

УДК: 621.914

EDN: [CJSMBM](https://www.oajmist.com)

DOI: <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-2-0409-0416>



## Стабильность режущего инструмента и скорость резания

Н. Дускараев<sup>1</sup>, Д. У. Умирзаков<sup>1</sup>, М. М. Алижонova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Ташкентский институт ирригации и механизации сельского хозяйства Национальный исследовательский университет Бухарский институт управления природными ресурсами, Бухара, Узбекистан*

<sup>2</sup>*Бухарский институт природопользования, Бухара, Узбекистан*

**Аннотация.** В статье отмечается важность механической обработки деталей, выпускаемых для сельскохозяйственных и машиностроительных предприятий. Анализируется применение современных режущих инструментов для придания деталям машин точных размеров, чистой поверхности, на что существенно влияет выбор материалов для металлорежущих инструментов. Показано, что проблемы, возникающие при взаимодействии обрабатываемой детали и инструмента, ограничивают производительность процессов механической обработки, так как они способствуют ухудшению качества поверхности, преждевременному повреждению и поломке режущих инструментов, а также износу механических частей технологической системы обработки. Представлена зависимость производительности обработки от скорости резания, что позволяет анализировать влияние динамики режущего инструмента на устойчивость процесса.

**Ключевые слова:** механическая обработка, режущий инструмент, твердый сплав, фреза, обрабатываемая деталь, скорость резания, качество поверхности, физико-механические свойства обрабатываемых материалов.

**Для цитирования:** Дускараев, Н., Умирзаков, Д. У. & Алижонova, М. М. (2022). Стабильность режущего инструмента и скорость резания. *Современные инновации, системы и технологии - Modern Innovations, Systems and Technologies*, 2(2), 0409–0416. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-2-0409-0416>

## Cutting tool stability and cutting speed

N. Duskarayev<sup>1</sup>, D. U. Umirzakov<sup>1</sup>, M. M. Alizhonova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization National Research University Bukhara Institute of Natural Resource Management, Bukhara, Uzbekistan*

<sup>2</sup>*Bukhara Institute of Nature Management, Bukhara, Uzbekistan*

**Abstract.** The article notes the importance of mechanical processing of parts produced for agricultural and engineering enterprises. It analyzes the use of modern cutting tools to give machine parts precise dimensions, a clean surface, which is significantly influenced by the choice of materials for metal-cutting tools. It is shown that the problems arising from the interaction of the workpiece and the tool limit the productivity of machining processes, as they contribute to the deterioration of the surface quality, premature damage and breakage of cutting tools, as well as wear of the mechanical parts of the technological processing system. The dependence of processing productivity on cutting speed is presented, which makes it possible to analyze the influence of the dynamics of the cutting tool on the stability of the process.

**Keywords:** machining, cutting tool, hard alloy, cutter, workpiece, cutting speed, surface quality, physical and mechanical properties of processed materials.

**For citation:** Duskarayev, N., Umirzakov, D. & Alizhonova, M. (2022). Cutting tool stability and cutting speed. *Modern Innovations, Systems and Technologies*, 2(2), 0409–0416. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-2-0409-0416>

## ВВЕДЕНИЕ

Наиболее часто используемый метод механической обработки при изготовлении деталей машин и механизмов определяет точность и другие качественные показатели машин [1-4]. Основная причина этого заключается в том, что механическая обработка имеет особое значение в обеспечении точности изготавливаемых деталей, необходимого качества поверхности и их физико-механических свойств. Любой процесс механической обработки происходит в результате взаимодействия двух твердых тел - обрабатываемой детали и режущего инструмента [5-7]. Известно, что режущий инструмент является одним из основных компонентов в технологической системе обработки, непосредственно выполняющей полезную работу [8].

