

УДК 621.923

DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-1-31-42

Разработка конструкции демпфирующего резца с варьированием жесткости по длине державки

Новиков С.Г.¹, Малыхин В.В.² ✉

¹ ЧОУ ВО «Региональный открытый социальный институт», Россия, 305009, Курск, ул. Маяковского, 85

² ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Россия, 305040, Курск, ул. 50 лет Октября, 94

✉ e-mail: mtio@kurskstu.ru

Резюме

Цель исследования. Повысить эффективность производства, улучшить показатели качества изделий в машиностроении позволяют результаты научных исследований ведущих ученых, связанных с повышением эффективности процессов резания посредством конструктивных изменений токарного инструмента с целью снижения вибраций, которые свидетельствуют о том, что применение инструментов с виброгасящим эффектом в виде демпфирующих резцов позволяет успешно решить проблему наилучшей обработки деталей из различных конструкционных материалов. Известные конструкции демпфирующих резцов имеют ряд недостатков, связанных с проблемой регулирования жесткости резцов, необходимостью подбора материала корпуса резца с высоким демпфированием требуемой жесткости, или размещением его в державке по всей длине корпуса державки с выборкой, что приводит к перерасходу материала, обладающего свойством высокого демпфирования и повышает трудоемкость монтажа резца.

Методы. С целью повышения качества обработки и улучшения условий регулирования жесткостью резцов, снижения расхода демпфирующего материала предлагается новая конструкция токарного резца. Увеличение эффективности демпфирования колебаний резца достигается за счет установки одного конца державки с выборкой в оболочке с полыми днищем и боковыми стенками, а второго конца державки в цилиндрической оболочке с полыми боковыми стенками. Закачкой воздуха в полости оболочек дистанционно бесступенчато варьируют жесткостями оболочек с соблюдением условия, что жесткость цилиндрической оболочки меньше жесткости второй оболочки.

Результаты. Так как жесткости оболочек с закачанным в них воздухом различны, то в оболочке с меньшей жесткостью возникает пара сил, модули которых больше модулей пары сил в другой оболочке. Поэтому в ней действует дополнительный восстанавливающий момент от пары сил, равных разности модулей сил в оболочках, что повышает эффективность демпфирования колебаний резца. Расположение демпфирующих оболочек автономно на расстоянии друг от друга позволяет снизить расход вулканизированного материала.

Заключение. Предлагаемый демпфирующий резец с варьируемой жесткостью позволяет достичь технического результата по повышению качества обработки и снижению расхода демпфирующего вулканизированного материала.

Ключевые слова: обработка лезвийным инструментом; демпфирующий резец; державка; выборка; замкнутая эластичная оболочка; штуцер; конструкция; устойчивость резания; качество обработки.

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

© Новиков С.Г., Малыхин В.В., 2019

Для цитирования: Новиков С.Г., Мальных В.В. Разработка конструкции демпфирующего резца с варьированием жесткости по длине державки // Известия Юго-Западного государственного университета. 2019. Т. 23, № 1. С. 31-42. DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-1-31-42.

UDC 621.923

DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-1-31-42

Development of Damping Cutter Construction with Rigidity Variation on Holder Length

Sergey G. Novikov ¹, Vitaliy V. Malykhin ² ✉

¹ Private Society "Regional Open Social Institute", 85, Mayakovskogo str., Kursk, 305009, Russian Federation

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

✉ e-mail: mtio@kurskstu.ru

Abstract

Purpose of research. Results of scientific researches allow increasing in production efficiency, improving products' quality indicators in mechanical engineering. It is connected with increase in efficiency of cutting processes by means of constructive changes of the turning tool to decrease in vibrations. These vibrations demonstrate that the use of tools with vibroextinguishing effect in the form of damping cutters allows to solve a problem of the best details' processing made from various structural materials successfully.

The known structures of damping cutters have a number of disadvantages connected with the problem of cutters rigidity regulation, with the need of material selection of a cutter body with high damping of required rigidity or its placement in a holder on all holders' body with rabbeting. This leads to an excessive consumption of materials which has high damping properties and increases labor intensity of cutter installation.

