

Разработка интерфейса и программного обеспечения для реализации системы автоматического высева

М.Н. Московский¹, М.А. Литвинов¹, Ю.Л. Смирнова²

¹ *Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ*

² *Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)*

Аннотация—Автоматизация сельскохозяйственного производства – одна из основных задач в современном мире. Одна из областей сельского хозяйства, в которой в первую очередь нуждается в автоматизации – селекция, поскольку при выполнении большинства технических операций используется ручной труд. В данной статье рассмотрено программное обеспечение, с помощью которого будет реализована система интеллектуального высева.

Ключевые слова: интеллектуальный высев, программное обеспечение, селекция, алгоритм высева, интерфейс, аппаратное обеспечение, структура процесса, блок данных, методика расчета, импортозамещение.

Основная часть применяемой техники в большинстве хозяйств не имеет электронных систем, а конструкции исполнительных механизмов основаны на кинематических передачах и приводах. Зерновые культуры занимают ведущие позиции [1] в рейтинге производимой сельскохозяйственной растительной продукции, поэтому их производство является важной задачей.

Современный рынок сельскохозяйственной техники в качестве замены механическому приводу предлагает полуавтоматические системы высева. Так, на сеялках серии Rowseed и Plotseed от Wintersteiger AG [2] установлена автоматическая система управления распределительным столом и дозатором, но норма высева выставляется на механическом приводе высевающего аппарата вручную.

Использование механических систем высева приводит к возрастанию потерь семенного материала, повышению энергоемкости и трудозатрат

процесса. Кроме того, присутствует один значимый недостаток - отсутствие возможности реализации корректировки нормы высева с учетом изменяющегося коэффициента буксования и рельефа местности [3-5].

В Индии ученые занимаются разработкой автоматических систем для ручных сеялок [6], программное обеспечение которых работает со следующими задачами: наличие семян в бункере, препятствий на пути, а также отслеживание конца поля по маркерам. Данное программное обеспечение подходит для селекционных сеялок 1-го этапа, но функционал недостаточен для 2-го, 3-го и 4-го этапа.

Преимущества данного привода заключаются в поддержании правильной дистанции между семенами, регулировании нормы высева. Также привод портативен и может быть использован на малых площадях. [7].

На данный момент существуют электронные системы высева ESD [8], которые используют телеметрические спутниковые системы Trimble, Topcon и электропривод. Система ESD пригодна для применения в крупных хозяйствах и высева продовольственного зерна, поскольку имеет высокую стоимость и ее высевающие аппараты предназначены только для посева семян корнеклубнеплодов.

Цель исследований – разработка программного обеспечения для реализации системы интеллектуального высева для селекционной сеялки с возможностью управления оптимальными параметрами технологического процесса, снижение погрешности расстояния при высеве длинных селекционных делянок.

Материалы и методы. Технической задачей программного обеспечения является автоматизация процесса высева семян и корректировка частоты вращения высевающего аппарата относительно частоты вращения дисков энкодеров, установленных на ведомых колесах сеялки, с учетом разности поступления сигналов.

Программное обеспечение реализует возможности выполнения перечисленных ниже функций: добавление/удаление/изменение данных о деланках во встроенной базе, сигнализирование о завершении цикла или ячеек кассеты, расчет длины деланки по данным энкодера, расчет частоты вращения шагового двигателя в соответствии с заданной длиной деланки, коррекция частоты вращения шагового двигателя по усредненному значению угла вращения двух энкодеров [9].

Программное обеспечение оперирует следующими данными: длина деланки, количество ячеек в кассете, время открытия дозатора, угол поворота шагового двигателя и энкодера.



Рис. 1. – Алгоритм программного обеспечения

Алгоритм программного обеспечения (рис.1) состоит из нескольких блоков: ввод данных и расчет параметров высева, блока замены кассет распределительного стола и блока контроля исполнительных механизмов.

В блоке ввода данных (рис. 2) оператор заполняет поля с данными о диаметре ведомого колеса сеялки, длине деланки, длине разделительной линии, и количеству секций в кассете.



