Tenso 4 являются показаниями тензодатчиков в абсолютных величинах в скобках. В данном случае к Tenso 1 был прикреплен тензометрический датчик, который нагружался и разгружался при растяжении на 500 кг, а каналы Tenso 2, 3, 4 не использовались. Эти показания могут варьироваться от 0 до 255, что продиктовано аппаратной особенностью платформы. Колонка Location отражает местоположение посевного агрегата в пространстве. В нашем случае опыт проводился в закрытом помещении лаборатории и GPS приёмник не получал корректный сигнал со спутника, при этом программа выводила сообщение: «No location data».

**Выводы.** В результате лабораторных испытаний система доказала свою высокую эффективность при определении точности дозирования минеральных удобрений. Изменение скорости вращения вала туковывсевающего аппарата находилось в пределах 1 с.

Разработанная блок-схема и алгоритм могут эффективно использоваться в работе различных сельскохозяйственных машин при внесении удобрений: разбрасыватели – для внесения твердых минеральных удобрений, опрыскиватели – для внесения как жидких минеральных удобрений, так и комбинированных, а почвообрабатывающие и посевные машины – с одновременным внесением минеральных удобрений.

### Литература

1. Алямшин, Е. В. Разработка лабораторной установки для исследования деформации почвы / Е. В. Алямшин, Н. Ф. Чермакова, И. И. Максимов // Молодежь и инновации: материалы XIV Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. – Чебоксары: Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, 2018 – С. 191-193.
2. Васильев, С. А. Разработка рабочего органа для внесения жидких мелиорантов в почву при плоскорезной обработке / С. А. Васильев, А.А. Васильев, И. И. Максимов, В.В. Алексеев // Вестник саратовского госагроуниверситета им. Н. И. Вавилова. – 2014. – № 1. – С. 55-58.
3. Канаев, М. А. Система дифференцированного дозирования минеральных удобрений для пропашных сеялок / М. А. Канаев, В. А. Милюткин, С. А. Васильев, С. А. Иванайский, О. М. Парфенов // Известия Оренбургского аграрного университета. – 2018. – № 5. – С.160-162.
4. Милюткин, В. А. Разработка системы дифференцированного внесения удобрений на базе платформы arduino / В. А. Милюткин, М. А. Канаев // Известия Оренбургского аграрного университета. – 2016. – № 2. – С. 52-54.
5. Милюткин, В.А. Совершенствование технических средств для внесения удобрений / В.А. Милюткин, М.А. Канаев // Аграрная наука - сельскому хозяйству сборник статей в 3 книгах. Алтайский государственный аграрный университет. – 2016. – С.36-37.
6. Якушев, В. В. Перспективы «умного сельского хозяйства» в России / В. В. Якушев, В. П. Якушев // Вестник Российской академии наук. – 2018. – Т. 88. – № 9. – С. 773-784.
7. Якушев, В. П. Анализ экономической эффективности возделывания яровой пшеницы в системе точного земледелия / В. П. Якушев, П. В. Лекомцев, Т. С. Первак // Агрофизика. – 2016. – № 1. – С. 43-52.
8. Якушев, В. П. Геоинформационное обеспечение прецизионных экспериментов в земледелии / В. П. Якушев, А. В. Конев, В. В. Якушев // Информация и космос. – 2015. – № 3. – С. 96-101.
9. Якушев, В. П. Роль и задачи точного земледелия в реализации национальной технологической инициативы / В. П. Якушев, В. В. Якушев, Д. А. Матвеев // Агрофизика. – 2017. – № 1. – С. 51-65.

### Сведения об авторах

1. **Милюткин Владимир Александрович**, доктор технических наук, профессор кафедры технологии производства и экспертизы продуктов из растительного сырья, Самарский государственный аграрный университет, 446442, Самарская область, п. Усть-Кинельский, ул. Учебная 2; e-mail: oiapp@mail.ru, тел. 8-927-264-41-88;

2. **Канаев Михаил Анатольевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры сельскохозяйственных машин и механизации животноводства, Самарский государственный аграрный университет, 446442, Самарская область, п. Усть-Кинельский, ул. Учебная 1; e-mail: kanaev\_miha@mail.ru, тел. 8-927-735-62-27.

