

АНАЛИЗ ФОРМООБРАЗУЮЩИХ ПРОЦЕССОВ НА ОБОРУДОВАНИИ С ЧПУ И ИЗМЕНЕНИЕ УСЛОВИЙ ПОСТАНОВКИ ПРЯМОЙ ЗАДАЧИ

Анализ формообразующих технологических процессов на авиационных предприятиях показал, что рабочие подачи на станках с ЧПУ при изготовлении значительной номенклатуры деталей из легкообрабатываемых металлов (типа Д16) находятся в пределах 150...400 мм/мин, хотя паспортные характеристики оборудования позволяют вести обработку на подачах до 1500 мм/мин. Причина такого использования возможностей оборудования заключается в эксплуатации устаревших систем числового программного управления (ЧПУ), которые не обеспечивают требуемую точность позиционирования и устойчивость управления приводами подач в пределах рабочих характеристик, поэтому одним из перспективных направлений совершенствования процессов формообразования на оборудовании с ЧПУ в условиях серийного авиационного производства является увеличение контурной скорости при обеспечении требуемой точности позиционирования рабочих органов оборудования. Решение этой задачи требует разработки новых алгоритмов управления скоростями подач приводов, круговой и линейной интерполяции [1, 2]. Для обеспечения работы оборудования с использованием этих алгоритмов необходима модернизация аппаратных средств системы управления.

Целью работы является оценивание корректности постановки прямой задачи формообразования при модернизации оборудования с ЧПУ.

Трёхкоординатный вертикально-фрезерный станок ФП-7СМН5 предназначен для обработки по управляющей программе (УП) сложно-профильных деталей из алюминиевых сплавов типа Д16Т, В-92, титановых сплавов и жаропрочных сталей в условиях механического цеха. Для автоматического программного управления станком применялась система ЧПУ «Луч-43», обработка выполняется по трём координатам, при этом, помимо перемещений по осям, обеспечивается также выбор и смена инструмента, переключение диапазонов оборотов шпинделя, зажим и разжим осей по УП. Подачи осуществляются электродвигателями постоянного тока серии ПБСТ с тиристорным управлением.

Для увеличения рабочих подач при обработке детали по УП была выполнена модернизация станка ФП-7СМН5 путем замена системы ЧПУ «Луч-43» на АВИ.04 типа CNC, в математическом обеспечении которой использованы разработанные алгоритмы круговой и линейной интерполяции, S-образный закон изменения скорости, методика расчета коэффициентов ПИД-регулятора [1 – 3]. Выполнена замена индуктивных измерительных преобразователей на дискретные оптические. Внешний вид СЧПУ АВИ.04 показан на рис. 1.



Рисунок 1 – Станок ФП-7СМН5 после модернизации с системой ЧПУ АВІ.04

Взаимосвязь системы с объектом управления и оператором изображена на структурной схеме системы ЧПУ АВІ.04 (рис. 2).

Основными структурными блоками системы ЧПУ АВІ.04 являются:

- подсистема ЧПУ верхнего уровня, обеспечивающая возможность ввода и редактирования УП, выбор режима работы станка, ввод и редактирование параметров системы. В состав подсистемы ЧПУ верхнего уровня входят пульт оператора, компьютер и модули ЧПУ верхнего уровня;

- подсистема ЧПУ нижнего уровня, которая непосредственно управляет автоматикой станка и электроприводами посредством программно-аппаратных модулей ввода-вывода. Основные модули нижнего уровня: блок питания; модуль обработки сигналов обратной связи ІТО-05; модуль входных дискретных сигналов ІМДЕ-802; модуль выходных сигналов ІМДА-803; модуль интерфейсов ІМС-01; модуль ІТУ-05 – ЦАП; контроллер нижнего уровня.

Оценивание возможностей модернизированного оборудования выполнялось при изготовлении крышки люка-лаза (148.00.1080.054). Важное условие модернизации – использование ранее разработанной УП для системы ЧПУ «Луч-43». Поэтому в рассматриваемой задаче УП являлась неизменяемой, исходной информацией. Но такая постановка прямой задачи формообразования оказалась некорректной [4]. В эксплуатируемых системах УП используют распространенный формат N33 (цена дискреты – 0,01 мм). Сегодня все УП разрабатываются с использованием САD/САМ систем, в которых точность расчетов составляет не менее трех десятичных знаков. Поэтому после разработки УП с точностью до третьего знака ее преобразуют в формат системы N33. При подготовке к выполнению такой УП в системе ЧПУ АВІ.04 выяснилось, что на некоторых участках круговой интерполяции наблюдается различие

между радиусами в начале и конце дуги окружности. Максимальная величина отклонений проекций радиуса на координатные оси составляла 9 дискрет, а радиальная ошибка до 12 дискрет.

