

УДК 621.83.06

А. В. Капитонов, Р. А. Калентионок, А. М. Пашкевич

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБРАБОТКИ И КОНТРОЛЯ ДЕТАЛЕЙ С ПЕРИОДИЧЕСКИМИ ДОРОЖКАМИ

UDC 621.83.06

A. V. Kapitonov, R. A. Kalentionok, A. M. Pashkevich

APPLICATION OF MODERN CAD SYSTEMS IN PROCESSING AND MONITORING COMPONENTS WITH PERIODIC RACEWAYS

Аннотация

Рассмотрены разработанные методы наладки технологического оборудования и контроля периодических дорожек планетарных кулачковых передач, которые позволяют проектировать и изготавливать их с заданной точностью, высокой производительностью, а также оценивать их геометрические параметры без проектирования специальных контрольных приспособлений. Разработана компьютерная программа для анализа массива выходных данных точек поверхности дорожки, полученных после изготовления и измерения на координатно-измерительной машине, дающая возможность рассчитать погрешности формы дорожки и произвести оценку ее геометрических параметров.

Ключевые слова:

обработка и контроль деталей, периодическая дорожка, наладка, программирование, измерительная система.

Abstract

The paper presents the techniques developed for adjusting technological equipment and monitoring periodic raceways of cam-based planetary gear trains, which make it possible to design and manufacture gear trains with specified accuracy and high productivity, and to evaluate their geometric parameters without developing special control devices. A computer program has been developed to analyze the output data set for points of the raceway surface obtained after manufacturing and measuring in a coordinate measuring machine, to calculate errors in the shape of the raceway and to estimate its geometric parameters.

Key words:

machining and control of parts, periodic raceway, adjustment, programming, measuring system.

Периодические дорожки планетарных кулачковых передач выступают наиболее важными элементами их конструкции. Они в немалой степени влияют на эксплуатационные характеристики передачи, в связи с чем к ним предъявляются высокие требования геометрической точности их профиля, так как по периодическим дорожкам перемещаются сателлиты (шары или цевки) с большими скоростями и ускорениями.

Для обеспечения высокой точности изготовления дорожек необходимо использовать современные системы автоматизированного проектирования [1, 2].

При проектировании технологии изготовления деталей с периодическими дорожками планетарных кулачковых передач были применены существующие современные методы обработки и контроля изделий на основе высокотехнологического оборудования.



Наладка технологической системы для обработки периодических дорожек

На рис. 1 представлены компьютерная модель детали с замкнутой периодической дорожкой криволинейной формы кулачковых передач с промежуточными телами качения и схема наладки технологической системы для фрезерования дорожки.

При данном способе наладки оператор устанавливает заготовку в самоцентрирующий патрон. Затем при помощи управляющего устройства, предусмотренного конструкцией станка, перемещает инструмент до касания точек А и В. При касании в точке на панели отображается фактическое значение координат X и Z, которые вносятся оператором в память инструментального магазина.

