

# АВТОНОМНЫЙ ШАГАЮЩИЙ РОБОТ ПОВЫШЕННОЙ ПРОХОДИМОСТИ

Н.А. Гуляев, Е.В. Казанцева, В.Ю. Швецов, А.И. Сидоренко, Е.В. Сыпин

*Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», г. Бийск*

В статье рассматривается автономный шагающий робот повышенной проходимости. Приведена и описана элементная база. На примере 3D-модели рассмотрен алгоритм передвижения робота. Представлен чертёж и описан процесс сборки. Приведены функциональные возможности робота, приложения для его управления, а также схема взаимодействия между ними.

*Ключевые слова:* Arduino, робот, гексапод, проектирование, программирование, 3D моделирование.

## ВВЕДЕНИЕ

Существует множество различных роботов, заменяющих человека на производствах, осуществляющих работу в опасных условиях. Но зачастую у них есть проблемы с проходимостью, связанные с конструкцией. Создание автоматических систем, которые могут быть использованы в условиях, опасных для человека является актуальной научной и технической задачей. Одним из важных классов таких систем является класс шагающих роботов, предназначенных для перемещения по труднопроходимой поверхности с заранее неизвестным рельефом.

Кинематическая схема шагающего аппарата обеспечивает высокую маневренность и проходимость по сильно пересеченной местности. Опорные элементы шагающего робота имеют преимущества по сравнению с колесом или гусеницей, так как обладают свойствами адаптации к поверхности, стабилизации корпуса во время движения, перемещение в произвольных направлениях и поворотах на месте. Также шагающий робот при движении опирается лишь на небольшие участки поверхности, что позволяет передвигаться на слабых грунтах.

Области применения разработанной шагающей робототехнической платформы:

- 1) образовательная программа в робототехнических кружках и центрах молодежного инновационного творчества (ЦМИТ);
- 2) разработка и исследование алгоритмов передвижения;
- 3) исследование пересеченных местностей;
- 4) составление температурной карты местности;
- 5) доставка грузов в опасной зоне.

Таким образом, целью работы является разработка конструкции и алгоритма управления движением автономного шагающего робота на базе контроллера Arduino.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) выбрать элементную базу робототехнической платформы;
- 2) разработать трёхмерную модель робототехнической платформы;
- 3) разработать комплект рабочей конструкторской документации и изготовить робота;
- 4) разработать управляющее программное обеспечение.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В ходе анализа предметной области был выдвинут ряд требований к функционалу робота:

- 1) передвижение с помощью ног;
- 2) возможность автономного движения и дистанционного управления;
- 3) масштабируемость системы для дальнейших модификаций.

Первостепенной задачей при создании робота было определение его конструкции. Выбор остановился на создание гексапода, так как это одно из приоритетных направлений в робототехнике [1]. При таком устройстве робот легко держит равновесие, может быстро передвигаться и при этом не заваливаться, а также имеет возможность разворота на месте.

В качестве управляющего элемента была выбрана Arduino Uno. Arduino – это небольшая плата с собственным процессором и памятью [2]. На плате также есть пара десятков контактов, к которым можно подключить всевозможные компоненты: датчики, моторы, индикацию и т.д.

Для обеспечения движения были выбраны сервоприводы sg90 в количестве 18 штук, т.к. нужно обеспечить 2 степени свободы шести ногам. Эти приводы имеют небольшой размер: 22 мм × 11,5 мм × 22,5 мм, работают от 4 до 6 вольт, что даёт возможность подать питание от батареек, также обладают достаточно большим углом поворота от 0 до 180 градусов [3]. Управление данными сервоприводами осуществляется с помощью широтно-импульсной модуляции (ШИМ).

Для управления сервоприводами было решено использовать ШИМ контроллер PCA9685 потому что Arduino не располагает достаточным количеством ШИМ портов. Сам контроллер соединяется по шине I2C к Arduino, что обеспечивает достаточно быструю скорость передачи управляющих сигналов. Данный ШИМ контроллер обладает 16 портами, и входом для питания подключённых сервоприводов и отдельный вход для питания самого контроллера [4].

