

# МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И МАШИНОСТРОЕНИЕ

Тетерина И. А., вед. инж.,  
Блудов А. Н., аспирант,  
Табекина Н. А., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## МОДЕРНИЗАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ КОЛЕС ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

avtpost@mail.ru

В настоящее время повышение производительности процессов восстановления профилей колес ж/д транспорта возможно только с использованием программных операций обработки с модернизацией оборудования.

В результате исследований получены алгоритмы реализации управления специальным станочным модулем, оснащенным управляющими приводами, а так же алгоритм генерации управляющей программы на основе данных бесконтактного измерения наплавленного профиля.

**Ключевые слова:** железнодорожное колесо, станок, алгоритм, программа, восстановление.

Повышению эффективности процессов механической обработки способствует модернизация используемого в ремонтных службах оборудования, которая заключается в оснащении его управляемыми приводами и стойкой с системой числового программного управления, а так же упрощение действий по позиционированию рабочих органов за счет сокращения оперативного времени[6].

Модернизация специального оборудования для обработки поверхностей катания колес ж/д транспорта заключается в установке специальных приводов и систем управления ими [4]. Задачи модернизации должны решаться в два этапа:

1. Оснащение специального или специализированного станка приводами с механизмами управления[3];

2. Создание и настройка системы позволяющей адаптироваться под получаемую поверхность[1].

Наиболее приемлемым для построения адаптивной системы управления является получаемый профиль ж/д колеса.

После получения профиля [5] колеса необходима отработка полученного цветового изображения, которая необходима для определения величины припуска и формирования управляющей программы. Далее необходим перевод цветного изображения в монохромное. Для получения в памяти системы информации о контуре требуется выполнить анализ монохромного изображения, представленного на рис. 1.



Рис. 1. Монохромное изображение профиля ж/д колеса

Назначается минимальный диаметр профиля  $D_0$ , от которого начинают отсчет и анализ пикселей, в простом случае назовем это нулевой линией  $Ox$ , затем назначается вторая начальная

линия отсчета – линия  $Oy$ , Таким образом координата каждого пикселя, или элемент изображения будет пересчитываться по формуле:

$$\begin{aligned} X_u &= X_m - X_o \\ Y_u &= Y_m - Y_o, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $X_u, Y_u$  – значения координаты пикселя в выбранной системе.  $X_m, Y_m$  – соответствующие текущие координаты;  $X_o, Y_o$  – соответствующие координаты нулевых линий  $Ox$  и  $Oy$ .

Последовательно, в пиксельном виде создается массив данных описывающих профиль. Опишем алгоритм, изображенный на рис. 2.

На основании вышеизложенного сформулируем требования к алгоритму управления оборудованием [7]:

1) Разработанные программы должны соответствовать заданному перед началом обработки профилю, созданные программы должны храниться в библиотеке системы;

2) Точность поверхностей и ее качество должны соответствовать требованиям, предъявляемым ГОСТ 9036-88;

3) Система должна автоматически генерировать управляющую программу;

4) При отсутствии механизма смены инструмента обработки должны выполняться одним инструментом.

Используемый в системе программный модуль обработки должен содержать следующие функции [2]:

1. Функция ускоренного перемещения;
2. Функция линейного перемещения с рабочей подачей;
3. Функция линейной интерполяции;
4. Функция круговой интерполяции.

