

УДК [004.92+004.32.8]:378

**В. П. Беляев, В. Г. Островский**

Белорусский государственный технологический университет

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ЗОНАЛЬНОЙ ПОДАЧИ  
КРАСОЧНОГО АППАРАТА**

Материал статьи знакомит с результатами автоматизации работы красочного аппарата оригинальной конструкции. Традиционная конструкция красочного ножа состоит в разделении его на зоны, в которых зазор между красочным ножом и дукторным цилиндром регулируется индивидуально перемещением зональных винтов. Так выполняется сегментная (зональная) подача краски. Оригинальным является устройство управления перемещением зональных винтов. Устройство приводится в движение шаговым двигателем, вращение вала которого передается этим винтам и преобразуется кинематическими звеньями устройства. Передача возвратно-поступательного движения зональным винтам (увеличение/уменьшение зазора) выполняется индивидуально включением соответствующих электромагнитных муфт на заданное оператором печатной машины время. Для управления электромеханическими устройствами (шаговым двигателем, электромагнитными муфтами) разработана программа автоматизации работы предложенного устройства. Программная часть – это операционная система на платформе языка программирования C/C++. Предпринято физическое макетирование системы автоматизации на основе аппаратно-программного модуля *Arduino Uno*. Это процессорная плата, аппаратная часть которой включает микроконтроллер *ATmega328*. Приводится листинг программы и фотография созданного макета. Отлаженная программа автоматизации устройства показала адекватное управление его исполнительными элементами. По техническим параметрам входных/выходных импульсов модуль *Arduino Uno* может быть использован в общей системе управления красочным аппаратом.

**Ключевые слова:** печатные машины, красочный аппарат, автоматизация подачи краски.

**V. P. Belyaev, V. G. Ostrovskiy**

Belarusian State Technological University

**AUTOMATION OF THE ZONAL FLOW COLORFUL APPARATUS**

The article material introduces the results of automation of the colorful apparatus of the original design. The traditional design of the colorful knife consists in dividing it into zones in which the gap between the colorful knife and the duct cylinder is individually adjusted by moving the zonal screws. This is the segment (zonal) ink feed. The original is the zonal screw movement control device. The device is driven by a stepper motor, the rotation of the shaft of which is transmitted and converted to these screws by the kinematic links of the device. Transfer of reciprocating motion to zone screws (increase/decrease of clearance) is performed individually by switching on corresponding electromagnetic couplings for time specified by operator of printing machine. To control electromechanical devices (stepper motor, electromagnetic couplings), a program for automating the operation of the proposed device has been developed. The software part is an operating system based on the platform of the C/C++ programming language. Physical prototyping of an automation system based on the *Arduino Uno* hardware-software module has been undertaken. This is a processor board, the hardware of which includes an *ATmega328* microcontroller. A listing of the program and a photograph of the created layout are given. A debugged device automation program showed adequate control of its actuators. According to the technical parameters of the input/output pulses, the *Arduino Uno* module can be used in the general control system of the colorful device.

**Key words:** printing machines, inkapparatus, automation of serve of paint.

**Введение.** Одним из основных узлов офсетной печатной машины является красочный аппарат, служащий для непрерывной подачи краски и нанесения ее на форму для получения оттиска [1]. В состав красочного аппарата входит красочный ящик (корыто), в котором находится печатная краска и в которую погружен дукторный цилиндр. За счет его вращения

краска через зазор между ним и красочным ножом вытягивается из красочного ящика и располагается на поверхности дукторного цилиндра слоем толщиной, определяемой величиной зазора. С помощью передаточного валика, имеющего качательное движение и позицию выстоя на дукторном цилиндре, краска передается в систему раскатных-накатных валиков, где после

