

Демпфирующий резец с автоматической сменой режущей пластины

Новиков С.Г.¹, Малыхин В.В.²✉, Гайдаш Н.М.²

¹ Региональный открытый социальный институт
ул. Маяковского, д. 85, г. Курск 305009, Российская Федерация

² Юго-Западный государственный университет
ул. 50 лет Октября, д. 94, г. Курск 305040, Российская Федерация

✉ e-mail: malykhin1946@mail.ru

Резюме

Цель исследования. Важнейшей задачей в области машиностроения является увеличение эффективности производства за счет рационального использования оборудования, повышения производительности труда, уменьшения трудоемкости технологических операций при обеспечении требуемого качества. В неавтоматизированном производстве механизированы только рабочие движения инструмента. Установка, настройка и замена инструмента, а также контроль над его состоянием осуществляются оператором или наладчиком. Решение проблемы повышения производительности токарных операций возможно только путем автоматизации вспомогательных движений.

Одним из нескольких существующих способов сокращения вспомогательного времени является автоматическая замена непереключаемых режущих пластин в токарных резцах. Однако известные конструкции подобных сборных резцов не позволяют достичь требуемого качества обработки из-за неэффективности демпфирования возникающих в процессе резания вибраций. Точность обработки при резании во многом зависит от конструкции инструмента и используемых при его изготовлении материалов. Эти материалы в конструкции инструмента рассеивают энергию колебаний, таким образом уменьшают вибрацию и обеспечивают получение требуемой точности.

Целью и задачами разработки является повышение качества обработки и стойкости инструмента за счет конструктивных решений, увеличивающих жесткость резцов и значительно демпфирующих колебания при точении.

Методы. Использование материала с высоким демпфированием для снижения вибраций.

Результаты. Увеличение эффективности демпфирования колебаний резца за счет виброизоляции его сборных частей от державки материалом с высоким демпфированием.

Заключение. Предлагаемый демпфирующий резец с автоматической сменой режущей пластины позволяет достичь технического результата по повышению качества обработки, стойкости инструмента и увеличить время между сменами режущей пластины.

Ключевые слова: демпфирующий сборный резец; державка; сменная режущая пластина; материал с высоким демпфированием; качество обработки; стойкость инструмента; виброизоляция.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Для цитирования: Новиков С.Г., Малихин В.В., Гайдаш Н.М. Демпфирующий резец с автоматической сменой режущей пластины // Известия Юго-Западного государственного университета. 2022; 26(1): 8-19. <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2022-26-1-8-19>.

Поступила в редакцию 26.11.2021

Подписана в печать 09.02.2022

Опубликована 31.03.2022

Damping Cutters with Variable Rigidity

Sergei G. Novikov ¹, Vitaliy V. Malykhin ² ✉, Nikolay M. Gaidash ²

¹ Regional Open Social Institute
85 Mayakovsky str., Kursk 305009, Russian Federation

² Southwest State University
50 Let Oktyabrya str. 94, Kursk 305040, Russian Federation

✉ e-mail: malykhin1946@mail.ru

Abstract

Purpose of research. The most important task in the field of mechanical engineering is to increase production efficiency through the rational use of equipment, increase in labor productivity, and reduce the labor intensity of technological operations while ensuring the required quality. In manual production, only the working movements of the tool are mechanized. Installation, adjustment and replacement of the tool, as well as control over its condition, are carried out by the operator or the fitter. The solution to the problem of increasing the productivity of turning operations is possible only by automating auxiliary movements.

One of several existing ways to reduce non-regrowth time is the automatic replacement of non-regrowth cutting inserts in turning tools. However, the known designs of such assembled cutters do not allow achieving the required quality of processing due to the ineffectiveness of damping vibrations arising during the cutting process. The machining accuracy during cutting largely depends on the design of the tool and the materials used in its manufacture. These materials in the construction of the tool dissipate vibration energy, thus reducing vibration and ensuring the required accuracy.

The purpose and objectives of the development are to improve the quality of processing and tool life through design solutions that increase the rigidity of the cutters and significantly damping vibrations during turning.

Methods. Use of high damping material to reduce vibration.

Results. Increasing the efficiency of damping vibrations of the cutter due to vibration isolation of its prefabricated parts from the holder with a material with high damping.

