

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.21869/2223-1560-2019-23-6-45-55>

Демпфирующие резцы с варьированием жесткости

В.В. Малыхин ¹ ✉, Е.И. Яцун ¹, С.Г. Новиков ²

¹ ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет»
ул. 50 лет Октября, 94, г. Курск, 305040, Российская Федерация

² ЧОУ ВО «Региональный открытый социальный институт»
ул. Маяковского, 85, г. Курск, 305009, Российская Федерация

✉ e-mail: malykhin1946@mail.ru

Резюме

Цель исследования. Улучшение формообразования поверхностей лезвийным инструментом является актуальной задачей, так как трудоемкость обработки точением составляет доминирующую часть всех видов обработки. Вибрации в процессе токарного точения являются следствием преждевременного износа инструмента и увеличения шероховатости поверхностей деталей. Новые конструкции резцов для снижения вибраций, возникающих в процессе резания, увеличения их стойкости и повышения качества обработки представляют практический и научный интерес. Целью и задачами предлагаемой конструкционной линейки демпфирующих резцов с регулируемой (управляемой) жесткостью являются: совершенствование конструкций режущего инструмента, позволяющих увеличить его стойкость за счет гашения вибраций; создание эффективных технологических процессов резания материалов, повышающих качество обработки; улучшение эксплуатационных характеристик резцов.

Методы. Существующие конструкции виброгасящих резцов с упругими демпфирующими вставками постоянной жесткости, в которых установлены державка или оправка с режущей пластиной, не отвечают необходимым требованиям по эффективности снижения вибраций из-за невозможности варьирования жесткостью инструмента, кроме того, велика трудоемкость подготовки резцов к работе и демонтажу. Предложены инновационные конструкции резцов с регулируемой (управляемой) жесткостью.

Результаты. Разработанная линейка виброгасящих резцов с варьированием жесткости и учетом недостатков существующих конструкций позволяет, в зависимости от обрабатываемого материала и технологических режимов резания, управлять частотами вибраций возмущающей силы и составных компонентов инструментальной системы, что исключает неконтролируемый рост амплитуды колебаний и значительно продлевает работоспособность резцов с высоким качеством обработки. Разработанные существующие и предложенные новые конструкции демпфирующих резцов позволили составить их классификацию, что дает возможность вести исследования по их совершенствованию.

Заключение. Предлагаемые демпфирующие резцы с варьируемой жесткостью отвечают поставленным целям и задачам. Теоретические исследования и промышленные испытания, простота конструкций и технологий изготовления новых демпфирующих резцов позволяют рекомендовать их для внедрения в производство.

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

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

Для цитирования: Мalykhin В.В., Яцун Е.И., Новиков С.Г. Демпфирующие резцы с варьированием жесткости // Известия Юго-Западного государственного университета. 2019; 23(6): 45-55. [https:// doi.org/10.21869/2223-1560-2019-23-6-45-55](https://doi.org/10.21869/2223-1560-2019-23-6-45-55).

Поступила в редакцию 25.10.2019

Подписана в печать 02.12.2019

Опубликована 23.12.2019

Damping Cutters with Varying Stiffness

Vitaliy V. Malykhin ¹✉, Elena I. Yatsun ¹, Sergey G. Novikov ²

¹ Southwest State University
50 Let Oktyabrya str. 94, Kursk 305040, Russian Federation

² Public Educational Institution "Regional Open Social Institute"
Mayakovskiy str. 85, Kursk 305009, Russian Federation

✉ e-mail: malykhin1946@mail.ru

Abstract

Purpose of research. Improving surfaces' forming by a blade tool is an up-to-date task. Labour intensity of turning processing is a dominant part of all working. Vibrations during turning work are the result of premature tool wear and increased surface roughness of the parts. New cutter designs are of practical and scientific interest. They can reduce vibrations occurring during cutting, increase their persistence and improve processing quality. The aim and objectives of this proposed structural line of damping cutters with adjustable (controlled) rigidity are improvement of cutting tool structures, which allow to increase its resistance due to vibration damping; creation of efficient technological processes of cutting materials, which improve quality of treatment; improved operational characteristics of cutters.

Methods. Existing structures of vibration damping cutters with elastic damping pieces of constant rigidity, in which holder or mandrel with cutting plate is installed, do not have necessary requirements for efficiency of vibration reduction due to impossibility of tool stiffness variation. Besides, there is high labour intensity of cutters preparation for operation and dismantling. Innovative cutter designs with adjustable (controlled) rigidity are presented.

Results. The developed line of vibration-quenching cutters with rigidity variation and taking into account disadvantages of existing structures makes it possible to control vibration frequencies of perturbing force and components of a tool system which excludes uncontrolled growth of vibration amplitude and significantly prolongs efficiency of cutters with high quality of processing. It depends on processed material and cutting process modes. Existing and new designs of damping cutters make it possible to classify them. So it is possible to carry out research on their improvement.

