

УДК 681.5

О.Н. Федонин, Д.И. Петрешин, А.В. Агеенко

АЛГОРИТМ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ С ЧПУ

Предложен алгоритм диагностирования состояния токарных станков с ЧПУ, позволяющий с помощью системы диагностирования выявить и компенсировать статические и динамические составляющие контурной погрешности траектории перемещения исполнительных органов.

Ключевые слова: алгоритм диагностирования, токарный станок с ЧПУ, контурная погрешность, система диагностирования, траектория перемещения, исполнительные органы станка.

Модернизация системы управления токарного станка с ЧПУ путем замены системы ЧПУ требует согласования устройства ЧПУ с приводом главного движения и приводом подачи токарного станка с целью повышения его точности. Согласование возможно за счет настройки станочных параметров. Кроме того, в процессе эксплуатации происходит изменение состояния как самого станка, так и его системы управления и, как результат, потеря его точности. Восстановление точности станка также возможно за счет настройки станочных параметров [3].

Алгоритм диагностирования точности токарного станка с ЧПУ состоит из нескольких этапов. На первом этапе проводятся проверки с целью определения статических погрешностей. На втором этапе происходит отработка круговой траектории исполнительными органами токарного станка и определение контурной погрешности траектории исполнительных органов станка Δ_k (в дальнейшем - контурная погрешность) от установленного допуска формы. На третьем этапе определяется влияние динамических составляющих контурной погрешности, а также выполняется их сортировка по степени влияния на контурную погрешность. На четвертом этапе компенсируются составляющие контурной погрешности [4] путем настройки соответствующих станочных параметров. На пятом этапе определяется вариант ремонта узлов токарного станка с ЧПУ с минимальной себестоимостью. И наконец, на шестом этапе выполняется ремонт узлов токарного станка с ЧПУ в соответствии с выбранным вариантом.

Алгоритм диагностирования точности токарного станка с ЧПУ представлен на рис. 1.

Последовательность диагностирования точности токарного станка с ЧПУ следующая. Вначале выполняются проверки прямолинейности и параллельности траектории продольного перемещения суппорта относительно оси вращения шпинделя в вертикальной и горизонтальной плоскостях, перпендикулярности траектории перемещения поперечных салазок суппорта к оси вращения шпинделя, точности установки направляющих в поперечном направлении. Проверки проводятся в соответствии с ГОСТ 18097-93 (для токарно-винторезных станков), ГОСТ 17-70 (для токарно-револьверных станков), ГОСТ 18100-80 (для прутковых одношпиндельных токарно-револьверных станков). Целью проведения проверок является определение углов поворота продольного суппорта относительно осей X и Y φ_{x2} , φ_{y2} (рис. 2), угла поворота поперечного суппорта относительно оси Y φ_{y3} , угла поворота продольного суппорта относительно оси Z φ_{z3} (блок 1). Далее на токарном станке с ЧПУ отрабатывается круговая траектория исполнительных органов станка радиуса R и определяется контурная погрешность Δ_k с помощью разработанной системы диагностирования точности токарного станка с ЧПУ (блок 2) [1]. После этого контурная погрешность Δ_k сравнивается с допуском формы (блок 3). Если контурная погрешность находится в пределах допуска, то делается вывод о работоспособности станка и процесс диагностирования завершается.

