**Пример реализации автоматизации аддитивного производства на базе ЧПУ**

**Аннотация:** Рассматривается пример реализации устройства 3D-принтера и новейшие решения, применяемые для улучшения качества производимой продукции, увеличения скорости производства и уменьшения износа оборудования.

**Ключевые слова:** 3D-принтер, численно-программное управление, аддитивное производство

**Гаврилов Егор Денисович**

*Студент, Ульяновского государственного*

*технического университета, Россия, г. Ульяновск*

**Петрова Марина Валерьевна**

*Канд. технических наук, доцент*

*Ульяновского государственного технического*

*университета, Россия, г. Ульяновск****Gavrilov Egor Denisovich***

*Student, Ulyanovsk State*

*Technical University, Ulyanovsk, Russia*

***Petrova Marina Valeryevna***

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*

*Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk, Russia*

**An example of the implementation of automation of additive manufacturing based on CNC**

**Annotation:** An example of the implementation of a 3D printer device and the latest solutions used to improve the quality of products, increase production speed and reduce equipment wear are considered.

**Keywords:** 3D printer, numerical control, additive manufacturing

Рассматриваемое оборудование имеет трех-осевую кинематику coreXYZ [1, c. 22], систему численно-программного управления и работает по технологии послойного наплавления материала (FDM). Для движения по осям X-Y используется два шаговых двигателя. Для движения по оси Z используется 4 шаговых двигателя, передвигающих проём XY.

Управляющей платой является Raspberry Pi 5, которая соединена через порт USB-A с

1. Материнской платой

2. Модулем U2C

3. USB камерой

4. Экраном управления

Raspberry Pi 5 выполняет необходимые в процессе работы вычисления, имеет возможность беспроводного (Wi-Fi) и проводного (LAN) подключения к компьютеру или телефону и веб-интерфейс, дающий возможность удаленного управления, оповещения и мониторинга в режиме реального времени.

По порту HDMI подключается экран управления.

Имеются источники постоянного напряжения 5 и 12 вольт, реле подогрева стола.

Экструдер содержит хотенд, (состоящий из сопла, нагревательного элемента, термистора и термобарьера) датчик положения (TAP), кулер охлажения хотенда, кулер охлаждения модели, радиатор, корпус, шаговый двигатель подающего механизма, подающий механизм, концевой выключатель по оси Х, датчик положения по оси Z, плату датчика положения по оси Z, акселерометр ADX145, управляющую плату BIGTREETECH EBB36 CAN. Связь с экструдером осуществляется между модулем BIGTREETECH EBB36 CAN и модулем U2C по протоколу CANBUS.

К материнской плате подключатся шаговые двигатели, концевой выключатель оси Y, реле подогрева стола.

* MESH-карта

В связи с механическими дефектами поверхности подогреваемого стола и его деформацией при нагреве возникает перечень проблем при печати, решением которого является использованием MESH-карты стола. Оптический датчик положения по оси Z реагирует на касание экструдера соплом поверхности стола. Таким образом, за нуль принимается некая точка, например, центр, а весь стол промеряется определенным количеством точек, например 4×4, 8×8, 16×16 и т.д., составляя некую «сетку». С увеличением количества точек соответственно повышается точность. Далее по этим точкам автоматически составляется полигональная карта стола в удобном для анализа формате, при дальнейшей печати система управления учитывает недостатки поверхности и в процессе печати корректирует положение экструдера.

* Настройка ПИД-регуляторов

Современные системы управления дают возможность автоматической калибровки значений ПИД-регулятора нагревательных элементов хотенда и стола.

Запускается ПИД-калибровка отправлением в консоль 3д-принтера команды G-кода с указанием номера экструдера, температуры для которой калибровка будет производиться и количества итераций калибрования нагревательного элемента.

При печати полимерами требованию к ПИД-регулятору:

1. Нагрев до заданной температуры за заданное время

2. Перерегулировании не более, чем на 5-10 градусов

Со встроенным в систему управления механизмом калибровки ПИД-регулятора данные требования стабильно выполняются.

* Калибровка резонансов

В процессе печати на качество производимой продукции и износ механических компонентов влияют резонансы механической конструкции, наводящиеся при движении экструдера по осям X и Y. Для устранения этой проблемы в экструдер встроена плата акселерометра, а на плате управления существует механизм компенсации резонансов.

Для калибровки в определенном начальном положении шаговые двигатели начинают двигать экструдер поступательными движениями, постепенно увеличивая частоту. В процессе этого акселерометр считывает ускорения, с которыми экструдер движется и составляет отчет по наличии резонансных частот.

В дальнейшем система управления при печати считывает в реальном времени ускорения, с которыми передвигается экструдер и избегает резонансных частот, изменяя заданные в управляющей программе скорости и ускорения.

* Автоматический мониторинг

Raspberry Pi 5 позволяет осуществить автоматический мониторинг в режиме реального времени, на основе искусственного интеллекта. Через USB камеру, подключенную к системе управления специально обученная система отслеживания ошибок и недостатков печати способна, в зависимости от её настройки, оповещать пользователя или останавливать работу для недопущения поломки оборудования.

Данные нововведения в автоматизацию систем управления 3D-принтеров свидетельствуют о развитии сферы 3D-печати. Эти способы контроля и управления работы 3D-принтера позволяют улучшить качество изготавливаемой продукции, уменьшить время её производства и увеличить срок службы оборудования.

**Список источников**

1. Семиглазов, В. А. 3D Технологии : учебное пособие / В. А. Семиглазов. — Москва : ТУСУР, 2023. — 192 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/394100 (дата обращения: 25.11.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.