механической обработки наносится на печатную форму. В реальных условиях из-за неравномерной подачи краски на форму возникает некорректное пропечатывание текстовой и изобразительной информации на оттиске. Для устранения этого недостатка необходима регулировка подачи краски на отдельных участках печатного контакта, поэтому красочный ящик проектируется с сегментной (зональной) подачей краски в системе «дукторный цилиндр – красочный нож». Печатник вращением зональных винтов регулирует зазор между дукторным цилиндром и красочным ножом, управляет количеством подаваемой из красочного ящика краски. Для автоматизации рассмотренного процесса предлагаются различные устройства, в частности, устройство с индивидуально регулируемыми дозирующими зонами красочного аппарата печатной машины, а также способ управления этим устройством. Оно применимо, если красочный нож разделен на зоны. Каждая зона красочного ножа способна перемещаться для регулирования расстояния между дукторным цилиндром и красочным ножом, что обеспечивает тонкую регулировку и постоянство по толщине наносимого на дукторный цилиндр слоя краски.

**Основная часть.** Спроектировано устройство с индивидуально регулируемыми дозирующими зонами красочного аппарата для печатной машины, имеющее корпус, в котором расположен дукторный цилиндр, красочный нож с дозирующими зонами, рычагами их регулирования, в нижние концы которых упираются регулировочные винты, отличающиеся тем, что каждая ячейка корпуса для дозирующей зоны имеет входную коническую шестерню, зацепленную с двумя сателлитными коническими шестернями с пустотелыми валами, внутри которых проходит регулировочный винт, на которых с внешних сторон ячеек укреплены электромагнитные муфты, а на регулировочный винт навинчены две гайки, каждая из которых имеет шлицевое соединение с подвижным диском электромагнитной муфты, перемещающимся линейно в осевом направлении по ним, причем сателлитные конические шестерни имеют зубчатое зацепление с выходной конической шестерней, вал которой соединен с валом входной конической шестерни следующей ячейки корпуса, а вал входной конической шестерни первой ячейки корпуса соединен с валом шагового двигателя муфтой [2]. Общий вид разработанной конструкции устройства автоматического регулирования зональной подачи краски представлен на рис. 1. Устройство ячейки регулирования одной дозирующей зоны красочного аппарата содержит корпус красочного ящика 4 с установленным на нем красочным ножом 2,

положение которого относительно параллельно прилегающего к нему дукторного цилиндра 1 регулируется поворотным рычагом 3, в нижний конец которого упирается регулировочный винт 5 с маховиком 13 на противоположном его конце (рис. 1, а). В каждой ячейке корпуса 6 установлены четыре конические шестерни. Две из них сателлитные конические шестерни 9 имеют полые валы 8, внутри которых проходит регулировочный винт 5. На свободных концах валов 8 закреплены те части электромагнитных муфт, в которых находятся катушки их возбуждения 10. Напряжение на эти катушки подается угольной щеткой 15 через токосъемное кольцо 14. Подвижная часть электромагнитной муфты – диск 11 с кольцевыми фрикционными накладками 7 – находится на гайках 12, навинченных на регулировочный винт 5. За счет шлицевого соединения с гайками 12 подвижные диски 11 имеют линейное перемещение по ним в осевом направлении, что необходимо при включении электромагнитной муфты. Сателлитные конические шестерни 9 имеют зацепления с выходной конической шестерней 16 для передачи вращения входной конической шестерни следующей ячейки дозирующей зоны. Общая конструкция устройства дозирующих зон красочного ящика приведена на примере двух его соседних ячеек (рис. 1, б). Вал шагового электродвигателя 17 муфтой 18 соединен с валом входной конической шестерни 19, проходящим через корпус 6 первой ячейки. Эта шестерня имеет зубчатое зацепление с двумя сателлитными коническими шестернями 9, пустотелые валы 8 которых выступают в разные стороны корпуса 6.