Conclusion. Proposed damping cutters with varying rigidity meet goals and objectives. According to theoretical research and industrial tests, simplicity of structures and technologies of new damping cutters manufacturing it is possible to implement them into production.

Keywords: blade tool machining; damping cutter; vibroclearing; design; holder; selection; closed elastic cover; cutting stability; 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: Malykhin V.V., Yatsun E. I., Novikov S.G. Damping Cutters with Varying Stiffness. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta* = *Proceedings of the Southwest State University*. 2019, 23(6): 45-55 (In Russ.). <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2019-23-6-45-55>.

Received 25.10.2019

Accepted 02.12.2019

Published 23.12.2019

Введение

Необходимость применения новых конструкционных материалов для изготовления изделий с различной технологической и конструктивной сложностью, а также повышенного качества, определено научно-техническим прогрессом в машиностроении. Улучшение формообразования поверхностей лезвийным инструментом является актуальной задачей, так как трудоемкость обработки точением составляет доминирующую часть всех видов обработки.

Исследования состояния токарного точения позволили выявить недостатки и наметить направления поиска разработчиков и производителей режущего инструмента по совершенствованию его конструкций, позволяющих достичь наименьшей интенсивности износа, созданию новых эффективных технологий в расширении режимов резания с максимальной производительностью при заданных параметрах обработки и получению деталей с высококачественными поверхностями.

Вибрации в процессе токарной обработки являются следствием преждевременного износа инструмента и увеличения шероховатости поверхностей деталей. В настоящее время разработаны токарные резцы с использованием элементов для гашения или демпфирования вибраций при резании [1-5].

Существенным недостатком большинства имеющихся конструкций резцов является то, что они жестко связаны со станком. Это не позволяет достичь эффективного снижения вибраций в процессе обработки. Также многие демпфирующие резцы имеют сложные конструкции, а технологии их изготовления весьма затруднительны, работоспособность некоторых вообще вызывает сомнение.

Новые конструкции резцов для снижения вибраций, возникающих в процессе резания, увеличения их стойкости и повышения качества обработки представляют практический и научный интерес.

Целью и задачами предлагаемой конструкционной линейки демпфирующих резцов с регулируемой (управляемой) жесткостью являются:

- совершенствование конструкций режущего инструмента, позволяющих увеличить его стойкость за счет гашения вибраций;
- создание эффективных технологических процессов резания материалов, повышающих качество обработки;
- улучшение эксплуатационных характеристик резцов.

Материалы и методы

Нами разработано несколько вариантов резцов с державкой в упругой вставке или с упругой демпфирующей вставкой в державку [6-10]. Это дает возможность:

– уменьшить уровень вибрации при обработке путем минимизации действующих на державку сил резания подбором жесткости вставки из демпфирующего материала, что увеличивает стойкость резцов;

– улучшить процесс формообразования за счет виброизоляции режущей пластины материалом с высоким демпфированием вставки от металлического резцедержателя.

Демпфирующие резцы не лишены недостатков:

1. Жесткость токарных инструментов постоянна, в связи с этим каждый раз необходимо экспериментально определять величину задаваемых зазоров, заполняемых одинаковым материалом вставки, или подбирать композиционный материал с необходимыми наполнителями, добиваясь требуемой жесткости.

2. Большие затраты времени и трудоемкость на подготовку резцов к работе, связанные с выдерживанием одинаковых указанных зазоров, заполнением их материалом с высоким демпфированием и последующей вулканизацией материала; сложен и демонтаж резцов с извлечением оправки из выборки державки или конца державки с выборкой из металлического стакана.

Для устранения приведенных недостатков необходимы новые разработки. Предложена инновационная конструкционная линейка резцов с регулируемой (управляемой) жесткостью, существенно улучшающая процессы обработки материалов и упрощающая эксплуатацию резцов.

Результаты и их обсуждение

Предложенные конструкции резцов позволяют улучшить эксплуатационные характеристики за счет обеспечения варьирования их жесткости, а также снизить затраты времени и трудоемкость на подготовку к работе и демонтаж.

Резец с управляемой жесткостью показан на рис. 1.

Закачивание воздуха в полости оболочки 5 или сбрасывание из нее давления позволяет смещать частоты собственных колебаний резца и вынуждающей силы резания во избежание резонанса [11].

Возможно также использовать другое конструктивное решение (рис. 2).

Виброгасящий резец отличается от инструмента на рис. 1 тем, что выборка державки 3, оболочка стакана 4 и контейнер 6 изготовлены цилиндрическими. Воздухом в полостях стакана 4 гасятся возникающие при точении колебания и варьируется жесткость инструмента [12, 13].