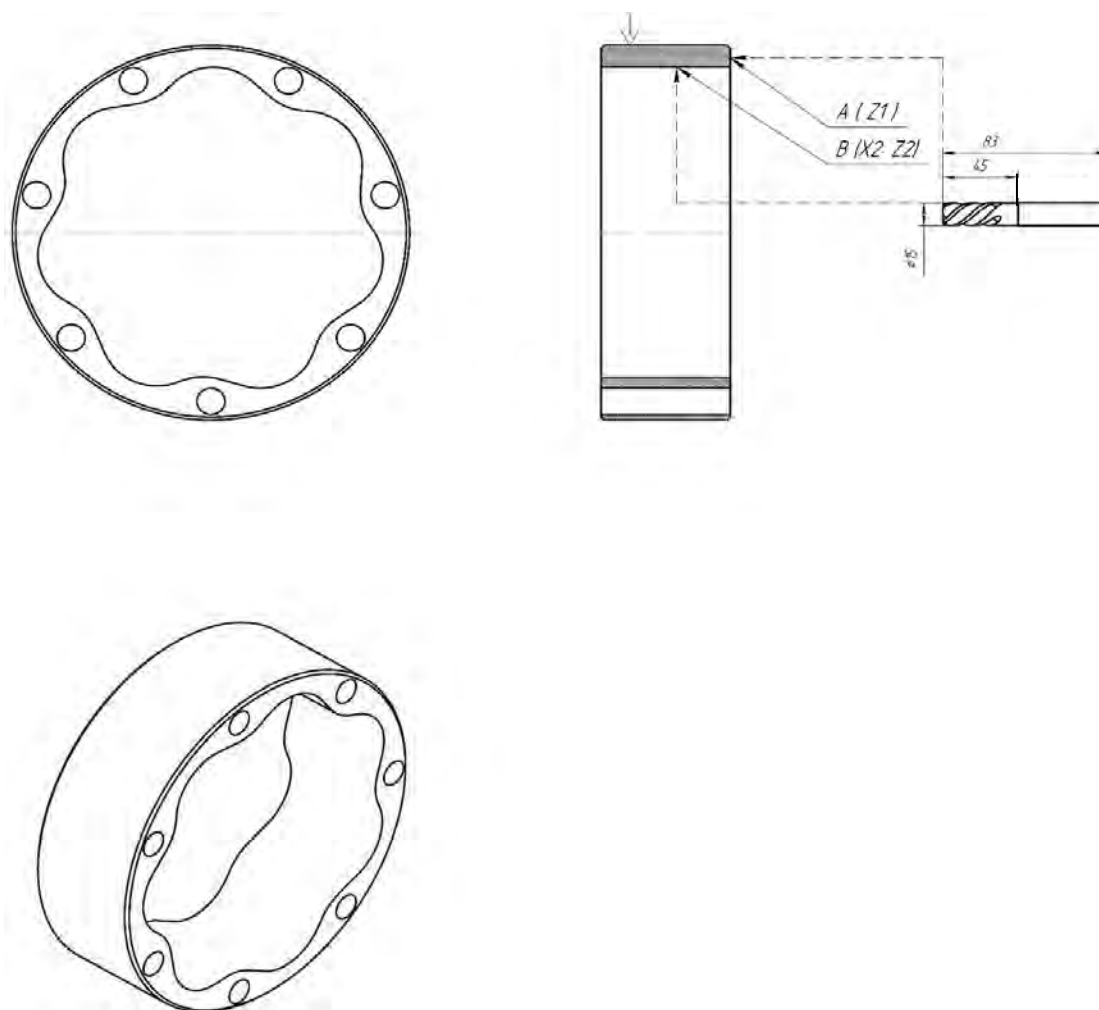


Рис. 1. Компьютерная модель детали с периодической дорожкой и схема наладки для ее обработки

Далее в автоматическом режиме система управления станка делает коррекцию на диаметр фрезы и ее геометрические параметры. Приведенный метод наладки имеет некоторые недостатки, связанные с вероятностью ошибки

оператора. При подводе инструмента к контрольной точке существует риск повреждения инструмента, если оператор вовремя не остановит его подачу и совершит удар о заготовку.

При обработке периодических

дорожек деталей кулачковых передач использовались концевые фрезы, материал режущей части – твердый сплав. Для установки фрез применялись фрезерные оправки [3], в которых основными элементами для базирования и закрепления являются конус, кольца и зажимная часть (рис. 2). При этом рассматривались следующие типы конусов: 7:24, конус Морзе, HSK. На практике в большей степени используется

первый тип. В станках, оснащённых высокоскоростными шпинделями (свыше 15000 об/мин), чаще применяется последний тип. Кольца необходимы для захвата инструмента манипулятором магазина в соответствии с различными стандартами (MAS 403 BT, DIN 69871-1, Yamazaki и др.). Закрепляющая часть предназначена для зажима инструмента и может иметь разнообразную конструкцию.

