

УДК 621.9.01

**ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ
ПОДСИСТЕМЫ ИНСТРУМЕНТА В
ОСЕВОМ НАПРАВЛЕНИИ В
ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПАРАМЕТРА
ЗАПАЗДЫВАНИЯ И ЖЕСТКОСТИ
ПРОЦЕССА ТОЧЕНИЯ**

*Быкадор В. С., Тетенко О. В.,**Австрийченко А. А., Шаламов Е. С.*

Донской государственной технической
университет, Ростов-на-Дону, Российская
Федерация

vitaly.bykador@icloud.comolga.tetenko@yandex.ruantonavstrieц@gmail.comshalamovv326@gmail.com

Рассматриваются вопросы математического моделирования и анализа динамических свойств подсистемы режущего инструмента для процесса точения, имеющего конечную жесткость в осевом направлении. В работе уделено особое внимание анализу устойчивости подсистемы режущего инструмента в осевом направлении в зависимости от варьирования двух параметров — времени запаздывания осевой составляющей силы резания от упругого смещения резца и жесткости процесса резания.

Ключевые слова: процесс точения, устойчивость, динамика резания, запаздывание, жесткость резания, управление точением, сила резания.

Введение. Вопросы устойчивости процесса точения имеют важное значение для современного машиностроения. Сохранение устойчивости процесса резания влияет на точность и качество обрабатываемых поверхностей деталей машин, а также улучшают экономические показатели производственного процесса. В данной работе исследуется влияние запаздывания осевой составляющей силы резания и жесткости процесса резания на устойчивость технологической системы. Из работ [1–6] известно, что ряд параметров процесса резания в значительной мере влияют на динамику процесса точения. Важными параметрами, влияющими на динамику технологической системы и устойчивость процесса резания, являются трудно управляемые параметры, обусловленные физикой процесса резания. В частности, к таким параметрам относятся: время запаздывания осевой составляющей силы резания относительно упругого смещения подсистемы режущего инструмента и жесткость процесса резания [1–3, 5].

UDC 621.9.01

**SUSTAINABILITY INVESTIGATION OF A
TOOL SUBSYSTEM IN AXIAL
DIRECTION, DEPENDING ON THE
PARAMETER OF DELAY AND RIGIDITY
OF A TURNING PROCESS**

*Bykador V.S., Tetenko O.S.,**Avstriychenko A.A., Shalamov E.S.*

Don State Technical University, Rostov-on-Don,
Russian Federation

vitaly.bykador@icloud.comolga.tetenko@yandex.ruantonavstrieц@gmail.comshalamovv326@gmail.com

The article deals with the problems of mathematical modeling and analysis of the dynamic properties of the cutting tool subsystem for the turning process, which has finite stiffness in the axial direction. In this work, special attention was paid to the analysis of the stability of the cutting tool subsystem in the axial direction, depending on the variation of two parameters - the time lag of the axial component of the cutting force from the elastic displacement of the tool and the rigidity of the cutting process.

Keywords: turning process, stability, cutting dynamics, delay, rigidity of cutting, control of turning, cutting force.

Анализ устойчивости системы. Используя системную матрицу (2), получим характеристическое уравнение системы (3)

$$a_3\lambda^3 + a_2\lambda^2 + a_1\lambda + a_0 = 0, \quad (3)$$

где $a_3 = T \cdot m$; $a_2 = T \cdot h + m$; $a_1 = T \cdot c + m$; $a_0 = c + \rho$.

Как можно наблюдать, все коэффициенты характеристического уравнения (3) зависят от времени запаздывания и жесткости. Задавшись значениями параметров $m = 0,01 \text{ кг} \cdot \frac{\text{с}^2}{\text{мм}}$; $h = 0,1 \text{ кг} \cdot \frac{\text{с}}{\text{мм}}$; $c = 100 \frac{\text{кг}}{\text{мм}}$; $T \in [10^{-8}; 0,1]$ и $\rho \in [0; 100]$, выполним анализ устойчивости технологической системы по анализу корней характеристического уравнения (3) на плоскости параметров $(T - \rho)$. Для этих целей множество непрерывных значений параметров T и ρ было заменено дискретным набором значений с определенным шагом. Таким образом на плоскости $(T - \rho)$ была получена сетка точек. В каждой точке сетки был выполнен анализ устойчивости технологической системы. Результат компьютерного моделирования динамики системы на плоскости варьируемых параметров $(T - \rho)$ приведен на рис. 2.