Для автономного режима, чтобы робот ориентировался в пространстве, был выбран ультразвуковой дальномер HC-SR04, т.к. диапазон расстояний, которые он может отмерять составляет от 2 до 400 сантиметров, также рабочий угол наблюдения равен 30 градусам, и рабочее напряжение составляет 5 вольт, что позволяет использовать его с Arduino [5].

Для дистанционного управления был выбран Bluetooth модуль HC-06. Данный модуль имеет дальность связи до 30 метров, работает от 5 вольт и осуществляет связь с Arduino по последовательному интерфейсу, что достаточно удобно для приёма и передачи данных [6].

На основе выбранной элементной базы была разработана 3D модель, приведенная на рис. 1.

С помощью 3D модели был составлен алгоритм движения ног при ходьбе. Положение ног в режиме стоя представлено на рис. 2.

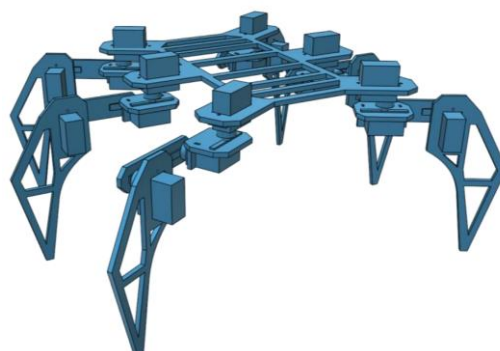


Рис. 1. 3D-модель робота

Ноги с номерами 1,2,3,4 расположены перпендикулярно корпусу. Ноги с номерами 5,6 смещены на 20° относительно перпендикулярного положения. В таком положении робот устойчиво стоит на поверхности. Во время ходьбы ноги движутся на 30° в обе стороны относительно положения стоя. Передвижение осуществляется поочерёдным перебором двух групп по три ноги. В этом режиме робот всегда имеет три опоры, что позволяет ему не заваливаться и не терять равновесия во время движения.

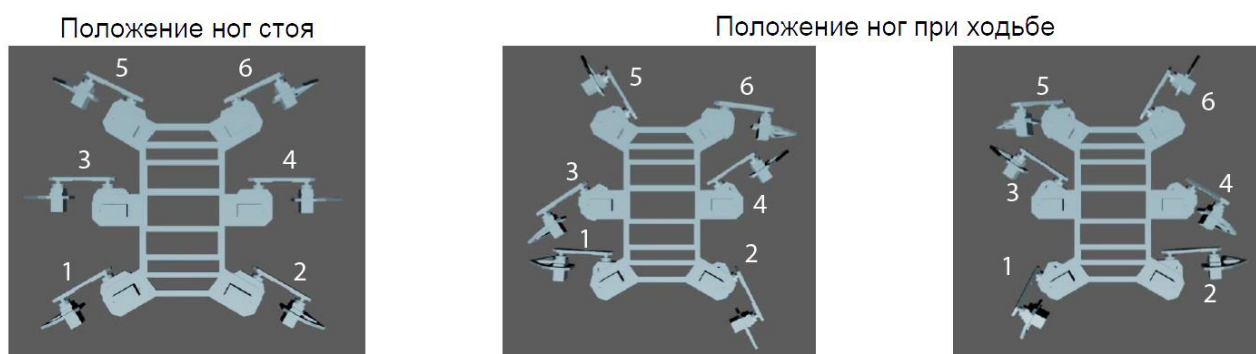


Рис. 2. Алгоритм ходьбы робота

На основе 3D-модели разработан комплект рабочей конструкторской документации, необходимой для изготовления робота. Рабочий чертёж робототехнической платформы представлен на рис. 3 и 4.

Детали робота вырезались из фанеры толщиной 3 мм, с помощью лазерного станка. Плата Arduino была прикреплена к корпусу с помощью кабельных стяжек толщиной 5 мм, также они были использованы для крепления сервоприводов, которые двигают ноги в направлениях вперед и назад. Для увеличения устойчивости на ноги были приклеены резиновые накладки, которые позволяли держать равновесие на скользких поверхностях. В связи с тем, что ШИМ контроллер был рассчитан всего на 16 сервоприводов, два были подключены к Arduino и управлялись отдельно.

