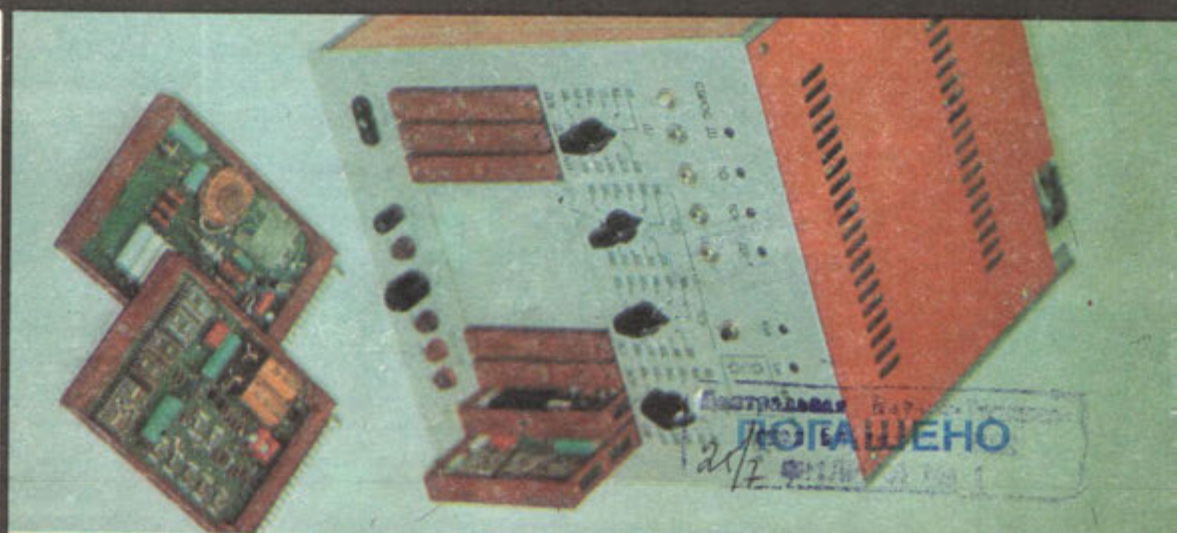


# ВЕСТИНИК

ВСЕСОЮЗНОГО  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО  
ИНСТИТУТА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

4.1991



Защита тяговых сетей  
электрифицированных линий

## СОДЕРЖАНИЕ

### ПРОБЛЕМЫ И СУЖДЕНИЯ

- Крейнин А. В., Мазо Л. А. Формирование транспортных грузовых тарифов в условиях перехода к рыночной экономике 3  
Гавриленков А. В., Жабров С. С. Оптимальная стратегия переустройства железных дорог для увеличения скорости пассажирских поездов 9  
Устич П. А., Моксяков А. П., Ванслов Ю. Д., Шеварутин В. И. Обоснование структуры и параметров системы ремонта грузового вагона 12

### НОВЫЕ ИДЕИ

- Краснов Б. Д., Поплавский А. Н. Повышение надежности систем электроснабжения устройств автоблокировки 16  
Вольперт А. Г. Пути улучшения тягово-сцепных качеств локомотива при движении в кривой 19  
Кучумов В. А., Широченко Н. Н., Мамонов Д. И. Выбор схемы и параметров компенсатора реактивной мощности для электроподвижного состава переменного тока 23  
Кудрявцев Я. Б., Кудрявицкий М. В. Эксплуатационные режимы работы тепловозных дизелей и полумарковские модели их загрузки 26  
Матюшин Л. Н., Киселев И. В. Нормирование времени на выгрузку из вагона штучных непакетированных грузов 29

### НАУКА ПРОИЗВОДСТВУ

- Еремеев Ю. М., Турубара В. А., Барановская Т. С. Долговечность подшипников качения в эскалаторах метрополитенов 32  
Есаулов В. П., Сладковский А. В. Разработка копировального инструмента для обточки колесных пар 34  
Лукьянов А. М., Соломатов В. Н., Яшин Ю. Н. Долговечность полимерных изоляторов контактной сети 36