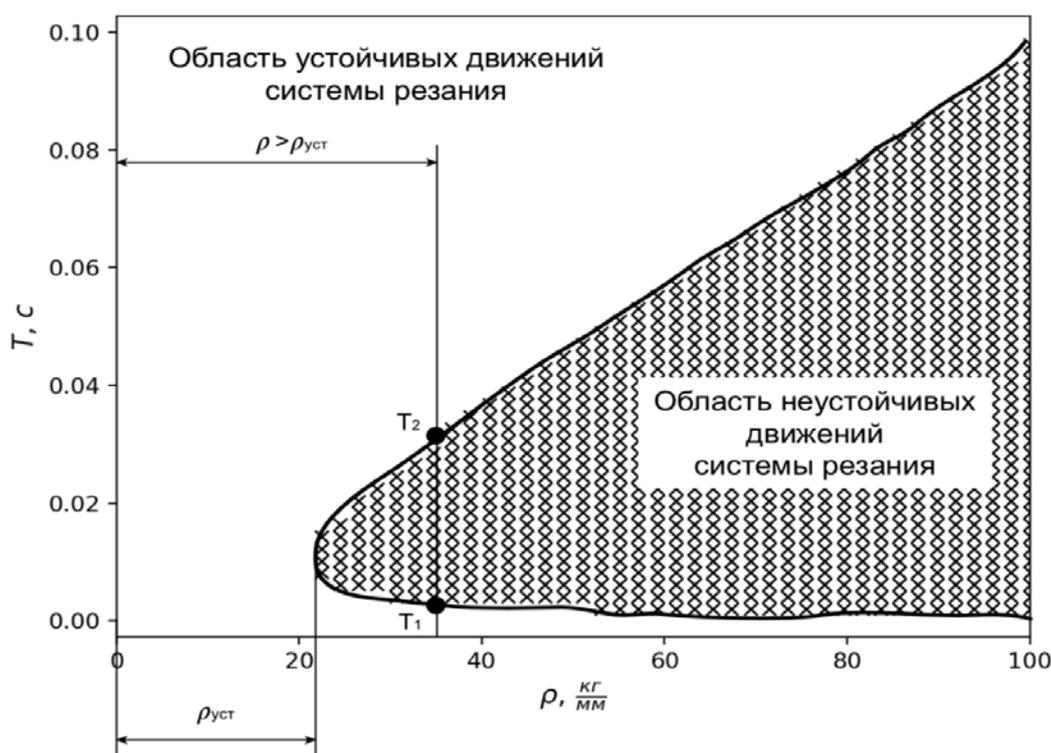


Рис. 2. Компьютерное моделирование динамики технологической системы точения на плоскости варьируемых параметров $(T - \rho)$

Анализируя результаты, представленные на рис. 2, можно сделать ряд выводов:

1) если значение жесткости процесса резания $\rho < \rho_{уст}$ при любом значении времени запаздывания T осевой составляющей силы резания P_x , система будет устойчивой;

2) если $\rho > \rho_{уст}$, то имеет место область значений задержки T , при которых система будет терять устойчивость. Так, например, при $\rho > \rho_{уст}$, если $T_1 < T < T_2$, то система точения будет неустойчивой.

Выводы. Показано, что в зависимости от значений пары параметров — времени задержки T осевой составляющей силы резания P_x от упругого смещения резца в осевом направлении X и жесткости процесса резания ρ , технологическая система точения может потерять устойчивость, то есть перестать выполнять свою функцию. Следует отметить, что непосредственно выполнять

управление значениями параметров T и ρ не представляется возможным. Тем не менее, можно добиться повышения устойчивости процесса точения, если выполнять диагностирование его ненаблюдаемого состояния и на основе полученной информации выполнять коррекцию закона управления процессом в реальном масштабе времени.

Библиографический список

1. Кудинов, В. А. Динамика станков / В. А. Кудинов. — Москва : Машиностроение, 1967. — 359 с.
2. Заковоротный, В. Л. Динамика процесса резания. Синергетический подход / В. Л. Заковоротный, М. Б. Флек. — Ростов-на-Дону : Терра, 2006. — 880 с.
3. Zakovorotnyi V.L. Cutting-system dynamics. / V.L. Zakovorotnyi, V.S. Bykador // Russian Engineering Research. - 2016, - Vol. 36, № 7, - p. 591 - 598.
4. Zakovorotnyi V.L. Dynamic self-organization in cutting process evolution. / V.L. Zakovorotnyi, A.D. Lukyanov, V.S. Bykador // 6th International Conference on Mechanics and Materials in Design, M2D 2015. - 2015. - p. 119-134.
5. Быкадор, В. С. Возникновение автоколебаний в простейшей системе резания металлов. / В. С. Быкадор, Г. Ю. Костенко, Т. С. Бабенко // Вестник Воронежского гос. техн. ун-та. — 2016. — Т. 12, № 2. — С. 119–123.
6. Litak G. Chaotic vibrations in a regenerative cut-ting process / G. Litak // Chaos, Solitons and Fractals — vol. 13, - 2002, - p. 1531-1535.