Внешний вид изготовленного робота представлен на рис. 4.

Для реализации возможности дистанционного управления роботом необходимо разработать программное обеспечение для платформы Arduino и для устройства дистанционного управления, роль которого может исполнять любое устройство с ОС Android 4.4 и выше.

Разработка программного обеспечения для Arduino заключалась в реализации ранее составленного алгоритма движения. Для этого каждый сервопривод был заранее откалиброван. Разработан протокол передачи данных между платой Arduino и устройством дистанционного управления.

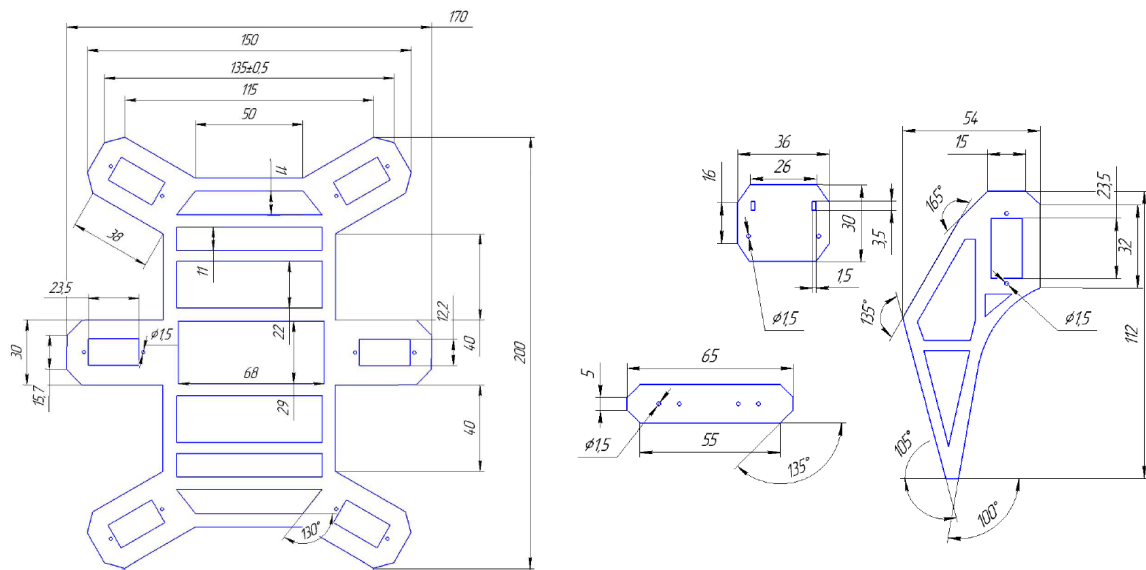


Рис. 3. Рабочий чертёж робототехнической платформы

Управление сервоприводами осуществлялось с помощью библиотек «servo.h» и «Adafruit\_PWMServoDriver.h», а приём и отправка данных осуществлялась с помощью последовательного порта функцией «Println()».

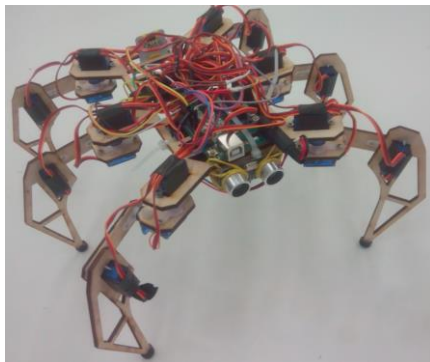


Рис. 4. Внешний вид изготовленного робота

Программы для Arduino выполняет следующие основные функции:

- 1) чтение последовательного порта для отклика на управляющие команды от пользователя;
- 2) опрос датчика и сохранение данных для дальнейшей отправки пользователю;
- 3) управление сервоприводами по ранее составленному алгоритму;
- 4) реализация автономного режима и выход из него по команде от пользователя.

При разработке программного обеспечения для OS Android учитывались требования по совместимости с различными устройствами, реализации интуитивно понятного графического интерфейса пользователя.

