

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПЕРЕРАБОТКИ ПЛАСТИКА В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ ДЛЯ НУЖД 3D-ПЕЧАТИ**

**Веренич Е.А.<sup>1</sup>, Позднякова А.И.<sup>1</sup>, Прохорович С. С.<sup>2</sup>, Очеретний А.М.<sup>1</sup>, Гриневич А.И.<sup>1</sup>**

1) УО «Национальный Детский Технопарк»,  
Минск, Республика Беларусь

2) Белорусский национальный технический университет,  
Минск, Республика Беларусь

В современном мире загрязнение окружающей среды пластиковыми отходами одна из самых серьёзных экологических угроз, стоящих перед человечеством. Существуют различные способы его утилизации. Например, захоронение, при котором пластмасса размещается в назначенном месте для хранения в течение неограниченного срока. Или сжигание, из-за чего в процессе термодеструкции полимера образуются различные токсичные газы, например, аммиак, оксиды азота, хлористый водород, диоксины и др [1]. Несложно заметить, что такие способы утилизации наносят ещё больший вред. В этом случае переработка является наиболее рациональным способом утилизации пластмасс. Учитывая рост рынка 3D-печати возможность повторного использования пластиковых отходов позволяет сократить расходы на филамент, а также его себестоимость в целом.

Исходя из этого появилась идея разработки автоматизированной системы переработки пластика. Разработанный переработчик состоит из двух основных модулей: шредера и экструдера, и такое объединение позволяет осуществлять полный цикл переработки — от твёрдых пластиковых отходов до готового филамента, пригодного для повторного использования в 3D-принтерах.

Первым делом остатки пластика требуется перемолоть в мелкий порошок. В таком состоянии будет проще с ним взаимодействовать. Для этого предназначен шредер, который представляет из себя набор конических шестерен с ведущим зубчатым колесом. Для движения полной конструкции шредера достаточно запустить один вал, а второй начнёт крутиться при помощи ведущего зубчатого колеса.

Следующим шагом была смоделирована платформа для экструдера. Сам экструдер будет представлять из себя шнек, который будет по соплу переносить пластик к нагревательным элементам, которые в итоге будут выводить готовый филамент. При помощи шагового двигателя будет приводиться в движение шнек. Основным компонентом управления экструдера является реле. При запуске автоматически запускается процесс нагревания хотенда и продолжается до тех пор, пока на датчике температуры не будет достигнута определённая температура. После её

достижения, срабатывает релейный модуль, который запускает систему охлаждения (вентилятор).

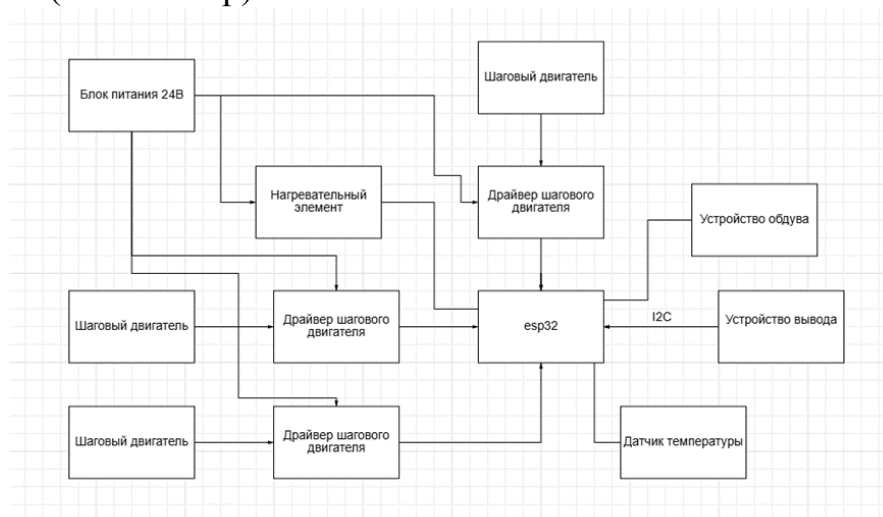


Рис. 1. Структурная схема разрабатываемой системы

Для управления подобной системой используется ESP32 (рис. 1). Для управления различными частями конструкции используются шаговые двигатели Nema 23 и драйвера TB6600. Использование данных шаговых двигателей обусловлено расчётом их момента силы.

Также был создан Telegram-бот, благодаря которому пользователь может узнать температуру нагрева экструдера, мощность, с которой работает каждый их шаговых двигателей, а также состояние автоматизированной системы. Помимо этого, были проработаны отдельные заранее заготовленные сценарии для переработки различных видов пластика [2]. В зависимости от типа пластика, требуется разная скорость работы шаговых двигателей, а также требуется разная температура нагревания. Кроме управления при помощи предоставляемого Telegram-ботом интерфейса, есть потребность в реализации физической системы управления. Для этого используются дополнительные кнопки. Для управления станком будет использоваться концепция «курсора», т.е. на дисплее перед изменяемым параметром будет отображаться символ «<>».

Для отображения информации о состоянии системы ещё используется OLED-дисплей с разрешением 128 на 32 пикселя, выполненный по технологии OLED, не требующей внешней подсветки, и дисплей подключён по шине I2C. Система охлаждения реализована с использованием вентиляторов размером 120 миллиметров, обеспечивающих поддержание определённой температуры сопла и охлаждение готового филамента перед намоткой.

1. Утилизация изделий из пластика /А.А.Шевцова URL: <https://web.snauka.ru/issues/2016/01/62753>(дата обращения: 23.02.2026).

2. Веренич Е.А., Позднякова А.И. Экологически ориентированные автоматизированные системы переработки пластика// - НАУЧНЫЙ ФОРУМ. 2026. URL: <https://naukaip.ru/wp-content/uploads/2026/02/МК-2599.pdf>