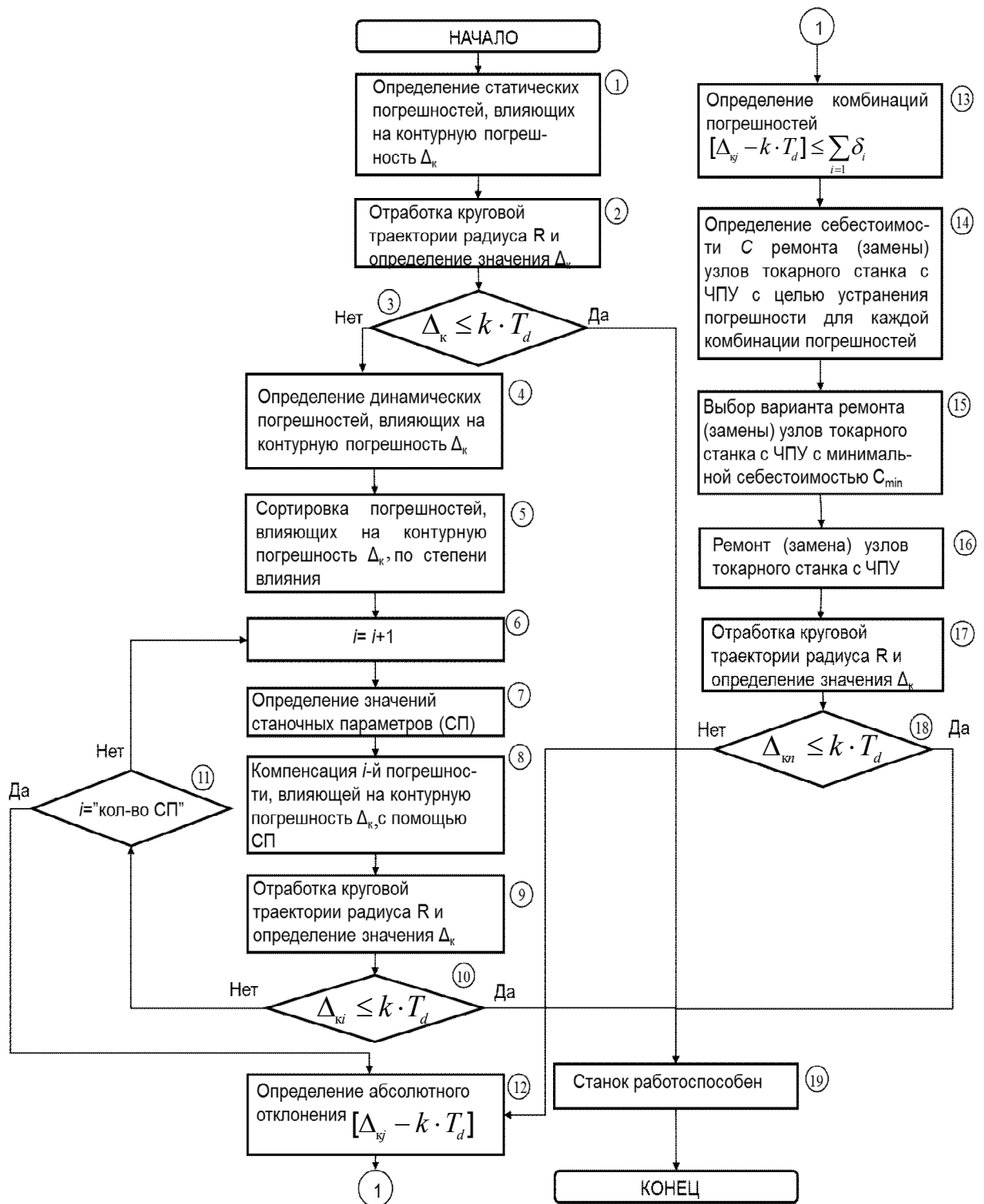


Рис. 1. Блок-схема алгоритма диагностики точности токарного станка с ЧПУ: Δ_k – фактическое значение контурной погрешности; k – поправочный коэффициент; T_d – допуск формы; Δ_{ki} – текущее значение контурной погрешности; δ_i – значение i -й составляющей контурной погрешности

Если контурная погрешность превышает требуемый допуск, то происходит определение динамических составляющих контурной погрешности (блок 4) [2] и сортировка статических и динамических составляющих по степени влияния на контурную погрешность Δ_k (блок 5). В блоках 6 – 11 компенсируются составляющих контурной погрешности Δ_k [3]. Причем статические и динамические погрешности компенсируются в порядке уменьшения их влияния на контурную погрешность Δ_k . После компенсации каждой составляющей происходит обработка круговой траектории и сравнение контурной погрешности Δ_{ki} с требуемым допуском формы (блоки 9,10).