Внутри этих валов проходит регулирующий винт 5, на одном конце которого закреплен маховик 13 для ручного регулирования расстояния между красочным ножом, разделенным на зоны, и цилиндрической поверхностью дукторного цилиндра. На выходящих концах пустотелых валов сателлитных конических шестерен закреплена часть электромагнитной муфты с катушками возбуждения 10, а на регулировочный винт навинчены две гайки 12 рядом с этими частями электромагнитной муфты, каждая из которых имеет шлицевое соединение с подвижным диском 11 электромагнитной муфты. Диск линейно перемещается в осевом направлении по гайкам при подаче напряжения на катушки возбуждения 10. Для лучшего сцепления двух частей электромагнитной муфты они оснащены кольцевыми фрикционными накладками 7. Напряжение питания катушек электромагнитной муфты подается угольной щеткой 14 через токосъемное кольцо 15. Выходная коническая шестерня 16 имеет на своем валу входную коническую шестерню 19 конструктивного узла следующей дозирующей зоны.

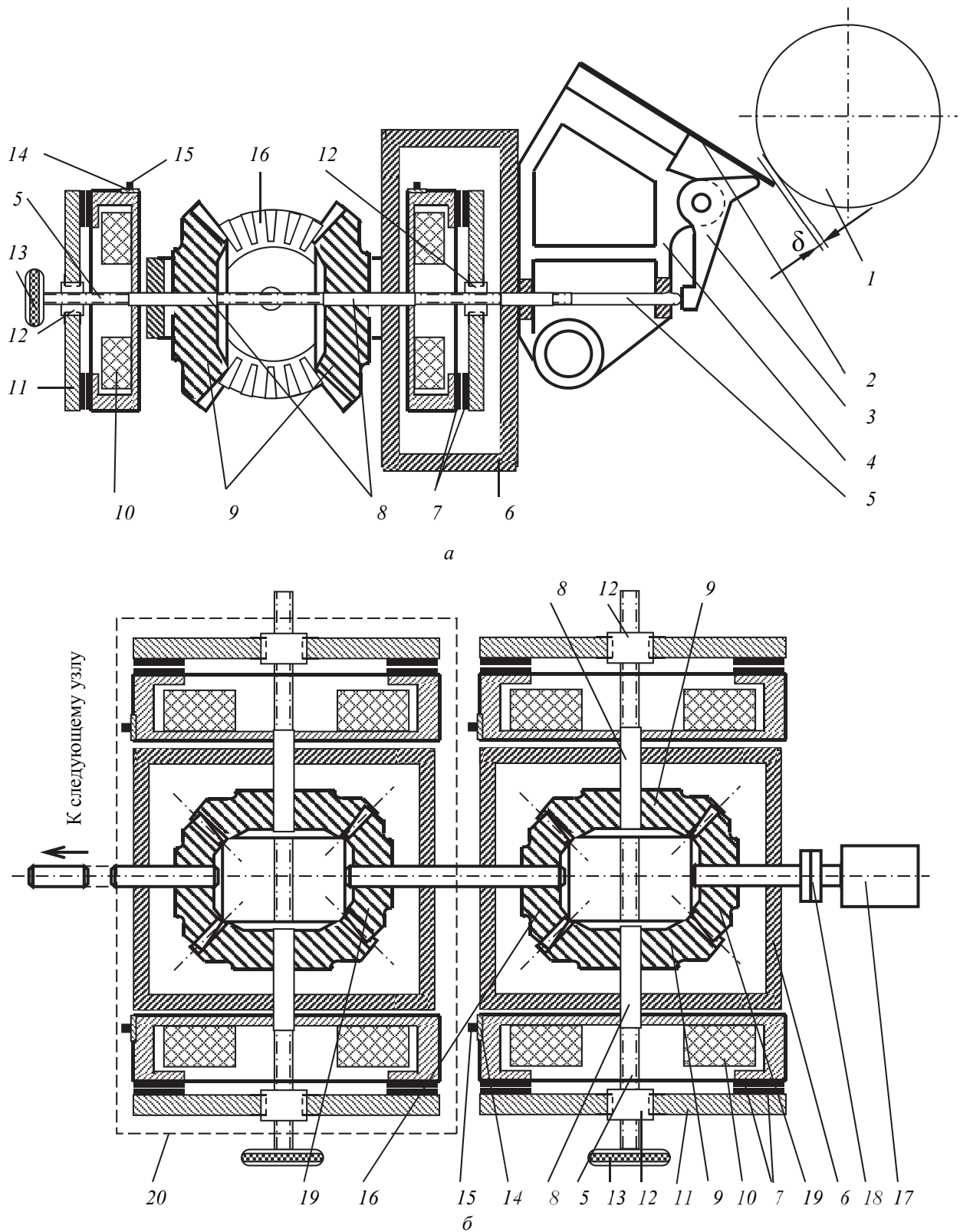


Рис. 1. Устройство автоматического регулирования зональной подачи краски:  
 а – ячейки регулирования одной дозирующей зоны красочного аппарата;  
 б – общее устройство дозирующих зон красочного аппарата

Устройство работает следующим образом. Для регулирования расстояния между красочным ножом и цилиндрической поверхностью дукторного цилиндра какой-либо дозирующей зоны следует включить одну из электромагнитных муфт этой зоны в зависимости от необходимости увеличения или уменьшения этого расстояния. Промежуток включенного состояния муфты будет соответствовать необходимому линейному перемещению регулировочного винта.

Рассмотрим работу механического узла дозирующей зоны. Направление вращения конических шестерен рассматриваются со стороны вала электродвигателя. Допустим, что регулировочные винты имеют правую резьбу и что входная коническая шестерня 19 вращается по часовой стрелке (рис. 1, а). Сателлитные шестерни 9 вращаются против часовой стрелки. При подаче напряжения питания через угольную щетку 14 и токосъемное кольцо 15 на обмотку 10 левой электромагнитной муфты произойдет ее включение. Это приведет к сцеплению с помощью кольцевых