

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  $\Delta_k$  (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  $Y$   $\varphi_{x2}$ ,  $\varphi_{y2}$  (рис. 2), угла поворота поперечного суппорта относительно оси  $Y$   $\varphi_{y3}$ , угла поворота продольного суппорта относительно оси  $Z$   $\varphi_{z3}$  (блок 1). Далее на токарном станке с ЧПУ отрабатывается круговая траектория исполнительных органов станка радиуса  $R$  и определяется контурная погрешность  $\Delta_k$  с помощью разработанной системы диагностирования точности токарного станка с ЧПУ (блок 2) [1]. После этого контурная погрешность  $\Delta_k$  сравнивается с допуском формы (блок 3). Если контурная погрешность находится в пределах допуска, то делается вывод о работоспособности станка и процесс диагностирования завершается.

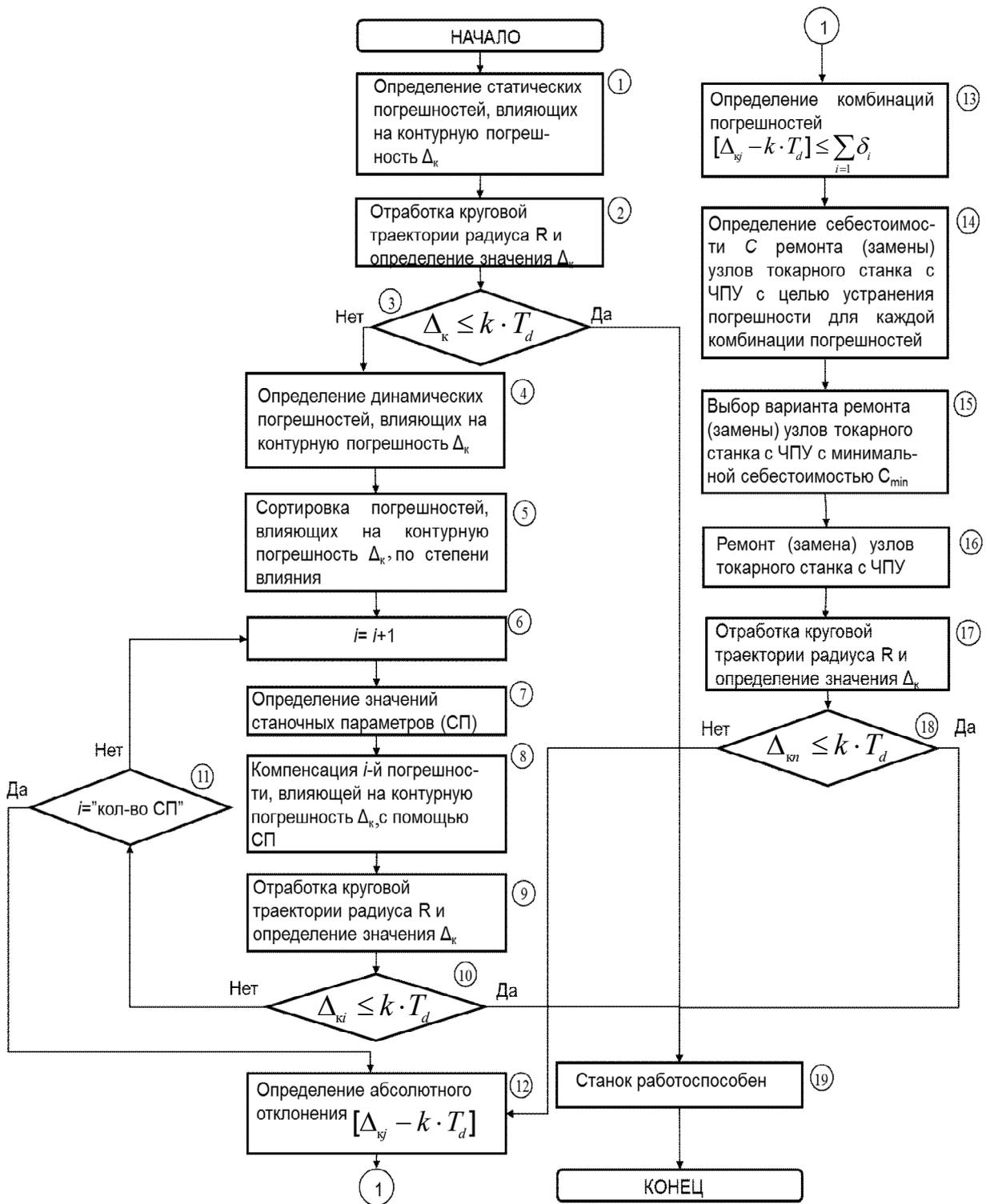