Проблемы, возникающие при взаимодействии обрабатываемой детали и инструмента, ограничивают производительность процессов механической обработки, так как они способствуют плохому качеству поверхности, преждевременному повреждению и поломке режущих инструментов [9], а также износу механических частей технологической системы обработки. В [10] эти явления относят к состоянию неустойчивости, которое было классифицировано, например, как проблема самовозбуждающейся вибрации и т.п. Такое состояние демонстрирует нелинейное поведение, характеризующееся наличием предельных циклов и явлением скачка. С другой стороны, модели, основанные на нелинейности механической конструкции и процесса резания, также были предложены и изучены в рамках нелинейной динамики и теории хаоса [10]. Однако как в линейных, так и в нелинейных формулировках

соответствие между заготовкой и режущим инструментом обычно игнорируется. В работе [5] представлена модель с несколькими степенями свободы для прогнозирования взаимодействия при токарной обработке, основанная на соответствии между режущим инструментом и заготовкой. Следовательно, возможен прогрессивный подход к физическому явлению, поскольку также учитывается влияние динамических характеристик режущего инструмента. В исследовании [10] выполнен линейный анализ устойчивости модели в частотной области и получен метод построения типовых диаграмм устойчивости при наличии вибраций в системе взаимодействия двух твердых тел - обрабатываемой детали и режущего инструмента. Также анализируется влияние динамики режущего инструмента на устойчивость процесса.

В [11] представлена трехмерная эллиптическая резка (3D-EVC) — это сверхточная технология резки со значительным потенциалом развития. Уникальные характеристики прерывистого резания, обратного трения и простоты удаления стружки могут улучшить обрабатываемость труднообрабатываемых материалов в процессе резания. С тех пор, как технология 3D-EVC была впервые представлена в 2005 году, область исследований в основном была сосредоточена на механизме резки, конструкции технологического аппарата 3D-EVC, планировании траектории инструмента, конкретных приложениях и так далее [12].

Однако, физические и механические свойства обрабатываемых материалов оказывают существенное влияние на скорость резания [1, 2]. Чем больше предел прочности и твердость металла, тем меньше скорость резания, и, наоборот, мягкие металлы и сплавы обрабатываются с большими скоростями. На допустимую скорость резания большое влияние оказывают химический состав, структура, теплопроводность и состояние наружного слоя заготовки. По мере увеличения количества углерода в стали снижается ее теплопроводность, что приводит к повышению температуры в зоне резания и снижению скорости резания. Легирующие элементы (кремний, марганец, хром, вольфрам, титан и др.) и карбиды в стали снижают теплопроводность стали, повышают ее прочность и твердость, что ухудшает обрабатываемость стали.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Повышение устойчивости режущего инструмента достигается определением факторов, влияющих на него [6-8]. Согласно исследованиям [13], стабильность инструмента тесно связана со скоростью резания, то есть с увеличением скорости

резания стабильность режущего инструмента снижается, потому что увеличивается интенсивность износа инструмента. Зависимость между скоростью резания и устойчивостью режущего инструмента можно выразить следующим образом:

$$v = \frac{A}{T^m}. \quad (1)$$

При этом:

- $A$  - постоянный коэффициент, зависящий от качества материала режущего инструмента и материала, подлежащего резанию, величины усилия, глубины резания, геометрии режущего инструмента;
- $T$  - жесткость резца, мин:  $m$  - показатель относительной жесткости в зависимости от обрабатываемого материала, режущего инструмента и условий резания.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Учитывая представленную зависимость, устойчивость режущего инструмента при переходе от скорости резания к скорости резания определяется из следующих зависимостей:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{AT_2^m}{AT_1^m} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^m$$

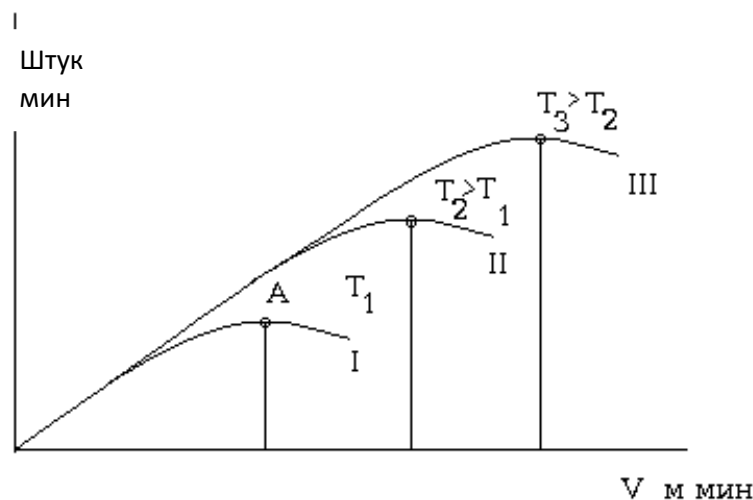
здесь

$$v_1 = v_2 \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^m,$$

или же

$$T_2 = T_1 \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{\frac{1}{m}}.$$

В результате получается скорость резания, соответствующая константе  $U-T$ .



