

## ТЕХНОЛОГІЯ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

УДК 631.315:629.783.525

**В.В. Аулин**, д.т.н.**А.А. Панков**, к.т.н.**М.И. Черновол**, д.т.н.**А.Г. Стахорская**, соискатель**АВТОМАТИЗАЦИЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ НОРМЫ ВЫСЕВА НА ОСНОВЕ МЕХАТРОННОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

Центральноукраинский национальный технический университет, г. Кропивницкий, aulinvv@gmail.com

*Автоматизация регулирования нормы высева в технологических машинах требует применения относительно простых по конструкции и универсальных технических средств. Преодоление возникающих затруднений возможно на основе мехатронного подхода к исследованию и реализации средств автоматизации. Поэтому целью исследований являлась разработка мехатронного модуля для автоматизированного регулирования нормы высева, что достигалось на основе применения открытой программируемой аппаратной платформы Arduino для работы с различными физическими объектами.*

**Ключевые слова:** автоматизация, мехатроника, посев, норма высева, модуль.

**Введение**

С развитием автоматизации возникает необходимость разработки и дальнейшего использования мехатронно-интеллектуальных систем (МИС). Суть мехатронной реализации программно-аппаратного обеспечения заключается в объединении элементов и отдельных составляющих системы в интегрированные модули уже на этапах разработки, освобождая, таким образом, оператора от решения "проблемы интерфейсов" в процессе эксплуатации.

Интегрированные МИС и мехатронные модули отличаются повышенной надежностью, устойчивостью к неблагоприятным внешним воздействиям, точностью выполнения движений и компактностью конструкции. Это целостные изделия, удобные при настройке и программировании движений. Интегрированные решения, в конечном счете, экономически выгодны, т.к. упрощается сервис машины и улучшается ее ремонтпригодность [1, 2].

**Анализ последних исследований и публикаций**

При обосновании технических средств автоматизации посевных машин выявлено, что многочисленные интерфейсы связывают устройства различной физической природы (механические, электронные и информационные), что и предопределяет их конструктивную и аппаратно-программную сложность. При традиционном исполнении средств автоматизации интерфейсы представляют собой самостоятельные узлы. В машине с управлением по трем координатам, построенной на традиционных приводах, только для связи основных устройств необходимо соединить порядка 100 сигнальных и силовых проводов. Опыт эксплуатации средств и систем автоматизации показывает, что до 70% проблем в их работе связаны с надежностью связей и соединений. При этом имеют место обрыв проводов и ненадежный контакт в их соединениях, что вызывает ложные срабатывания [1].

В настоящее время в работах [3, 4] подчеркивается актуальность мехатронизации сельскохозяйственной техники (СХТ), исходя из долговечности, быстродействия и фактически безотказной работы мехатронных модулей и систем. Поэтому автоматизация регулирования нормы высева может рассматриваться на основе мехатронной реализации, отражающей общие тенденции развития техники в XXI веке – междисциплинарную интеграцию, интеллектуализацию и миниатюризацию. При этом имеют место явные преимущества мехатронной реализации в сравнении с традиционными средствами автоматизации:

- относительно низкая стоимость, что достигается благодаря значительной интеграции, стандартизации и унификации всех составляющих интерфейсов и элементов;
  - возможность реализации точных и сложных движений благодаря методам интеллектуального управления;
  - высокий уровень надежности, долговечности и помехозащищенности;
- благодаря упрощению кинематических цепей, машины обладают улучшенными динамическими и массогабаритными характеристиками;
- конструктивная компактность используемых модулей, что позволяет обходиться меньшей площадью и которые также можно относительно легко совмещать для выполнения конкретных задач;
  - возможность комплектования отдельных функциональных мехатронных модулей в мехатронные системы более сложных уровней под конкретные задачи.

Главной особенностью современного этапа развития мехатроники является создание принципиально нового поколения модулей - интеллектуальных мехатронных модулей (ИММ). В сравнении с мехатронными модулями движения, в конструкцию ИММ дополнительно встраиваются компьютерные устройства и силовые электронные преобразователи, что придает этим модулям интеллектуальные свойства и является их главным отличительным признаком, а также позволяет ИММ выполнять сложные движения самостоятельно, без обращения к верхнему уровню управления, что повышает автономность, гибкость и живучесть мехатронных модулей, работающих в изменяющихся и неопределенных условиях внешней среды.