Conclusion. The proposed damping cutter with automatic change of the cutting insert allows you to achieve a technical result to improve the quality of processing, tool life and increase time between insert changes.

Keywords: damping assembly cutter; holder; replaceable cutting insert; high damping material; processing quality; tool durability; vibration isolation.

Conflict of interest. The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

For citation: Novikov S.G., Malykhin V.V., Gaidash N.M. Damping Cutters with Variable Rigidity. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Southwest State University*. 2022; 26(1): 8-19 (In Russ.). [https://doi.org/ 10.21869/2223-1560-2022-26-1-8-19](https://doi.org/10.21869/2223-1560-2022-26-1-8-19).

Received 26.11.2021

Accepted 09.02.2022

Published 31.03.2022

Введение

Точность обработки деталей в машиностроении связана с многочисленными факторами, взаимодействующими в процессе формообразования поверхностей. При токарной обработке важнейшую роль играет инструмент, а именно, резец и материалы, используемые в его конструкции [1,2,3,4,5,6,7,8,9].

Одним из перспективных направлений совершенствования инструмента является применение демпфирующих резцов, для уменьшения и исключения негативного влияния вибраций на точность и качество обработки. Авторами предложено несколько конструкций резцов [2,3,10,11,12-14,15,16,17] с упругой связью с системой станок-приспособление-инструмент-деталь (СПИД), при этом в одних резцах режущая пластина с узлом ее крепления демпфирующей вставкой изолирована от державки, а в других – вставка из материала с высоким демпфированием разделяет державку с режущей пластиной от резцедержателя, что позволяет:

- снизить уровень вибрации в процессе за счет возможности минимизации воспринимаемых державкой сил резания путем подбора жесткости материала с высоким демпфированием вставки;

- повысить качество обработки изделий, так как демпфирующая вставка не дает возможности контактирования режущей пластины с державкой или державки с резцедержателем, поэтому происходит высокоэффективное демпфирование различных вибраций [7] и ударных нагрузок, возникающих в процессе резания [2-6,10,11,7,12,13,14,18,19].

Общим недостатком указанных демпфирующих резцов является то, что в их конструкциях не предусмотрена автоматическая смена режущей пластины.

Важнейшей задачей в области машиностроения является повышение эффективности производства и производительности труда [20] путем рационального использования оборудования, уменьшения трудоемкости технологических операций при обеспечении требуемого качества [20]. Решением проблемы повышения производительности токарных операций и сокращения вспомогательного времени является автоматическая замена неперетачиваемых режущих пластин в токарных резцах. Однако, известные конструкции [1, 16, 20, 21] подобных сборных резцов не обеспечивают требуемого качества обработки из-за неэффективности демпфирования, возникающих в процессе резания вибраций.

Известны работы [8,9], в которых приведены резцы с автоматической сменой изношенной режущей пластины. Анализ конструкций сборных резцов [8,9] с механизмом автоматической смены режущей пластины показал наличие следующих недостатков:

Наличие в конструкции двух цилиндрических и пакета тарельчатых пружин, расположенных последовательно в державке, значительно снижает жесткость резца [21] и не позволяет достигнуть требуемых качества обработки и стойкости инструмента.

Втулка, фиксирующая на державке опорную пластину, изготовлена из материала, не обладающего свойством высокого демпфирования, поэтому не уменьшает возникающие вибрации.

Толкатель, цилиндрический штифт и шток не виброизолированы от державки, что также не позволяет создать обработанную поверхность необходимого качества.

Цель работы. Повышение качества обработки и стойкости инструмента разработкой конструкции резца с виброгасящими свойствами и автоматической сменой изношенной пластины.

Материалы и методы

Технический результат по повышению качества обработки и стойкости резца достигается тем, что в резце с автоматической сменой изношенной режущей пластины применены детали, выполненные из материала с высоким демпфированием и установленные в

державке резца с предварительным напряжением сжатия.

На рисунке представлена разработанная конструкция демпфирующего резца.