**Рисунок 1.** График зависимости производительности обработки от скорости резания.

Ориентировочные значения индекса относительной устойчивости в рамках выполненного анализа устойчивости модели при построении типовых диаграмм устойчивости в системе взаимодействия двух твердых тел - обрабатываемой детали и режущего инструмента:

- для фрезы из быстрорежущей стали - 0,125;
- для режущего инструмента из твердого сплава - 0,2;
- для минералокерамических фрез - 0,5.

Это позволяет анализировать влияние динамики режущего инструмента на устойчивость процесса.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, устойчивость режущего инструмента определяется, исходя из максимальной производительности станка и наименьшей стоимости детали. Такая стагнация называется экономической стагнацией, а соответствующая скорость сдвига называется экономической скоростью сдвига.

Существует важная связь между скоростью резания и производительностью (см. рисунок 1). При работе резцом из углеродистой стали (кривая I) наибольшая производительность приходится на точку A; при превышении скорости резания производительность снижается. Производительность можно увеличить, используя

фрезы из быстрорежущей стали (кривая II) или фрезы из твердого сплава (кривая III). Фреза должна выбираться отдельно для каждого режима резания, чтобы обеспечить стабильность режущего инструмента. При работе одним режущим инструментом их стабильность составляет 60-90 мин для резцов из быстрорежущей стали, 30-90 мин для резцов из твердых сплавов и минералокерамики, 120 мин для резьбонарезных и фасонных резцов, 180-200 мин для токарных станков.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Файзиматов Б.Н., Мирзаев А.А. *Основы резки материалов*. Фергана: Техника, 2003, 194 с.
- [2] Жалилов Х.И. *Основы теории резания металлов, металлорежущие станки и инструменты*. Т: Talqin, 2006, 175 с.
- [3] Пуш В.Э. Пигерт Р., Сосенкин В.Л. *Автоматические станочные системы*. М.: Машиностроение, 1982, 319 с.
- [4] Altintas Y. *Manufacturing Automation*. Cambridge University Press, 2000.
- [5] Vela-Martínez L., Jauregui Ju. C., Rubio E., Herrera-Ruiz G. Analysis of compliance between the cutting tool and the workpiece on the stability of a turning process, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 2007, 48(9), 1054-1062. 10.1016/j.ijmachtools.2007.10.016
- [6] Семенов Е.Н. *Материалы и нагрев. Оборудование. Ковка*. М.: Машиностроение, 2010, 209 с.
- [7] Филина А.В. Разработка процесса отрезки от прутка коротких заготовок с дифференцированным осевым и радиальным сжатием. Диссертация ... кандидата технических наук. Орел, 2006, 169 с.
- [8] Соловцов С.С. *Отрезка в штампах точных заготовок от сортового проката*. М.: Машиностроение, 1980, 50 с.
- [9] Vela-Martínez L. Analysis of compliance between the cutting tool and the workpiece on the stability of a turning process, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 2008, 48
- [10] Śniegulska-Grądzka D., Nejman M., Jemielniak K. Validation of the dynamic characteristics of the machining process by comparing the theoretical and experimental stability limit, *MECHANIK NR*, 2015, 1261-63. 10.17814/mechanik.2015.12.601
- [11] Lu M., Zhou J., Lin J., Gu Y., Han J., Zhao D. Study on Ti-6Al-4V alloy machining

applying thenon-resonant three-dimensional elliptical vibration cutting, *Micromachines*, 2017, 8, 306.

[12] Lu M., Zhao D., Lin J., Zhou X., Zhou J., Chen B., Wang H. Design and analysis of a novel piezoelectricallyactuated vibration assisted rotation cutting system, *Smart Mater. Struct.*, 2018, 27, 095020.