Рис. 1. Блок-схема алгоритма диагностики точности токарного станка с ЧПУ:  $\Delta_k$  – фактическое значение контурной погрешности;  $k$  – поправочный коэффициент;  $T_d$  – допуск формы;  $\Delta_{ki}$  – текущее значение контурной погрешности;  $\delta_i$  – значение  $i$ -й составляющей контурной 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  $\Delta_k$  (блок 5). В блоках 6 – 11 компенсируются составляющие контурной погрешности  $\Delta_k$  [3]. Причем статические и динамические погрешности компенсируются в порядке уменьшения их влияния на контурную погрешность  $\Delta_k$ . После компенсации каждой составляющей происходит обработка круговой траектории и сравнение контурной погрешности  $\Delta_{ki}$  с требуемым допуском формы (блоки 9,10).

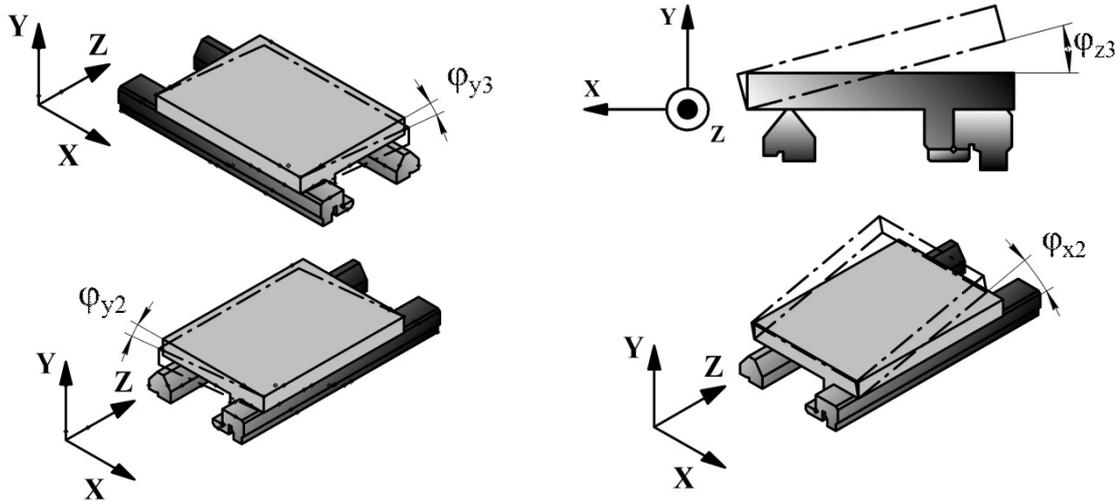


Рис. 2. Схема для определения контурной погрешности траектории перемещения исполнительных органов токарного станка с ЧПУ

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

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

где  $\delta_i$  –  $i$ -я составляющая контурной погрешности.