Резец состоит из державки 1, в которой размещены режущая пластина 2 с опорной пластиной 3, [18,20], механизма сброса режущей пластины 2, включающий толкатель 5, который взаимодействует с боковой поверхностью пластины 2, размещенный в направляющей [20] втулке 6, механизм закрепления пластины 2, состоящий из пластинчатой пружины 7 для взаимодействия с передней поверхностью режущей пластины, шток 9 с регулировочной гайкой 10, цилиндрический штифт 11 для взаимодействия с отверстием режущей пластины 2, установленный с возможностью осевого перемещения в отверстиях, выполненных в опорной пластине 3 и державке 1.

Шток 9 имеет клиновой участок 12 [18] для взаимодействия с цилиндрическим штифтом 11, размещенным соосно с регулировочным винтом 14. Толкатель 5 установлен с возможностью взаимодействия с вставкой 15 между его торцом и державкой 1. Цилиндрический штифт 11 расположен на подпятнике 16, установленным над регулировочным винтом 14. Шток 9 размещен в цилиндрической втулке 17 с возможностью взаимодействия с упомянутой регулировочной гайкой 10. Вставка 15, подпятник 16, цилиндрическая 17, фиксирующая 4 и регулировочно-направ-

ляющая 6 втулки выполнены из материала с высоким демпфированием. Вставка 15 и подпятник 16 установлены в державке 1 с предварительным напряжением сжатия.

Подготовку демпфирующего сборного резца к работе производят в такой последовательности.

Вставка 15, подпятник 16, цилиндрическая 17, фиксирующая 4 и регулировочно-направляющая 6 втулки изготовлены из материала с высоким демпфированием, могут гасить радиальные и осевые вибрации, а также эксплуатироваться под различными напряжениями и испытывать значительные деформации.