Methods. New design of lathe knife is offered to increase quality of processing and improvement of regulation conditions by cutters rigidity and consumption decrease of damping material. Increase in damping efficiency of cutter fluctuations is due to installation of one end of a holder with rabbeting in a cover with hollow bottom and sidewalls and the second end of a holder in a cylindrical cover with hollow sidewalls. Rigidity of covers is varied remotely by air pumping in covers' cavity. It is done taking into account the fact that the rigidity of a cylindrical cover is less than rigidity of the second cover.

Results. There is a "force couple" in a cover with smaller rigidity as rigidity of covers with the air pumped in them are vary. Modules of this "force couple" are more than in the other cover. Therefore there is an additional restoring moment from "force couple". These forces are equal to difference of forces modules in covers. That increases efficiency of fluctuation damping of a cutter. Position of damping covers independently at distance from each other allows to decrease consumption of vulcanized material.

Conclusion. An offered damping cutter with varied rigidity allows to achieve technical result on improvement of processing quality and decrease consumption of damping vulcanized material.

Key words: processing by edge tool; damping cutter; holder; rabbeting; closed elastic cover; union; design; stability of cutting; processing quality.

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. Development of Damping Cutter Construction with Rigidity Variation on Holder Length. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Southwest State University*. 2019; 23(1): 31-42 (in Russ.). DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-1-31-42.

Введение

Результаты научных исследований ведущих ученых, связанных с повышением эффективности процессов резания посредством конструктивных изменений токарного инструмента с целью снижения вибраций свидетельствует о том, что применение инструментов с виброгасящим эффектом позволяет успешно решить проблему наилучшей обработки деталей из различных конструкционных материалов. Это позволит повысить эффективность производства, улучшить показатели качества. Поэтому проектирование виброгасящего инструмента и исследование процесса токарной обработки является актуальной научной и практической задачей [1]. Однако существующие разработки демпфирующих резцов не в полной мере отвечают предъявляемым требованиям. Например, недостатками известного демпфирующего резца [2] являются: низкие эксплуатационные характеристики, обусловленные тем, что жесткость вставки из материала с высоким демпфированием, размещенной в выборке державки, неизменна при любых параметрах технологического процесса, и при обработке любых конструкционных материалов невозможно регулирование жесткости резцов. Поэтому каждый раз необходим подбор материала с

высоким демпфированием требуемой жесткости и размещение его в выборке державки. Кроме того, так как вставка имеет постоянную жесткость, то в ней при действии на резец возмущающей силы резания возникает момент пары восстанавливающих сил, недостаточный для эффективного демпфирования колебаний резца; материал вставки размещен по всей длине конца державки с выборкой, что приводит к перерасходу материала, обладающего свойством высокого демпфирования; большая трудоемкость монтажа резца [3-5].

Демпфирующий резец с управляемой жесткостью [6] имеет следующие недостатки:

1. При обработке изделия возмущающая сила резания вызывает колебания резца, однако оболочка, с закачаным через штуцер в полые боковые стенки и днище воздухом, имеет постоянную жесткость по всей длине конца державки с выборкой, поэтому возникающая в ней пара восстанавливающих сил, хотя и создает момент, стремящийся вернуть резец в положение статического равновесия и демпфирует колебания, но он недостаточен, чтобы минимизировать вибрации до желаемого уровня и не позволяет достигнуть требуемого качества обработки.

2. Перерасход вулканизированного материала оболочки, так как ее высота

от внутренней стенки дна равна длине державки с выборкой.

Цель работы. Целью разработанной конструкции является повышение качества обработки и снижение расхода вулканизированного материала [7-15].

Материалы и методы решения задачи

На рисунке представлен общий вид резца в процессе обработки материала.