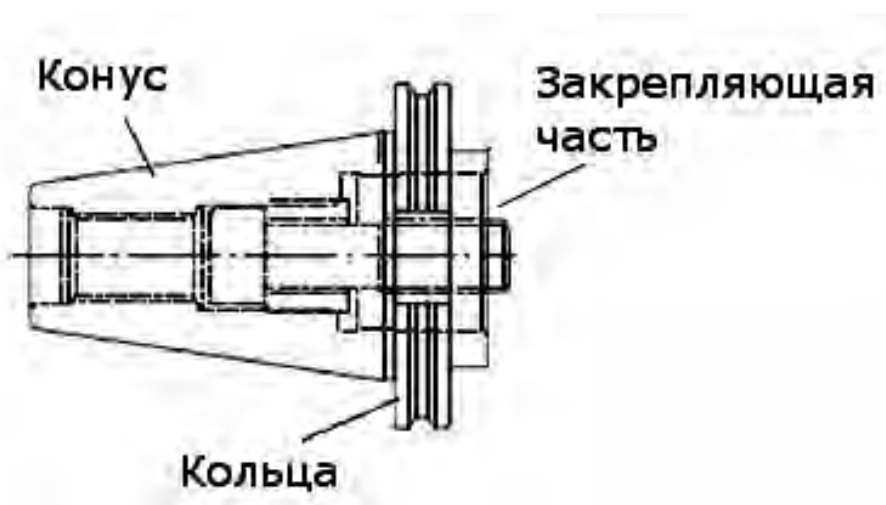


Рис. 2. Схема оправки для установки фрез

Обработка дорожек проводилась фрезами диаметром до 20 мм с применением цанговых патронов (рис. 3, а), которые обеспечивают достаточную жёсткость закрепления для данной обработки. Биение установленных фрез в патронах не превышало 0,02 мм. Использовались цанги типа ER, которые имеют 2 конуса (рис. 3, б).

При шлифовании дорожек и работе с высокими частотами вращения шпинделя (более 10000 об/мин) одним из основных требований к оправкам являются высокие и стабильные усилия закрепления и минимальное биение инструмента. Им соответствуют оправки с гидропластом, гидромеханическим зажимом и термическим зажимом [3].

Применение САМ-систем при программировании обработки

Разделим все виды фрезерной обработки дорожки по количеству одновременно программируемых осей. Простейший уровень – 2 или 2,5 оси. Основные операции – это обработка по контуру. В данном случае программируются перемещения по осям X, Y и позиционирование по оси Z. Использовалась программа MasterCam (MC), которая имеет модуль Mill для фрезерования. Геометрия обрабатываемой детали создавалась средствами самого MC, также можно ее создать любой системе CAD. Во втором случае необходимо транслировать контуры или 3D-модель в MC.