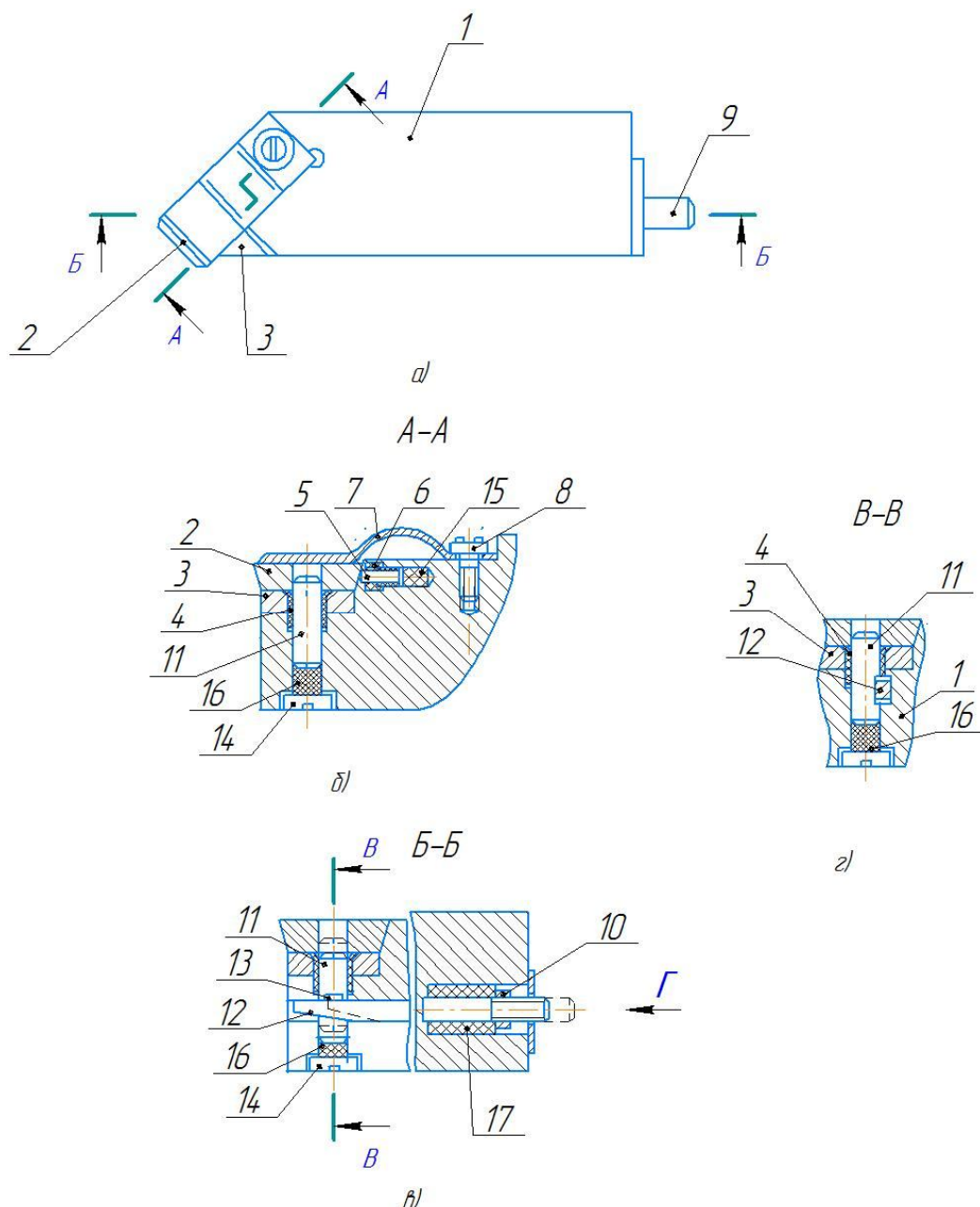


Рис. 1. Демпфирующий сборный резец с автоматической сменой режущей пластины

Fig. 1. Damping cutter assembled with automatic change of cutting insert

Подпятник 16 устанавливают регулировочным винтом 14 в державке 1 с предварительным напряжением сжатия, обеспечивающим усилие для расположения цилиндрического штифта 11 в центральном отверстии режущей пластины 2. Регулировочно-направляющей втулкой 6 обеспечивают сжатие вставки 15 и необходимое взаимодействие толкателя 5 с боковой поверхностью режущей пластины 2. Клиновой участок 12 штока 9 располагают в наклонной лыске 13 цилиндрического штифта 11 таким образом, чтобы штифт 11 находился в режущей пластине 2, а регулировочная гайка 10 взаимодействовала с цилиндрической втулкой 17.

Пластинчатую пружину 7, взаимодействующую с передней поверхностью режущей пластины 2, фиксируют посредством винта 8 на державке 1.

Работа демпфирующего резца, с учетом источников [19, 20, 21], выполняется в следующей последовательности.

При обработке изделия в сборных частях резца возникают колебания, которые необходимо минимизировать. Радиальные и осевые колебания толкателя 5 демпфируют регулировочно-направляющая втулка 6 и вставка 15; цилиндрического штифта 11 – соответственно фиксирующая втулка 4 и подпятник 16; радиальные вибрации штока 9 – цилиндрическая втулка 17. В результате происходит значительное снижение вибраций всего резца, а следовательно, повышение качества обработки, т.к. составные сборные части виброизолированы от державки 1.

Замена изношенной режущей пластины 2, как указано в источнике [18], выполняется в следующей последовательности: выключают станок, на шток 9 в направлении стрелки «Г» воздействуют штоком пневмоцилиндра. При этом шток 9 при помощи гайки 10 сжимает цилиндрическую втулку 17, смещается в направлении цилиндрического штифта 11, и клиновой участок 12, воздействуя на стенку наклонной лыски 13, перемещает штифт 11 вниз. Верхняя часть штифта 11 выходит из отверстия в режущей пластине 2, и толкатель 5 под действием силы упругости предварительно сжатой вставки 15 выталкивает режущую пластину 2 из под пластинчатой пружины 7. Длину и ход толкателя 5 выбирают такими, чтобы часть поверхности режущей пластины 2 оставалась под пластинчатой пружинной 7 при полном выдвижении толкателя 5 [18]. В этом случае зазор от нижней поверхности пластинчатой пружины 7 до верхней плоскости опорной пластины 3 сохраняется равным толщине режущей пластины 2. Исполнительный орган загрузочного устройства (не показан) устанавливает новую режущую пластину на открытый участок опорной пластины 3, проталкивает режущую пластину под пружину 7, сжимает торцом толкателя 5 вставку 15 и одновременно выталкивает изношенную режущую пластину 2. В тот момент, когда отверстие новой режущей пластины окажется под штифтом 11, снимается усилие на штоке 9. Под действием первоначально

сжатой цилиндрической втулки 17 [18] шток 9 смещается вправо, штифт 11 под действием силы сжатия [18] вставки 16 входит в отверстие режущей пластины 2. Включают станок и продолжают процесс резания с эффективным демпфированием вибраций, так как возможно осуществлять регулирование жесткостей сборных частей и самого резца в зависимости от обрабатываемого материала [19] и технологических режимов резания, что повышает качество обработки, увеличивает стойкость инструмента и время между сменами режущей пластины.