Режущая пластина 1 закреплена узлом ее крепления 2 в державке 3, име-

ющей выборку, выполненную равномерно по периметру конца державки 3 на длине L от ее торца до выступающей части с режущей пластиной 1.

Конец державки 3 с выборкой размещен в выполненном в виде прямоугольного параллелепипеда в металлическом стакане 4 с одинаковыми зазорами по его основанию и стенкам, при этом державка 3 установлена без возможности контактирования со стаканом 4.

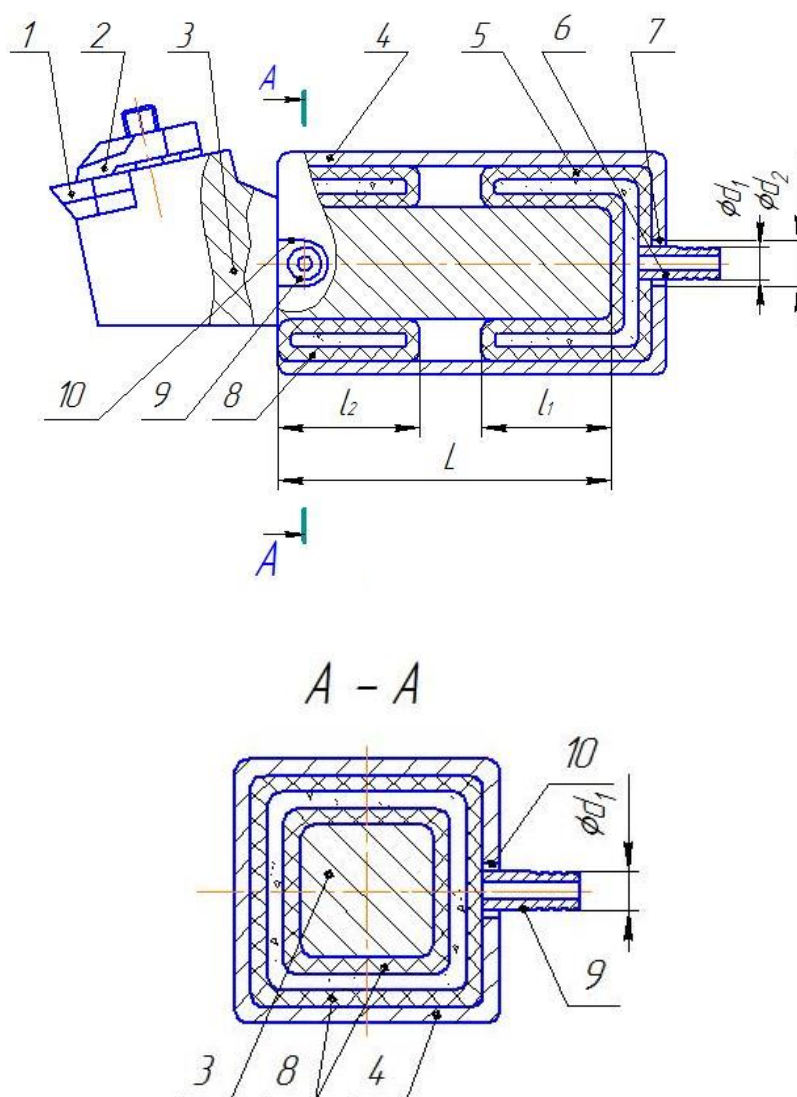


Рис. Демпфирующий резец с варьируемой жесткостью

Конец державки 3 с выборкой предварительно расположен в замкнутой эластичной оболочке 5 из вулканизированного материала, изготовленной в форме прямоугольного параллелепипеда с сообщающимися полыми боковыми стенками и днищем, внутренние размеры оболочки 5 параллелепипеда равны размерам конца державки 3 с выборкой, высота l_1 оболочки 5 от внутренней стенки днища меньше половины длины L державки 3 с выборкой, $l_1 < L/2$. Во внешней стенке днища оболочки 5 жестко зафиксирован цилиндрический штуцер 6.

