

Разработка системы дифференцированного внесения удобрений на базе платформы Arduino

*В.А. Милюткин, д.т.н., профессор,
М.А. Канаев, к.т.н., ФГБОУ ВО Самарская ГСХА*

На современной стадии развития аграрная наука предполагает использование сложной техники для

стабилизации плодородия почвы, оптимизации и создания условий для роста и развития растений.

Необходимость дозированного внесения удобрений возникла довольно давно. Этому способствовали такие факторы, как постоянный рост

цен на удобрения и ядохимикаты, ужесточение норм экологической безопасности, рост цен на ГСМ и др. [1–3]. Внесение минеральных удобрений является одной из главных составляющих системы точного земледелия. Эта технологическая операция – одна из самых затратных во всём производственном цикле возделывания сельскохозяйственных культур, и она существенно влияет на конечную стоимость продукта растениеводства. В традиционных технологиях возделывания зерновых расчёт доз удобрения производят для всего поля, не учитывая особенности отдельных участков, на которых агрохимический состав почвы может значительно отличаться. Технологии точного земледелия позволяют учесть пестроту неоднородности почвенного плодородия и соответственно дифференцированно вносить необходимую дозу удобрений там, где это действительно необходимо. Для этого практически всё оборудование завозится в Россию из-за границы, отечественных аналогов во многих областях точного земледелия пока что нет, а имеющиеся дублируют результаты ведущих стран.

Международная система точного земледелия сильно зависит от космической отрасли США, так как координатная привязка сельскохозяйственных машин идёт через систему GPS. Данная система не обладает высокой точностью позиционирования без специальных поправок, которые оплачиваются отдельно [4]. Основные способы дифференцированного внесения минеральных удобрений базируются на определении индекса NDVI и агрохимическом анализе почвенных образцов, а такой важный фактор, как содержание гумуса почвы, главным образом определяющий плодородие, не учитывается вообще.

Исходя из вышесказанного в Самарской ГСХА были разработаны способ и устройство [5, 6] для

дифференцированного внесения удобрений в зависимости от глубины гумусового горизонта почвы. Проведённые предварительные исследования почвенных образцов показали устойчивую корреляционную связь между такими свойствами почвы, как процентное содержание гумуса и глубина гумусового горизонта. В свою очередь глубина гумусового горизонта в значительной степени коррелирует с твёрдостью почвы. С учётом этого был разработан твердомер для непрерывного измерения твёрдости почвы при помощи тензодатчика, с возможностью регистрации твёрдости в электронном виде для дальнейшего управления дозаторами удобрений различных сельскохозяйственных машин. Нами была составлена структурная блок-схема для типового разбрасывателя минеральных удобрений (рис. 1).

Разработанная система включает в себя:

1. Микроконтроллер управления (ATMega2560). Плата имеет 54 цифровых входа/выхода (14 из которых могут использоваться как выходы ШИМ), 16 аналоговых входов, 4 последовательных порта UART, кварцевый генератор 16 МГц, USB-коннектор, разъём питания, разъём ICSP и кнопку перезагрузки. Для работы необходимо подключить платформу к компьютеру посредством кабеля USB или подать питание при помощи адаптера AC/DC или аккумуляторной батареи.

2. Интерфейсная плата ввода-вывода. Включает в себя 3 Xbee интерфейса, слот для microSD-карты и большую площадку для прототипирования. Поддерживает большинство Arduino шилдов. Совместим с Arduino Mega/Arduino ADK. Расширенные связи TTL контактов для четырёх последовательных портов. DIP прототипная площадка позволяет легко добавлять больше электронных компонентов.

3. GPS-приёмник с интерфейсом Xbee. Время позиционирования – менее 1 сек. Технология

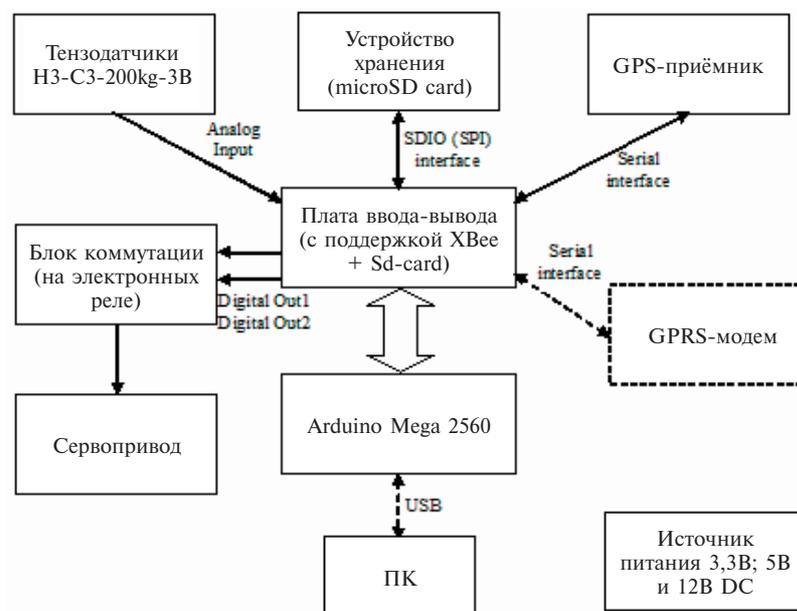


Рис. 1 – Структурная схема системы дифференцированного внесения удобрений разбрасывателем



Рис. 2 – Общая схема системы дифференцированного внесения удобрений разбрасывателем

SuperSense обеспечивает чувствительность на уровне 160 дБ. Потребляемая мощность не превышает 50 мВт. Занимаемая площадь – менее 100 мм².