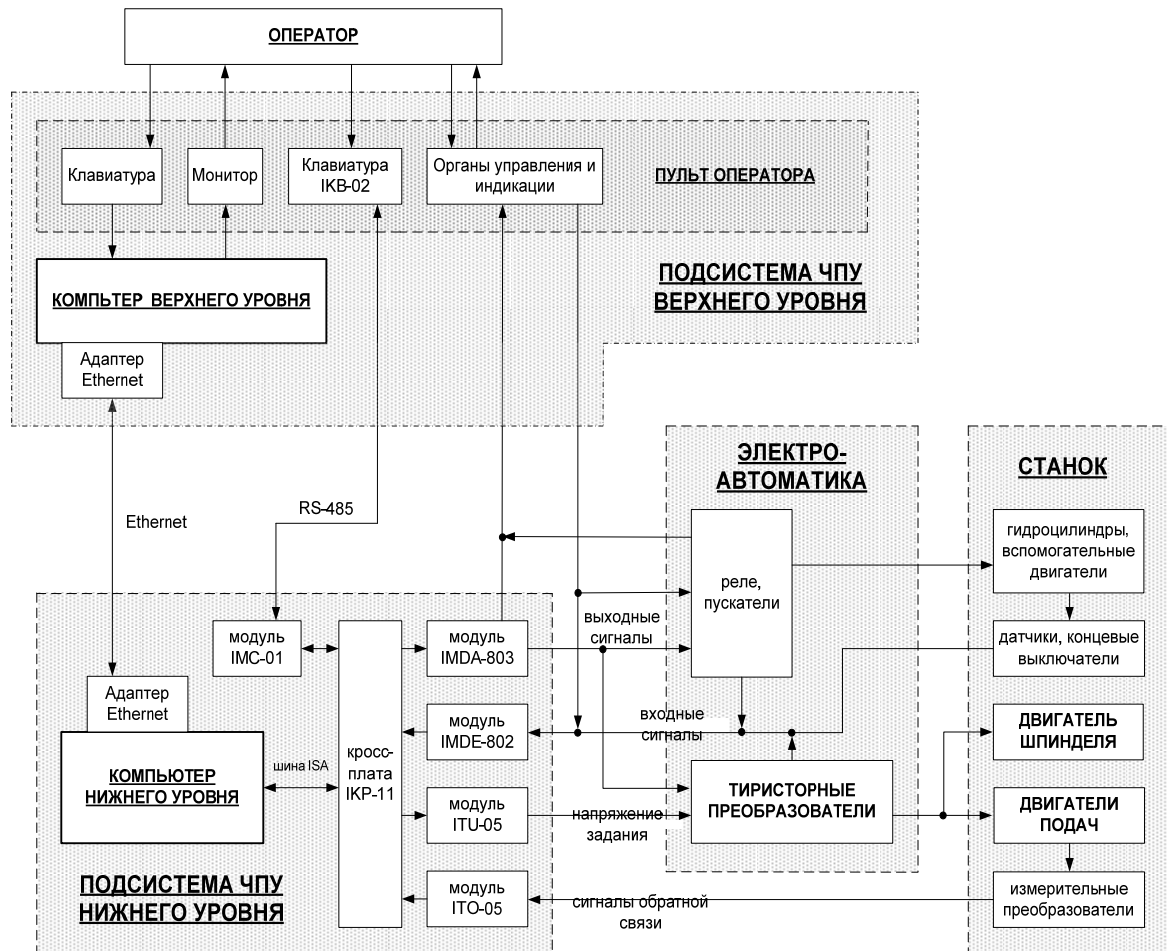


Рисунок 2 – Структурная схема системы ЧПУ AVI.04

Таким образом, задача не имеет решения, т.е. не может быть построена дуга окружности с различными радиусами в ее начале и конце. Для решения задачи необходимо изменить ее постановку.

Одно из решений - разработка новой УП с точностью до третьего десятичного знака. Но это противоречит первоначальным условиям о неизменности УП. При выборе решения необходимо учесть и третье условие корректности – решение задачи должно непрерывно зависеть от входных данных. Одно из решений - разработка новой УП с точностью до третьего десятичного знака. Но это противоречит первоначальным условиям о неизменности УП. При выборе решения необходимо учесть и третье условие корректности – решение задачи должно непрерывно зависеть от входных данных. Поскольку при круговой интерполяции должно выполняться условие равенства радиусов в начале и конце дуги, то приемлемым решением представляется движение по дуге окружности с начальным радиусом, а в последнем шаге интерполяции осуществить выход в конечную точку с радиусом R_k (рис. 3).