### В ИНСТИТУТАХ И ЛАБОРАТОРИЯХ

- Астановицкий А. Л. Расчет температуры нагрева горючего башмака при торможении 39  
Ракинцев Ю. М. Теплоотдача обделок метрополитенов 42  
Красиков К. И. Контактное-усталостное разрушение деталей железнодорожных устройств 44  
Рефераты статей, опубликованных в журнале «Вестник ВНИИЖТ» № 4, 1991 г. 48

На 1-й стр. обложки — Линия сборки аппаратуры защиты тяговых сетей электрифицированных линий в электроцехе опытного завода ВНИИЖТа.

Верхний снимок — блок аппаратуры в сборе и функциональные толсто пленочные микросборки (см. информацию на 2 стр. обложки).

### РЕДАКЦИОННО-АВТОРСКИЙ СОВЕТ

А. Л. Лисицын (Председатель), В. И. Арсенов (ИКТП), В. Г. Иоаннезе (МИИТ), В. А. Каблуков (ДИИТ), Б. Д. Никифоров (МПС), В. Е. Павлов (ЛИИЖТ), В. С. Скабалланович (ВНИИЖА), В. А. Седяков (АП «ПромтрансНИИпроект»), Ю. В. Соболев (ХИИТ), Е. А. Сотников (ВНИИЖТ), И. В. Харланович (МПС), В. Н. Чернов (РИИЖТ), В. А. Шеванди (МПС)

### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

А. П. Абрамов, В. Ф. Барабошин, Н. А. Буше, В. А. Буянов, А. А. Долматов, В. А. Ивницкий, А. В. Котельников, А. Я. Коган, А. Л. Лисицын, А. Д. Малов, Б. Е. Марчук, Л. А. Мугинштейн, А. С. Нестрахов, И. Г. Серганов, Б. Н. Тихменев, Е. М. Тишкин

Главный редактор В. С. Калинин  
Редакция: А. Г. Любимцева, Т. Д. Попова, М. И. Смирнов

Адрес редакции  
129851, ГСП, Москва И-626, 3-я Мытищинская, 10.  
тел. 287-13-31

Москва, «ТРАНСПОРТ», 1991  
© «ВЕСТНИК ВНИИЖТ», 1991

Технический редактор Л. А. Кульбачинская  
Корректор Е. Ю. Саморукова

Сдано в набор 09.04.91. Подписано в печать 13.05.91.  
Формат бумаги 60×88<sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Офсетная печать. Усл. печ. л. 5,88.  
Усл. кр.-отт. 7,4. Уч.-изд. л. 7,43. Тираж 1715. Зак. № 5611  
Цена 1 руб.

Ордена «Знак Почета» издательство «Транспорт»  
103064, Москва, Басманный туп., 6а

Набрано на ордена Трудового Красного Знамени  
Чеховском полиграфическом комбинате  
Государственного комитета СССР по печати  
142300, г. Чехов Московской обл.  
Отпечатано в Подольском филиале ПО «Периодика»  
Союзполиграфпрома Государственного комитета СССР по печати  
142110, г. Подольск, ул. Кирова, 25

Д-р техн. наук В. П. ЕСАУЛОВ, канд. физ.-мат. наук А. В. СЛАДКОВСКИЙ

## РАЗРАБОТКА КОПИРОВАЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ОБТОЧКИ КОЛЕСНЫХ ПАР

В качестве одного из способов борьбы с повышенным износом гребней колесных пар вагонов и локомотивов предлагается использование новых профилей поверхности катания колес. Ряд новых профилей проходит испытание на сети дорог. Для их повсеместного использования в вагонных и локомотивных депо недостаточно хороших показателей в опытной эксплуатации — необходимо переоборудование имеющегося станочного парка.