фрикционных накладок 7 подвижного диска 11, перемещающегося по шлицевому соединению гайки 12, с вращающейся частью электромагнитной муфты. Подвижный диск 11 вращает гайку 12 и через нее передает усилие вращения регулировочному винту 5, который линейно перемещается в сторону поворотного рычага 3 (рис. 1, а), создавая давление на нижнюю его часть.

Верхняя часть этого поворотного рычага 3 поворачивается вверх, поджимая дозирующую зону красочного ножа 2 к дукторному цилиндру 1, уменьшая расстояние между красочным ножом и цилиндрической поверхностью дукторного цилиндра 1. Увеличение указанного расстояния выполняется включением правой электромагнитной муфты (рис. 1, а). Тогда при вращении подвижного диска 11 с гайкой 12 создается линейное перемещение регулировочного винта в противоположную сторону. Давление на нижнюю часть поворотного рычага 3 уменьшается и за счет упругих сил материала дозирующей зоны 2 и веса краски расстояние между красочным ножом и цилиндрической поверхностью дукторного цилиндра 1 увеличивается. Описанные технологические действия выполняются при вращающемся шаговом электродвигателе. Таким образом, из приведенного описания работы устройства формируется способ управления им, состоящий в том, что предварительно подается напряжение питания на электромагнитные муфты, управляющие регулировочными винтами необходимых дозирующих зон, на промежуток времени, определяющий линейное перемещение регулировочных винтов, с последующим включением шагового электродвигателя, приводящего во вращение устройство

на промежуток времени, необходимый для выполнения включений всех электромагнитных муфт, участвующих на данный момент в регулировании дозирующих зон.

В дальнейших разработках автоматизации работы предложенного устройства предпринято физическое макетирование системы на основе аппаратно-программного модуля Arduino Uno (рис. 2, [3–7]). Это процессорная плата, аппаратная часть которой включает микроконтроллер Atmel AVR (для рассматриваемой задачи ATmega328). Микроконтроллер ATmega328 располагает 32 Кб флэш памяти, из которых 0,5 Кб используется для хранения загрузчика, а также 2 Кб ОЗУ (SRAM) и 1 Кб EEPROM (которая читается и записывается с помощью библиотеки EEPROM).