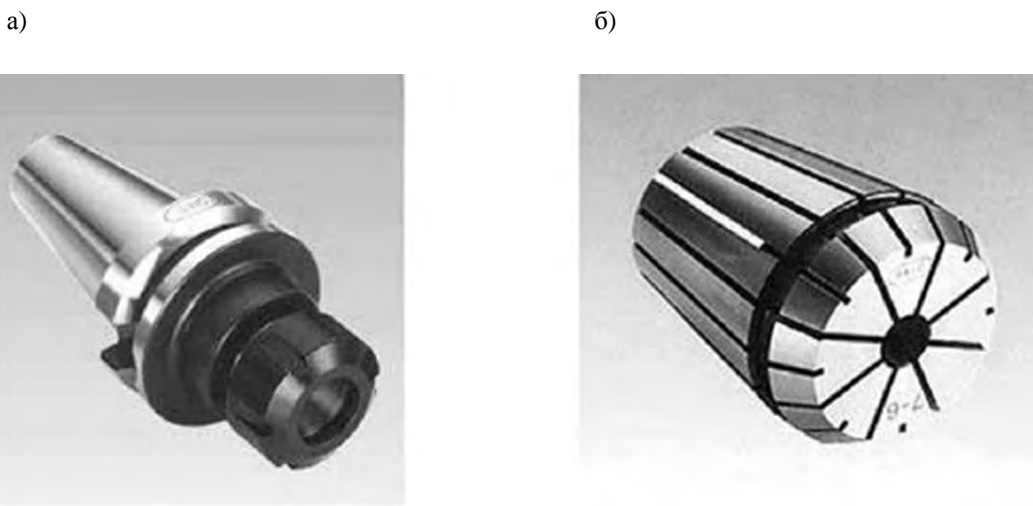


Рис. 3. Цанговый патрон для установки фрез: а – цанговый патрон; б – цанга типа ER

Создание моделей обработки и ее программирование осуществлялось в следующей последовательности: указывался обрабатываемый контур; выбирался режущий инструмент; задавались режимы резания и условий обработки

(рис. 4 и 5). Также задавались такие параметры, как: тип фрезерования – встречное, попутное; включение (или отключение) коррекции радиуса инструмента; количество проходов по глубине и вдоль контура и т. д.

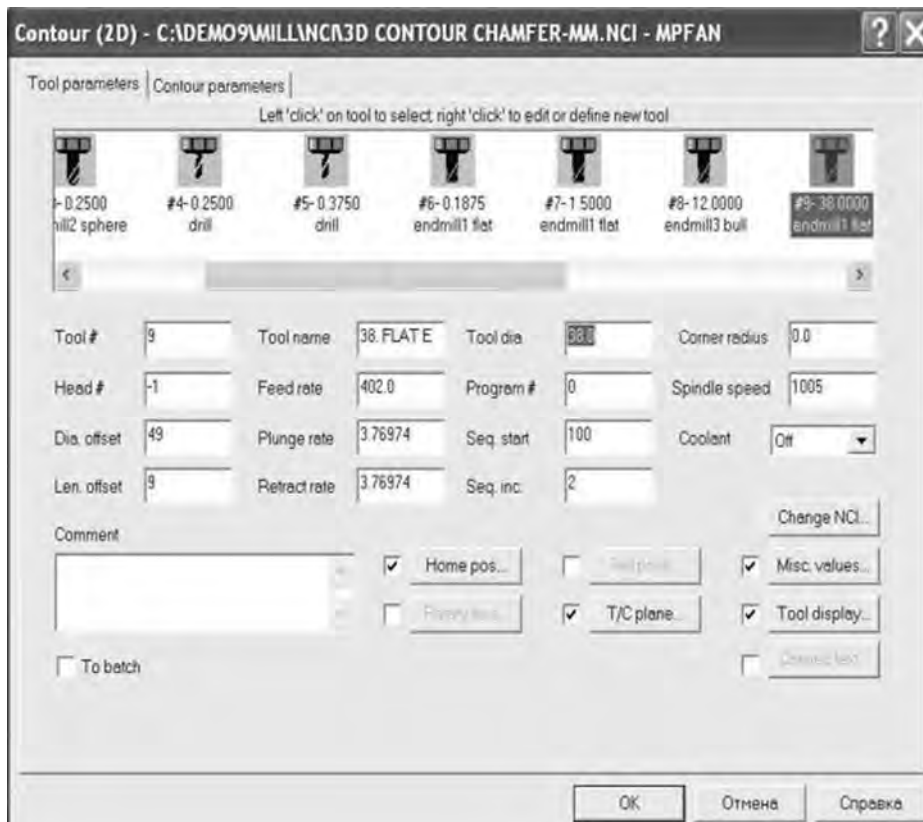


Рис. 4. Задание параметров в модуле Mill при программировании и моделировании обработки периодических дорожек