Поскольку станочный парк по обработке вагонных колесных пар в депо и вагоно-ремонтных заводах на 80 % состоит из станков фирмы «Рафамет»<sup>1</sup>, разработка копирующего инструмента для данных станков является актуальной задачей.

Ниже предлагается единая методика, позволяющая подготовить числовой материал для изготовления копирующего инструмента на станках с числовым программным управлением. Данная методика получила свое воплощение в виде вычислительной программы для персонального ЭВМ «Искра-1030», написанной на алгоритмическом языке Бейсик.

Изготовление профильных копиров, например, для колесотокарного станка модели ИСВ125, рабочая поверхность которого, за исключением начального и конечного участков совпадает с профи-

лем обрабатываемой поверхности колеса, возможно на фрезерном станке 2Р13Ф3-37. Геометрическая информация о профиле обрабатываемой поверхности копира вводится в устройства ЧПУ типа НЗЗ и представляется в приращениях. При этом необходимо определить траекторию движения центра фрезы, т. е. эквидистантную кривую, отстоящую от выполняемого профиля копира на расстояние радиуса фрезы  $R$ . В устройствах данного типа возможна линейная и круговая интерполяция координат. Линейная интерполяция может считаться частным случаем круговой при радиусе, стремящемся к бесконечности. Поэтому для изготовления копиров необходимо эквидистантную кривую представить в виде совокупности дуг, для которых достаточно задавать начало, конец дуги и центр окружности, которые пересчитываются в дискреты станка.

В том случае, если выполняемый профиль поверхности катания колеса состоит из отдельных дуг и отрезков прямых (например, по ГОСТ 9036—76), получить эквидистантную кривую для обточки копира не составляет труда. Например, пусть необходимо получить дугу эквидистантной кривой, которая соответствовала бы дуге профиля, имеющей координаты начала  $x_1, y_1$ , конца  $x_2, y_2$ . При этом центр окружности радиуса  $r$ , частью которой является данная дуга, имеет координаты  $x_c, y_c$ , когда радиус дуги эквидистантной кривой  $r \pm R$ . Координаты центра остаются теми

<sup>1</sup> Богданов А. Ф., Чурсин В. Г. Эксплуатация и ремонт колесных пар вагонов. М.: Транспорт. 1985. 270 с.

же, а координаты начала дуги эквидистантной кривой  $X_1, Y_1$ , определяются так:

$$X_1 = \frac{r \pm R}{r} (x_1 - x_c) + x_c; \quad (1)$$

$$Y_1 = \frac{r \pm R}{r} (y_1 - y_c) + y_c. \quad (2)$$

В данных формулах знак плюс выбирается для выпуклой дуги профиля, знак минус — для вогнутой. Координаты конца дуги определяются аналогично. В том случае, если в точках соединения двух участков исходного профиля колеса не обеспечивается условие непрерывности первой производной (угловая точка), полученные по формулам (1), (2) координаты конца предыдущего и начала последующего участков эквидистантной кривой не будут совпадать. В этом случае возможны два варианта. Если  $X_{2i}, Y_{2i}$  (знак  $i$  — номер участка эквидистантной кривой) близки к  $X_{1(i+1)}, Y_{1(i+1)}$ , то можно взять  $X_{2i} = X_{1(i+1)}$  и равным  $(X_{2i} + X_{1(i+1)})/2$ . Аналогично для координат  $Y$ .

Если же координаты  $X_{2i}, Y_{2i}$  существенно отличаются от  $X_{1(i+1)}, Y_{1(i+1)}$ , как, например, при отработке угловой точки между поверхностью катания и фаской, то необходимо ввести дополнительный участок (дугу) эквидистантной кривой. Для данной дуги началом является точка с координатами  $X_{2i}, Y_{2i}$ , а концом — точка с координатами  $X_{1(i+1)}, Y_{1(i+1)}$ . Радиус равен радиусу фрезы, а центр располагается в угловой точке профиля колеса.