Развитие ИММ обусловлено появлением недорогих микропроцессоров и контроллеров на их базе и направлено на интеллектуализацию процессов, протекающих в системе, и в первую очередь - процессов управления функциональными преобразованиями и работой машин и агрегатов [5]. В настоящее время существует много платформ для управления физическими процессами применительно к мехатронным модулям. Однако реализацию программно-аппаратной платформы необходимо осуществлять на базе перспективных структурных решений, которые открыты для развития и имеют иерархическую структуру [1] и с выполнением следующих функций, согласно [6]:

- управления процессом высева в режиме реального времени с одновременной обработкой информации поступающей с датчиков и сенсоров;
- организации рабочего процесса с внешними источниками воздействий или влияния;
- взаимодействия с человеком посредством специального интерфейса в автономном режиме или в реальном времени, online или offline;
- обмена данными между сенсорами, периферийными устройствами и другими элементами.

Это дает возможность решить проблему преобразования входной информации, поступающей с верхнего уровня управления, в необходимые управляющие воздействия на основе принципа обратной связи.

### **Постановка цели и задач исследований**

Целью исследований является разработка мехатронного модуля для автоматизированного регулирования нормы высева.

Задачи исследований:

1. Обосновать структурную схему мехатронного модуля для автоматизированного регулирования нормы высева.
2. Выбрать аппаратную платформу для мехатронного модуля и разработать конструктивную модель системы автоматизированного регулирования нормы высева;
3. Разработать программное обеспечение функционирования мехатронного модуля регулирования нормы высева.

### **Решение поставленных задач**

Структурная схема интеллектуального мехатронного модуля представлена на рис.1.

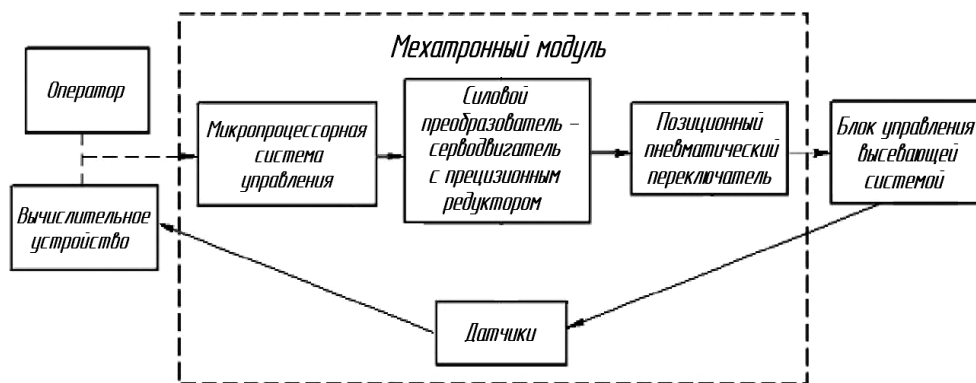


Рис. 1. Структурная схема интеллектуального мехатронного модуля.

Перспективным аппаратным решением для мехатронного модуля является Arduino – инструмент для разработки устройств, взаимодействующих с окружающей физической средой. Это открытая программируемая аппаратная платформа для работы с различными физическими объектами, представляющая собой плату с микроконтроллером и специальной средой разработки (IDE) с открытым программным кодом для написания программного обеспечения микроконтроллера. В платформу встроены элементы обвязки для программирования и интеграции с другими схемами.

Поэтому платформа Arduino становится основным элементом для исследований и решения задач в областях мехатроники [7]. Arduino упрощает процесс работы с микроконтроллерами, обеспечивая ряд следующих преимуществ перед другими устройствами:

- низкая стоимость. Ведущие производители промышленной электроники, такие как Siemens, ABB, OMRON выпускают подобные устройства, однако стоимость их высока;
- кроссплатформенность. Программное обеспечение Arduino работает в операционных системах Windows, Mac OS, Linux и Android, в то время как большинство систем ориентированы на работу только в Windows;
- удобная среда программирования, которая интуитивно понятна и проста, но при этом достаточно гибка;
- расширяемое программное обеспечение с открытым исходным кодом. Программное обеспечение Arduino имеет открытый исходный код, благодаря чему можно изменять и дополнять его. Возможности языка Arduino можно также расширять с помощью библиотек языка C++;
- расширяемая открытая архитектура. Устройства Arduino построены на базе микроконтроллеров Atmel ATmega8 и ATmega168 и разработчики могут создавать свои версии устройств на основе существующих;
- возможность автономной работы расширяет сферу применения устройства, а наличие версий для работы с популярной мобильной операционной системой Android позволяет использовать модули с Arduino для автоматизации рабочих процессов мобильных машин, в том числе и в СХТ;
- большое количество дополнительных модулей, как от разработчика, так и от сторонних производителей, что дает возможность автоматизации и контроля различных физических процессов и функций.