Результаты и их обсуждение

Оригинальностью предложенного демпфирующего сборного резца является то, что толкатель 5 установлен с возможностью взаимодействия с вставкой 15 между его торцом и державкой 1, цилиндрический штифт 11 расположен на подпятнике 16, установленным над регулировочным винтом 14, шток 9 размещен в цилиндрической втулке 17 с возможностью взаимодействия с упомянутой регулировочной гайкой 10, при

этом вставка 15, подпятник 16, цилиндрическая 17, фиксирующая 4 и направляющая 6 [19] втулки выполнены из материала с высоким демпфированием, кроме того, вставки 15 и 16 установлены в державке с предварительным напряжением сжатия. Результатом реализации оригинальной конструкции резца является:

1. Улучшение качества обработки и стойкости инструмента за счет повышения эффективности гашения колебаний резца виброизоляцией его сборных частей от державки материалом с высоким демпфированием.

2. Увеличение времени между сменами режущей пластины, так как возможно осуществление регулирования жесткостей сборных частей и самого резца изменением свойств обрабатываемого материала и технологических режимов резания.

Выводы

Таким образом, предлагаемый демпфирующий сборный резец позволяет достичь цели по повышению качества обработки и стойкости инструмента.

Список литературы

1. Пат. 2009768 Рос. Федерация: МПК⁵ B23B27/00. Резец. В.А. Рогов; заявитель патентообладатель Российский университет дружбы народов. №5014352/08; заявл. 02.12.91; опубл. 30.03.94. 3с.
2. Пат. 2 457 077 Рос. Федерация: МПК B23B27/0. Демпфирующий резец. С.Г. Новиков, В.В. Малыхин, Е.И. Яцун [и др.]; заявитель патентообладатель ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (ЮЗГУ). № 2011 106 621/02; заявл. 22.02.2011; опубл. 27.07.2012, Бюл. № 21.

3. Новиков С.Г., Малыхин В.В., Яцун Е.И. [и др.] Повышение устойчивости процесса точения демпфирующим резцом // Известия Юго-Западного государственного университета. 2011. №3(36). С.122-125.

4. Малыхин В.В., Яцун Е.И., Новиков С.Г. Повышение эксплуатационных характеристик демпфирующих резцов // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2012. №2. С.43-46.

5. Разработка конструкции экспериментального образца демпфирующего резца // В.В. Малыхин, Е.И. Яцун, С.Г. Новиков, А.А. Фадеев // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации: сборник научных трудов XI-ой Международной научно-практической конференции: в 4т., Курск, 2014. Т. 4. С.234-238.

6. Малыхин В.В., Яцун Е.И., Новиков С.Г. Виброакустическая диагностика состояния режущего инструмента и микронеровностей обработанной поверхности // Справочник. Инженерный журнал, 2014. №14. С.31-35.

7. Разработка конструкций демпфирующих резцов / В.В. Малыхин, Е.И. Яцун, Ю.Н. Селезнев, С.Г. Новиков // Химическая и нефтегазовое машиностроение. 2016. № 11. С.25-27.

8. Пат. 2 535196 Рос. Федерация: МПК В23В27/00. Демпфирующий резец с управляемой жесткостью. С.Г. Новиков, В.В. Малыхин, Е.И. Яцун и [др.]; заявитель патентообладатель ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (ЮЗГУ). № 2013113649/02; заявл. 26.03.2013; опубл.10.12.2014, Бюл. № 34.

9. Демпфирующие резцы постоянной жесткости и упругой связью с системой «Станок-инструмент-деталь» / С.Г. Емельянов, В.В. Малыхин, Е.И. Яцун, С.Г. Новиков // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2017. Вып. 8. Ч.2. С.22-31.

10. Яцун Е.И., Малыхин В.В., Новиков С.Г. Разработка и исследование конструкций демпфирующих резцов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2016. Вып. 8. Ч.1. С.287-296.