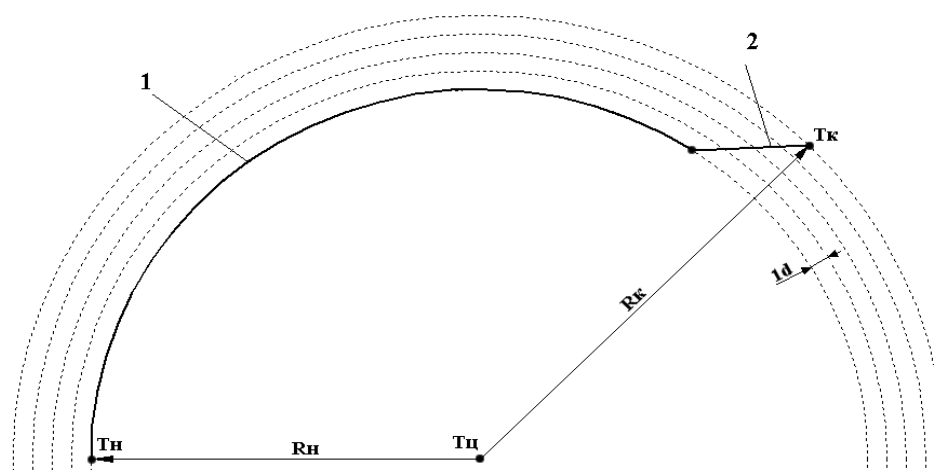


Рисунок 3 – Круговая интерполяция при увеличении дискретности системы ЧПУ по сравнению с исходной: T_c – точка центра окружности; T_n , T_k – начальная и конечная точки траектории окружности; R_n , R_k – радиус в начальной и конечной точках; 1 – интерполяционная траектория; 2 – последнее тактовое приращение

Принятие такого алгоритма реализации круговой интерполяции может привести к резкому изменению величины скорости и ее направления на участке интерполяции (рис. 4), что является нарушением технологических требований.

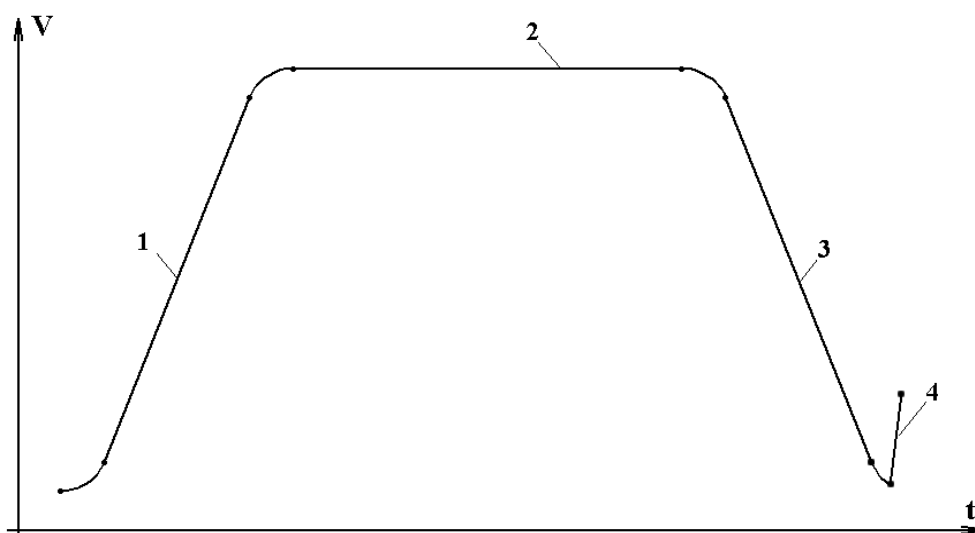


Рисунок 4 – График скорости при отработке одиночного кадра круговой интерполяции: 1 – участок разгона; 2 – участок с постоянной скоростью; 3 – участок торможения; 4 – скачкообразное увеличение скорости при выходе в конечную точку

Проведенный анализ позволил признать необходимость внесения изменений в постановку задачи. Выполнение круговой интерполяции при разных значениях радиусов в начале и конце дуги окружности на величину больше дискреты осуществляется по такому алгоритму (рис. 5).