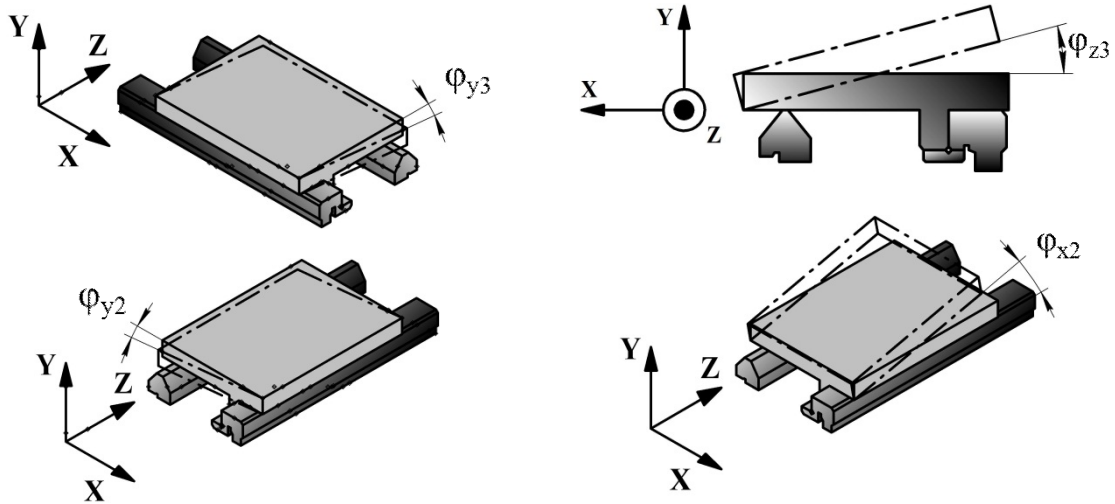


Рис. 2. Схема для определения контурной погрешности траектории перемещения исполнительных органов токарного станка с ЧПУ

Если компенсация составляющих погрешности с помощью станочных параметров не привела к уменьшению контурной погрешности Δ_k до допустимых значений, то определяется абсолютное отклонение контурной погрешности от допуска $\Delta_{kj} - [kT_d]$ (блок 12). Далее определяются комбинации составляющих контурной погрешности Δ_k , сумма которых превышает абсолютное отклонение (блок 13):

$$\Delta_{kj} - [kT_d] \leq \sum_{i+k} \delta_i,$$

где δ_i – i -я составляющая контурной погрешности.

Затем определяется себестоимость устранения каждой комбинации составляющих контурной погрешности Δ_k (блок 14). Среди всех комбинаций выбирается комбинация составляющих с наименьшей себестоимостью (блок 15). Далее выполняется ремонт узлов станка в соответствии с составляющими погрешности, входящими в данную комбинацию (блок 16). В блоках 17, 18 происходит определение контурной погрешности Δ_{kn} и сравнение ее с допуском формы. Если контурная погрешность Δ_{kn} находится в пределах допуска, то делается вывод о работоспособности станка и процесс диагностирования завершается, иначе повторяются действия, описанные в блоках 12 – 18, пока контурная погрешность Δ_{kn} не будет соответствовать допуску формы.