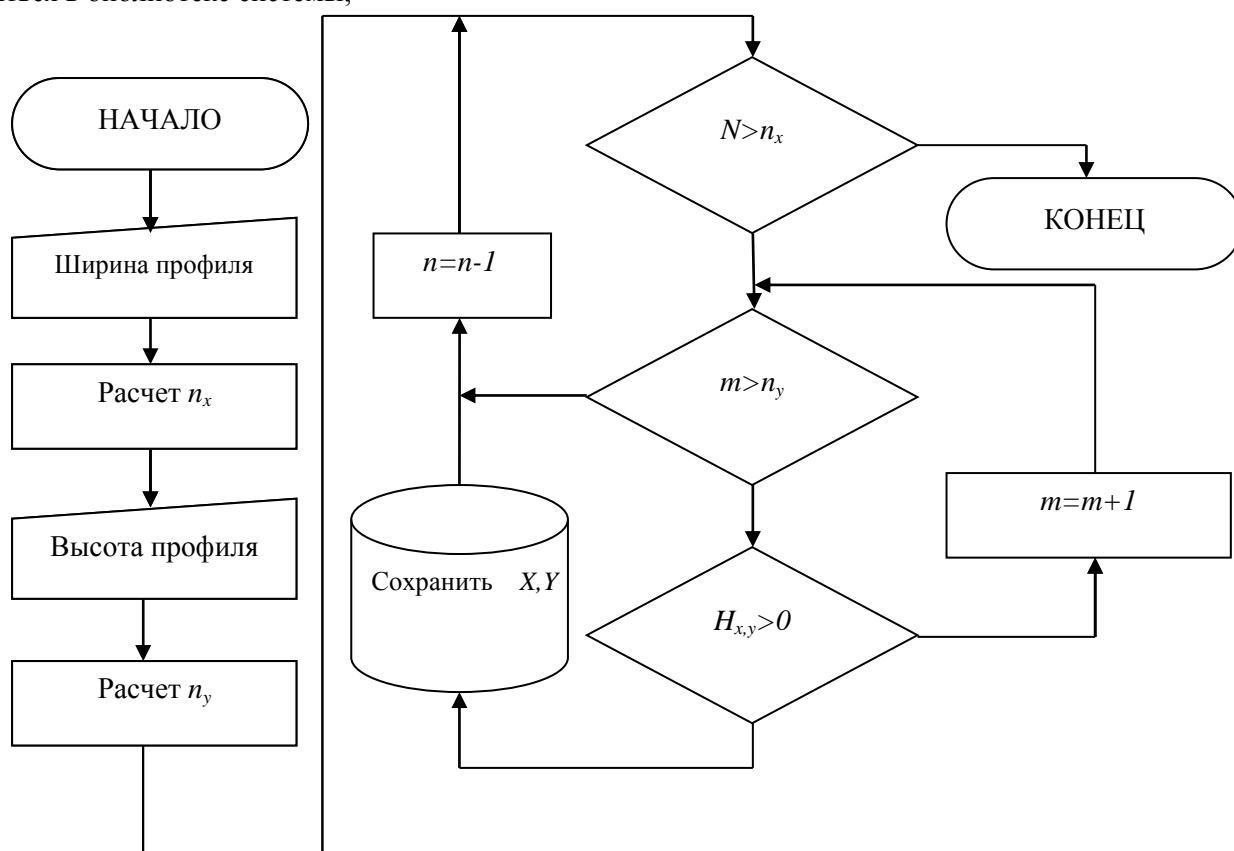


Рис. 2. Блок-схема реализации алгоритма получения «реального» профиля

Определившись с требованиями к процессу получения поверхности можно приступить к выполнению синтеза алгоритма управления станочным модулем по восстановлению ж/д колёс. Выполнение таких требований, как обеспечение шероховатости поверхности, точность ее выполнения позволят создать наиболее эффективный алгоритм получения поверхности.

Профиль колеса можно получить с помощью многопроходной обработки за счет снятия припуска в несколько проходов.

Выполнение съёма припуска за меньшее количество проходов и выполнение обработки одним инструментом [6] являются основными требованиями к алгоритму функционирования системы управления, которые дают определённые преимущества предлагаемого варианта модернизации оборудования. А именно, в зависимости от величины припуска  $\Delta$ , определяется количество проходов – один, два и т.д. Выполнено моделирование обработки профиля колеса с использованием САМ модуля ADEM 8.1, где снимался припуск – 3 мм при условии двойного

прохождения контура. Наиболее эффективной в использовании является круглая пластина радиусом 27,8 мм, на что и следует ориентироваться при выборе режущего инструмента для получения наиболее приближенной к реальной траектории.

Из полученного текста программы *CLData* и текста в коде *ISO 7 bit* следует, что движение по траектории выполняется с круговой интерполяцией, причем по большинству участков.

Чтобы окончательно получить алгоритм необходимо разбить профиль восстанавливаемого колеса на участки и произвести пересчет всех

координат, представленных в ГОСТ 9036-88 в систему координат станка. Координату *Y* преобразуем в координату *X*, а *X* в координату *Z* станка. При этом следует учесть обозначенные на рис. 3 дополнительные точки профиля как опорные.

Часть координат опорных точек профиля представлена в ГОСТ, а часть рассчитана и получена с помощью геометрических построений в *ADEM 8.1*

Таким образом, разработанная авторами модель имеет вид:

$$T_{\sigma} = \sum_{j=1}^I (T_{0j} + T_{ej} + \sum_{i=1}^{e+1} \frac{z_i - z_{i-1}}{S_i}) + \left( \frac{x_{01} - x_{e+1}}{S_{\text{сук}}} + \frac{|z_{01}| - |z_{02}|}{S_{\text{сук}}} + \frac{x_{03} - x_{0-1}}{S_{\text{сук}}} \right) \cdot (I - 1), \quad (2)$$

где *I* – количество выполняемых проходов; *S<sub>i</sub>* – подача на *i*-м участке траектории; *z<sub>i</sub>* – координата текущей точки; *T<sub>0j</sub>* – время подвода; *T<sub>ej</sub>* – время отвода.

После получения модели, описывающей процесс снятия припуска, можно приступить к построению алгоритма генерации управляющей программы.