В случае если профиль поверхности катания или гребня колеса описывается не отрезками прямых или дугами, а какими-либо более сложными кривыми или численно, то необходимо интерполировать данный профиль набором дуг. Какую-либо дугу можно построить по трем точкам, которые желательно выбрать в начале, середине и конце дуги. При этом подпрограмма вычисляет при помощи решения системы двух линейных алгебраических уравнений радиус дуги и координаты центра, а также определяет ее тип (выпуклая или вогнутая). После проведения интерполяции профиля поверхности катания набором дуг необходимо проверить ее точность, для чего сравнить значения интерполируемых координат с истинными в точках, отстоящих от узлов интерполяции. При недостаточной точности интерполяции на каком-либо участке необходимо увеличить на нем количество интерполирующих дуг до достижения заданной точности.

Таким образом, для изготовления задающего копира станков, работающих по системе электрического копирования (UBB 112/2, UBC 150, UCB 150, И В 150, UCB 125), разработанная программа позволяет подготовить графическую информацию для устройства ЧПУ типа НЗЗ. При этом определяются параметры каждой дуги, интерполирующей эквидистантную кривую центра фрезы. Определяются также сопряжения с участками входа и выхода резца. В качестве исходных данных для работы программы задается профиль поверхности катания и гребня обтачиваемого колеса.

Из станков фирмы «Рафамет» в вагонных депо сети дорог наиболее распространены станки модели UBB 112. Они, как и их аналог UBA 112, обтачивают колесные пары по принципу механического копирования. При этом обработка профиля

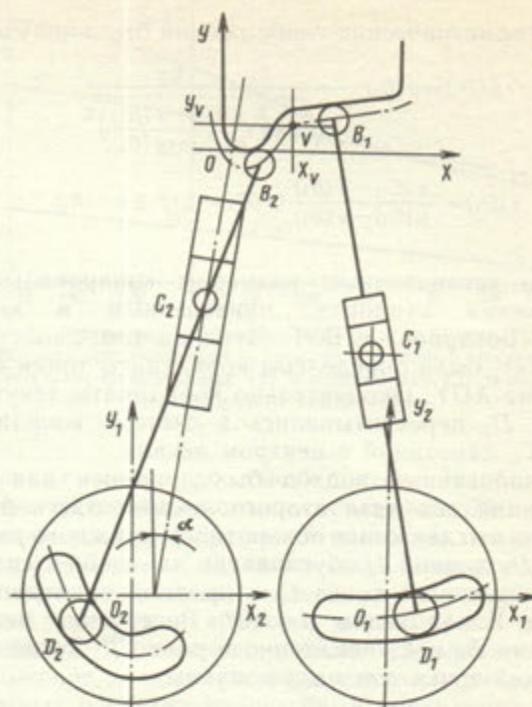


Схема обработки профиля колеса резцами

колеса осуществляется двумя чашечными резцами, один из которых, как схематически показано на рисунке, обрабатывает поверхность катания, а второй формирует гребень. Каждый из них приводится в движение рычагами  $B_1D_1$  и  $B_2D_2$ , у которых втулки  $D_1$  и  $D_2$  диаметром 50 мм могут перемещаться в пазах лекал, имеющих центры  $O_1$  и  $O_2$ . При переходе к обточке колес по новому профилю необходима переделка обоих лекал, для чего сначала определяются координаты оси паза лекал. Необходимо также обеспечить сходимость чашечных резцов  $B_1$  и  $B_2$  (их центров) в одной точке  $V$ . Основная привязка координат для различных профилей осуществляется к той точке, которая для профиля поверхности катания, соответствующего ГОСТ 9036—76, отстоит от боковой грани колеса по горизонтали на  $x_v = 47,83$  мм и от вершины гребня по вертикали на  $y_v = 11,87$  мм. В соответствии с этим выбирается система координат  $XOY$ . В качестве исходных данных для определения координат оси паза необходимо найти в системе  $XOY$  координаты эквидистантной кривой, которую описывают центры резцов  $B_1, B_2$ . Данная кривая (на рисунке показана штрихпунктирной линией) отстоит от выполняемого профиля на величину радиуса резца  $R = 15,4$  мм и должна проходить через точку  $V$ .