Рис. 2. – Интерфейс блока ввода данных

После ввода исходных данных по алгоритму следует установка секций кассеты в исходное положение. Оператор управляет двигателем привода распределительного стола с помощью интерфейса (рис. 3), до срабатывания концевика, установленного на столе, который в свою очередь является счетчиком секций.



Рис. 3. – Интерфейс блока установки секций кассеты

Срабатывание концевика служит сигналом для перехода в блок контроля исполнительных механизмов [10]. На графическом интерфейсе блока отображаются (рис. 4) количество оставшихся секций кассеты до замены, пройденное расстояние для визуального контроля длины гона оператором. В поле «текущий статус» отображается значения: «высев»,

«смена секции», «высев остановлен».



Рис. 4. – Интерфейс блока контроля исполнительных механизмов.

Аппаратное обеспечение. На данный момент в мире есть несколько производителей комплектующих для селекционных сеялок: Amazon, Zürn, Клён, ОЭЗ, Wintersteiger. За основу исполнительного механизма взяты комплектующие селекционной сеялки Rowseed S, фирмы WINTERSTEIGER (распределительный стол с приводом, высевающий аппарат, дозатор зерна), потому что данную сеялку можно адаптировать под автоматический высев[9], путем объединения GSC и системы интеллектуального высева.

Обработка алгоритма производится с помощью микроконтроллера Arduino Mega 2560, который имеет следующие характеристики: чип–ATMega 2560, ПЗУ–256 кбайт, тактовая частота кристалла–16 МГц, 70 цифровых вводов-выводов (14 ШИМ), 16 аналоговых входов и 3 порта UART [11].

Данный контроллер отвечает заявленным характеристикам и по сравнению с аналогами Iskra JS, Raspberry Pi имеет меньшую цену и свою среду разработки ПО, основанная на языке C++.

Для вывода информации подобран сенсорный экран Nexion NX4827T043 - 4.3. Дисплей имеет следующие характеристики: разрешение

480x272, экран TFT с интегрированным резистивным сенсорным экраном с 4 проводами, 16М Флэш-памяти, потребление энергии 5V 250mA.

В качестве драйвер шагового двигателя Nema 34 выбран драйвер smsd-4.2rs-485, он обеспечивает все необходимые параметры, указанные в спецификации к двигателю.

Для формирования сигнала применен инкрементальный энкодер. Данный тип энкодеров позволяет определить относительное смещение от предыдущего положения. Энкодер выполнен в виде диска с прямоугольными зубьями (рис. 5), который установлен на ведомом колесе, и оптопары в виде лазера и фотодиода.



Рис. 5. – Диск энкодера.

При движении с двух энкодеров генерируется сигнал, при считывании которого можно определить разность частоты вращения ведомых колес и скорректировать частоту вращения шагового двигателя, тем самым поддерживая необходимую норму высева.

Разработка кода и графического интерфейса производится в средах разработки Arduino IDE и [Nextion Editor](#).

Методика расчета. Для расчета нормы высева введены следующие переменные: D –диаметр ведомого колеса в метрах, d –диаметр высевающего конуса в миллиметрах (по умолчанию 122 мм), L –длина деланки, L_p –длина промежуточного участка, P –количество секций, S –величина шага энкодера, s –величина шага двигателя, N –количество шагов энкодера за один оборот

(конструктивно $N=100$), n –количество шагов шагового двигателя за один оборот ротора (конструктивно $n=200$).

Расчёт длины шага производится по формуле:

$$\Delta = \pi \cdot D / N \quad (1)$$

Расчёт количества шагов энкодера на длину делянки L производится по формуле:

$$N_1 = L / \Delta \quad (2)$$

При достижении параметра L на дозатор подаётся сигнал об открытии, далее подаётся сигнал на распределительный стол о подаче ячейки. Учет количества секций P ведётся по счётчику, при достижении значения 0 на экран выводится сообщение о замене кассеты и цикл повторяется.