### DEVELOPMENT OF AN ELECTRONIC DOSING SYSTEM FOR MINERAL FERTILIZERS FOR AGRICULTURAL UNITS WHEN USING PRECISION AGRICULTURE TECHNOLOGIES

**M.A. Kanaev, V.A. Milyutkin**

*Samara State Agrarian University*

*446442, Samara Region, Ust-Kinelsky settl., Russian Federation*

**Abstract.** *The article presents the results of studies aimed at finding effective improvement of agricultural machinery capable of applying the required amount of fertilizer depending on the degree of soil fertility and hardness,*

taking into account the depth of the humus horizon. The article proposes a fundamentally new block diagram of devices based on the Arduino platform. A special algorithm and software have been developed for the functioning of the systems. According to this algorithm, a program call is initiated once per second, initiated by an interrupt timer, and then the load cells are sequentially polled. The digital inputs of the AT91SAM3X8E microcontroller are used to record readings. Based on calibration factors, a true soil hardness indicator is calculated. Then, the dose of fertilizers needed to be applied to the soil under these conditions is calculated and control pulses are generated on the servo drive of the sowing units. Control pulses are fed through the digital outputs of the microcontroller. The GPS module connected to the serial port of the microcontroller reads the exact time and current coordinates of the machine, which are stored on the SD card, which makes it possible to receive a field map after fertilizing with the distribution of the fertilizer doses applied for further analysis of the situation, which allows making appropriate decisions. This system can be installed on agricultural machines to automatically adjust the doses of fertilizers applied, taking into account the information about the state of the soil and crops coming from various sensors online. Fertilizer doses are adjusted by changing the rotation speed of the electric motor mounted on the hopper and connected to the shaft of the fertilizer metering device via a chain transmission. As a result of laboratory tests, the system showed high efficiency, accuracy in calculating the doses of mineral fertilizers. The change in fertilizer dosing rate is within 1 second. When using precision farming technologies, it is proposed to use improved agricultural machines, supplemented by devices that allow fertilizer to be applied differentially.

*Key words:* fertilizers, precision farming, algorithm, program, humus.

### References

1. Alyamshin, E. V. Razrabotka laboratornoj ustanovki dlya issledovaniya deformacii pochvy / E. V. Alyamshin, N. F. Chermakova, I. I. Maksimov // Molodezh' i innovacii: materialy XIV Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii molodyh uchenyh, aspirantov i studentov. – CHEboksary: CHuvashskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya, 2018 – S. 191-193.
2. Vasil'ev, S. A. Razrabotka rabocheho organa dlya vneseniya zhidkih meliorantov v pochvu pri ploskoreznoj obrabotke / S. A. Vasil'ev, A.A. Vasil'ev, I. I. Maksimov, V.V. Alekseev // Vestnik saratovskogo gosagrouniversiteta im. N. I. Vavilova. – 2014. – № 1. – S. 55-58.
3. Kanaev, M. A. Sistema differencirovannogo dozirovaniya mineral'nyh udobrenij dlya propashnyh seyalok / M. A. Kanaev, V. A. Milyutkin, S. A. Vasil'ev, S. A. Ivanajskij, O. M. Parfenov // Izvestiya Orenburgskogo agrarnogo universiteta. – 2018. – № 5. – S.160-162.
4. Milyutkin, V. A. Razrabotka sistemy differencirovannogo vneseniya udobrenij na baze platformy arduino / V. A. Milyutkin, M. A. Kanaev // Izvestiya Orenburgskogo agrarnogo universiteta. – 2016. – № 2. – S. 52-54.
5. Milyutkin, V.A. Sovershenstvovanie tekhnicheskij sredstv dlya vneseniya udobrenij / V.A. Milyutkin, M.A. Kanaev // Agrarnaya nauka - sel'skomu hozyajstvu sbornik statej v 3 knigah. Altajskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. – 2016. – S.36-37.
6. YAKushev, V. V. Perspektivy «umnogo sel'skogo hozyajstva» v Rossii / V. V. YAKushev, V. P. YAKushev // Vestnik Rossijskoj akademii nauk. – 2018. – T. 88. – № 9. – S. 773-784.
7. YAKushev, V. P. Analiz ekonomicheskoy effektivnosti vozdeyvaniya yarovoj pshenicy v sisteme tochnogo zemledeliya / V. P. YAKushev, P. V. Lekomcev, T. S. Pervak // Agrofizika. – 2016. – № 1. – S. 43-52.
8. YAKushev, V. P. Geoinformacionnoe obespechenie precizionnyh eksperimentov v zemledelii / V. P. YAKushev, A. V. Konev, V. V. YAKushev // Informaciya i kosmos. – 2015. – № 3. – S. 96-101.
9. YAKushev, V. P. Rol' i zadachi tochnogo zemledeliya v realizacii nacional'noj tekhnologicheskoy iniciativy / V. P. YAKushev, V. V. YAKushev, D. A. Matveenko // Agrofizika. – 2017. – № 1. – S. 51-65.

### Information about authors

1. **Milyutkin Vladimir Aleksandrovich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Production Technology and Examination of Products from Plant Raw Materials, Samara State Agricultural University, 446442, Samara Region, Ust-Kinelsky settl., Uchebnaya Str. 2; e-mail: oiapp@mail.ru, tel. +7-927-264-41-88;

2. **Kanaev Mikhail Anatolievich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Agricultural Machinery and Mechanization of Animal Husbandry, Samara State Agricultural University, 446442, Samara Region, Ust-Kinelsky settl., Uchebnaya Str. 1; e-mail: kanaev\_miha@mail.ru, tel. +7-927-735-62-27.