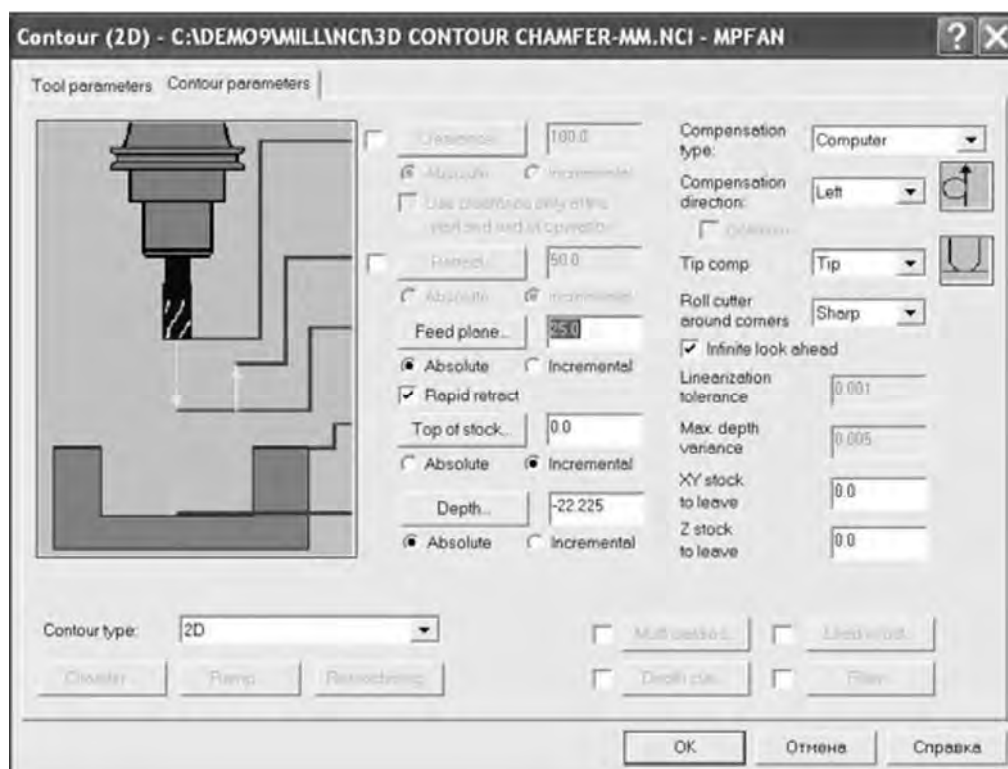


Рис. 5. Задание параметров в модуле Mill при программировании обработки периодических дорожек

Все операции сводятся в так называемое дерево операций, где с ними можно совершать разные действия (редактирование, удаление, изменение порядка) (см. рис. 5). Затем выполняется проверка созданной траектории в различных режимах (двухмерном и твердотельном), благодаря чему можно рассмотреть получившуюся деталь на экране после моделирования обработки. На последнем этапе производится трансляция в автоматическом режиме программы обработки дорожки из внутреннего языка САМ-системы в управляющие коды станка с помощью специализированного конфигурационного файла – постпроцессора.

Применение измерительной системы станков с ЧПУ для наладки инструмента

Обработка детали с периодической дорожкой выполнялась на токарном об-

рабатывающем центре Mazak, оснащенном высокоточным измерительным приспособлением – измерительной рукой для многоцелевых токарных центров производства фирмы Renishaw. Отводимая вручную рука Renishaw серии HPRA имеет высокую точность позиционирования (рис. 6).

При наладке инструмента определяется его длина от базовой поверхности шпинделя с целью задания коррекции на длину и для проверки допуска на длину. Задается коррекция на размер инструмента. Приспособление позволяет проводить наладку инструмента диаметром от одного миллиметра с точностью позиционирования один микрометр; нагрузка, прикладываемая на датчик, составляет от 1,5 до 3,5 Н. На рис.7 показан местный вид приспособления для наладки фрезы.

При использовании данного приспособления наладка происходит следующим образом.





