

ЛИТЕРАТУРА

1. Локтев Д. Шпиндельные узлы / Д. Локтев // Стружка. – 2002. – № 5. – С. 12-15.
2. Юденков Н. Узлы станков / Н. Юденков // Комплект: ИТО. – 2008. – № 2. – С. 4-10.
3. Локтев Д. Шпиндельные узлы / Д. Локтев // Стружка. – 2003. – № 4. – С. 16-22.
4. Титов В. Автоматическая компенсация тепловых деформаций шпиндельных узлов прецизионного оборудования с ЧПУ / В. Титов, М. Бобырь // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2006. – № 11. – С. 31-35.

УДК [621.9:62-502.55]:62-192

Рудюк А.Н.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Горбунов В.П.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ МНОГОЦЕЛЕВОГО СТАНКА С ЧПУ

В современном машиностроении большую роль играет точность обработки, особенно корпусных прецизионных деталей, отличающимися высокими требованиями к базовым поверхностям, наличием отверстий различного диаметра, расположенных в различных плоскостях и т.д. В результате появилась необходимость использовать металлорежущие станки, которые позволяют обеспечивать требуемые показатели точности и производить многоинструментальную обработку за одну установку детали. Именно эти станками и стали многоцелевые станки (МС) с ЧПУ.

Важнейшим условием при эксплуатации МС с ЧПУ является обеспечение требуемой точности обработки деталей и сохранение ее в процессе заданного периода эксплуатации, что определяется их параметрической надежностью [1].

Для оценки работоспособности объекта и определения показателей его качества необходимо выявить так называемую область состояний, в которой находятся его выходные параметры, и сравнить ее с областью работоспособности, которая определяет границы допустимых значений этих параметров.

При обработке деталей типа плит и корпусных деталей на металлорежущих станках с позиционными и комбинированными системами ЧПУ, где высокие требования предъявляются к точности межосевых расстояний, выходным параметром принята точность выхода рабочих органов в запрограммированное положение [2].

Рабочие органы металлорежущего станка с ЧПУ при перемещении в запрограммированное положение устанавливаются в положении, которое характеризуется в общем виде радиус-вектором, или проекциями данного вектора на соответствующие оси координат. Область существования погрешностей данного радиус-вектора определяется объемом, ограниченным величинами рассеивания проекций погрешности на рассматриваемые оси координат. Существуют также и угловые смещения, так как происходят относительные повороты выбранной системы координат.

В качестве лимитирующей погрешности выходного параметра для термосимметричной конструкции станка горизонтальной компоновки будем рассматривать погрешности перемещения вдоль координаты Y, и в дальнейшем расчет показателей параметрической надежности будем вести для данной погрешности выходного параметра.

Для оценки параметрической надежности МС с ЧПУ необходимо, опираясь на общую модель формирования параметрического отказа [2], предложенную проф. А.С. Прониковым (рис. 1), применять следующие основные показатели:

1. $P(t)$ – вероятность безотказной работы станка по точности обработки за межналадочный период $T_{м.н.}$.

В начальном состоянии:

$$P(t) = 0,5 + \Phi \left\{ \frac{(\delta - \Delta_{np}) - l_0}{l_1/3} \right\}, \quad (1)$$

где Φ – нормированная функция Лапласа ($0 \leq \Phi \leq 0,5$);

Δ_{np} – погрешность программирования;

l_1 – рассеивание выходного параметра относительно центра группирования;

l_0 – центр группирования размеров выходного параметра.

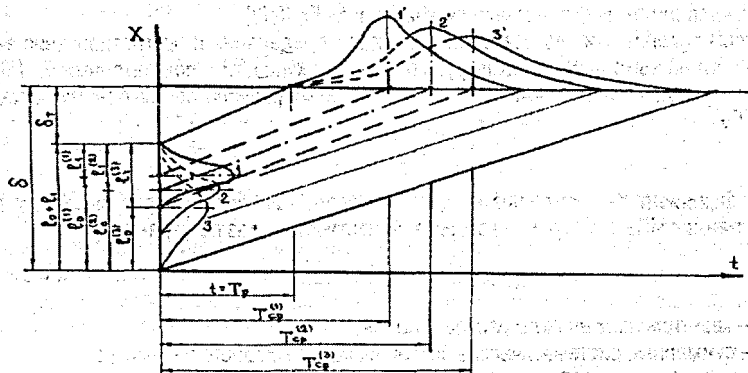


Рис. 1 – Влияние систематических и случайных составляющих погрешности выходного параметра на потерю работоспособности

Значения l_1 и l_0 на рис. 1 показаны для трех различных начальных состояний станка, которые могут формироваться на различных этапах эксплуатации станка (состояния 1, 2, 3).