Программная часть – это операционная система на платформе языка программирования C/C++ (для рассматриваемой задачи C++). Программное обеспечение Arduino работает на операционных системах *Windows*, *Macintosh OSX* и *Linux*, что характеризует кроссплатформенность устройства. Плата имеет цифровые и аналоговые выходы, напряжение которых позволяет управлять релейными и аналоговыми исполнительными аппаратами периферийного оборудования. Она подключается к компьютеру, в который установлена указанная программа, кабельными проводами разъемами типа USB.

В качестве примера разработана программа управления предлагаемым устройством с двадцатью четырьмя дозирующими зонами красочного ножа. Входными данными программы для обобщенности заданы значения как на уменьшение зазора между дукторным цилиндром и красочным ножом, так и на его увеличение или не изменение. Это, как было сказано выше, определяется промежутками времени включенного состояния электромагнитных муфт.

На рис. 3 приведена фотография демонстрационного макета системы управления рассмотренным устройством, где на экране ноутбука видна программа, демонстрируется плата *Arduino Uno*, шаговый электродвигатель типоразмера *Strpmotor 28BYJ* с  $U_{ном} = 5$  В и элементы расширения выходов на базе регистров сдвига (микросхема 74 HC 595).

Для наладки, настройки и визуализации справедливости алгоритма программы к цифровым выводам платы подключены светодиоды. Программа построена так, что ввод исходных данных выполняется из отдельного файла, представляющего «модель» части панели управления печатной машиной, с которой печатник регулирует (корректирует) расстояние между дукторным цилиндром и красочным ножом. Также для корректности изложения материала статьи приведем листинг разработанной программы автоматизации зональной подачи красочного аппарата.