Рис. 6. Общий вид приспособления Renishaw серии HPRA для наладки инструмента

Оператор устанавливает заготовку в трехкулачковый патрон. Затем выбирает необходимый инструмент из инструментального магазина. Далее переводит станок в режим наладки и отво-

дит измерительную руку. При помощи управляющего устройства станка перемещает инструмент до касания измерительных датчиков по осям X и Z соответственно, как показано на рис. 7.

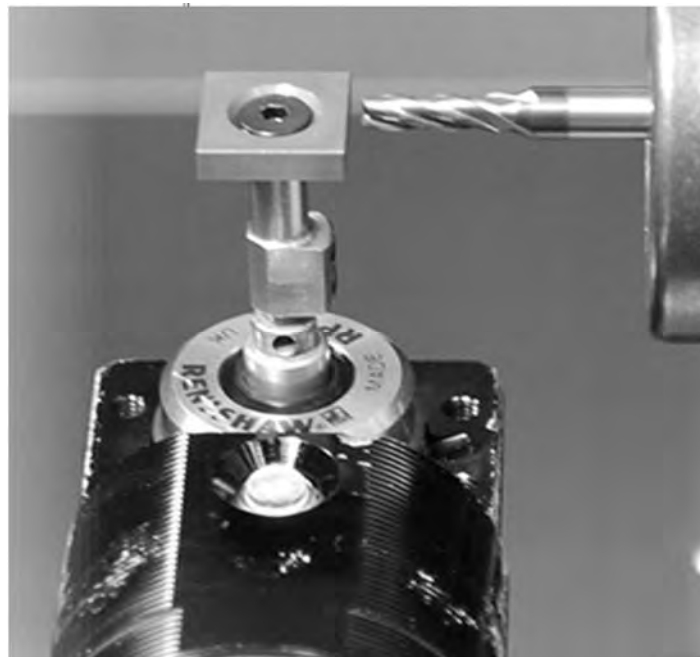


Рис. 7. Местный вид приспособления Renishaw серии HPRA для наладки фрезы

При касании инструментом измерительного датчика с заданным усилием происходит фиксирование координат точек режущей кромки в памяти станка относительно его начала координат и тем самым описывается положение инструмента в системе координат станка. В автоматическом режиме выполняется коррекция длины вылета инструмента из державки и радиуса режущих граней инструмента. При этом способе наладки положение режущего инструмента задается с высокой точностью и без возможных рисков повреждения во время наладки как инструмента, так и самой заготовки.

Метод контроля профиля периодической дорожки

Точность изготовления профиля центрального колеса кулачково-плунжерной передачи в наибольшей степени влияет на ряд ее эксплуатационных характеристик [4–6]. Периодический профиль дорожки центрального колеса образуется фрезерованием концевой фрезой на станке с ЧПУ. При фрезеровании ось фрезы перемещается по периодической кривой, описываемой уравнением согласно [4]. Центральное колесо представляет собой тело вращения со сложным внутренним профилем (рис. 8).