Для управления движением робота был реализован простой интерфейс с кнопками в виде стрелок, которые указывают направление движения робота. Круглая

кнопка в центре включает автономный режим, повторное нажатие отключает. Для приёма данных выделено два поля в виде кругов, в которые выводится информация, поступающая от робота. Внешний вид рабочего окна приложения представлен на рис. 5.

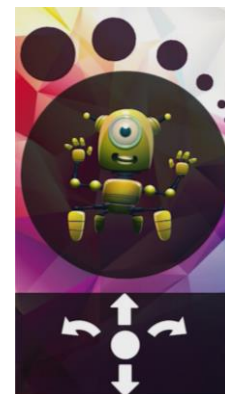


Рис. 5. Скриншот программы для Android

Схема взаимодействия робота и приложения для Android представлена на рисунке 6.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате работы изготовлен автономный шагающий робот повышенной проходимости на базе контроллера Arduino.

Преимуществами робота по сравнению с существующими аналогами являются: возможность перепрограммирования для совершенствования существующего алгоритма или для составления принципиально нового; возможность дополнения платформы различными модулями.

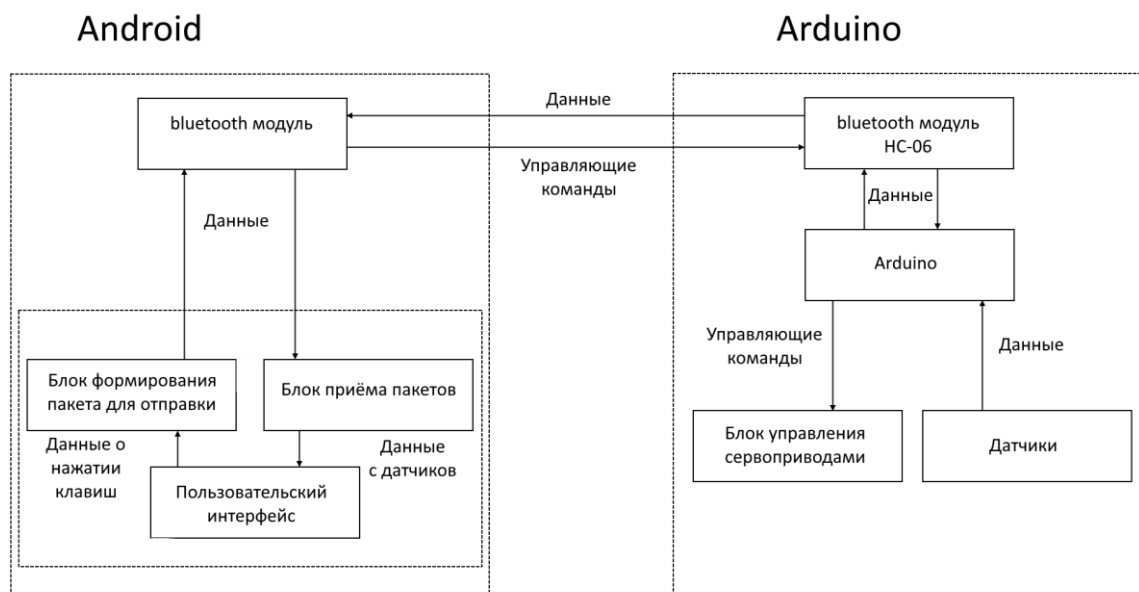


Рис. 6. Схема взаимодействия робота и приложения

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Павловский В.Е. О разработках шагающих машин [Электронный ресурс]. – Электрон. текст. дан. – Режим доступа: [http://www.keldysh.ru/papers/2013/prep2013\\_101.pdf](http://www.keldysh.ru/papers/2013/prep2013_101.pdf). – Загл. с экрана.
2. Что такое Arduino / Амперка [Электронный ресурс]. – Электрон. текст. дан. – Режим доступа: <http://amperka.ru/page/what-is-arduino>. – Загл. с экрана.
3. Arduino-KiТ - Сервопривод TowerPro SG90 [Электронный ресурс]. – Электрон. текст. дан. – Режим доступа: <https://arduino-kit.ru/catalog/id/servoprivod-towerpro-sg90>. – Загл. с экрана.
4. PWM контролер на базе микросхемы PCA9685 | Avislab [Электронный ресурс]. – Электрон. Текст. Дан. – Режим доступа: [http://www.avislab.com/blog/pca9685\\_ru](http://www.avislab.com/blog/pca9685_ru). – Загл. с экрана.
5. Ультразвуковой дальномер HC-SR04 / узнать больше [Электронный ресурс]. – Электрон. текст. дан. – Режим доступа: <http://amperka.ru/product/hc-sr04-ultrasonic-sensor-distance-module>. – Загл. с экрана.
6. Bluetooth-модуль HC-06 / узнать больше [Электронный ресурс]. – Электрон. текст. дан. – Режим доступа: <http://amperka.ru/product/hc-06-bluetooth-module>. – Загл. с экрана.