В конце межналадочного периода произойдет уменьшение резерва МС с ЧПУ до $\delta_T = (\delta - \Delta_{np}) - l_0 - \Delta_c$ по выходному параметру за счет возможного изменения рассеивания l_1 и смещения центра группирования от тепловых деформаций Δ_c :

Тогда $P(t)$ составит:

$$P(t) = 0,5 + \Phi \left\{ \frac{(\delta - \Delta_{np}) - l_0 - \Delta_c}{l_1/3} \right\}. \quad (2)$$

2. Межналадочный период $T_{м.н.}$ – это регламентированный период работы станка с ЧПУ до его подналадки.

3. Показатель δ_T – резерв (запас) станка с ЧПУ по точности обработки:

$$\delta_T = \delta - \delta_{ок} \quad (3)$$

4. K_T – запас надежности по выходному параметру:

$$K_T = \frac{\delta}{\delta_T} = \frac{\delta}{\delta - \delta_{ок}} \geq 1 \quad (4)$$

Резерв станка с ЧПУ по точности обработки в целом можно характеризовать минимальным из получаемых значений K_T или тем из его значений, которое определяет ресурс станка по точности обработки.

5. Показатель γ_T – скорость изменения резерва станка с ЧПУ по точности обработки:

$$\gamma_T = \frac{d\delta_T(t)}{dt}. \quad (5)$$

6. Показатель γ_K – скорость изменения коэффициента резерва станка с ЧПУ по точности обработки K_T (скорость изменения запаса надежности):

$$\gamma_K = \frac{dK_T(t)}{dt} \quad (6)$$

7. Показатель T_p – ресурс станка с ЧПУ по точности обработки – наработка в часах до потери точности обработки станком с ЧПУ по любому из параметров качества (точности) обработки. При заданном ресурсе T_p (одинаковым для трех этапов эксплуатации) средний срок службы МС по выходному параметру $T_{сп}$ будет различным (рисунок 1).

Для количественной оценки степени влияния систематических и случайных составляющих выходного параметра МС с ЧПУ в дополнении к основным показателям были введены дополнительные частные показатели: K_1, K_2, K_3 [3].

Использование этих показателей упрощает определение и прогнозирование запаса надежности по выходному параметру. Тогда в совокупности с показателями $\delta_T, P(t)$ они являются исходными данными для прогнозирования ресурса по выходному параметру МС с ЧПУ.

$$K_1 = \frac{\delta_T}{\delta} \quad (7)$$

Коэффициент K_1 характеризует долю неиспользованного резерва выходного параметра станка с ЧПУ, в пределах которого не наступает отказ по параметру;

$$K_2 = \frac{l_1(l_2)}{K_p \cdot \delta} = \frac{K_p \cdot \sqrt{\sum \sigma_i^2}}{\delta} \quad (8)$$

где K_p – квантиль нормального распределения;

$\sum \sigma_i^2$ – суммарные систематические составляющие выходного параметра.

Коэффициент K_2 характеризует долю, которую в поле допуска δ на выходной параметр занимают случайные составляющие погрешности.

$$K_3 = \frac{l_0}{\delta} = \frac{\sum \Delta_i}{\delta} \quad (9)$$

Коэффициент K_3 характеризует долю, которую в поле допуска δ на выходной параметр занимают систематические составляющие погрешности $l_0 = \Delta Y_0 + \Delta c$, где ΔY_0 – погрешность начального состояния выходного параметра вдоль координаты Y .