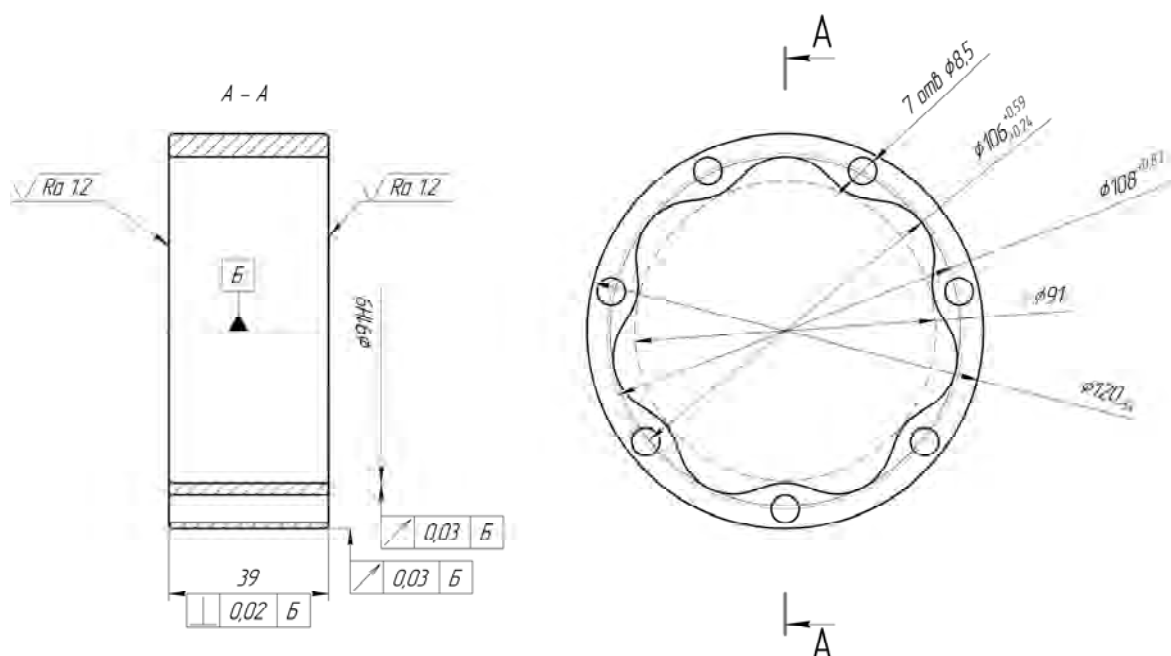


Рис. 8. Чертеж центрального колеса с периодическим профилем дорожки

Для обеспечения необходимых рабочих параметров в качестве материала для конструкции колеса выбрана сталь 40ХЛ ГОСТ 977–75.

Разработан метод контроля и оценки точности геометрических параметров периодической дорожки колеса с использованием координатно-измерительной машины DuraMax (Zeiss). В результате оценки формы профиля был получен массив координат

точек, определяющий контур детали после обработки, на основе которого производились вычисления погрешностей профиля.

Для анализа и расчета отклонений профиля была разработана программа в среде программирования VBA. На рис. 9 показано окно программы с полученными координатами реального профиля и рассчитанными значениями его погрешностей. Программа позволяет

рассчитать и построить контур, задаваемый уравнением согласно [4], и сравнить его геометрию с профилем, полученным при фрезерной обработке на токарном обрабатывающем центре Mazak Smart 100.

Исходя из расчетных данных, была построена круговая диаграмма, отражающая фактический профиль детали. По результатам вычислений определено максимальное отклонение полученного профиля после обработки относительно

теоретического профиля. Величина данного отклонения составила 0,2157 мм. Таким образом установлено, что поверхность периодической дорожки выполнена по 11 качеству точности и соответствует конструкции передачи средней точности. Для повышения точности кулачковых передач и их основной детали с периодическим профилем необходимо производить отделочную механическую обработку дорожки, например, шлифование.