Представим теперь резцы с металлическими оправками в оболочках из вулканизированного материала, установленные в выборках державок.

На рис. 3 показан общий вид резца одной из конструкций.

Цилиндрическая часть оправки 4 размещена в стакане 5 из композитного материала, в полости которого подается воздух с контролированием давления манометром и варьированием собственной частотой колебаний резца, чтобы продуктивно гасить вибрации [14].

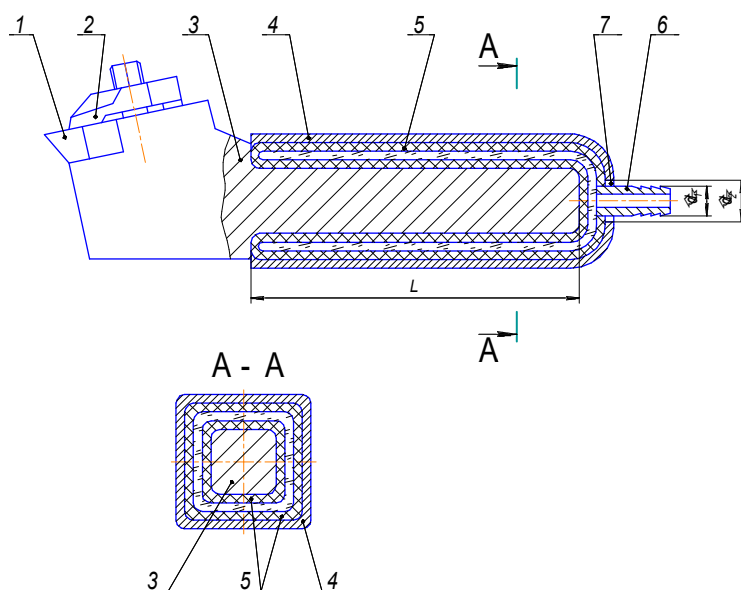


Рис. 1. Демпфирующий резец с возможностью управления его жесткостью

Fig. 1. Damping cutter with the ability to control its rigidity

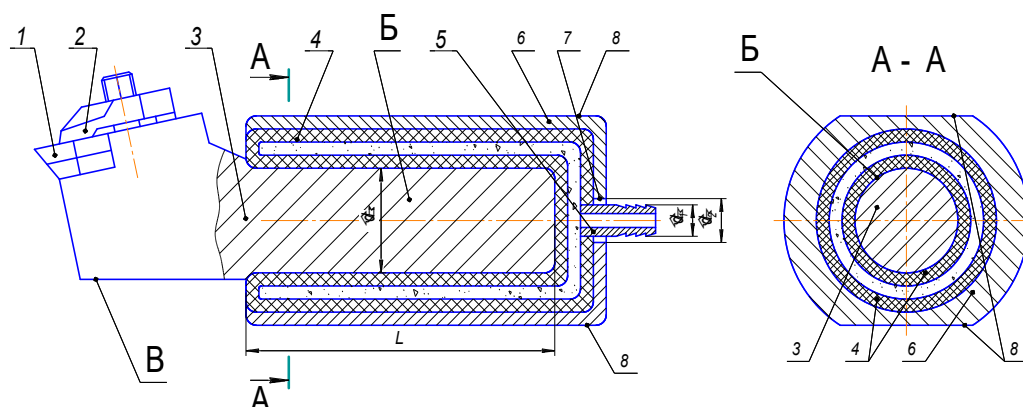


Рис.2. Виброгасительный резец с возможностью регулирования его жесткостью

Fig. 2. Vibration damping tool with the ability to control its rigidity

На рис. 4 изображена еще одна конструкция резца.

Новизна предложенного виброгасящего резца заключается в том, что закачкой сжатого воздуха в полости оболочки контейнера 4 или сбрасыванием давления, возможно управлять жесткостью инструмента.

Вставка 8 размещена с предварительным напряжением сжатия материала,

что дает возможность повысить стойкость резца уменьшением вибрации [15].

Резцы на рис. 1-4 функционируют одинаково.

Существующие и предложенные разработки демпфирующих резцов позволили составить их классификацию, дающую возможность вести исследования по их совершенствованию. Рассматривают токарный инструмент с жесткой и упругой связью с системой СПИД.