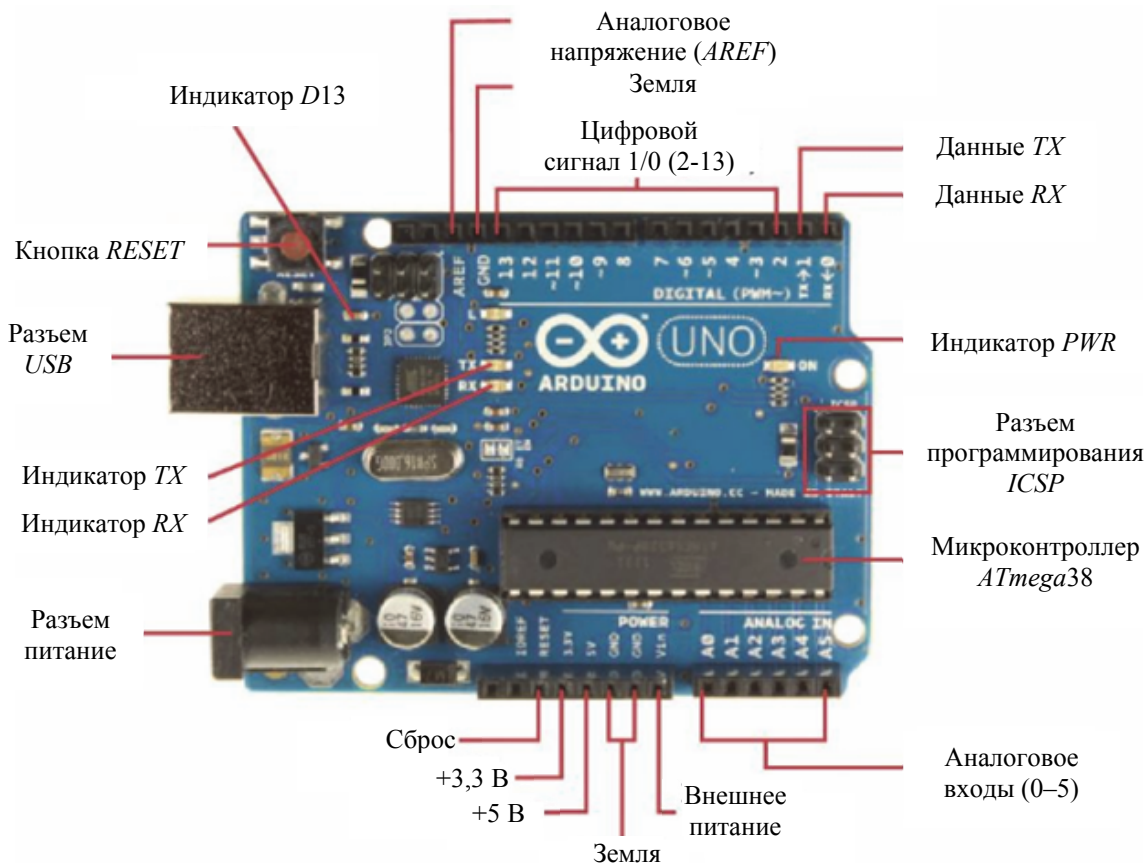


Рис. 2. Общий вид модуля *Arduino Uno*

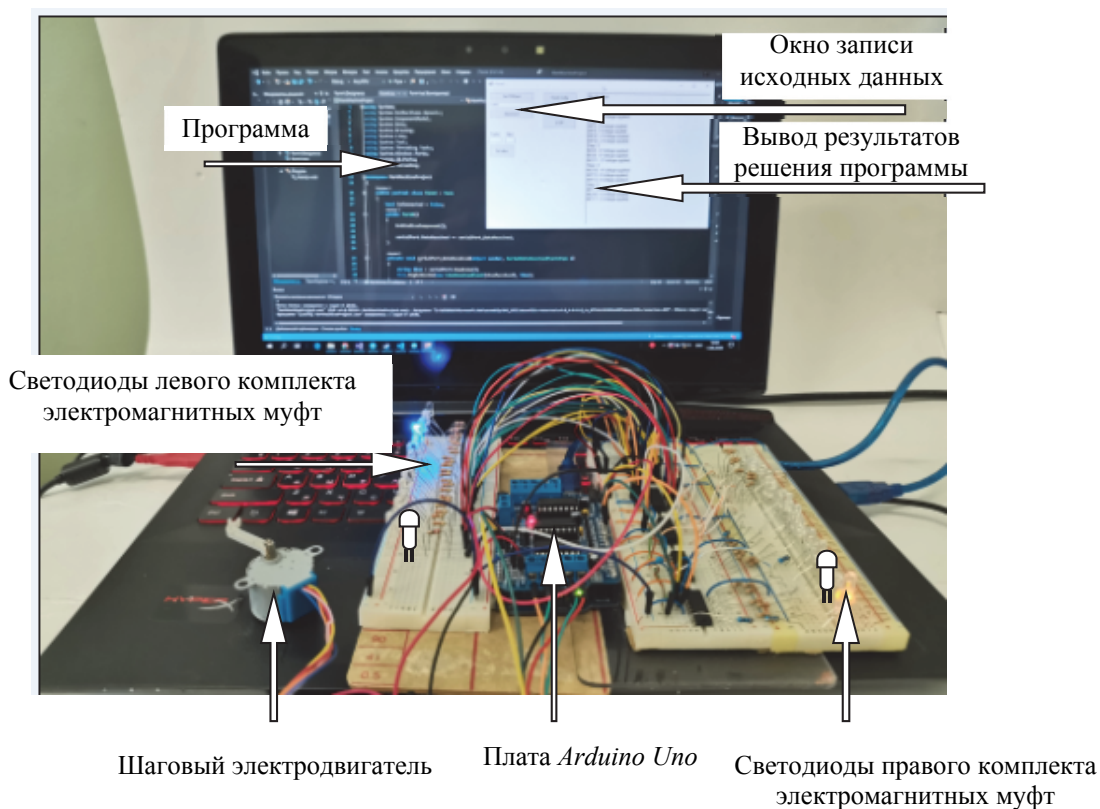


Рис. 3. Макет системы автоматизации зональной подачи красочного аппарата

```

Листинг программы
#include "Shift Register Controller.h"#include
"Settings.h"void start Programm(int data Array[])
{
  long output N;
  long output P;
  for (int i = 0; i < 24; i++)
  {
    if (data Array[i] == -counter && data
    Array[i] != 0) bit Write (output N, i, 1);
    Serial.print ("MO");
    Serial.print (i);
    Serial.print (" ");
    Serial.print (data Array[i]);
    Serial.print (" ");
    Serial.println ("Voltage applied");
  }
  else
  {
    bit Write (output N, i, 0);
  }
  if (data Array[i] == counter &&
  data Array [i] != 0)
  {
    bit Write (output P, i, 1);
    Serial.print ("MP");
    Serial.print (i);
    Serial.print (" ");
    Serial.print (data Array [i]);
    Serial.print (" ");
    Serial.println ("Voltage applied");
  }
  else
  {
    bit Write (output P, i, 0);
  }
  if (data Array[i] == 0)
  {
    bit Write (output P, i, 0);
    bit Write (output N, i, 0);
  }
  }
  //Подача низкого напряжения для начала
  записи в сдвиговые регистры
  digital Write (latch Pin, LOW);
  //запись в сдвиговый регистр 8 бит
  shift Out (data Pin, clock Pin, MSBFIRST,
  output N >> 16);
  shift Out (data Pin, clock Pin, MSBFIRST,
  output N >> 8);
  shift Out (data Pin, clock Pin, MSBFIRST,
  output N);
  shift Out (data Pin, clock Pin, MSBFIRST,
  output P >> 16);
  shift Out (data Pin, clock Pin, MSBFIRST,
  output P >> 8);
  shift Out (data Pin, clock Pin, MSBFIRST,
  output P);

```

```

//Подача высокого напряжения
для сохранения данных в
сдвиговых регистрах
digital Write (latch Pin, HIGH);
//delay (1000);
}
void stop Proqramm()
{
  digital Write (latch Pin, LOW);