11. Пат. 2 479385 Рос. Федерация, МПК В23В27/00. Демпфирующий резец с регулируемой жесткостью / С.Г. Новиков, В.В. Малыхин, Е.И. Яцун [и др.]; патентообладатель ФБОУ ВПО «Юго-западный государственный университет» (ЮЗГУ). №2011141683/02; заявл. 13.10.2011. Опубл. 20.04.2013, Бюл. №11.

12. Пат. 2 511 193 Рос. Федерация, МПК В23В27/00. Универсальный демпфирующий резец с регулируемой жесткостью / С.Г. Новиков, В.В. Малыхин, Е.И. Яцун [и др.]; патентообладатель ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (ЮЗГУ). № 2012144043/02; заявл. 16.10.2012. Опубл.10.04.2014, Бюл. №10.

13. Пат. 2 621 939, Рос. Федерация, МПК В23В27/00. Универсальный демпфирующий резец с управляемой жесткостью / С.Г. Новиков, В.В. Малыхин, Е.И. Яцун [и

др.]; патентообладатель ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (ЮЗГУ). № 2015116208/02. Заявл. 28.04.2015. Оpubл. 08.06.2017, Бюл. №16.

14. Инструментальное обеспечение процессов механической обработки твердыми сплавами и композитами / Е.И. Яцун, В.В. Малыхин, О.С. Зубкова, С.Г. Новиков. Курск, 2016. С.160-124.

15. А.С. 1252062 СССР кл. В23В27/16 Сборный резец / В. Л. Федоров, В.В. Копылова, Э.Н. Дьякова, патентообладатель Университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы № 4932261/08 заявл. 11.03.91; опубл. 23.05.93, Бюл. № 19.

16. Пат. 2 457 078 Рос. Федерация: МПК В23В27/00. Универсальный демпфирующий резец. С.Г. Новиков, В.В. Малыхин, Е.И. Яцун; заявитель патентообладатель ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (ЮЗГУ).- № 2010145193/02. Заявл. 03.11.2010. Оpubл. 27.07.2012. Бюл. № 21.

17. Пат. 2686500 21 Рос. Федерация: МПК В23В27/00. Демпфирующий резец. С.Г. Новиков, В.В. Малыхин, В.А. Волосухин, Р.В. Глаголев; заявитель патентообладатель ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (ЮЗГУ). № 2018133445; заявл. 21.09.2018. Оpubл. 29.04.2019. Бюл. № 13.

18. Пат. 1816540 СССР: МПК В23В27/16. Сборный резец. В.Л. Федоров, В.В. Копылов и Э.Н. Дымова; заявитель патентообладатель Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы- №4932261/08; заявл. 11.03.91; опубл. 23.05.93. Бюл. № 19.

19. Новиков С.Г., Малыхин В.В., Яцун Е.И. Резцы с державкой в упругой вставке// Фізичні та комп'ютерні технології. Матеріали XXII Міжнародної науково-практичної конференції, 7-9 грудня 2016, м. Харків, Д.: ЛІРА, 2016. С. 157-161

20. Вицко А. В. Автореферат магистерской работы. Разработка конструкции резца с расширенными технологическими возможностями для токарных станков с ЧПУ. <https://masters.donntu.org/2004/mech/vitsko/diss/index.htm>

21. Новиков С.Г., Малыхин В.В., Яцун Е.И. Конструкция демпфирующего резца с переменной жесткостью по длине державки // Известия Юго-Западного государственного университета. 2019. №1(23). С.31-42.

References

1. Rezets [Cutter]: US Pat. 2009768 Rus. Federation: MPK5 В23В27 / 00 / V.A. Rogov; zayavitel' patentoobladelat' Rossiiskii universitet druzhby narodov [Applicant patentee Peoples' Friendship University of Russia]. No. 5014352/08; declared 12/02/91; publ. 03/30/94. 3 p.

2. Dempfiruyushchii rezets [Damping cutter]: US Pat. 2 457 077 Rus. Federation: IPC В23В27 / 00; S.G. Novikov, V.V. Malykhin, E.I. Yatsun [and others]; applicant patentee

FGBOU VPO "South-West State University" (SWSU). No. 2011 106 621/02; declared 02.22.2011; publ. 07/27/2012, Bul. No. 21.

