

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭКСТРУЗИОННОЙ УСТАНОВКОЙ

Гаврильев А.Л., Берчук Д.Ю., Журавлев Д.В.  
Томский политехнический университет, г.Томск, ул.Ленина 30.  
icestq@gmail.com

В настоящее время производится огромное количество станков для быстрого прототипирования (3D-принтеров). Эта отрасль является одной из самых перспективных и быстроразвивающихся. 3D-принтеры используются на предприятиях, в школах, университетах, лабораториях, и даже дома. Наиболее дешевым способом 3D-печати является печать послойным наложением расплавленного материала (FDM). Данный способ печати быстро приобрел популярность за счет низкой стоимости готовых изделий. При таком способе используется расплавленный ABS (PLA, PVA) пластик. Общее потребление пластиковой нити для 3D-печати в России составляет около 10 тонн в месяц и оно будет только расти с каждым годом.

Следовательно, проект установки по производству пластиковой нити для 3D – печати является очень актуальным и перспективным. Технология, на которой возможно это реализовать, носит название экструзии - получение изделий путем продавливания расплава материала через формуемое отверстие, а основное техническое средство – экструдер.

Процесс экструзии заключается в следующем: исходное сырьё засыпается в бункер экструдера, затем из бункера, минуя горловину загрузочной воронки, сырьё попадает в загрузочную зону шнека, а затем транспортируется по цилиндру пластикации. От сдавливания, перемешивания и контакта с нагретым цилиндром и шнеком полимерное сырьё расплавляется и превращается в однородную массу — расплав. Дополнительное преимущество экструдера, в том, что на нём возможно реализовать переработку различного пластикового мусора, которая даст экономию 80% на материалы для 3D – печати.

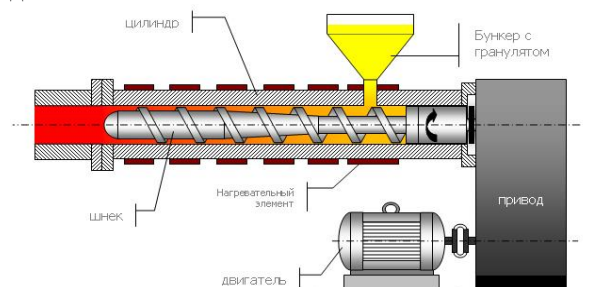


Рис.3. Схема экструдера

Но чтобы получить полностью готовую пластиковую нить, кроме экструдера необходимо ещё несколько устройств, так как экструзия сопровождается различными негативными явлениями, которые вместе составляют экструзионную линию.

Здесь особое место занимает разработка автоматизированной системы управления, позволяющая оптимизировать производство. В данной работе для этого предлагается использование аппаратной вычислительной платформы «Arduino», основными компонентами которой являются простая плата ввода/вывода и среда разработки на языке Processing/Wiring. Arduino может работать как автономная микропроцессорная плата. Плата состоит из микроконтроллера Atmel AVR и элементной обвязки для программирования и интеграции с другими схемами, что облегчает размещение различных датчиков и других вспомогательных устройств в системе управления.

В саму систему входит контроль над температурой нагревательных элементов и приводами для вращения шнека и катушки намотки.

Но основная проблема при процессе экструзии пластиковой нити, это то, что скорость экструзии непостоянна, и синхронизировать ее довольно сложно. Для решения заведомо снижена скорость намотки, для того чтобы избежать обрыва нити и нарушения производства. В этом случае при более высокой относительной скорости экструзии нить будет только провисать (рис.4).

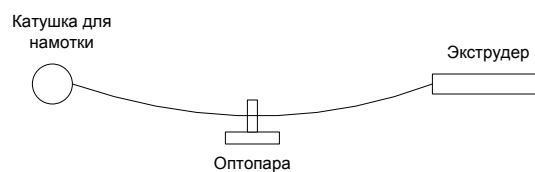


Рис.4. Схема линии

Тогда чтобы избежать этого добавим дополнительные датчики – оптопары. Оптопара или оптрон — электронный прибор, состоящий из излучателя света и фотоприёмника, связанных оптическим каналом и объединённых в общем корпусе. Принцип работы оптрона заключается в преобразовании электрического сигнала в свет, его передаче по оптическому каналу и последующем преобразовании обратно в электрический сигнал.