Поэтому на основе аппаратной платформы Arduino разработана автоматизированная система регулирования нормы высева с мехатронным модулем, принципиальная схема которой представлена на рис.2. Система работает следующим образом. Значение нормы высева, программно задаваемое в вычислительном устройстве I, передается на bluetooth-модуль 1 и в виде сигнала управления взаимодействует с кодом в памяти контроллера Arduino 2, откуда управляющее воздействие передается на серводвигатель 3, который поворачивает пневмопереключатель 4 на определенный угол и соединяет соответствующие каналы слайдера III в блоке управления со схемой управления высевающей системой, изменяя частоту подачи пневмоимпульсов в высевающие аппараты.

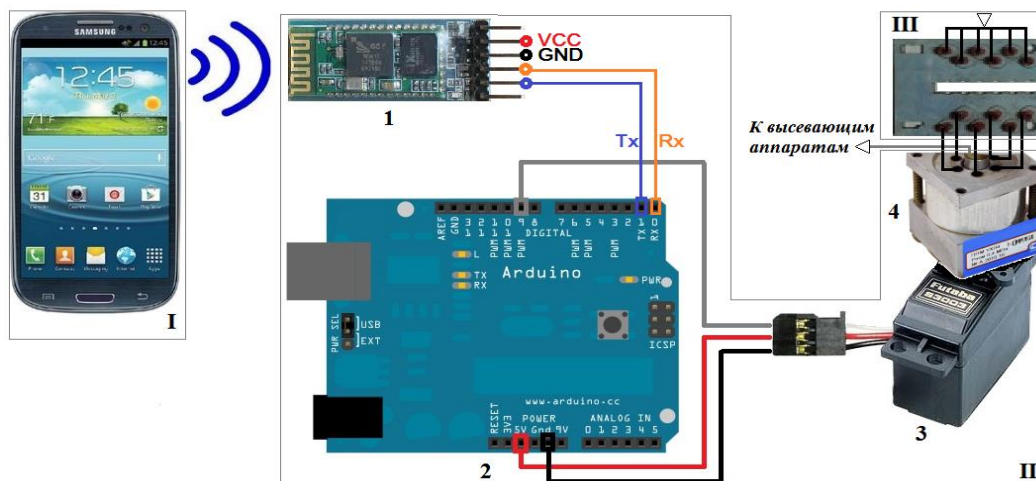


Рис.2. Автоматизированная система регулирования нормы высева на основе мехатронного модуля:  
I – вычислительное устройство; II – мехатронный модуль; III – блок управления высевающей системой;  
I – bluetooth-модуль; 2 – платформа Arduino; 3 – серводвигатель; 4 – переключатель пневматический  
многопозиционный; VCC - плюс питания; GND - минус питания; Tx, Rx – сигналы управления.

Разработку программного обеспечения мехатронного модуля рассмотрим для автономного режима работы автоматизированной системы регулирования нормы высева.

Программное обеспечение состоит из двух частей. Первая часть включает в себя код взаимодействия платформы Arduino с исполнительным устройством (сервоприводом) и вычислительным устройством, работающим на базе операционной системы Android (смартфон или планшет). Вторая часть включает в себя код для вычислительного устройства, который представляет собой приложение-интерфейс управления нормой высева.

Код взаимодействия Arduino с сервоприводом и вычислительным устройством создан в среде разработки Arduino IDE на языке C++ (рис.3).

После отладки код загружается в память контроллера Arduino для дальнейшего использования в автономном режиме регулировки нормы высева.

Код вычислительного устройства или интерфейс оператора для управления нормой высева создается в среде программирования MIT\_app.inventor (рис.4).

```

@ sketch | Arduino 1.6.7
Файл Правка Скетч Инструменты Помощь
[Icons]
#include <SoftwareSerial.h> // TX RX software library for bluetooth
#include <Servo.h> // servo library
Servo myservo; // servo name
int bluetoothTx = 10; // bluetooth tx to 10 pin
int bluetoothRx = 11; // bluetooth rx to 11 pin
SoftwareSerial bluetooth(bluetoothTx, bluetoothRx);
void setup()
{
  myservo.attach(9); // attach servo signal wire to pin 9
  //Setup usb serial connection to computer
  Serial.begin(9600);
  //Setup Bluetooth serial connection to android
  bluetooth.begin(9600);
}
void loop()
{
  //Read from bluetooth and write to usb serial
  if(bluetooth.available() > 0) // receive number from bluetooth
  {
    int servopos = bluetooth.read(); // save the received number to servopos
    Serial.println(servopos); // serial print servopos current number received from
    myservo.write(servopos); // rotate the servo the angle received from the android
  }
}
    
```

Рис.3. Разработка кода взаимодействия платформы Arduino с сервоприводом и вычислительным устройством.

