

Система дифференцированного дозирования минеральных удобрений для пропашных сеялок

М.А. Канаев, к.т.н., В.А. Милюткин, д.т.н., профессор, С.А. Васильев, к.т.н., С.А. Иванайский, к.т.н., О.М. Парфенов, к.т.н., ФГБОУ ВО Самарская ГСХА

На сегодняшний день в мире всё активнее получают развитие системы точного земледелия. Важнейшим компонентом данных систем являются комплексы дифференцированного внесения удобрений ввиду постоянного удорожания минеральных удобрений и негативного влияния на почвы при переизбытке. Для дифференцированного внесения удобрений при посеве выпускаются различные дозирующие системы, основные из которых разрабатываются и изготавливаются за рубежом и применяются в основном при посеве зерновых, чаще всего исключая использование их на пропашных сеялках [1]. Исходя из этого на базе Самарской ГСХА разрабатывается дозирующая система для дифференцированного внесения минеральных удобрений при посеве пропашных культур [2–5].

Материал и методы исследования. Для нормального функционирования разрабатываемой системы предполагалось изготовление дозирующего блока. Дозирующий блок предлагаемой конструкции представляет собой бункер для удобрений с системой дозирования (рис. 1). Для унификации конструкции дозирующего блока были использованы стандартные бункеры для сеялки УПС-8 Веста, имеющие распределительный вал и два отверстия в днище бункера. В стандартном исполнении валы туковывсевающего аппарата соединены между собой карданными передачами. В нашей разработке эти передачи отсоединены, и каждый вал туковывсевающего аппарата снабжён звёздочкой, цепью и сервоприводом с регулируемой частотой вращения. Согласно технической документации к туковывсевающим аппаратам сеялки УПС частота вращения вала в зависимости от вида используемых удобрений варьируется от 25 до 52 об/мин. Для реализации системы дозирования провели ис-

следование по подбору звёздочек и цепи для них. По их результатам были выбраны оптимальные звёздочки для заданных режимов работы, передаточное отношение 1:1, ведущая звёздочка для вала сервопривода однорядная литая со втулкой 08В-1/ПР12,7-1820-2 D=12 Z=18 и ведомая для вала туковывсевающего аппарата однорядная литая со втулкой 08В-1/ПР12,7-1820-2 D=20 Z=18. Цепь, используемая для передачи крутящего момента, однорядная роликовая ПР12,7-1820-2(08В1). Цепи отрезались до необходимого размера и с учётом натяжения соединялись звеньями С-ПР12,7-1820-2.

В качестве управляемого сервопривода в работе использовался мотор-редуктор [6, 7]. В предварительных исследованиях опытным путём было установлено, что при максимальном заполнении бункера удобрениями крутящий момент на валу туковывсевающего аппарата при установившемся режиме работы составляет порядка 70 кг·см. С учётом повышенной нагрузки до 30% в момент начала вращения мотор-редуктор должен иметь запас мощности, в результате чего по этим параметрам был выбран мотор-редуктор SF7152. Цилиндрический мотор-редуктор SF7152 состоит из реверсивного коллекторного электрического двигателя постоянного тока с максимальным крутящим моментом 100 кг·см. Передаточное отношение электродвигателя и редуктора – 1:50, частота вращения – 55 об/мин, мощность электродвигателя – 150 Вт. Напряжение питания мотора редуктора 24v. Каждый мотор-редуктор устанавливался на днище тукового ящика, закреплялся кронштейном и соединялся цепной передачей с валом туковывсевающего аппарата.

Для плавной регулировки частоты вращения каждого мотора-редуктора использовали блоки управления коллекторным двигателем (контроллер) BMD. Блок управления BMD представляет собой электронное устройство, предназначенное для

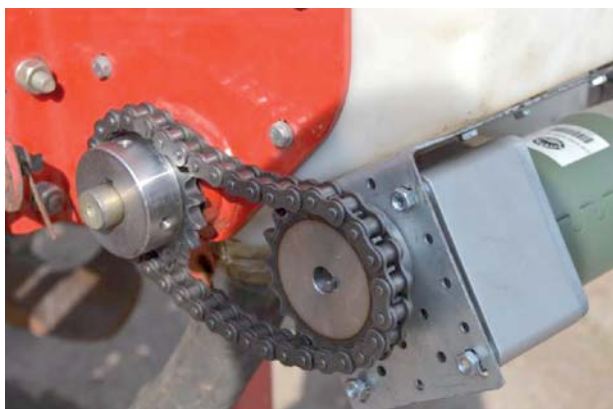


Рис. 1 – Дозирующий блок в рабочем положении

управления коллекторным двигателем постоянного тока с напряжением питания до 28 В, мощностью до 300 Вт (рис. 2). Блок BMD управляет скоростью и направлением двигателя.

Блок выполнен в виде платы с расположенными на ней электронными компонентами. Плата закреплена на основании и снабжена крышкой с поясняющими надписями.