Обычно на чертежах указывается допуск на размер детали. При этом часть допуска на размер отдается на погрешность формы. В общем случае погрешность формы не должна превышать допуск на размер. Суммарную погрешность Δ_Σ для контура детали (рис. 3) можно рассчитать по следующей зависимости:

$$\Delta_\Sigma = (\Delta_y^2 + \Delta_n^2 + (1,73 \sum \Delta_{ст})^2 + (1,73 \sum \Delta_{г})^2 + \Delta_n^2)^{0,5},$$

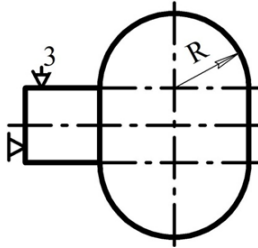


Рис. 3. Контур детали для определения суммарной погрешности обработки детали

где Δ_y – погрешность установки заготовки; Δ_n – погрешность, вызванная настройкой резца на выполняемый размер; $\Sigma\Delta_{ст}$ – погрешность, вызванная геометрической неточностью станка; $\Delta_{и}$ – погрешность, вызванная размерным износом резца; $\Sigma\Delta_T$ – погрешности, вызванные температурными деформациями системы.

Для того чтобы определить, какой точностью должен обладать токарный станок с ЧПУ, чтобы обеспечить требуемую точность детали, в блоке 3 (рис. 1) вводится поправочный коэффициент k . Поправочный коэффициент k позволяет вычлени из допуска формы профиля продольного сечения долю, вносимую кинематической неточностью станка (с учетом класса точности токарного станка с ЧПУ).

Схема выделения погрешности, обусловленной кинематической неточностью станка, представлена на рис. 4.

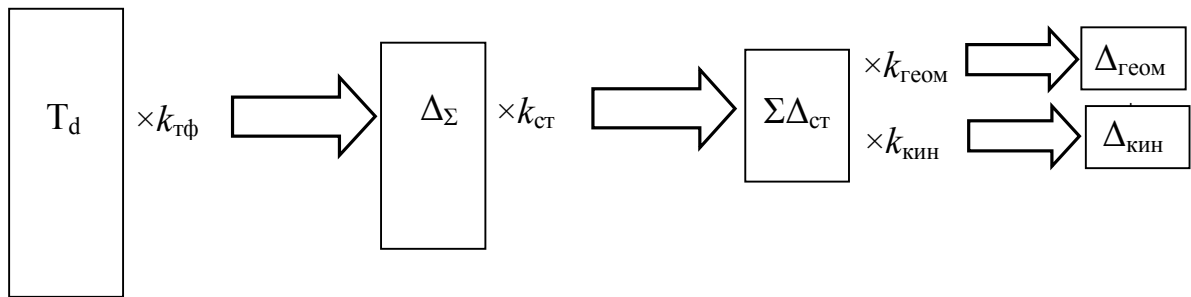


Рис. 4. Схема выделения погрешности, обусловленной кинематической неточностью станка: $k_{тф}$ - коэффициент, учитывающий точность формы; $k_{ст}$ - коэффициент, учитывающий точность станка; $k_{геом}$ - коэффициент, учитывающий геометрическую неточность станка; $k_{кин}$ - коэффициент, учитывающий кинематическую неточность станка

Значения коэффициентов, учитывающих точность формы ($k_{тф}$) [5], точность станка ($k_{ст}$) [6], а также отношение коэффициентов, учитывающих геометрическую ($k_{геом}$) и кинематическую ($k_{кин}$) неточность станка [7], представлены в таблице.

Таблица

Зависимость коэффициентов, учитывающих точность формы, точность станка от отношение коэффициентов, учитывающих геометрическую ($k_{геом}$) и кинематическую ($k_{кин}$) неточность станка

Класс точности станков	$k_{тф}$	$k_{ст}$	$k_{кин} / k_{геом}$
Нормальной точности (Н)	-	0,3	2,3
Повышенной точности (П)	-	0,4	1,5
Высокой точности (В)	0,25	0,5	0,67
Особо высокой точности (А)	0,4	0,6	0,33
точные (С)	0,6	0,7	0,18

Поправочный коэффициент k определяется как

$$k = \frac{k_{ст} \cdot k_{тф}}{1 + (k_{геом} / k_{кин})}$$

Состояние токарного станка с ЧПУ удовлетворяет требованиям точности, если выполняется условие

$$\Delta_k \leq \frac{k_{ст} \cdot k_{тф}}{1 + (k_{геом} / k_{кин})} \cdot T_d$$

Разработанный алгоритм был реализован на токарном станке модели 1В340Ф30 с системой ЧПУ NC201М с помощью спроектированной системы диагностирования (рис. 5, 6).