Казанцева Екатерина Васильевна – студент группы ИСТ-41, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел. (3854)432450, e-mail: [kazanцева.k.v@gmail.com](mailto:kazanцева.k.v@gmail.com).

Гуляев Никита Александрович – студент группы ИСТ-41, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел. (3854)432450, e-mail: [guljaev.n.a@gmail.com](mailto:guljaev.n.a@gmail.com).

Швецов Владислав Юрьевич – студент группы ИСТ-41, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел. (3854)432450, e-mail: [shvetsov.v1.0@gmail.com](mailto:shvetsov.v1.0@gmail.com).

Сидоренко Антон Игоревич – канд., техн. наук, доцент каф. методов и средств измерений и автоматизации, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел. (3854)432450, e-mail: [sai@bti.secna.ru](mailto:sai@bti.secna.ru).

Сытин Евгений Викторович – канд. техн. наук, проф. каф. методов и средств измерений и автоматизации, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел. (3854)432450, e-mail: [sev@bti.secna.ru](mailto:sev@bti.secna.ru).

## OFF-LINE LEGGED ROBOT WITH CROSS-COUNTRY CAPACITY

**N.A. Gulyaev, E.V. Kazanceva, V.Y. Shvetsov, A.I. Sidorenko, E.V. Sypin**

*Biysk Technological Institute, Biysk*

The article is devoted to off-line legged robot with cross-country capacity. The electronic elements is presented and described. Using the 3d model, the robot's movement algorithm is considered. A drawing is shown and the assembly process is described. Functional capabilities of the robot, applications for its control, as well as a scheme of interaction between them are given.

*Index terms: Arduino, robot, hexapod, design, programming, 3D-modeling.*

### REFERENCES

1. About developments of walking machines, [http://www.keldysh.ru/papers/2013/prep2013\\_101.pdf](http://www.keldysh.ru/papers/2013/prep2013_101.pdf).
2. What is Arduino / Amperka, <http://amperka.ru/page/what-is-arduino>.
3. Arduino-KiT - Servo Drive TowerPro SG90, <https://arduino-kit.ru/catalog/id/servoprivod-towerpro-sg90>.
4. PWM controller based on the PCA9685 chip | Avislab, [http://www.avislab.com/blog/pca9685\\_ru](http://www.avislab.com/blog/pca9685_ru).
5. Ultrasound rangefinder HC-SR04 / learn more, <http://amperka.ru/product/hc-sr04-ultrasonic-sensor-distance-module>.
6. Bluetooth module HC-06 / learn more, <http://amperka.ru/product/hc-06-bluetooth-module>.

*Gulyaev Nikita Alexandrovich – student of group IST-41, Biysk Technological Institute, (3854)432450, e-mail: guljaev.n.a@gmail.com.*

*Kazanceva Ekaterina Vasilyevna – student of group IST-41, Biysk Technological Institute, (3854)432450, e-mail: kazanceva.k.v@gmail.com.*

*Shvetsov Vladislav Yuriyevich – student of group IST-41, Biysk Technological Institute, (3854)432450, e-mail: shvetsov.v1.0@gmail.com.*

*Sidorenko Anton Igorevich – associate professor at the char of methods and means of measurement and automation, Biysk Technological Institute, (3854)432450, e-mail: sai@bti.secna.ru.*

*Sypin Eugene Victorovich – associate professor at the char of methods and means of measurement and automation, professor, Biysk Technological Institute, (3854)432450, e-mail: sev@bti.secna.ru.*