Величина шага шагового двигателя:

$$\Delta = \pi \cdot a / n \quad (3)$$

Шаг двигателя по отношению к шагу энкодера рассчитывается из отношения шагов:

$$\Delta_1 = \angle \cdot s \cdot D / a \quad (4)$$

Расчет количества шагов шагового двигателя производится по формуле:

$$n_1 = L / \Delta_1 \quad (5)$$

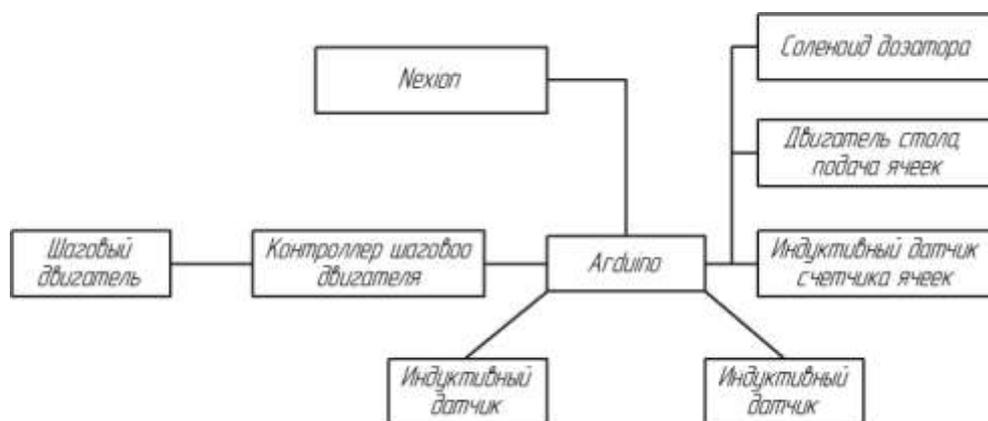


Рис. 6. – Схема связей элементов

Принцип работы всей системы заключается в том, что оптопары снимают показания с реперного диска (рис. 5) в виде импульсов. Исходя из введенного значения длины делянки по формуле 2 и 5 определяется необходимое количество импульсов шагов энкодера и шагового двигателя на делянку. Во время движения при разнице импульсов с оптопар в 5% происходит замедление частоты вращения шагового двигателя на усредненную величину разницы поступления сигналов с датчиков.

Шаговый двигатель вращается только во время прохода делянки, при прохождении разделительных полос длиной L_p и перегоне сеялки шаговый двигатель не вращается.

Перед началом работы оператор загружает кассеты в распределительный стол и выставляет первую секцию, путем вращения двигателя стола вперед либо назад до срабатывания индуктивного датчика счетчика ячеек. С данной позиции начинается отсчет секций кассеты.

После начала движения трактора (поступление импульсов с энкодера) и нажатия кнопки "старт" соленоид открывает дозатор на 2 секунды в начале делянки, затем подается следующая ячейка соленоид открывает дозатор на 2 секунды в начале делянки. Цикл повторяется до истечения ячеек, после выводится сообщение на экран оператора о замене кассеты.

Результаты исследований

Шаговые двигатели Nema 34 имеют 200 шагов на оборот, что обеспечивает точность шага равную $1,8^0$. При диаметре ведомого колеса равном 700 мм и 100 зубьям энкодера, величина шага на 1 шаг двигателя равна 11 мм при соотношении оборотов энкодера и шагового двигателя один к одному. Соответственно с указанием стандартной для селекционного участка второго этапа длины делянки равной 100 метров величина шага двигателя равна 0,22 мм. Данный показатель демонстрирует высокое значение точности привода

Выводы

На основе проведенного моделирования процесса и расчетов параметров высева разработано программное обеспечение и интерфейс к нему.

Разработанное ПО позволяет контролировать параметры технологического процесса высева, путем снижения погрешности расстояния селекционных деленок.

Кроме того, полученное программное обеспечение при адаптации под различные типы энкодеров и шаговых двигателей является универсальным и его возможно устанавливать на различные типы высевающих систем.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-316-90038.