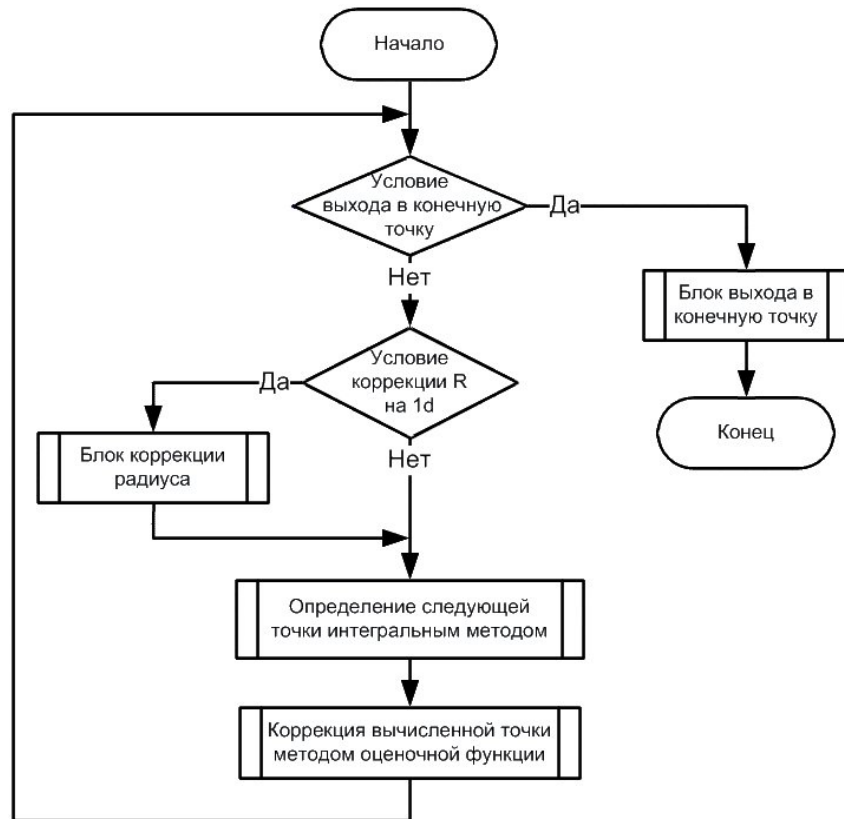


Рисунок 5 – Алгоритм приведения круговой интерполяции к корректной постановке

Теперь происходит перемещение из начальной точки кадра в конечную по семейству дуг концентрических окружностей, радиусы которых отличаются на одну дискрету. Переход с одной дуги на другую должен происходить по условию достижения значения приращения радиуса на величину одной дискрету (рис. 6).

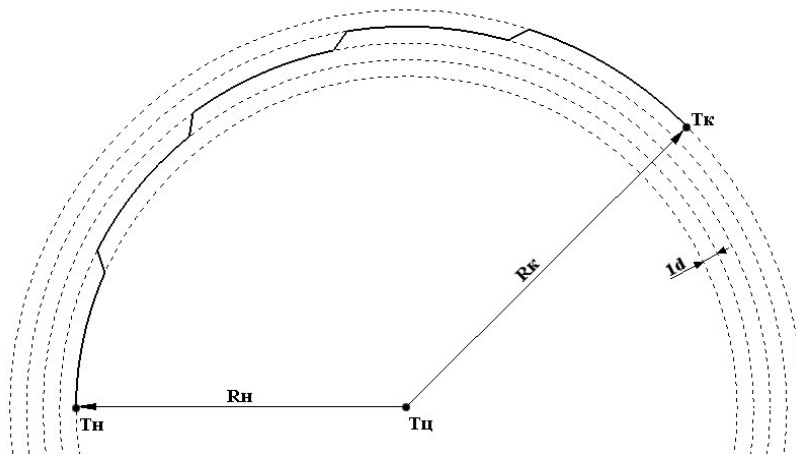


Рисунок 6 – Круговая интерполяция при изменении некорректной постановки задачи на корректную

Такое перемещение по семейству дуг концентрических окружностей можно лишь условно назвать круговой интерполяцией, но поскольку

ку точность станка составляет $\pm 0,1$ мм, а величина одной дискретности в данном случае равна 0,001 мм, то все эти отклонения лежат в пределах допусков изготовления деталей на данном типе оборудования. Поэтому выполнение перечисленных выше мероприятий позволило изменить постановку задачи на корректную и реализовать на модернизированном станке ФП-7СМН5 изготовление люка (рис. 7).