3. Novikov S.G., Malykhin V.V., Yatsun E.I. [and others]. Povyshenie ustoichivosti protsessa tocheniya dempfiruyushchim reztsom [Increasing the stability of the turning process with a damping cutter]. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Southwest State University*, 2011, no. 3 (36), pp.122-125.

4. Malykhin V.V., Yatsun E.I., Novikov S.G. Povyshenie ekspluatatsionnykh kharakteristik dempfiruyushchikh reztsov [Improving the performance of damping cutters]. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Tekhnika i tekhnologii = Proceedings of the Southwest State University. Series: Engineering and Technologies*, 2012, no. 2, pp. 43-46.

5. Malykhin V.V., Yatsun E.I., Novikov S.G., Fadeev A.A. [Development of the design of an experimental sample of a damping cutter]. *Sovremennye instrumental'nye sistemy, informatsionnye tekhnologii i innovatsii. Sbornik nauchnykh trudov XI-oi Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Modern instrumental systems, information technologies and innovations. Collection of scientific papers of the XI-th International scientific-practical conference]. Kursk, 2014, vol. 4, pp. 234-238 (In Russ.).

6. Malykhin V.V., Yatsun E.I., Novikov S.G. Vibroakkusticheskaya diagnostika sostoyaniya rezhushchego instrumenta i mikronerovnostei obrabotannoi poverkhnosti [Vibroacoustic diagnostics of the state of the cutting tool and microroughness of the processed surface]. *Spravochnik. Inzhenernyi zhurnal = Handbook. Engineering magazine*, 2014, no. 14, pp.31-35.

7. Malykhin V.V., Yatsun E.I., Seleznev Yu.N., Novikov S.G. Razrabotka konstruksii dempfiruyushchikh reztsov [Development of damping cutter designs]. *Khimicheskaya i neftegazovoe mashinostroenie = Chemical and Oil and Gas Engineering*, 2016, no. 11, pp.25-27.

8. Dempfiruyushchii rezets s upravlyaemoi zhestkost'yu [Damping cutter with controlled rigidity]: US Pat. 2 535196 Rus. Federation: IPC B23B27 / 00 / S.G. Novikov, V.V. Malykhin, E.I. Yatsun and etc.]; applicant patent holder FSBEI HPE "South-West State University" (SWSU). No. 2013113649/02; declared 03/26/2013; publ. 10.12.2014, Bul. No. 34.

9. Emelyanov S.G., Malykhin V.V., Yatsun E.I., Novikov S.G. Dempfiruyushchie reztsy postoyannoi zhestkosti i uprugoi svyaz'yu s sistemoi «Stanok-instrument-detal'» [Damping cutters of constant stiffness and elastic connection with the "Machine-tool-detail" system]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. = Bulletin of the Tula State University. Technical Science*, 2017, is. 8, part 2, pp.22-31.

10. Yatsun E.I., Malykhin V.V., Novikov S.G. Razrabotka i issledovanie konstruksii dempfiruyushchikh reztsov [Development and research of structures of damping cutters].

Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki = Bulletin of the Tula State University. Technical Science, 2016, is. 8, part 1, pp.287-296.

11. Pat. 2 479385 Rus. Federation, MPK B23B27 / 00. Dempfiruyushchii rezets s reguliruemoi zhestkost'yu [Damping cutter with adjustable stiffness] / S.G. Novikov, V.V. Malykhin, E.I. Yatsun [and others]; patentee of FBOU VPO "Southwestern State University" (SWSU). No. 2011141683/02; declared 13.10.2011. Publ. 04/20/2013, Bul. No. 11.

12. Pat. 2 511 193 Rus. Federation, IPC B23B27 / 00. Universal'nyi dempфирuyushchii rezets s reguliruemoi zhestkost'yu [Universal damping cutter with adjustable rigidity] / S.G. Novikov, V.V. Malykhin, E.I. Yatsun [and others]; patentee of FGBOU VPO "South-West State University" (SWSU). No. 2012144043/02; declared 16.10.2012. Publ. 10.04.2014, Bul. No. 10.

13. Pat. 2 621 939, Rus. Federation, MPK B23B27 / 00. Universal'nyi dempфирuyushchii rezets s upravlyaemoi zhestkost'yu [Universal damping cutter with controlled rigidity] / S.G. Novikov, V.V. Malykhin, E.I. Yatsun [and others]; patentee of FGBOU VPO "South-West State University" (SWSU). No. 2015116208/02. Appl. 28.04.2015. Publ. 08.06.2017, Bul. No. 16.