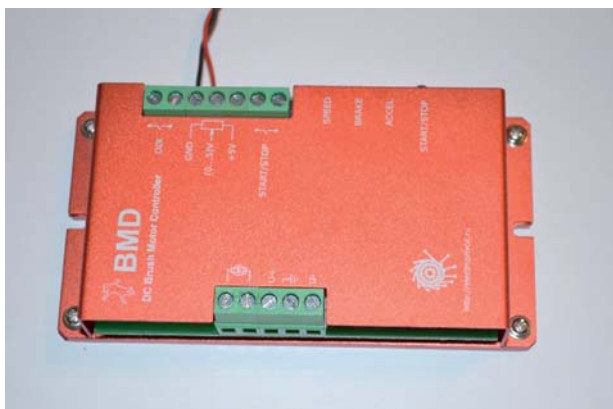


Рис. 2 – Блок управления BMD

Регулирование скорости и направления вращения двигателя осуществляется изменением величины и полярности питающего напряжения. Это изменение осуществляется включением двигателя в мостовую схему на транзисторных ключах, управляемых по методу ШИМ.

ШИМ-генератор выполнен на микроконтроллере. Кроме ШИМ-регулятора микроконтроллер выполняет функции измерения значений управляющих входов, положения регуляторов, вычисление скорости, ускорения и торможения по встроенной программе.

Ввиду того, что в бортовой сети трактора используется напряжение 12 В, а рабочее напряжение питания мотор-редукторов 24 В, возникла необходимость установки преобразователей напряжения DC-DC 12–24 (рис. 3). Исходя из мощности электродвигателей мотор-редукторов в качестве преобразователей были выбраны импульсные повышающие преобразователи ПН12/24-15, которые

выдают стабилизированный ток с максимальной выходной долговременной мощностью 360 Вт. Компактный конвертор стабилизированного тока ПН 12/24-15 преобразует входящее постоянное напряжение электрической сети транспорта от 10 до 15 В в постоянный ток напряжением 24 В. Блок стабилизированного питания ПН12/24-15 обеспечивает защиту оконечных устройств от перенапряжения.

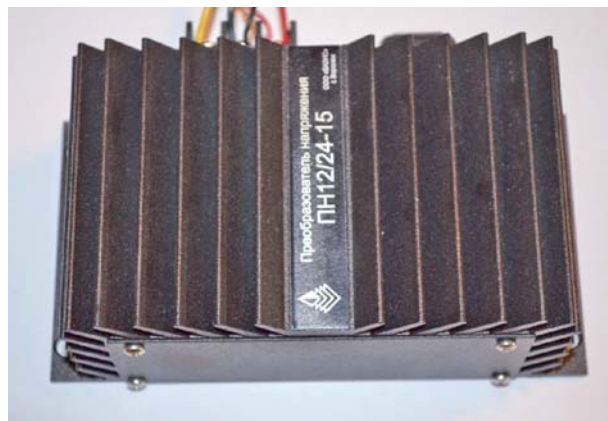


Рис. 3 – Преобразователь DC-DC 12–24 v

Результаты исследования. В рамках лабораторных испытаний изготовленных дозирующих блоков все необходимые элементы были установлены в штатные места. Туковывсевающий аппарат устанавливали надмерными ёмкостями и засыпали удобрения. Управляющий сигнал для изменения скорости вращения на дозирующий блок генерировали виртуально, при помощи разработанного программного обеспечения и при разных величинах управляющего сигнала взвешивали массу удобрений, выходящую из туковывсевающего аппарата за 1 мин. Разрабатываемая система предполагает использование тензодатчика, входящего в блок измерения твёрдости почвы, шарнирно связанного с ножом-рыхлителем, заглублённым в почву, как источника управляющего сигнала для сервопривода. При присоединении тензодатчика возникла проблема считывания аналогового сигнала контроллером ввиду его малого изменения порядка 0,02 мВ на 100 кг. Для устранения этого в конструкцию ввели АЦП модули НХ711 для подключения тензодатчиков в количестве 8 шт. При введении данных модулей потребовалось изменение программы обработки входящего сигнала с аналогового на цифровой. АЦП НХ711 имеет два разъёма для подключения к тензодатчикам, для подключения к контроллеру и для подачи питания: разъём, обозначенный на плате J1, используется для подключения тензодатчиков. Обозначение контактов: E+, E- (питание тензодатчиков); A-, A+ (канал А); B-, B+ (канал В); разъём, обозначенный на плате JP2, используется для подключения к контроллеру и для подачи питания. Канал А может быть запрограммирован на коэффициент усиления 64

или 128 (в зависимости от партии), канал В имеет фиксированный коэффициент усиления 32. АЦП НХ711 может питаться как от контроллера (другого микропроцессорного управляющего устройства), так и от внешнего источника питания. Напряжение питания 2,6–5,5 В постоянного тока.

На базе данных АЦП был изготовлен усилительный блок (рис. 4).