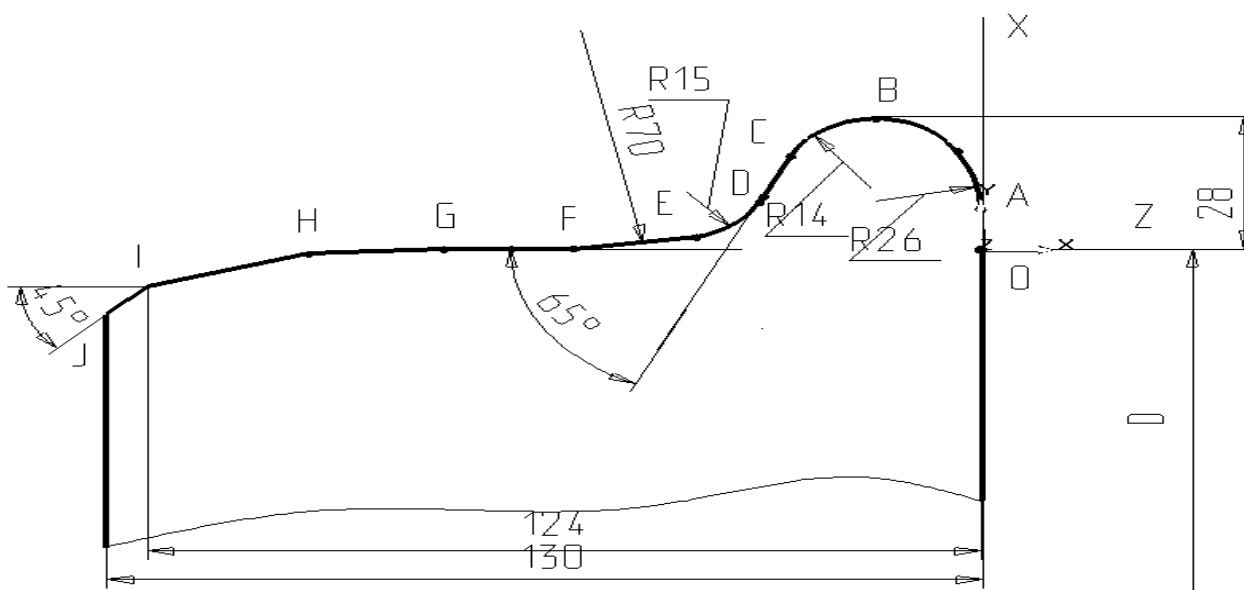


Рис. 3. Разбивка профиля колеса на участки для пересчета координат

Если сравнить в памяти компьютера заданный шаблон профиля с обрабатываемым и получить значение величины снимаемого припуска и заданным шаблоном, то можно вычислить укрупненный алгоритм генерации управляющей программы.

Согласно обобщенной модели обработки поверхности восстанавливаемого колеса число проходов контура будет равно максимальному значению проходов, найденному для определенной точки. Если по условиям обработки требуется выполнить более одного прохода, то в этом случае, после выполнения первого прохода

назначается возврат инструмента в точку начала обработки. Для каждого участка траектории назначается своё значение интерполяции, на основе которого назначается ее вид, как было сказано выше: если  $R_i > 0$ , то назначается круговая интерполяция с радиусом  $R_i$ .

После отработки массива точек изображения запускается процедура генерации управляющей программы, приведенная на рис. 4.

Команды представляются не семантически, а своим положением в строке, и выглядят следующим образом:

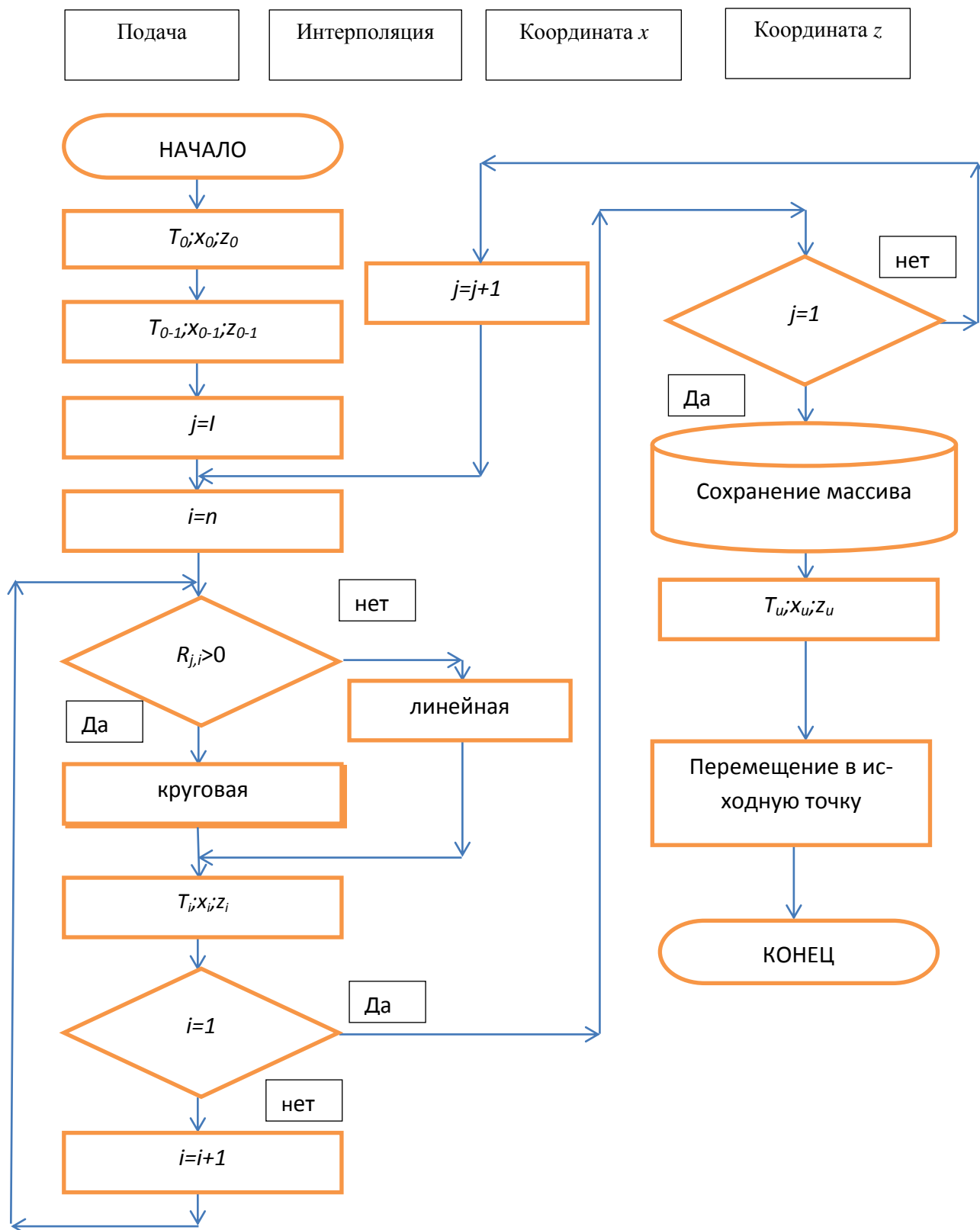


Рис. 4. Блок-схема алгоритма процедуры генерации управляющей программы

**Выводы.** Таким образом, с помощью анализа графического изображения возможно получение реального изображения наплавленного профиля ж/д колеса, которое при сравнении с базовым профилем позволяет получить значения припуска в каждой опорной точке профиля, а выполнение перемещения на повышенной пода-

че на участках, где весь припуск снимается на предыдущем проходе позволяет получить программу с сокращенным временем обработки, как показал анализ алгоритма. Разработанная математическая модель, алгоритм управления приводами оборудования, алгоритм построчной генерации управляющей программы позволили

оценить время выполнения операции и получить массив данных. Доказано, что при вводе всего пяти параметров в строку: подачи, радиуса интерполяции, направления интерполяции, координат опорной точки ( $x, z$ ), возможно создание в памяти системы дополнительных профилей.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чепчуров М.С. Контроль и регистрация параметров механической обработки крупногабаритных деталей: монография / М. С. Чепчуров. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2008. С. 232.
2. Чепчуров М.С. Модернизация управления приводом фрезерного станка с ЧПУ при использовании ПК// Ремонт, восстановление, модернизация. 2008. № 7. С. 13-15.
3. Чепчуров М.С. Использование АЦП для регистрации и обработки аналогового сигнала в ПК// Ремонт, восстановление, модернизация. 2008. № 6. С. 31-34.
4. Чепчуров М.С. Контроль и регистрация мощности резания при обработке крупногабаритных и деталей// Технология машиностроения. 2008. № 3. С. 13.
5. Патент РФ №2012126282/28, 22.06.2012. Четвериков Б.С., Чепчуров М.С., Блудов А.Н. Лазерное устройство для определения погрешности формы крупногабаритных объектов//Патент России №121362.2012. Бюл.№29.
6. Чепчуров М.С., Феофанов А.Н. Управление специальным станочным модулем при восстановительной обработке поверхностей крупногабаритных деталей// Ремонт, восстановление, модернизация. 2012. № 11. С. 03-06.
7. Чепчуров М.С., Жуков Е.М., Тюрин А.В. Структурная схема управления приводами технологического комплекса// Технические науки - от теории к практике. 2013. № 29. С. 85-92.