14. Yatsun E.I., Malykhin V.V., Zubkova O.S., Novikov S.G. *Instrumental'noe obespechenie protsessov mekhanicheskoi obrabotki tverdymi splavami i kompozitami* [Instrumental support of machining processes with hard alloys and composites]. Kursk, 2016, pp. 160-124.

15. A.S. 1252062 USSR class. B23B27 / 16 Sbornyi rezets [Collected cutter] / V.L. Fedorov, V.V. Kopylova, E.N. Dyakova, patent holder Peoples' Friendship University named after Patrice Lumumba No. 4932261/08 app. 03/11/91; publ. 05/23/93, Bul. No. 19.

16. Universal'nyi dempфирuyushchii rezets [Universal damping cutter]: US Pat. 2 457 078 Rus. Federation: IPC B23B27 / 00; S.G. Novikov, V.V. Malykhin, E.I. Yatsun; applicant patent holder FSBEI HPE "South-West State University" (SWSU). No. 2010145193/02. Appl. 03.11.2010. Published on July 27, 2012. Bul. No. 21.

17. Dempфирuyushchii rezets [Damping cutter]: US Pat. 2686500 21 Rus. Federation: IPC B23B27 / 00; S.G. Novikov, V.V. Malykhin, V.A. Volosukhin, R.V. Glagolev; applicant patent holder FGBOU VPO "South-West State University" (SWSU) .- No. 2018133445; declared 21.09.2018. Published on April 29, 2019. Bul. No. 13.

18. Sbornyi rezets [Collected cutter]: US Pat. 1816540 USSR: IPC B23B27 / 16 V.L. Fedorov, V.V. Kopylov and E.N. Dymova; applicant patentee Peoples' Friendship University of Russia Patrice Lumumba - No. 4932261/08; declared 03/11/91; publ. 05/23/93. Bul. No. 19.

19. Novikov S.G., Malykhin V.V., Yatsun E.I. Reztsy s derzhavkoi v uprugoi vstavke [Cutters with a holder in an elastic insert]. *Fizichni ta komp'yuterni tekhnologii. Materiali KhKh11 Mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferentsii = Physical and computer technol-*

ogies. Materials XX11 of the International Scientific and Practical Conference, 7-9 March 2016, M. Kharkiv, D.: LIRA, 2016, pp. 157-161.

20. Vitsko A. V. Avtoreferat magisterskoi raboty. Razrabotka konstruktсии reztsa s ras-shirennymi tekhnologicheskimi vozmozhnostyami dlya tokarnykh stankov s ChPU [Abstract of master's work. Development of a cutter design with advanced technological capabilities for CNC lathes]. [https:// masters.](https://masters.)

21. Novikov S.G., Malykhin V.V., Yatsun E.I. Konstruktsiya dempfiruyushchego reztsa s peremennoi zhestkost'yu po dline derzhavki [Damping cutter design with variable stiffness along the length of the holder]. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta* = *Proceedings of the Southwest State University*, 2019, no. 1 (23), pp.31-42.

Информация об авторах / Information about the Authors

Новиков Сергей Григорьевич, кандидат технических наук, доцент, Региональный открытый социальный институт, г. Курск, Российская Федерация, e-mail: novikov.s.46@mail.ru

Sergei G. Novikov, Cand. of Sci. (Engineering), Associate Professor, Regional Open Social Institute, Kursk, Russian Federation, e-mail: novikov.s.46@mail.ru

Мальных Виталий Викторович, кандидат технических наук, доцент, Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Российская Федерация, e-mail: malykhin1946@mail.ru

Vitaliy V. Malykhin, Cand. of Sci. (Engineering), Associate Professor, Southwest State University, Kursk, Russian Federation, e-mail: malykhin1946@mail.ru

Гайдаш Николай Михайлович, кандидат технических наук, доцент, Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Российская Федерация, e-mail: mtio@kurskstu.ru

Nikolay M. Gaidash, Cand. of Sci. (Engineering), Associate Professor, Southwest State University, Kursk, Russian Federation, e-mail: mtio@kurskstu.ru