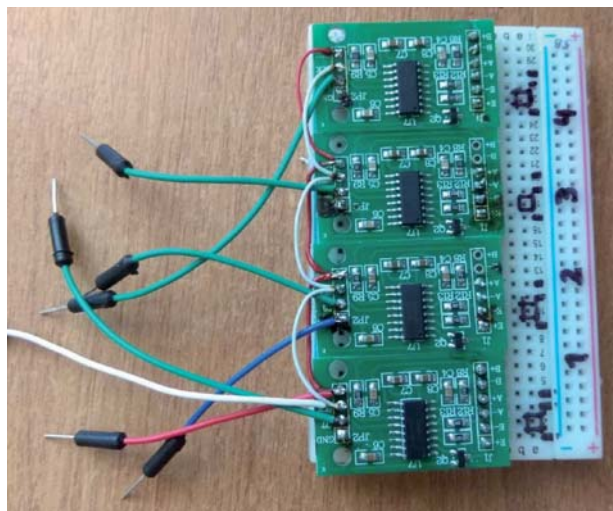


Рис. 4 – Блок преобразования и усиления сигналов

Использование цифрового сигнала с тензодатчиков позволило многократно повысить точность определения твёрдости почвы, а также использовать тензодатчики с различными номиналами усилия, на различных глубинах почвенного горизонта.

Рисунок 5 демонстрирует вид разработанной блок-схемы после внесения вышеуказанных изменений (рис. 5):

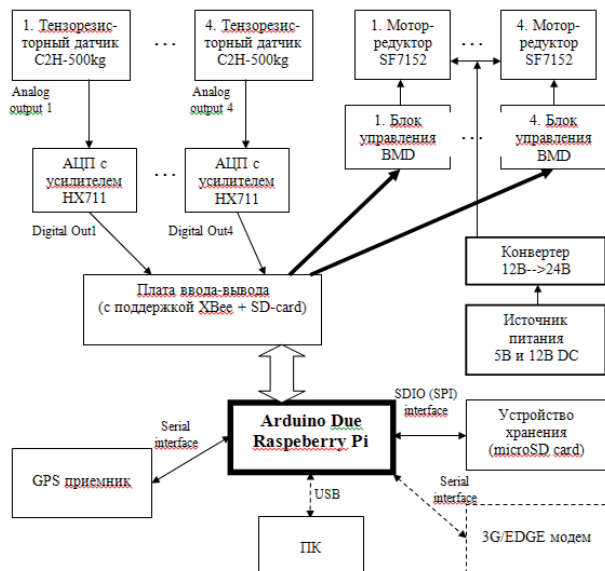


Рис. 5 – Разработанная блок-схема

Ввиду внесённых изменений и аппаратных ограничений по считыванию с цифровых выходов контроллера необходимо разделение системы по количеству каналов. На один контроллер присоединили 4 тензодатчика и 2 сервопривода, т.е. 1 контроллер отвечает за левую и другой за правую часть работы посевного агрегата.

В процессе отладки было выявлено, что время изменения частоты вращения сервопривода туковывсевающего аппарата составляет 5 сек. как на ускорение, так и торможение. В результате изменения положения потенциометров «Acell» и «Brake» добились снижения времени отклика сервопривода до 1 сек., что удовлетворяет условиям нормальной работы туковывсевающего аппарата. Опытным путём определён коэффициент усиления $k = 32$ для сигнала тензодатчиков номинальной нагрузкой 500 кг при заглуплении ножа-рыхлителя до 5 см в почву. При дальнейшем заглуплении этот коэффициент увеличивается до 64.

Вывод. Для обеспечения дифференцированного внесения минеральных удобрений возможно использовать электрические сервоприводы совместно с серийно изготавливаемыми бункерами и туковывсевающими аппаратами. Предлагаемая в исследовании схема системы для дифференцированного внесения удобрений работоспособна и имеет потенциал для дальнейшего усовершенствования. При использовании тензодатчиков необходимо внедрение в систему блока усиления и преобразования АЦП/ЦАП для повышения точности измерений входящего сигнала.

Литература

1. Милюткин В.А., Канаев М.А. Анализ способов реализации точного (координатного) земледелия // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2007. № 3. С. 3–5.
2. Аллахвердиев С.Р. Антистрессовые и экологически чистые удобрения в растениеводстве // С.Р. Аллахвердиев, З.И. Аббасова, Д.А. Расулова [и др.] // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. М., 2009. Вып. 1. С. 3–7.
3. Гайдамайкина Е.В., Татюма Н.В., Климова И.И. Перспективы развития зернового производства в Южном федеральном округе // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. М., 2009. Вып. 1. С. 39–41.
4. Канаев М.А. Разработка системы автоматизации дифференцированного внесения удобрений при посеве / М.А. Канаев, О.В. Карпов, С.А. Васильев [и др.] // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 1. С. 58–62.
5. Милюткин В.А., Канаев М.А. Разработка системы дифференцированного внесения удобрений на базе платформы ARDUINO // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 2 (58). С. 52–54.
6. 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.
7. Милюткин В.А., Канаев М.А., Кузнецов М.А. Система механизации мониторинга и управления плодородием почвы в режиме ON-LINE // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 3. С. 34–39.