Замкнутая эластичная оболочка 5 с державкой 3 свободно установлена в стакане 4, имеющем в дне сквозное отверстие 7 с диаметром d_2 , большим диаметра d_1 штуцера 6 - $d_1 < d_2$. Через штуцер 6, пропущенный соосно с отверстием 7 дна стакана 4, закачан сжатый воздух в днище и стенки замкнутой эластичной оболочки 5 до заполнения ею зазоров между стаканом 4 и создания необходимого избыточного давления для образования единой механической системы державка 3 — оболочка 5 с закачанным сжатым воздухом — стакан 4 с возможностью дистанционного бесступенчатого управления жесткостью резца за счет изменения давления сжатого воздуха в замкнутой эластичной оболочке 5.

Второй конец державки 3 с выборкой со стороны выступающей части с режущей пластиной 1 расположен в замкнутой цилиндрической оболочке 8

из вулканизированного материала с сообщающимися полыми стенками, внутренние размеры которой равны размерам конца державки с выборкой, а протяженность меньше половины ее длины - $l_2 < L/2$, во внешней стенке оболочки 8 жестко закреплен цилиндрический штуцер 9, при этом оболочка 8 с концом державки 3 с выборкой свободно установлена в стакане 4, имеющем в боковой поверхности с противоположного конца от основания сквозной паз 10 с размерами, большими диаметра d_1 штуцера 9, причем через штуцер 9, размещенный на оси симметрии паза 10, закачан воздух в стенки цилиндрической оболочки 8 до заполнения ею зазоров между стаканом 4 и создания необходимого избыточного давления для образования единой механической системы державка 3 — цилиндрическая оболочка 8 с закачанным сжатым воздухом — стакан 4 с возможностью дистанционного бесступенчатого варьирования жесткостью цилиндрической оболочки 8 за счет изменения в ней давления сжатого воздуха, с соблюдением условия, что ее жесткость меньше жесткости оболочки 5 в форме параллелепипеда из вулканизированного материала.

Подготовка демпфирующего резца к работе происходит в такой последовательности.

Конец державки 3 с выборкой со стороны выступающей части с режущей пластиной 1 располагают в замкнутой цилиндрической эластичной оболочке 8 из

вулканизированного материала с сообщающимися полыми боковыми стенками.

Противоположный конец державки 3 с выборкой располагают в замкнутой эластичной оболочке 5 из вулканизированного материала, изготовленной в форме прямоугольного параллелепипеда с сообщающимися полыми боковыми стенками и днищем.

Замкнутые эластичные оболочки 5, 8 могут быть изготовлены, например, из вулканизированной резины или тканевых каркасов с двусторонними полимерными обкладками, подвергнутыми вулканизации. Так как внутренние размеры оболочек 5, 8 равны размерам конца державки 3 с выборкой, а эластичные материалы оболочек 5, 8 растяжимы, то предварительное расположение обоих концов державки 3 с выборкой в эластичных оболочках 5, 8 не является трудоемким, при этом оболочки 5, 8 плотно охватывают расположенные в них концы державки 3 с выборкой.

Внутренние размеры металлического стакана 4 выбирают таким образом, чтобы в нем свободно с малыми зазорами были установлены эластичные оболочки 5, 8 с расположенными в них обоими концами державки 3 с выборкой. Стакан 4 и оболочки 5, 8 размещают так, чтобы штуцер 6 был пропущен соосно со сквозным отверстием 7 дна стакана 4, а штуцер 9 расположен на оси симметрии сквозного паза 10 в боковой поверхности стакана 4. Внешние размеры стакана 4 должны обеспечивать его надежное закрепление в резце-