Нахождение данной кривой для любого профиля аналогично описанному выше нахождению эквидистантных кривых для обточки копиров станка UCB125.

Рассмотрим обработку поверхности катания резцом  $B_1$ .

Пусть  $x(B_1)$  и  $y(B_1)$  — текущие координаты точки — принадлежат найденной кривой. Определим соответствующие координаты точки  $D_1$  — центра втулки, лежащей на оси паза лекала. Так как рычаг  $B_1D_1$  длиной  $l_1$  выполнен подвижным относительно скользуна, который имеет возможность поворота вокруг шипа с центром в точке  $C_1$ ,

Из геометрических соображений было получено

$$y(D_1) = y(B_1) - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{x(C_1) - x(B_1)}{y(C_1) - y(B_1)}\right)^2}}; \quad (3)$$

$$x(D_1) = \frac{x(C_1) - x(B_1)}{y(C_1) - y(B_1)} (y(D_1) - y(B_1)) + x(B_1). \quad (4)$$

По установочным размерам копировального механизма суппорта, приведенным в книге А. Ф. Богданова и В. Г. Чурсина (см. сноску на стр. 34), были определены координаты точки  $C_1$  в системе  $XOY$ . Окончательно координаты текущей точки  $D_1$  пересчитывались в системе координат  $X_1O_1Y_1$ , связанной с центром лекала.

Аналогичный подход был применен для нахождения оси паза второго лекала. Здесь было учтено, что движение поворотного подвижного рычага  $B_2D_2$  длиной  $l_2$  обусловлено движением скользящего шипа в точке  $C_2$  в прорези, наклоненной к оси  $Y$  под углом  $\alpha = 10^\circ$ . Расстояние между точками  $B_2$  и  $C_2$  неизменно и равно  $l_1$ . Тогда для текущей точки оси паза получим

$$x(D_2) = y(D_2)/k + C; \quad (5)$$

$$y(D_2) = \frac{(x(B_2) - C)/k + y(B_2) - \sqrt{D}}{1 + k^{-2}}; \quad (6)$$

$$C = \frac{(l_2 - l_1)(y(B_2) - kx(B_2)) + l_2(a - kb)}{l_1k}; \quad (7)$$

$$D = \left(\frac{x(B_2) - C}{k} + y(B_2)\right)^2 - \left(1 + \frac{1}{k^2}\right) ((x(B_2) - C)^2 - l_2^2). \quad (8)$$

Параметры  $a$ ,  $b$  и  $k$  характеризуют прямую, по которой движется точка  $C_2$  и определяются при помощи установочных размеров копировального механизма. Полученные по приведенным формулам координаты осей пазов лекал не будут описываться какими-либо каноническими формулами, и для нахождения эквидистантной кривой центра фрезы для обработки пазов необходимо воспользоваться ранее описанной методикой, предусматривающей интерполирование оси набором дуг, проверку точности интерполяции и последующее нахождение параметров соответствующих дуг эквидистантной кривой центра фрезы.

Полученные формулы и методики послужили основой для разработки и вычислительной программы, которая для каждого профиля поверхности катания и гребня колеса, заданного типа станка, диаметра фрезы определяет параметры дуг эквидистантной кривой центра фрезы, а также координаты данной кривой. Все рассчитываемые и задаваемые кривые контролируются графически при помощи средств машинной графики. Программа может использоваться на всех персональных ЭВМ, программно совместимых с IBM PC.

Таким образом, разработанные в Днепропетровском металлургическом институте методики и вычислительную программу можно с успехом использовать на заводах ЦТВР для автоматизации подготовки производства копировального инструмента и обточка колесных пар с новыми профилями поверхности катания на станках фирмы «Рафамет», в частности, с новыми профилями конструкции ДМетИ.

ДМетИ. г. Днепропетровск.