[13] Deshayes L. Analysis of an equivalent tool face for the cutting speed range prediction of complex grooved tools, *Journal of Materials Processing Technology*, 2007, 190, 251-262.

## REFERENCES

[1] Fajzimatov B.N., Mirzaev A.A. *Osnovy rezki materialov*. Fergana: Tekhnika, 2003, 194 p.

[2] ZHalilov H.I. *Osnovy teorii rezaniya metallov, metallorezhushchie stanki i instrumenty*. T: Talqin, 2006. 175 p.

[3] Push V.E. Pigert R., Sosenkin V.L. *Avtomaticheskie stanochnye sistemy*. M.: Mashinostroenie, 1982. 319 p.

[4] Altintas Y. *Manufacturing Automation*. Cambridge University Press, 2000.

[5] Vela-Martínez L., Jauregui Ju. C., Rubio E., Herrera-Ruiz G. Analysis of compliance between the cutting tool and the workpiece on the stability of a turning process, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 2007, 48(9), 1054-1062. 10.1016/j.ijmachtools.2007.10.016

[6] Semenov E.N. *Materialy i nagrev. Oborudovanie. Kovka*. M.: Mashinostroenie, 2010. 209 p.

[7] Filina A.V. *Razrabotka processa otrezki ot prutka korotkih zagotovok s differencirovannym oseвым i radial'nym szhatiem*. Dissertaciya ... kandidata tekhnicheskikh nauk. Orel, 2006, 169 p.

[8] Solovcov S.S. *Otrezka v shtampah tochnyh zagotovok ot sortovogo prokata*. M.: Mashinostroenie, 1980, 50 p.

[9] Vela-Martínez L. Analysis of compliance between the cutting tool and the workpiece on the stability of a turning process, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 2008, 48.

[10] Śniegulska-Grądzka D., Nejman M., Jemielniak K. Validation of the dynamic characteristics of the machining process by comparing the theoretical and experimental stability limit, *MECHANIK NR*, 2015, 1261-1263. 10.17814/mechanik.2015.12.601

- [11] Lu M., Zhou J., Lin J., Gu Y., Han J., Zhao D. Study on Ti-6Al-4V alloy machining applying thenon-resonant three-dimensional elliptical vibration cutting, *Micromachines*, 2017, 8, 306.
- [12] Lu M., Zhao D., Lin J., Zhou X., Zhou J., Chen B., Wang H. Design and analysis of a novel piezoelectricallyactuated vibration assisted rotation cutting system, *Smart Mater. Struct.*, 2018, 27, 095020.
- [13] Deshayes L. Analysis of an equivalent tool face for the cutting speed range prediction of complex grooved tools, *Journal of Materials Processing Technology*, 2007, 190, 251-262.

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Дускараев Нартайлак**, доцент кафедры общепрофессиональных дисциплин Ташкентского института ирригации и механизации сельского хозяйства Национального исследовательского университета Бухарского института управления природными ресурсами, Бухара, Республика Узбекистан

**Duskaraev N.**, Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization National Research University Bukhara Institute of Natural Resource Management, Bukhara, Uzbekistan

**Умирзаков Джурабек Умирзок угли**, стажёр-преподаватель кафедры общепрофессиональных дисциплин Ташкентского института ирригации и механизации сельского хозяйства Национального исследовательского университета Бухарского института управления природными ресурсами, Бухара, Республика Узбекистан  
e-mail: jurabek97u@mail.ru

**Umirzakov D.U.**, Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization National Research University Bukhara Institute of Natural Resource Management, Bukhara, Uzbekistan  
e-mail: jurabek97u@mail.ru

**Алижонова Мохинурхон Махамаджон кизи**, студентка 2 курса Бухарского института природопользования, Бухара, Республика Узбекистан  
e-mail: mohinuralijonova5@gmail.com

**Alizhonova M.M.**, student, Bukhara Institute of Nature Management, Bukhara, Uzbekistan  
e-mail: mohinuralijonova5@gmail.com

*Статья поступила в редакцию 01.06.2022; одобрена после рецензирования 15.06.2022; принята к публикации 23.06.2022.*

*The article was submitted 01.06.2022; approved after reviewing 15.06.2022; accepted for publication 23.06.2022.*