держателе. Через штуцер 6 в сообщающиеся полости днища и боковых стенок оболочки 5, а через штуцер 9 в боковые полости цилиндрической оболочки 8 закачивают сжатый воздух до заполнения оболочками 5, 8 зазоров между стаканом 4 и создания необходимого избыточного давления для образования двух механических систем державка 3 – оболочка 5 с закачанным сжатым воздухом – стакан 4 и державка 3 – цилиндрическая оболочка 8 с закачанным воздухом – стакан 4, при том соблюдают условие, что жесткость цилиндрической оболочки 8 меньше жесткости оболочки 5. Так как высота l_1 оболочки 5 от внутренней стенки днища и протяженность l_2 оболочки 8 меньше половины длины $L/2$ державки 3 с выборкой, то две механические системы образуют между собой пространство, т.е. не соприкасаются друг с другом, что дает возможность в оболочках 5, 8 создавать различные избыточные давления независимо друг от друга. Минимальными избыточными давлениями в замкнутых оболочках 5, 8, обуславливающими работоспособность резца, является отсутствие проворачивания (проскальзывания) по поверхностям контакта стакана 4 и оболочек 5, 8, а также оболочек 5, 8 относительно концов державки 3 с выборкой, т.е. исключение перемещения составляющих частей механических систем относительно друг друга при любых параметрах режима обработки конструкционного материала. Кроме того, за счет созданных из-

быточных давлений в оболочках 5, 8 происходит самоцентрирование державки 3 с выборкой и размещение его с одинаковыми зазорами по основанию и стенкам стакана 4. Если габариты поперечного сечения державки не велики, то допустимо не выполнять выборку по периметру конца державки 3, а размещать конец державки 3 непосредственно в оболочках 5, 8 с внутренними размерами, равными размерам конца державки 3.

Давление внутри оболочек 5, 8 контролируют манометрами. Смонтированный резец устанавливают в резцедержателе (манометры и резцедержатель не показаны). Производят тарировку жесткость-давление образованных механических систем.

Демпфирующий резец с варьируемой жесткостью работает следующим образом.

По произведенной тарировке жесткость-давление в зависимости от обрабатываемого материала и технологических режимов его обработки дистанционно бесступенчато варьируют жесткости оболочек 5, 8 за счет дополнительного закачивания воздуха через штуцер 6 в оболочку 5, а через штуцер 10 в цилиндрическую оболочку 8 (увеличение жесткости) или сбрасывания его из оболочек 5, 8 (уменьшение жесткости), сохраняя условие, что жесткость цилиндрической оболочки 8 меньше жесткости оболочки 5. При этом металлические поверхности державки 3 и штуцеров 6, 9 в процессе обработки не кон-

тактируют со стаканом 4, так как два конца державки 3 с выборкой расположены в оболочках 5, 8 с закачанным воздухом, диаметр d_1 штуцера 6 меньше диаметра d_2 сквозного отверстия 7 в дне стакана 4, а диаметр d_1 штуцера 9 меньше размеров сквозного паза 10 в боковой поверхности стакана 4.

При обработке конструкционного материала возмущающая сила резания вызывает колебание резца. Если бы конец державки 3 с выборкой был установлен в оболочке 5 с закачанным в ее днище и боковые стенки воздухом, а высота оболочки 5 от внутренней стенки днища была равна длине L конца державки 3 с выборкой, то в оболочке 5 возникла пара восстанавливающих сил, создающих момент, стремящийся вернуть резец в положение статического равновесия, но не достаточно демпфирующий колебания. (Пара сил – это две равные по модулю параллельные силы, направленные в противоположные стороны; момент пары равен произведению модуля силы пары на плечо; плечо – кратчайшее расстояние между параллельными силами пары).

Если бы оба конца державки 3 с выборкой были расположены в оболочках 5, 8 с закачанным воздухом, и имели одинаковые жесткости, то при демпфировании колебаний резца в оболочках 5, 8 возникли две пары демпфирующих сил с одинаковыми моментами, но недостаточными, чтобы минимизировать вибрации до желаемого уровня.

Так как жесткости оболочек 5, 8 с закачанным в них воздухом различны, причем жесткость цилиндрической оболочки 8 меньше жесткости оболочки 5, то в оболочке 5 возникает пара сил, модули которых больше модулей пары сил в оболочке 8. Поэтому в оболочке 5 действует дополнительный восстанавливающий момент от пары сил, равных разности модулей сил в оболочках 5, 8, что повышает эффективность демпфирования колебаний резца.