Затем определяется себестоимость устранения каждой комбинации составляющих контурной погрешности  $\Delta_k$  (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  $\Delta_{kn}$  и сравнение ее с допуском формы. Если контурная погрешность  $\Delta_{kn}$  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  $\Delta_{kn}$  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  $\Delta_\Sigma$  для контура детали (рис. 3) можно рассчитать по следующей зависимости:

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

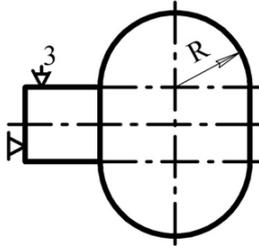


Рис. 3. Контур детали для определения суммарной погрешности обработки детали

где  $\Delta_y$  – погрешность установки заготовки;  $\Delta_n$  – 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.

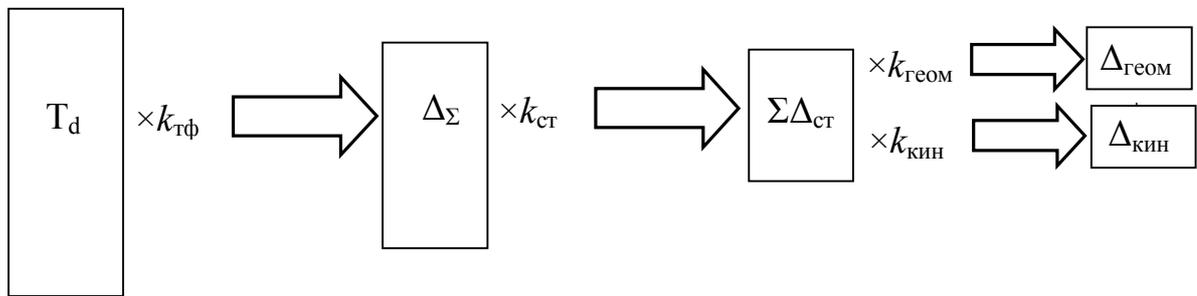


Рис. 4. Схема выделения погрешности, обусловленной кинематической неточностью станка:  $k_{тф}$  - коэффициент, учитывающий точность формы;  $k_{ст}$  - коэффициент, учитывающий точность станка;  $k_{геом}$  - коэффициент, учитывающий геометрическую неточность станка;  $k_{кин}$  - коэффициент, учитывающий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

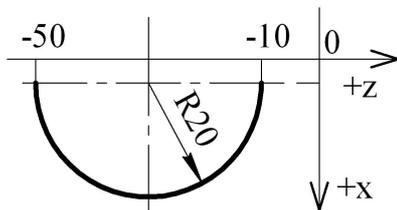


Рис. 5. Идеальная траектория исполнительных органов станка, заданная в управляющей программе

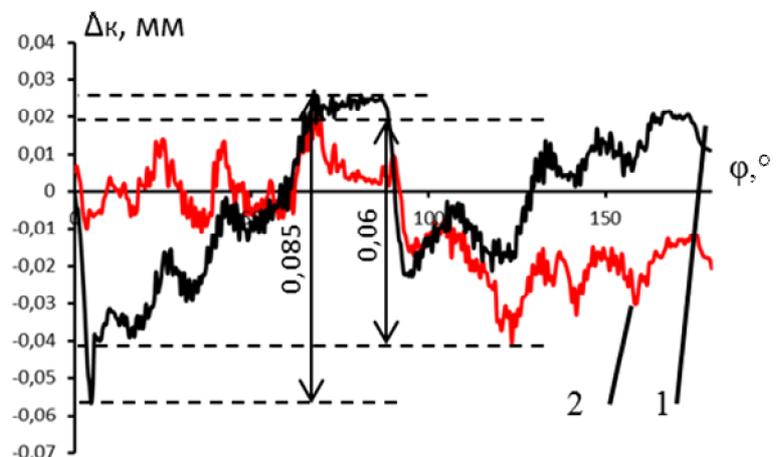


Рис. 6. Результат реализации алгоритма диагностирования: 1 – исходная траектория (до корректировки); 2 – окончательная траектория (после корректировки)

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.