Следовательно, когда нить начнет провисать, между излучателем и приемником, изменится и величина проходящего света, которую можно зафиксировать в Atmel AVR. Тогда в среде программирования Arduino это условие можно учесть при написании алгоритма программы автоматического управления. Действующее значение сигнала от оптопары будет сравниваться с фиксированным, и, если оно меньше, то будет включаться

привод катушки. Это реализуется в следующем алгоритме:

Введем переменную `sensorValue` – действующее значение с оптопары, `sens` – фиксированное значение, соответствующее прохождению нити через оптопару. Тогда сравниваем эти переменные:

```
if (sensorValue > sens) {
```

При соблюдении условия, ускоряем привод катушки, так чтобы намотать провисающий пластик:

```
  Restr = 1;
```

Чтобы в дальнейшем отключить привод, начнем отсчет времени от его включения с помощью функции `millis`:

```
  time = millis();
```

```
  else {
```

Если же условия не соблюдаются, то проверяем время. По мере натяжения нити провисание исчезает через определенное время, которое зафиксировано в программе, постоянно сравнивая его с отсчитанным по функции `millis`:

```
  if (millis() - time > ctime) {
```

После того, как время достигнуто необходимо отключить привод:

```
    Restr = 0;
```

```
  }
```

```
  else {
```

Но если этого не произошло, то оставляем привод включенным.

```
    Restr = 1;
```

```
  }
```

```
}
```

Исходя из идеи системы управления, можно заметить, что провисания обязательно должны появляться. В случае их отсутствия имеют место нарушения в производстве, следовательно, необходимо предусмотреть аварийный вариант работы системы. Реализуется это также в среде программирования Arduino:

За все время отключенного привода `Restr`, будет включаться счетчик `counter`

```
if (Restr == 0) {  
  counter = counter + 1;  
}
```

Когда значение `counter` превышает допустимое `emint`, то включается релейный модуль `emPin`, замыкающий контакты питания.

```
if (counter > emint || RestrNam == 1) {  
  digitalWrite(emPin, LOW);
```

Реализация разработанной системы управления представлена на рис.5.

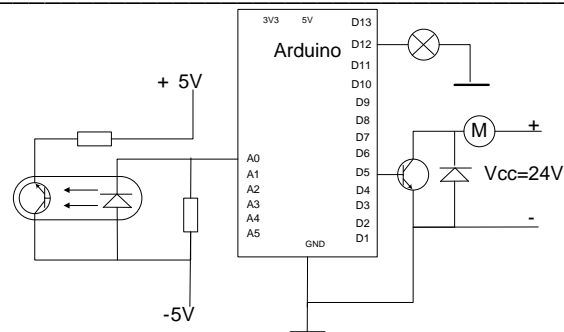


Рис.5. Общая схема системы управления

Оптопара подключена к аналоговому порту A0, которая принимает ее значения, по дискретным портам соответственно подсоединены привод наматывающей катушки и аварийное реле.

### Заключение

На данном этапе получен прототип рабочей установки, которая способна изготавливать 60 кг в месяц пластиковой нити для 3D-принтеров. Планируется создание оборудования, способного перерабатывать пластик производительностью 300-500 кг/мес., а также производства на базе данного оборудования с выпуском готовой продукции объемом 3-5 т./мес. На основе разработанной автоматизированной системы удалось достаточно оптимизировать процессы и увеличить эффективность работы экструдера. В работе описаны пока общие принципы системы и отдельные моменты.

Более того, предполагается разработка мобильного устройства для переработки пластиковых отходов для получения нити. Данный проект позволит в значительной мере способствовать решению нарастающей экологической проблемы, реализовывая концепцию экономии и возобновления ресурсов.

### Литература

1. Экструзия. Экструдер. Экструзионная линия [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://www.ence-gmbh.ru/rus/extruding\\_machines.php](http://www.ence-gmbh.ru/rus/extruding_machines.php), свободный.
2. Экструдеры: назначение, устройство, комплектация. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://poly-prom.ru/polezno/opisanie-ekstruderov>, свободный
3. Оптопара. Принцип работы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Оптрон>, свободный
4. Программирование на Arduino [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://arduino.ua/ru/prog/>, свободный
5. Описание основных функций языка Arduino [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://freeduino.ru/arduino/lang.html>, свободный