Таким образом, происходит высокоэффективное демпфирование продольных, поперечных вибраций и ударных нагрузок, возникающих в процессе резания, что повышает надежность протекания этого процесса как в токарных, так и в строгальных технологических операциях. Поэтому путем варьирования разностью жесткостей оболочек 5, 8 с закачанным в них воздухом возможно минимизировать вибрации резца до необходимого уровня и достигнуть требуемого качества обработки.

Снижение расхода вулканизированного материала происходит за счет того, что высота l_1 оболочки 5 от внутренней стенки днища и протяженность l_2 оболочки 8 меньше половины длины $L/2$ конца державки 3 с выборкой.

Результаты и их обсуждение

Оригинальностью предложенного, демпфирующего резца с варьируемой жесткостью является то, что высота l_1 оболочки 5 от внутренней стенки дни-

ща меньше половины длины $L/2$ державки 3 с выборкой, второй ее конец со стороны выступающей части с режущей пластиной 1 расположен в замкнутой цилиндрической оболочке 8 из вулканизированного материала с сообщающимися полыми боковыми стенками, внутренние размеры оболочки 8 равны размерам конца державки с выборкой, а протяженность l_2 меньше половины $L/2$ ее длины, во внешней боковой стенке оболочки 8 жестко закреплен цилиндрический штуцер 9, при этом оболочка 8 с концом державки 3 с выборкой свободно установлена в стакане 4, имеющем в боковой поверхности с противоположного конца от основания сквозной паз 10 с размерами, большими диаметра d_1 штуцера 9, причем через штуцер 9, размещенный на оси симметрии паза 10, закачан воздух в стенки цилиндрической оболочки 8 до заполнения ею зазоров между стаканом 4 и создания необходимого избыточного давления для образования единой механической системы державка 3 — цилиндрическая оболочка 8 с закачанным сжатым воздухом — стакан 4 с возможностью дистанционного бесступенчатого варьирования жесткостью цилиндрической оболочки 8 за счет изменения в ней давления сжатого воздуха, с соблюдением условия, что ее жесткость меньше жесткости оболочки 5 в форме параллелепипеда из вулканизированного материала.

Выводы

Разработанная конструкция демпфирующего резца позволяет:

1. Повысить качество обработки путем увеличения эффективности демпфирования колебания резца за счет того, что один конец державки с выборкой установлен в оболочке с полыми днищем и боковыми стенками, а второй конец державки размещен в цилиндрической оболочке с полыми боковыми стенками. Закачкой воздуха в полости оболочек дистанционно бесступенчато варьируют жесткостями оболочек с соблюдением условия, что жесткость ци-

линдрической оболочки меньше жесткости второй оболочки.

2. Снизить расход вулканизированного материала, так как оболочки с концами державки с выборкой расположены на расстоянии друг от друга, высота одной оболочки от внутренней стенки днища и протяженность другой цилиндрической оболочки меньше половины длины державки с выборкой (заявка на изобретение).

Таким образом, предлагаемый демпфирующий резец с варьируемой жесткостью позволяет достичь цели по повышению качества обработки и снижению расхода вулканизированного материала.

Список литературы

1. Инструментальное обеспечение механической обработки твердыми сплавами и композитами / Е.И. Яцун, В.В. Малыгин, О.С. Зубкова, С.Г. Новиков. Курск, 2016. С.160-224.
2. Демпфирующий резец: пат.2457077 Рос. Федерация: МПК В23 В27/00/ С.Г. Новиков, В.В. Малыгин, Е.И. Яцун и др. №2011106621/02; заявл.22.02.2011; опубл. 27.07.2012. Бюл.№21.
3. Малыгин 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.
4. Разработка конструкции экспериментального образца демпфирующего резца / В.В. Малыгин, 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 4 т. Курск, 2014. Т. 4. С.234-238.
5. Малыгин 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.
6. Демпфирующий резец с управляемой жесткостью: пат.2535196 Рос. Федерация: МПК В23 В27/00/ С.Г. Новиков, В.В. Малыгин, Е.И. Яцун [и др.]. №2013113649/02; заявл.26.03.2013; опубл. 10.12.2014. Бюл.№34.

