

**ДИНАМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ РЕЗЦЕДЕРЖАТЕЛЕЙ С  
ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ ВЫРАВНИВАНИЯ СИЛ****Мельникова Е.П., Быков В.В. (АДИ ГВУЗ ДонНТУ, г. Горловка, Украина)***E-mail: [bykowwalery@ukr.net](mailto:bykowwalery@ukr.net)*

**Аннотация.** В статье приведен анализ влияния сил трения в направляющих скользящих в динамике на чувствительность внутренней адаптивной системы управления при перемещении резцедержателей в прямоугольных направляющих токарного станка для восстановления тормозных дисков транспортных машин. Рассмотрены динамические особенности процесса функционирования резцедержателей в прямоугольных направляющих с помощью двухмассовой модели системы станок – инструмент – деталь.

**Ключевые слова:** модель, процесс, чувствительность, резцедержатель, направляющая.

**1. Введение**

Обработка металлов резанием является одним из основных способов изготовления деталей транспортных машин вследствие существенных преимуществ перед другими видами обработки, как универсальность, малая энергоёмкость, простота реализации, технологическая маневренность, высокая производительность, возможность обработки деталей любой формы и размеров с высокой точностью и качеством, обеспечивающим требуемые эксплуатационные характеристики машин. Однако, несмотря на это токарная обработка тормозных дисков транспортных машин является наиболее трудоёмкой частью технологического процесса и всегда вызывает определённые трудности. Опыт [1,2,3] показывает, что традиционные способы обработки нежестких деталей, в том числе и тормозных дисков недостаточно эффективны. Жесткость дисков, несоизмерима с жесткостью узлов станка, наличие в процессе обработки возмущающих факторов, возможность возникновения вибраций, сложность и нестабильность процесса резания вынуждают искать новые способы обеспечения заданной точности и качества обработки. Решение задачи затрудняется тем, что в процессе обработки тормозной диск, инструмент и узлы станка находятся в относительном движении и представляют собой сложную динамическую систему, поведение которой заранее определить без исследований практически невозможно. В работе [3] заложены основные принципы создания многолезвийной токарной обработки нежестких тел вращения с целью повышения её эффективности путем установления закономерностей влияния связей между инструментами и создания внутренних механизмов адаптации технологической обрабатываемой системы. Это актуально при двурезцовой токарной обработке тормозных дисков автомобилей с применением токарного станка с внутренней адаптивной системой управления (АСУ). Такой станок разработан в лаборатории Диагностики кафедры ТЭА АДИ ДонНТУ и позволяет вести обработку рабочих поверхностей тормозных дисков непосредственно на автомобиле [4]. Направляющие резцедержателей станка обеспечивают необходимое взаимное расположение резцов и возможность их перемещения относительно тормозного диска. Взаимные возвратно-поступательные движения резцедержателей прямоугольной формы с одной степенью свободы способствуют постоянному изменению действующих сил в направляющих. Скорости скольжения в направляющих определяются кинематикой и динамикой функционирования АСУ.

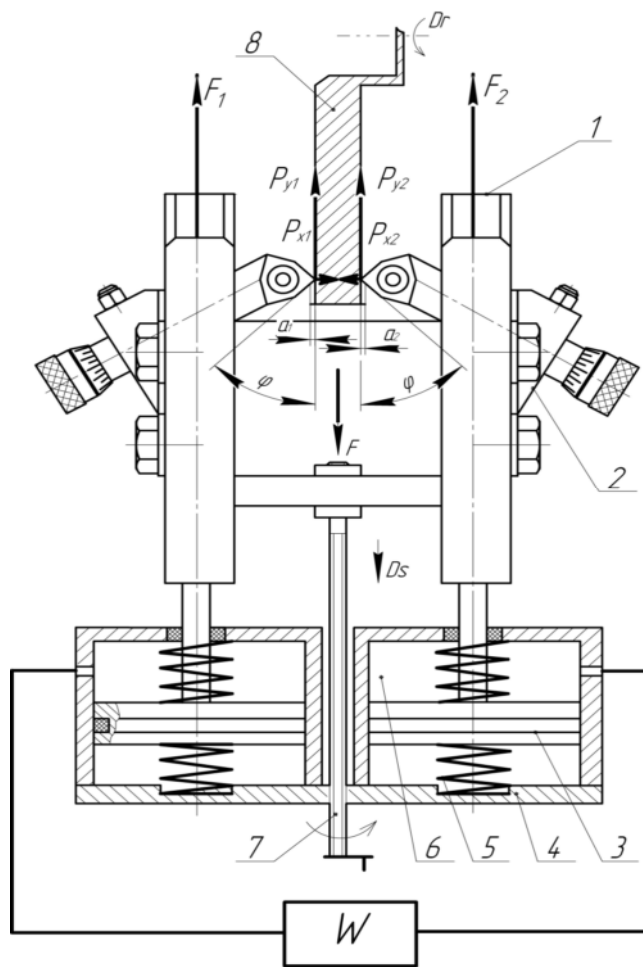


Рис.1. Схема действующих сил в направляющих резцедержателей: 1 - направляющая резцедержателя, 2 - резцедержатель, 3 - поршень, 4 - корпус, 5 - пружина, 6 - полость, 7 - передаточная функция, 8 - тормозной диск