4. Блок коммутации. Используются твердотельные электронные реле с входным напряжением 3–15 В и коммутационными характеристиками: 15–20 В, 1–2 А. Например: МОАС5А, SDV2415 и др. Предназначен для формирования управляющих импульсов определенной длительности для сервоприводов.

5. Тензодатчик (НЗ-СЗ-200кг-3В). Диапазон напряжения питания 5–12 В. Максимально допустимое напряжение питания – 18 В. Максимальная нагрузка – 200 кг.

6. Сервопривод с возможностью перемещения заслонок от 12–35 см. Состоит из электродвигателя, передачи и винтового механизма. На сервоприводе также устанавливается инфракрасный дальномер, который в свою очередь контролирует величину открытия заслонок дозатора.

7. Устройство хранения данных – microSD Flash карта. Допустимый объем – до 16 Гб.

8. Опционально схема может содержать GPRS/3G-модем для выгрузки данных в реальном времени в удаленную систему регистрации и управления.

9. Дисковый твердомер – выполнен в виде плоского диска, закреплённого на оси, соединённого с двуплечим рычагом. Рычаг в свою очередь связан с тензодатчиком, который регистрирует усилие, действующее на диск. Твердомер сварной конструкции, рама изготовлена из бруса квадратного сечения.

Один раз в секунду происходит вызов программы, инициированный таймером прерывания. Во время выполнения программы в микроконтроллере происходит опрос тензодатчика 5 раз для более точного определения показаний датчика и устранения «выскакивающих» значений. Для чтения показателей тензодатчика используется аналоговый вход № 1 микроконтроллера AtMega2560, на котором возможны напряжения от 0 до 5 В (что

соответствует воздействию на датчик усилием от 0 до 150 кг). По таблице калибровки вычисляется реальный показатель твердости почвы в зависимости от считанной величины напряжения с тензодатчика. Производится вычисление по калибровочным таблицам величины и направления перемещения сервоприводов (длительность и полярность импульса управления). Выдача импульса управления сервоприводами через первый и/или второй цифровые выходы микроконтроллера.

Через первый последовательный порт (UART) микроконтроллера с использованием стандартного протокола работы с GPS-приёмниками (NMEA0183) читается точное время и координаты объекта, записываются на flash-носитель в таблицу полученные показатели работы системы, и контроллер переходит в режим ожидания следующего прерывания.

Для оценки эффективности разработанной системы нами было переоборудовано распределительное устройство в разбрасывателе минеральных удобрений (фирма «Евротехника», г. Самара) с установкой на трактор специального устройства для определения твердости почвы и управления дозатором удобрений разбрасывателя в режиме online (рис. 2). С учётом переходных коэффициентов от мощности гумусового горизонта, коррелируемого с плодородием почвы, агрегат для внесения удобрений может эффективно работать самостоятельно, без включения системы GPS и без значительных затрат на проведение почвенных анализов на плодородие, для работы зарубежных систем в режиме offline.

Таким образом, предлагаемая система может использоваться для дифференцированного внесения минеральных удобрений как элемент технологий точного земледелия. По сравнению со специализированными аналогами стоимость предлагаемой системы будет многократно ниже, а её универсальность и удобство написания программного обеспечения позволяют использовать её при проведении большинства сельскохозяйственных работ.

Литература

1. Милюткин В.А., Несмеянова Н.И., Беляев М.А. Эффективность ресурсосберегающих элементов применения удобрений при внедрении прямого посева // *Агро XXI*. 2007. № 7–9. С. 9–13.
2. Милюткин В.А., Канаев М.А. Разработка машин для подпочвенного внесения удобрений на основе агробиологических характеристик растений // *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*. 2012. № 3. С. 9–13.
3. Милюткин В.А. Мировое развитие сберегающих технологий и перспективы в Российской Федерации // *Аграрная Россия*. 2002. № 6. С. 20.
4. Милюткин В.А., Канаев М.А. Анализ способов реализации точного (координатного) земледелия // *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*. 2007. № 3. С. 3–5.
5. Милюткин В.А., Канаев М.А. Новый способ дифференцированного внесения удобрений при посеве сельскохозяйственных культур // *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*. 2010. № 3. С. 16–18.
6. Пат. RU №2376743, Способ и устройство для внесения удобрений при культивировании // МПК А01С15/00/ Милюткин В.А., Ларионов Ю.В., Канаев М.А.; заявл. 2007132386/12, опубл. 10.03.2009.