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

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

9. Емельянов С.Г., Малыхин В.В., Яцун Е.И., Новиков С.Г. Демпфирующие резцы постоянной жесткости и упругой связью с системой «Станок-инструмент-деталь» // 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. Малыхин В.В., Новиков С.Г., Новиков Ф.В. Резец с демпфирующими свойствами для станков с ЧПУ // ВІСНИК Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Технічні науки. Випуск 118. «Технічний сервіс АПК, Техніка та технології у сільськогосподарському машинобудуванні. Харків, 2013. С.147-148.

12. Патент РФ 2 479385, МПК51 В23В27/00. Демпфирующий резец с регулируемой жесткостью / Новиков С.Г., Малыхин В.В., Яцун Е.И [и др.]; патентообладатель ФБОУ ВПО «Юго-западный государственный университет». №2011141683/02. Заявл. 13.10.2011. Оpubл. 20.04.2013. Бюл. №11.

13. Патент РФ 2 511 193, МПК51 В23В27/00. Универсальный демпфирующий резец с регулируемой жесткостью / Новиков С.Г., Малыхин В.В., Яцун Е.И.[и др.]; патентообладатель ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет». № 2012144043/02. Заявл. 16.10.2012. Оpubл.10.04.2014. Бюл. №10.

14. Патент РФ 2 621 939, МПК51 В23В27/00, Универсальный демпфирующий резец с управляемой жесткостью / Новиков С.Г., Малыхин В.В., Яцун Е.И.[и др.]; патентообладатель ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет». № 2015116208/02. Заявл. 28.04.2015. Оpubл.08.06.2017. Бюл. №16.

15. Новая конструкция универсального демпфирующего резца с регулируемой жесткостью / С.Г. Новиков, В.В. Малыхин, Е.И. Яцун, Ф.В. Новиков // Физические и компьютерные технологии: труды 20-й Международной научно-практической конференции. Донецк: Лира, 2015. С.72-75.