Резцедержатели массой  $m_\partial$  связаны между собой упругими связями с коэффициентом жесткости  $k_\partial$  с помощью передаточной функции  $W$ . На резцедержатели действуют радиальные составляющие сил резания  $P_{y1}$  и  $P_{y2}$ , силы нормального давления  $N_1$  и  $N_2$ , силы трения  $F_{mp1}$  и  $F_{mp2}$ , силы демпфирования с коэффициентом демпфирования  $c_\partial$ .

Уравнение движения резцедержателей для принятой схемы запишем в виде

$$m\ddot{y}_1 = -P_{y1} - c_\partial \dot{y}_1 - \frac{k_\partial}{2} \sum_{i=1}^2 y_i \pm F_{mp1} \quad (1)$$

$$m\ddot{y}_2 = -P_{y2} - c_\partial \dot{y}_2 - \frac{k_\partial}{2} \sum_{i=1}^2 y_i \pm F_{mp2},$$

где  $m\ddot{y}$  – приведенные силы инерции системы,  $y$  и  $\dot{y}$  – перемещение и скорость перемещения приведенных масс.

Тангенциальная составляющая силы резания состоит из постоянной  $P_{z0}$  и переменной составляющих  $P_{zi}$ .

$$P_{zi} = P_{z0} + k_p a \cdot \sin \varphi + \sin \omega \tau, \quad (2)$$

где  $k_p$  – коэффициент резания,  $a = (y_i - y_{0i})$  – величина изменения срезаемого слоя в

Целью данной статьи является изучение влияния сил трения в динамике на чувствительность АСУ при перемещении резцедержателей в прямоугольных направляющих токарного станка для восстановления тормозных дисков транспортных машин.

## 2. Основное содержание и результаты работы

Для достижения поставленной цели рассмотрим характер действия сил трения в направляющих скольжения двурезцового токарного станка с внутренней АСУ, изображенных на рисунке 1.

На каждом резце, закрепленном на передних концах направляющих, действуют составляющие силы резания  $P_x, P_y, P_z$ . Полости гидроцилиндров соединены между собой. Перемещению резцедержателей препятствуют силы трения  $F_{mp1}$  и  $F_{mp2}$ .

Динамические особенности процесса функционирования резцедержателей в прямоугольных направляющих рассмотрим с помощью двухмассовой модели системы станок-деталь-инструмент (Рис. 2).

Резцедержатели массой  $m_\partial$

радиальном направлении,  $\omega$  – угловая частота вращения диска,  $\tau$  – длительность перемещения.

Осевая и радиальная составляющие силы соответственно равны:

$$\begin{aligned} P_{xi} &= \mu_{mp} \cos \varphi P_{zi}; \\ P_{yi} &= \mu_{mp} \sin \varphi P_{zi}; \end{aligned} \quad (3)$$

где  $\mu_{mp}$  – коэффициент трения,  $\varphi$  – главный угол в плане.

Сила трения при перемещении резцедержателей имеет вид

$$F_{mpi} = \gamma_{nep} N = \gamma_{nep} (P_{zi} + P_{yi}) = \gamma_{nep} (1 + \mu_{mp} \sin \varphi) P_{zi}, \quad (4)$$

где  $\gamma_{nep}$  – коэффициент трения в направляющих при перемещении резцедержателей,  $i = 1, 2$ .

Тогда дифференциальные уравнения примут следующий вид

$$\begin{cases} m\ddot{y}_1 + c_\partial \dot{y}_1 + \frac{k_\partial}{2} (y_1 + y_2) = -\mu_{mp} \sin \varphi (P_{z0} + k_p [(y_1 - y_{10}) \cdot \\ \cdot \sin \varphi] + \sin \omega \tau) \pm F_{mp1}; \\ m\ddot{y}_2 + c_\partial \dot{y}_2 + \frac{k_\partial}{2} (y_1 + y_2) = -\mu_{mp} \sin \varphi (P_{z0} + k_p [(y_1 - y_{20}) \cdot \\ \cdot \sin \varphi] + \sin \omega \tau) \pm F_{mp2}; \end{cases} \quad (5)$$

В полученной модели сила трения  $F_{mp}$  может изменять знак плюс на минус. В неподвижном состоянии резцедержателя значение коэффициента трения  $\gamma = \gamma_n$ , а при перемещении резцедержателя с массой  $m_\partial$  – значение коэффициента трения уменьшается  $\gamma_{nep} < \gamma_n$ .