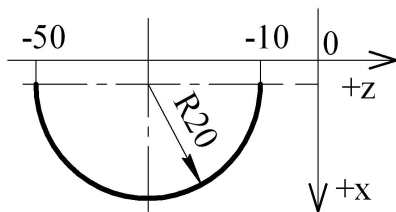


Рис. 5. Идеальная траектория исполнительных органов станка, заданная в управляющей программе

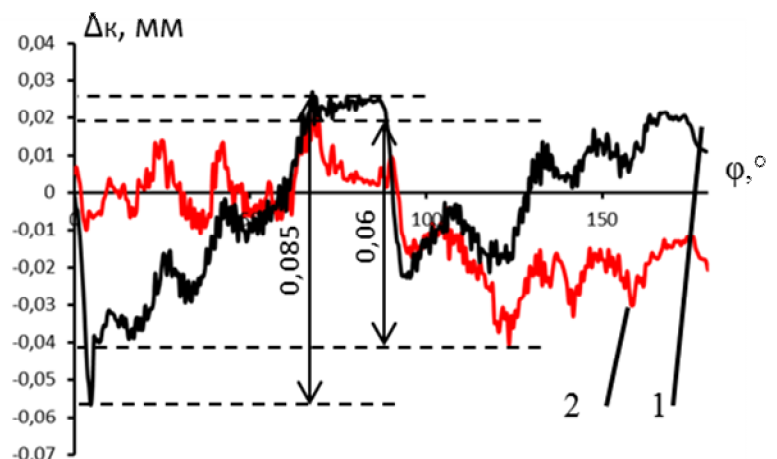


Рис. 6. Результат реализации алгоритма диагностирования: 1 – исходная траектория (до корректировки); 2 – окончательная траектория (после корректировки)

Результат действий по исследованию и настройке устройства ЧПУ позволил изменить контурную погрешность траектории перемещения исполнительных органов станка с 0,085 до 0,060 мм только за счет настройки станочных параметров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агеенко, А.В. Методика настройки параметров УЧПУ токарных станков для обеспечения заданной точности контура детали / А.В. Агеенко // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*. - Орел: Гос. ун-т - УНПК, 2011.-№4.- С.70-76.
2. Федонин, О.Н. Обеспечение точности токарного станка с ЧПУ за счет настройки станочных параметров / О.Н. Федонин, Д.И. Петрешин, В.А. Хандожко, А.В. Агеенко // *Научноёмкие технологии в машиностроении*. - М.: Машиностроение, 2013.-№11.- С.10-14.
3. Федонин, О.Н. Повышение эффективности работы токарно-револьверного станка с ЧПУ 1В340Ф30 путем модернизации и настройки его системы управления / О.Н. Федонин, Д.И. Петрешин, В.А. Хандожко, А.В. Агеенко // *Вестн. Брян. гос. техн. ун-та*. - 2010.-№4.- С.82-89.
4. Федонин, О.Н. Учет погрешностей системы управления в балансе точности токарного станка с ЧПУ / О.Н. Федонин, Д.И. Петрешин, А.В. Хандожко, А.В. Агеенко // *Вестн. Брян. гос. техн. ун-та*. - 2013.-№3.- С.55-57.
5. *Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой [и др.]*. - М.: Машиностроение-1, 2001. - Т.1. - 912 с.
6. Сосонкин, В.Л. Микропроцессорные системы ЧПУ станками / В.Л. Сосонкин. - М.: Машиностроение, 1985. - 288 с.
7. Кузнецов, Ю.Н. Станки с ЧПУ / Ю.Н. Кузнецов. - Киев: Высш. шк., 1991. - 278 с.

Материал поступил в редколлегию 16.05.14.