  shift Out (data Pin, clock Pin,
  MSBFIRST, 0);
  shift Out (data Pin, clock Pin,
  MSBFIRST, 0);
  shift Out (data Pin, clock Pin,
  MSBFIRST, 0);
  shift Out (data Pin, clock Pin,
  MSBFIRST, 0);
  shift Out (data Pin, clock Pin,
  MSBFIRST, 0);
  shift Out (data Pin, clock Pin,
  MSBFIRST, 0);
  shift Out (data Pin, clock Pin,MSBFIRST, 0);
  digital Write (latch Pin, HIGH);
  //motor.step (100 * counter, BACKWARD,
  DOUBLE);
  current State = 0

```

При макетировании клавиатура ноутбука выступала в роли рабочего стола печатника, который вносит текущие коррективы в размеры расстояния между дукторным цилиндром и красочным ножом. Для этого организовано окно записи исходных данных. Визуализация правильности решений программы достигается выводом их на экран монитора ноутбука. Кроме управления исполнительными элементами программа позволяет выводом на консоль логических единиц сформировать на выходе модуля световую индикацию (включить светодиоды) и информировать о начале работы элементов устройства по обработке заданных перемещений регулировочных винтов красочных зон и об окончании выполнения заданной печатником коррекции расстояний между дукторным цилиндром и красочным ножом.

**Заключение.** Разработанная и отлаженная программа автоматизации устройства зональной подачи краски красочного аппарата показала адекватное управление его исполнительными элементами (электромагнитными муфтами и шаговым электродвигателем) на примере физической модели системы.

Основу модели составляют аппаратно-программируемый модуль *Arduino Uno* и элементы (светодиоды, шаговый электродвигатель), имитирующие функционирование исполнительных элементов.

По техническим параметрам входных/выходных импульсов модуль *Arduino Uno* может быть использован в общей системе управления красочным аппаратом.