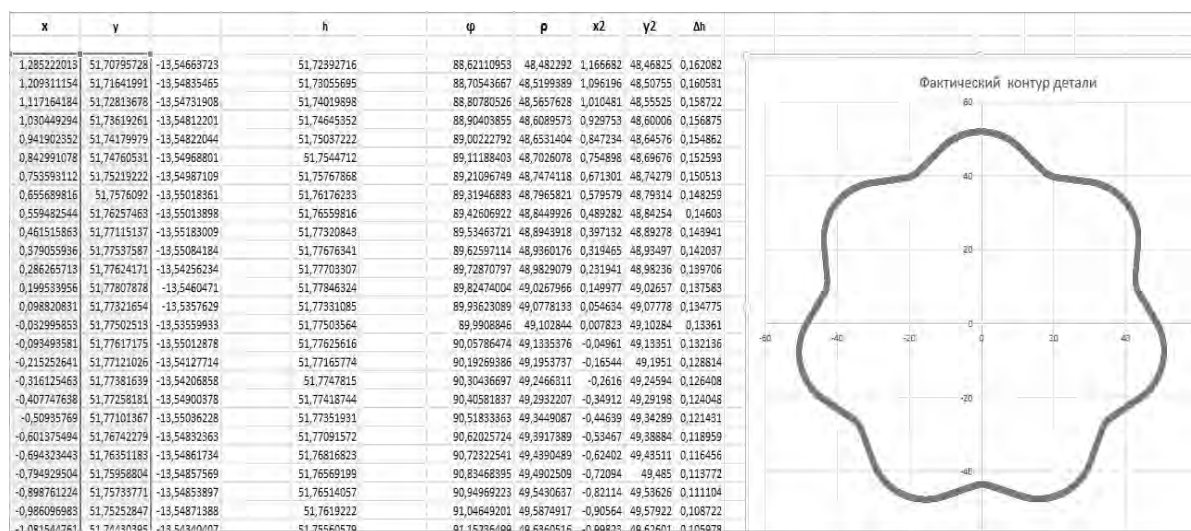


Рис. 9. Окно программы VBA с круговой диаграммой периодического профиля дорожки

Заключение

1. Применение современного технологического оборудования позволило минимизировать погрешность формы периодических дорожек деталей планетарных кулачковых передач.

2. Использование при программировании станочного оборудования современных САМ-систем дало возможность оптимизировать временные затраты и упростить до минимума создание программы обработки сложного периодического контура дорожки.

3. Разработанная компьютерная программа для анализа массива выходных данных точек поверхности дорожки,

полученных после изготовления на токарном обрабатывающем центре и измерения на координатно-измерительной машине, позволяет рассчитать погрешности формы дорожки и произвести оценку ее геометрических параметров.

4. Используемые и разработанные методы наладки технологического оборудования и контроля периодических дорожек дают возможность проектировать и изготавливать их с заданной точностью, высокой производительностью, а также оценивать их геометрические параметры без проектирования специальных контрольных приспособлений.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Кондаков, А. И.** САПР технологических процессов : учебное пособие / А. И. Кондаков. – Москва : Академия, 2008. – 272 с.
2. **Малюх, В.** Введение в современные САПР / В. Малюх. – Москва : ДМК Пресс, 2012. – 192 с.
3. Технологическая оснастка : учебное пособие для вузов / В. Е. Антонюк [и др.] ; под ред. В. Е. Антонюк. – Минск : Изд-во Гревцова, 2011. – 375 с.
4. **Капитонов, А. В.** Компьютерное 3D-моделирование конструкций и кинематических параметров планетарных малогабаритных передач / А. В. Капитонов, К. В. Сасковец, А. И. Касьянов // Вестн. Полоцкого гос. ун-та. – 2016. – № 11. – С. 34–40.
5. **Капитонов, А. В.** Методы контроля геометрических параметров деталей с многопериодными дорожками / А. В. Капитонов // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2011. – № 3. – С. 40–46.
6. Автоматизированное проектирование конструкций малогабаритных радиально-плунжерных редукторов с использованием современных САПР / А. В. Капитонов, К. В. Сасковец, А. И. Касьянов, Д. В. Лешко, П. А. Фильченко // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2015. – № 3. – С. 25–32.

Статья сдана в редакцию 21 июля 2017 года

Александр Валентинович Капитонов, канд. техн. наук, доц., Белорусско-Российский университет.
Тел.: +375-298-36-97-41.

Роман Александрович Калентиюк, аспирант, Белорусско-Российский университет.

Александр Михайлович Пашкевич, канд. техн. наук, Белорусско-Российский университет.
Тел.: +375-291-29-43-91.

Aleksandr Valentinovich Kapitonov, PhD (Engineering), Associate Prof., Belarusian-Russian University.
Phone: +375-298-36-97-41.

Roman Aleksandrovich Kalentionok, PhD student, Belarusian-Russian University.

Aleksandr Mikhailovich Pashkevich, PhD (Engineering), Belarusian-Russian University.
Phone: +375-291-29-43-91.