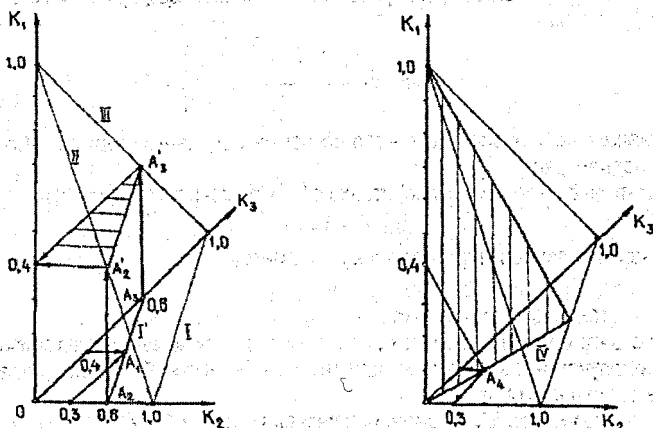


Рис. 2 – Область существования показателей надежности K_1, K_2, K_3

Тогда запас надежности K_T , выраженный через коэффициенты K_1, K_2, K_3 , равен:

$$K_T = 1/(K_2 + K_3) \quad \text{или} \quad K_T = 1/(1 - K_1) \quad (10)$$

На рисунке 2 показана область существования показателей надежности K_1 , K_2 , K_3 и порядок определения их области состояния используя заданные или полученные при контрольных испытаниях исходные точки A_1, \dots, A_4 .

Использование этих показателей упрощает определение и прогнозирование запаса надежности по выходному параметру. Тогда показатели $P(t)$, δ_T , определенные за межналадочный период, являются исходными данными для прогнозирования ресурса по выходному параметру T_r .

Расчет значений запаса надежности многоцелевого станка с ЧПУ модели MC 12-250 по критерию ΔY – погрешность выходного параметра по лимитирующему размеру вдоль координаты Y , которая определяется как разность между текущим перемещением рабочего органа $Y_{\text{тек}}$ и запрограммированным $Y_{\text{прог}}$ показывает, что обработка прецизионных деталей не должна превосходить $\Delta Y_{\text{max}} = 46$ мкм (что соответствует IT7, исходя из класса точности станка, и максимальному перемещению вдоль координаты Y , равному 250 мм).

В этом случае коэффициент надежности для данного параметра $K_H = 1,43$ при вероятности безотказной работы по выходному параметру $P(t) \rightarrow 0$. При работе за межналадочный период происходит снижение запаса станка по точности δ_T до 10,8 мкм при $K_H = 1,26$; $P(t) = 0,9965$. При этом значение показателя K_1 снижается с 0,4 до 0,23. Для поддержания выходного параметра MC на данном уровне ($K_1 = 0,4$) необходимо снижение влияния систематических составляющих погрешности, т.е. увеличение коэффициента K_3 с 0,3 до 0,6 (рисунок 2), что возможно при автоматической коррекции величины перемещения или положения инструмента.

Выводы

1. При эксплуатации многоцелевого станка с ЧПУ его параметрическая надежность может быть обеспечена за счет контроля выходного параметра ΔY и управлением наиболее значимого для изменения ΔY повреждения.

2. Зная значение исходного состояния выходного параметра и закон его изменения во время эксплуатации, можно прогнозировать ресурс работы MC с ЧПУ, при котором вероятность безотказной работы $P(t)$ не будет превышать допустимого уровня и, используя возможности системы управления, управлять точностью обработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Точность и надёжность станков с числовым программным управлением / Под ред. А.С. Проникова. – М.: Машиностроение, 1982. – 256 с.
2. Проников А.С. Параметрическая надежность машин и технологического оборудования. Проблемы, перспективы, тенденции // Проблемы машиностроения и надежности машин. 1990. – № 2. – С. 50-59.
3. Горбунов В.П., Григорьев В.Ф. Оценка технологической надёжности многоцелевого станка по параметру точности координатных перемещений // Вестник БрГТУ – Машиностроение, автоматизация, ЭВМ. – 2002, – № 4(16). – С. 8-11.

УДК [621.9:62-502.55]:62-192

Рудюк А.Н.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Горбунов В.П.

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ МНОГОЦЕЛЕВОГО СТАНКА С ЧПУ MC 12-250 ЗА МЕЖНАЛАДОЧНЫЙ ПЕРИОД

Показателями качества обработки, характеризующими MC с ЧПУ как элемент технологической системы, являются: точность размеров, формы и расположения обрабатываемых поверхностей, их шероховатость, а в ряде случаев и физико-механические