

5. Современная обстановка в мире обуславливает необходимость ускорения развития отечественной электроники и сельхозмашиностроения, без которых невозможно осуществлять роботизацию и применение робототехнических средств в АПК. Это направление становится главным в конкурентной борьбе на мировом рынке.

**Список цитированных источников**

1. Рунов, Б.А. Применение робототехнических средств в АПК // С.-х. машины и технологии. – 2016. – №2. – С. 44.
2. Кормановский, Л.П. Тенденции применения доильных роботов / Л.П. Кормановский, Ю.А. Иванов, И.К. Текучев // Техника и оборудование для села. – 2008. – №8. – С. 36-38.
3. Кормановский, Л.П. Развитие роботизации доения коров // Вестник ВНИИМЖ. – 2013. – №2(10). С. 78-82.

УДК 004.896: 62-503.55

**5D-КООРДИНАТНЫЙ ФРЕЗЕРНЫЙ МОДУЛЬ  
ДЛЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО УСТРОЙСТВА «MULTICUBE»**

**Клевец В. Э., Банза П. К.**

*Гомельский государственный технический университет  
имени П.О. Сухого, г. Гомель, Беларусь*

*Научный руководитель: Комраков В. В., канд. техн. наук, доцент*

Фрезерные станки с ЧПУ позволяют изготовить детали со сложными криволинейными поверхностями и предназначены для обработки плоских и пространственных корпусных деталей, осуществляют следующие операции: плоское, ступенчатое и контурное фрезерование с нескольких сторон и под различными углами, а так же сверление и растачивание.

При расширении степеней свободы перемещения фрезы до пяти возможности станка возрастают ещё больше. Так называемая «5-координатная обработка» означает, что к движениям фрезы по трём координатам добавляется поворот вокруг двух осей. На практике изменение угла инструмента относительно заготовки может осуществляться поворотом рабочего стола (платформы) или наклоном самого шпинделя. Соответствующее усложнение конструкции и удорожание станка компенсируется существенным расширением технологических возможностей.

При изготовлении на станках с ЧПУ наиболее сложными для обработки являются криволинейные фасонные поверхности (плоскости с прямолинейной направляющей и криволинейной образующей). В то же время в технике такие поверхности встречаются повсеместно – особенно в деталях машин и механизмов (зубчатые колёса, крыльчатки насосов, роторы компрессоров). Даже фреза самого станка (или обычное сверло бытовой дрели) содержит стружечную канавку сложного профиля, изготовление которого является очень непростой задачей. И в ряде случаев 5-координатный станок является единственным средством фрезерования «сложной» детали.

Достоинства 5-координатной обработки не ограничиваются фрезерованием сложных профилей. Порой «обычные» детали (в частности, корпусные) содержат множество конструктивных элементов: рёбра жёсткости, галтели и скругления, приливы, бобышки, а главное – большое количество отверстий. В этом случае возможность сложного взаимного перемещения фрезы и заготовки относительно пяти координат позволяет обраба-

тывать множество различных участков детали без остановки станка и перезакрепления заготовки. Это существенно экономит время на выпуск детали, а кроме того, обеспечивает высокое качество фрезерования.

Целью работы является разработка приложения для генерации файлов в формате G-code. После обзора существующего программного обеспечения по формированию файлов формата G-code принято решение о создании приложения, которое позволит генерировать G-code из файла в формате STL. В этом формате наиболее удобно хранить полигональную сетку, которая определяет поверхность обрабатываемой детали.

Координаты вершин полигонов, полученные из файла в формате STL, используются в качестве связующих координат, по которым осуществляется движение фрезы по поверхности обрабатываемой детали. Так как все полигоны имеют разные размеры, количество проходов фрезы, с одной стороны, зависит от этих размеров, с другой стороны, зависит от диаметра фрезы. Для поворота поворотного столика на нужный угол используется метод определения положения плоскости в пространстве, проходящей через каждый полигон обрабатываемой поверхности.

В качестве основы для построения программно-аппаратного комплекса используется микроконтроллер Arduino и плата Ramps 1.4.

На микроконтроллер Arduino установлена прошивка Marlin с изменениями, обеспечивающими работу 5-осевой обработки детали фрезерованием.

Программное обеспечение для управления 5D-координатным фрезерным модулем разработано на языке программирования C#, в среде разработки Visual Studio 2017 и осуществляет следующие функции:

- считывание данных из файла STL;
- осуществлять выбор диаметра фрезы;
- формирование и сохранение G-code в файл;
- отправка команд в формате gcode для управления работой многофункционального устройства «MultiCube».

Общая схема алгоритма представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Общая схема алгоритма

Настоящий проект имеет важную социальную значимость, так как направлен на развитие научно-исследовательской и инновационной деятельности университета и развитие творческих способностей студентов.

УДК 629.7.05

## **ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В БОРТОВЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

**Коваленко А. М.**

*Военная академия Республики Беларусь, г. Минск, Беларусь  
Научный руководитель: Шейников А. А., канд. техн. наук, доцент*

Анализ применения беспилотных летательных аппаратов (БЛА) в вооруженных конфликтах последнего десятилетия показывает необходимость обеспечения режима их автономной навигации в условиях радиоэлектронного противодействия противника [1]. Это связано с активным развитием систем радиоэлектронной борьбы («Красуха», «Шиповник-АЭРО», Комплекс РТР «ПЕЛЕНГ», АСП Р-934Б), которые способны «перехватывать» управление БЛА или, по крайней мере, подавлять сигналы управления и позиционирования (GPS, ГЛОНАСС, Galileo, BeiDou). Кроме этого, точность измерений спутниковой навигационной системы (СНС) зависит от состояния ионосферы и атмосферы Земли (сильная облачность и т. д.). При отсутствии сигналов СНС в бортовой инерциальной навигационной системе (ИНС) возникают ошибки определения координат, вызванные инструментальными погрешностями чувствительных элементов, а их процесс накопления имеет экспоненциальный характер, поскольку дисперсия ошибки пропорциональна кубу времени интегрирования. Поэтому инерциальные навигационные системы проблематично использовать без дополнительной коррекции в течение продолжительного времени. Наиболее эффективным решением задачи обеспечения автономной навигации является использование информации от бортовых оптико-электронных систем (ОЭС) для периодической коррекции ошибок ИНС. Основным отличием этих систем является то, что ошибки ОЭС известны и постоянны по времени. При этом актуальной становится задача разработки алгоритмов автоматического распознавания навигационных ориентиров по данным бортовой цифровой камеры.

Анализ современных разработок в области автономной навигации показал, что в наиболее эффективными являются системы, алгоритмы которых построены на технологии нейронных сетей.

Так, например, определенных успехов добилась компания NVIDIA, специализирующаяся на разработке графических процессоров. Разработанный специалистами компании БЛА имеет бортовую систему технического зрения на базе встраиваемого компьютера NVIDIA Jetson TX1 (рисунок 1). Алгоритмическое обеспечение этой системы разработано на основе технологий искусственного интеллекта с применением нейронных сетей, которые и определяют высокие требования к быстродействию бортового процессора.