Литература

1. Clark, Andy, Cover crops / Sustainable Agriculture Research & Education (SARE) program, Handbook 9: 12-14, 2017, United States. pp.12-14.
 2. Rowseed S Селекционная кассетная сеялка. Навесная, легкая. // wintersteiger.com. URL: wintersteiger.com/download/?file=8345 (дата обращения: 28.10.2019).
 3. Litvinov Maksim A., Moskovskiy Maksim N., Smirnov Igor G. / Automatic system of intelligent seed rate control for selection seeders / 16th ieee east-west design & test symposium (EWDTS): 14-17 September 2018 г, Kazan, Russia. pp. 722-726 URL: ieeexplore.ieee.org/document/8524657/metrics#metrics.
 4. Попов А.Ю., Казачков И.А. К теории дозирования семян невматическим высевающим аппаратом избыточного давления // Инженерный вестник Дона. 2014. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2345/.
-

5. Московский М.Н. Синтез системных решений для технологического процесса получения семян на основе структурно-функционального моделирования: дис. ... д-р. тех. наук: 05.20.01 - Технологии и средства механизации сельского хозяйства. Ростов-на-Дону, 2017. С. 106-107.
6. Zoz Frank M., Grisso Robert D. Traction and Tractor Performance / Agricultural Equipment Technology Conference, 9-11 February 2003, Louisville, Kentucky USA. ASAE Publication Number 913C0403. pp 82-83.
7. Ms. Shindel Trupti A., Engg, R.I.T., Sakhrle. Design and Development of Automatic Seed Sowing Machine / SSRG International Journal of Electronics and Communication Engineering - (ICRTESTM) - Special Issue – April 2017. pp 2-3.
8. Perea Francis, Arduino Essentials / Packt Publishing, 2015, ISBN: 978-1784398569. pp 12-16.
9. Howard Mark, Manager General. Incremental encoders, absolute encoders & pseudo-absolute encoders / Technical whitepaper: 2017, UK. pp 68-70.
10. Griepentrog H.W., P.T. Skou J.F., Soriano B.S., Blackmore Design of a Seeder to Achieve Highly Uniform Sowing Patterns // 5th International Conference on Precision Agriculture. Uppsala, Sweden: 2005. pp 46-47.
11. Ильичева О.А. Технология логического моделирования и анализа сложных систем // Инженерный вестник Дона. 2012. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1234/.

Reference

1. Clark, Andy, Cover crops, Handbook 9: 2017, United States. pp.12-14.
 2. Rowseed S Selekcionnaja kassetnaja sejalka. Havesnaja, legkaja. wintersteiger.com. URL: wintersteiger.com/download/?file=8345 (data obrashhenija: 28.10.2019).
 3. Litvinov Maksim A., Moskovskiy Maksim N., Smirnov Igor G. 16th iee east-west design & test symposium (EWDTS): 722-726, 14-17 September 2018 г,
-



- Kazan, Russia. pp. 722-726 URL:
ieeexplore.ieee.org/document/8524657/metrics#metrics.
4. Popov A.Ju., Kazachkov I.A. Inzhenernyj vestnik Dona. 2014. №2. URL:
ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2345/.
 5. Moskovskij M.N. Sintez sistemnyh reshenij dlja tehnologicheskogo processa poluchenija semjan na osnove strukturno-funkcional'nogo modelirovanija [Synthesis of system solutions for the technological process of obtaining seeds on the basis of structural-functional modeling]: dis. ... d-r. teh. nauk: 05.20.01 Tehnologii i sredstva mehanizacii sel'skogo hozjajstva. Rostov-na-Donu, 2017. pp 106-107.
 6. Zoz Frank M., Grisso Robert D.. Agricultural Equipment Technology Conference, 9-11 February 2003, Louisville, Kentucky USA. ASAE Publication Number 913C0403. pp 82-83.
 7. Ms. Shinde1Trupti A., Engg, R.I.T., Sakhrale, SSRG International Journal of Electronics and Communication Engineering - (ICRTESTM). Special Issue April 2017. pp 2-3.
 8. Perea Francis. Packt Publishing, 2015, ISBN: 978-1784398569 pp 12-16.
 9. Howard Mark, Manager General, Technical whitepaper: 2017, UK. pp 68-70.
 10. H.W. Griepentrog, P.T. Skou J.F., Soriano B.S., 5th 5th International Conference on Precision Agriculture. Uppsala, Sweden: 2005. Pp. 46-47.
 11. Il'icheva O.A. Inzhenernyj vestnik Dona. 2012. №4. URL:
ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1234/.