Поступила в редакцию 21.02.2019

Подписана в печать 15.03.2019

Reference

1. Jacun E.I., Malyhin V.V., Zubkova O.S., Novikov S.G. Instrumental'noe obespechenie mehanicheskoy obrabotki tverdymi splavami i kompozitami. Kursk, 2016, pp.160-224.
2. Dempfirujushhij rezec: pat.2457077 Ros. Federacija: MPK V23 V27/00/ S.G. Novikov, V.V. Malyhin, E.I. Jacun i dr. №20111106621/02; zajavl.22.02.2011; opubl. 27.07.2012. Bjul.№21.
3. Malyhin V.V., Jacun E.I., Novikov S.G. Povyshenie jekspluatacionnyh harakteristik dempфирujushhij rezcov. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Tehnika i tehnologii*, 2012, no.2, pp.43-46.
4. Malyhin V.V., Jacun E.I., Novikov S.G., Fadeev A.A. Razrabotka konstrukcii jeksperimental'nogo obrazca dempфирujushhego rezca. Sovremennye instrumental'nye sistemy, informacionnye tehnologii i innovacii. Sbornik nauchnyh Trudov XI-oj Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Kursk, 2014, vol. 4, pp.234-238.
5. Malyhin V.V., Jacun E.I., Novikov S.G. Vibroakkusticheskaja diagnostika sostojanija rezhushhego instrumenta i mikronerovnostej obrabotannoj poverhnosti. *Spravochnik. Inzhenernyj zhurnal*, 2014, no. 14, pp.31-35.
6. Novikov S.G., Malyhin V.V., Jacun E.I., eds. Dempфирujushhij rezec s upravljaemoj zhestkost'ju: pat.2535196 Ros. Federacija: MPK V23 V27/00/. №2013113649/02; zajavl.26.03.2013; opubl. 10.12.2014. Bjul.№34.
7. Novikov S.G., Malyhin V.V., Jacun E.I., eds. Povyshenie ustojchivosti processa tochenija dempфирujushhim rezcom. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta*, 2011, no.3(36), pp.122-125.
8. Malyhin V.V., Jacun E.I., Seleznev Ju.N., Novikov S.G. Razrabotka konstrukcij dempфирujushhij rezcov. *Himicheskaja i neftegazovoe mashinostroenie*, 2016, no. 11, pp.25-27.
9. Emel'janov S.G., Malyhin V.V., Jacun E.I., Novikov S.G. Dempфирujushhie rezcy postojannoj zhestkosti i uprugoj svjaz'ju s sistemoj «Stanok-instrument-detall». *Izvestija Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tehnicheskie nauki*, 2017, is. 8, pt. 2, pp.22-31.
10. Jacun E.I., Malyhin V.V., Novikov S.G. Razrabotka i issledovanie konstrukcij dempфирujushhij rezcov. *Izvestija Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tehnicheskie nauki*, 2016, is. 8, pt. 1, pp.287-296.
11. Malyhin V.V., Novikov S.G., Novikov F.V. Rezec s dempфирujushhimi svojstvami dlja stankov s ChPU. *VISNIK Harkivs'kogo nacional'nogo tehničeskogo universitetu sil'skogo gospodarstva imeni Petra Vasilenka. Tehnichni nauki*. Is. 118. «Tehnichnij servis APK, Tehnika ta tehnologii u sil'skogospodars'komu mashinoborudovanii. Harkiv, 2013, pp.147-148.

12. Patent RF 2 479385, MPK51 V23V27/00 Dempfirujushhij rezec s reguliruej zhestkost'ju/ Novikov S.G., Malyhin V.V., Jacun E.I [i dr.]; patentoobladatel' FBOU VPO «Jugo-Zapadnyj gosudarstvennyj universitet». №2011141683/02. Zajavl. 13.10.2011. Opubl. 20.04.2013. Bjul. №11.

13. Patent RF 2 511 193, MPK51 V23V27/00. Universal'nyj dempфирujushhij rezec s reguliruej zhestkost'ju / Novikov S.G., Malyhin V.V., Jacun E.I.[i dr.]; patentoobladatel' FGBOU VPO «Jugo-Zapadnyj gosudarstvennyj universitet». № 2012144043/02. Zajavl. 16.10.2012. Opubl.10.04.2014. Bjul. №10.

14. Patent RF 2 621 939, MPK51 V23V27/00, Universal'nyj dempфирujushhij rezec s upravljajemoj zhestkost'ju / Novikov S.G., Malyhin V.V., Jacun E.I.[i dr.]; patentoobladatel' FGBOU VPO «Jugo-Zapadnyj gosudarstvennyj universitet». № 2015116208/02. Zajavl. 28.04.2015. Opubl.08.06.2017. Bjul. №16.

15. Novikov S.G., Malyhin V.V., Jacun E.I., Novikov F.V. Novaja konstrukcija universal'nogo dempфирujushhego rezca s reguliruej zhestkost'ju. Fizicheskie i komp'juternye tehnologii. Trudy 20-j Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Donetsk, Lira Publ., 2015, pp.72-75.

Received 21.02.2019

Accepted 15.03.2019

Информация об авторах / Information about the Authors

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

Sergey G. Novikov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Private Society "Regional Open Social Institute", Kursk, Russian Federation
e-mail: novikov.s.46@mail.ru

Виталий Викторович Мальхин, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Российская Федерация
e-mail: mtio@kurskstu.ru

Vitaliy V. Malykhin, Candidate of Engineering sciences, Associate Professor, Southwest State University, Kursk, Russian Federation,
e-mail: mtio@kurskstu.ru