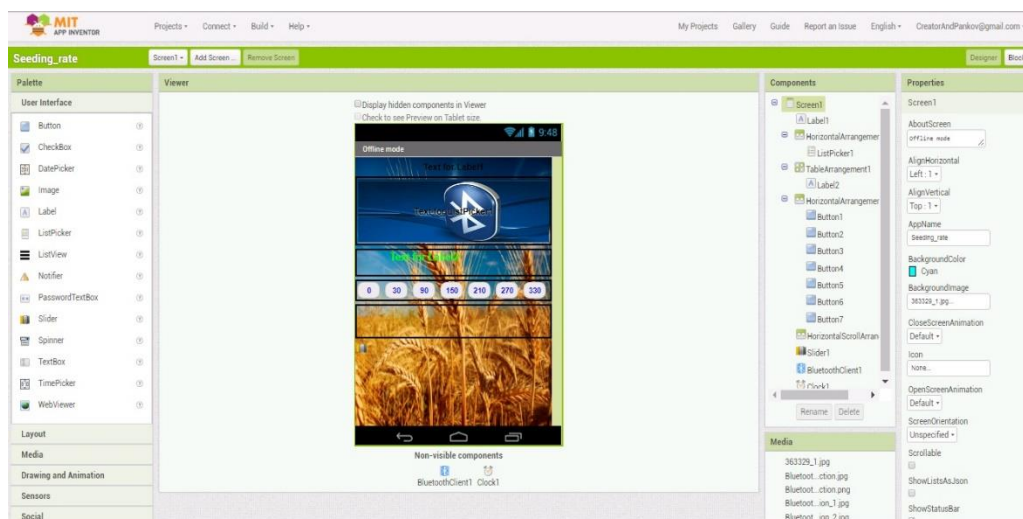


Рис.4. Розробка приложения-інтерфейса для регулювання норми висева.

Після налагодки завантажувач завантажується та встановлюється на мобільне пристрій під управлінням операційної системи Android.

Програма представляє собою структуру для взаємодії блоку управління висеваючою системою з елементами управління та індикації, які програмно задані перемикачем в обчислювальному пристрої, на кнопках якого задані значення кута повороту пневмоперемикача мехатронного модуля (від  $30^{\circ}$  до  $330^{\circ}$  з нейтральним положенням при  $0^{\circ}$ ).

### Висновки

Показано, що для автоматизації регулювання норми висева необхідні відносно прості по конструкції та універсальні технічні засоби. Обґрунтовано, що подолання виникаючих труднощів можливо на основі мехатронного підходу до дослідження та реалізації технічних засобів автоматизації СХТ. Виявлено, що суть мехатронного підходу полягає в об'єднанні елементів та окремих складових якоїсь системи в інтегровані модулі ще на етапах розробки, звільняючи, таким чином, оператора від рішення "проблеми інтерфейсів" в процесі експлуатації.

Обґрунтовано, що реалізацію програмно-апаратної платформи регулювання норми висева при мехатронному підході необхідно здійснювати на базі структурних рішень, які відкриті для розвитку та мають ієрархічну структуру, зокрема на базі платформи Arduino.

### Список літературних джерел

1. Подураев Ю.В. Мехатроніка: основи, методи, застосування: навч. посібник для студентів вузів. – М.: Машинобудування, 2006. – 256с.
2. Подураев Ю.В., Кулешов В.С. Принципи побудови та сучасні тенденції розвитку мехатронних систем // Мехатроніка. 2000. №1. - С.5-10.
3. Косик П.О. Мехатронні системи на сільськогосподарських мобільних агрегатах // Механізація та електрифікація сільського господарства. Випуск 93. - Глеваха, 2009. – С.464-468.
4. Пастухов В.І. До розробки мехатронних систем посівних машин / Пастухов В.І., Бакум Н.В., Михайлов А.Д., Кириченко Р.В. / Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Вип.156. – Харків. – 2015. – С.156-162.
5. Готлиб Б.М., Вакалюк А.А. Введення в спеціальність «Мехатроніка та робототехніка». Курс лекцій для студентів спеціальності 221000 «Мехатроніка та робототехніка» - Екатеринбург: Уральський гос. ун-т шляхів зв'язку, 2012. - 134с.
6. Панков А.А. Технічні засоби процесу висева на основі елементів пневмоніки: Монографія // В.В. Аулін, А.А. Панков, М.І. Черновол. – Кіровоград: видавець Лысенко В.Ф. - 2016. – 232с.