### Список литературы

1. Листовые офсетные печатные машины КБА: учеб. пособие / А. Перова [и др.]. М.: МГУП, 2007. 131 с.
2. Устройство с индивидуально регулируемыми дозирующими зонами красочного аппарата для печатной машины и способ управления им. Заявка № а 20170512 от 28.12.2017, РБ, МПК (2016) В41F31/04 / В. П. Беляев, В. А. Шиян. Опубл. 01.02.2018.
3. Arduino. Базовый набор. Руководство пользователя [Электронный ресурс]. URL: <https://books.google.by/books?id=nJBkCAAAQBAJ&pg> (дата обращения: 20.02.2020).
4. Плата Arduino Uno R3: схема, описание, подключение устройств [Электронный ресурс]. URL: <https://arduinomaster.ru/platy-arduino/plata-arduino-uno> (дата обращения: 20.02.2020).
5. Программирование Arduino [Электронный ресурс]. URL: <http://arduino.ru/reference> (дата обращения: 20.02.2020).
6. Аппаратная часть платформы Arduino [Электронный ресурс]. URL: <http://arduino.ru/Hardware> (дата обращения: 20.02.2020).
7. Шаговые двигатели и моторы Arduino 28BYJ-48 с драйвером ULN2003 [Электронный ресурс]. URL: <https://arduinomaster.ru/motor-dvigatel-privod> (дата обращения: 20.02.2020).

### References

1. Perova A., Shtolykov V., Fedoseev A., Vartanyn S. *Listovye ofsetnye pechatnye mashiny KBA* [Sheet-fed offset printing machine KBA]. Moscow, MGUP Publ., 2007. 131 p.
2. Belyaev V. P., Shiyan V. A. *Ustroystvo s individualno reguliruemymi doziruyushchimi zonami krasochного apparata dlya pechatnoy mashiny i sposob upravleniya im* [Device with individually adjustable dispensing zones of the ink machine for the printing press and a method for controlling it]. No. 20170512, BY, МПК (2016) В41F31/04. Publ. 01.02.2018.
3. *Arduino. Bazovyy nabor. Rukovodstvo pol'zovatelya* [Arduino. Basic set. User manual]. Available at: <https://books.google.by/books?id=nJBkCAAAQBAJ&pg>. (accessed 20.02.2020).
4. *Plata Arduino Uno R3: skhema, opisaniye, podklyucheniye ustroystv* [Board Arduino Uno R3: diagram, description, and device connection]. Available at: <https://arduinomaster.ru/platy-arduino/plata-arduino-uno>. (accessed 20.02.2020).
5. *Programirovaniye Arduino* [Programming Arduino]. Available at: <http://arduino.ru/reference> (accessed 20.02.2020).
6. *Apparatnaya chast' platformy Arduino* [Hardware of the Arduino platform]. Available at: <http://arduino.ru/Hardware> (accessed 20.02.2020).
7. *Shagovyye dvigateli i motory Arduino 28BYJ-48 s drayverom ULN2003* [Stepper motors and Arduino 28BYJ-48 motors with driver ULN2003]. Available at: <https://arduinomaster.ru/motor-dvigatel-privod> (accessed 20.02.2020).

### Информация об авторах

**Беляев Валерий Павлович** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры полиграфического оборудования и систем обработки информации. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). Email: [beliaev@belstu.by](mailto:beliaev@belstu.by)

**Островский Виталий Геннадьевич** – студент. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). Email: [3Zelnaga2@gmail.com](mailto:3Zelnaga2@gmail.com)

### Information about the authors

**Belyaev Valery Pavlovich** – PhD (Engineering), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Printing Equipment and Information Processing Systems. Belarusian State Technological University (220006, Minsk, Sverdlova str., 13a, Republic of Belarus). Email: [beliaev@belstu.by](mailto:beliaev@belstu.by)

**Ostrovskiy Vitaliy Gennad'evich** – student. Belarusian State Technological University (220006, Minsk, Sverdlova str., 13a, Republic of Belarus). Email: [3Zelnaga2@gmail.com](mailto:3Zelnaga2@gmail.com)

Поступила 08.06.2020