Направление силы трения изменяется от направления перемещения резцедержателей. Следовательно система уравнений будет иметь вид:

$$\begin{cases} m\ddot{y}_1 + c_\partial \dot{y}_1 + \frac{k_\partial}{2} (y_1 + y_2) = -\mu_{mp} \sin \varphi (P_{z0} + k_p [(y_1 - y_{10}) \cdot \\ \cdot \sin \varphi] + \sin \omega \tau) - F_{mp1}(\dot{y}_1); \\ m\ddot{y}_2 + c_\partial \dot{y}_2 + \frac{k_\partial}{2} (y_1 + y_2) = -\mu_{mp} \sin \varphi (P_{z0} + k_p [(y_1 - y_{20}) \cdot \\ \cdot \sin \varphi] + \sin \omega \tau) - F_{mp2}(\dot{y}_2); \end{cases} \quad (6)$$

Если скорость перемещения  $\dot{y}_1 \neq 0$ , то сила трения  $F_{mp1}(\dot{y}_1) = F_{mp1} \frac{d}{d\dot{y}_1} |\dot{y}_1|$ ,

а при  $\dot{y}_2 \neq 0$  сила трения равна:

$$F_{mp2}(\dot{y}_2) = F_{mp2} \frac{d}{d\dot{y}_2} |\dot{y}_2|. \quad (7)$$

Решая систему уравнений (6) по методике предложенной в [3] приходим к выводу, что приближительной формулой для определения длительности перемещения резцедержателей в направляющих можно принять:

$$\tau_c \approx \frac{\pi}{\omega_x}; \quad (8)$$

где  $\omega_x$  – частота собственных колебаний системы.

Величина перемещения резцедержателей в направляющих в этом случае

$$\Delta_c \approx \frac{4\Delta F_{mp}}{k_o} \quad (9)$$

Величина осциллирующего перемещения резцедержателя снижает чувствительность функционирования внутренней АСУ, однако с точки зрения повышения вибростойкости и обеспечения симметричности функционирования наиболее рациональными и технологичными являются прямоугольные направляющие.

### 3. Заключение

На основе предложенной математической модели динамических особенностей функционирования резцедержателей в прямоугольных направляющих токарного станка для восстановления тормозных дисков определено, что чувствительность функционирования АСУ в значительной степени определяется разностью сил трения в направляющих резцедержателей.

**Список литературы:** 1. Подураев В.Н. Автоматически регулируемые и комбинированные процессы резания / В.Н.Подураев. – М.: Машиностроение, 1977. – 303 с. 2.Плотников А.Л. Обеспечение надежности определения режимов лезвийной обработки для автоматизированного станочного оборудования на основе оперативной информации о свойствах инструмента и детали: автореф. дис. на соискание научн. степени доктора техн. наук: спец. 05.02.07 «Технология и оборудование физико - механической обработки»/ А.Л. Плотников – Саратов, 2001. – 31 с. 3. Луців І.В. Основи створення багатолезового оснащення з міжінструментальними зв'язками для обробки поверхонь обертання: дис. доктора техн. наук: 05.03.01 / Луців Ігор Володимирович.– Тернопіль, 2006. – 448 с. 4. Быков В.В. Влияние сил трения на эффективность срабатывания адаптивной системы управления / В.В.Быков В.В // Сучасні технології в машинобудуванні. Збірник наукових праць / Харків НТУ «ХПІ». – Харків 2010 –. Вип. 4. – С. 92-96.

### **DYNAMIC FEATURES OF WORK TOOLHOLDER WITH HYDRAULIC SYSTEM OF ALIGNMENT FORCES**

*Melnikova E.P., Bykov V.V. (ADI DonNTU, Gorlivka, Ukraine)*

**Abstract:** Character of action forces friction in rectangular directing slidings of a lathe with an internal adaptive control system and its influence on accuracy of a relative positioning of the tool and a processed detail is considered. Dependence between friction factor in directing holders of cutters and accuracy of operation of the adaptive control system is revealed.

**Key words:** Model, process, sensitivity, toolholder, directing.

### **ДИНАМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ РЕЗЦЕДЕРЖАТЕЛЕЙ З ГІДРАВЛІЧНОЮ СИСТЕМОЮ ВИРІВНЮВАННЯ СИЛ**

*Мельникова О.П., Быков В.В. (АДІ ДВУЗ ДонНТУ, м. Горловка, Україна)*

**Анотація.** Характер дії викликає тертя в прямокутному напрямі slidings токарного верстата з внутрішньою адаптивною системою управління і її впливом на точність відносного розташування інструменту, і оброблені деталі розглядають. Залежність між чинником тертя у напрямі утримувачів різаків і точністю операції адаптивної системи управління показана.

**Ключові слова:** модель, процес, чутливість, резцетримач, направляюча.

Надійшла до редколегії 31.01.2011.