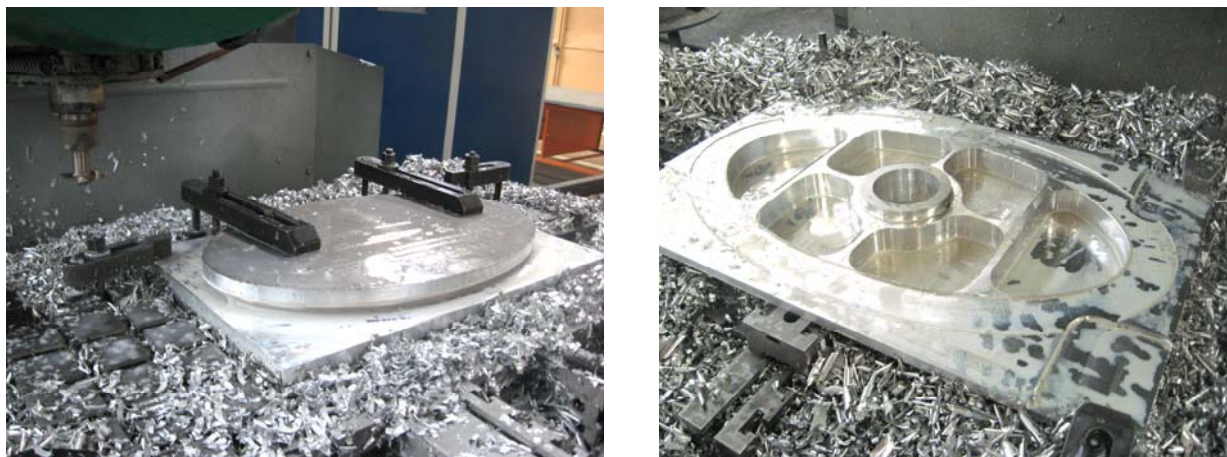


Рисунок 7 – Процесс изготовления крышки люка-лаза (148.00.1080.054.000) на модернизированном станке ФП-7СМН5

Оценивание технологических возможностей модернизированного станка выполнялось путем сравнения изготовления крышки люка-лаза (148.00.1080.054.000) сначала по исходной УП, а затем – по ускоренной (рис. 8). Некоторые технологические параметры приведены в таблице.

Таблица

| Параметры | Исходная УП | Ускоренная УП | Сравнение |
|--|--------------|---------------|---|
| Максимальная рабочая подача, мм/мин | 250 | 800 | $\frac{F_{y_m}}{F_{u_m}} = 3,2$ |
| Максимальная скорость холостого хода, мм/мин | 1000 | 2000 | $\frac{F_{y_xx}}{F_{u_xx}} = 2$ |
| Время обработки детали по 19 программам | 580 мин 11 с | 217 мин 10 с | $\frac{\sum T_{исх}}{\sum T_{уск}} = 2,4$ |

Выводы. Время изготовления детали по ускоренной программе уменьшено в 2,4 раза. Достигнутые скорости рабочих подач без изменения траектории инструмента исходной управляющей программы можно увеличить, но ограничение оборотов шпинделя не позволило это реализовать. Установка высокооборотного электршпинделя при модерниза-

ции оборудования позволит в ближайшей перспективе увеличить скорости рабочих подач.



Рисунок 8 – Крышка люка, изготовленная по исходной УП (слева), и эта же деталь перед финишными операциями по ускоренной УП (справа)

Список использованных источников

1. Раисов, Ю.А. Точный линейно-круговой интерполятор для систем формообразования в машиностроении [Текст] / Ю. А. Раисов, И. . Бычков, В. В. Комбаров // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – Х., 2007. – № 1. – С. 12 – 18.

2. Раисов, Ю.А. Реализация S-образных законов управления скоростью подач в устройстве ЧПУ АВИ.04 [Текст] /Ю.А. Раисов, И.В. Бычков, Н.И. Бычков // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті.– Х., 2010.– №1.– С. 8-11.

3. Мялица, А.К. Переход от человекоориентированного производства самолетов на ХГАПП к машиноориентированному [Текст] / А.К. Мялица // Технологические системы. – К.: УкрНИИАТ, 2010. - № 1 . – С. 91–95.

4. Бычков, И.В. Корректные и некорректные постановки задач формообразования [Текст] / И.В. Бычков, А. К. Мялица, Е. Н. Бут // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-т им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", 2008. – Вып. 39. –С. 6–13.

Поступила в редакцию 15.05.2011.

*Рецензент: д-р техн. наук, проф. Ю.А. Раисов,
Институт проблем машиностроения
им. А.Н. Подгорного НАН Украины, Харьков*