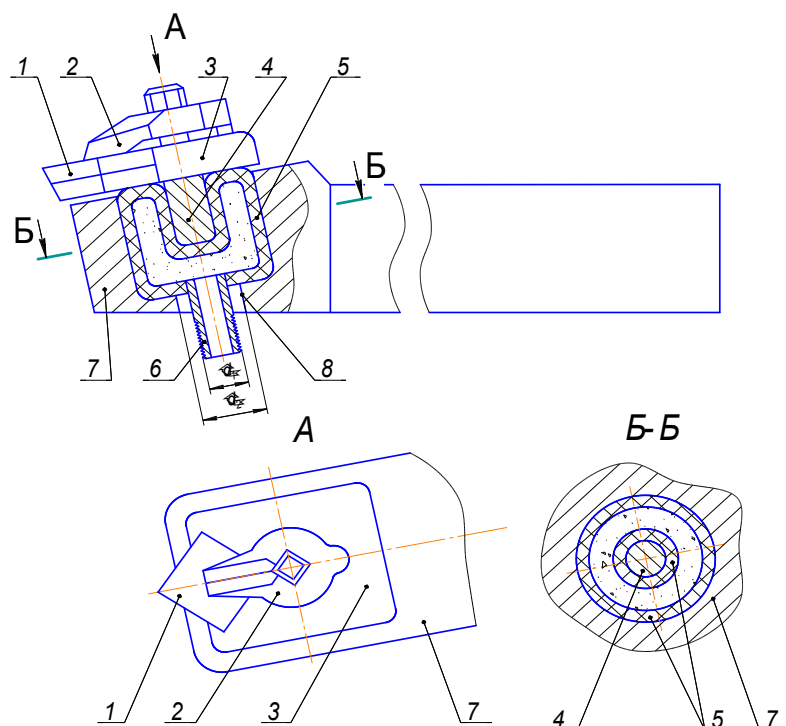


Рис. 3. Демпфирующий резец с возможностью варьирования его собственной частотой колебаний

Fig. 3. Damping cutter with the ability to vary its natural frequency

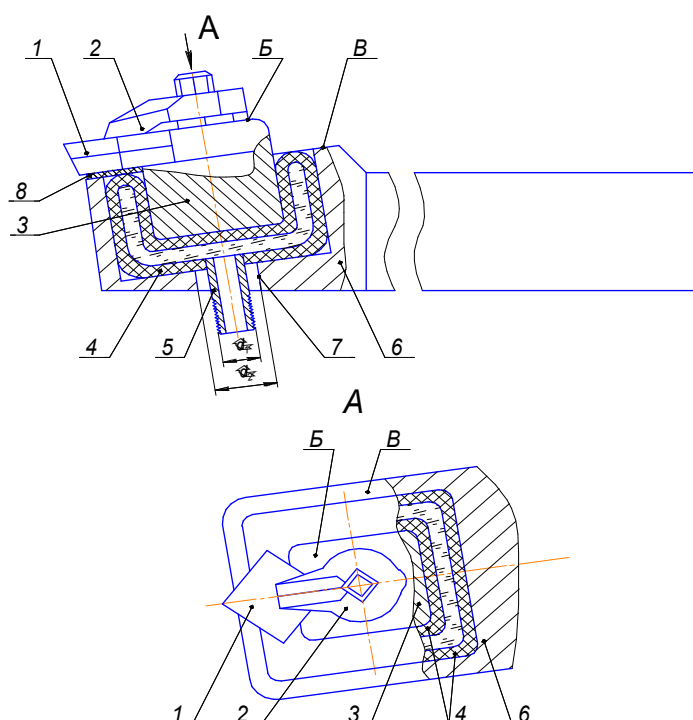


Рис. 4. Виброгасящий резец с повышенной жесткостью рабочей части

Fig. 4. Vibration suppressor with increased rigidity of the working part

К системам с жесткой связью относят резцы: с виброгасящими устройствами; демпфирующей вставкой в державку; державкой в виброгасящем материале.

Принципиально новым классом являются резцы с упругой связкой со станком, которые подразделяют на: с постоянной жесткостью и упругой демпфирующей вставкой в державку, а также с державкой в упругой оболочке; резцы с переменной регулируемой и управляемой жесткостями.

Исследования резцов обычной и новых конструкций позволяют резюмировать:

– новые конструкции резца снижают показатели вибрации в среднем на 30% по отношению к обычному;

– при точении виброгасящим резцом наблюдается уменьшение шероховатости R_a обработанной поверхности на 20...40% и улучшение ее качества.

Выводы

Представленная линейка резцов продлевает их работоспособность с обеспечением высокого качества обработки за счет виброгашения и возможности варьирования жесткости инструмента.

Предлагаемые демпфирующие резцы с варьируемой жесткостью отвечают поставленным целям и задачам. Теоретические исследования и промышленные испытания, простота конструкций и технологий изготовления новых демпфирующих резцов позволяют рекомендовать их для внедрения в производство.

Список литературы

1. Инструментальное обеспечение процессов механической обработки твердыми сплавами и композитами: монография / Е.И. Яцун, В.В. Малыхин, О.С. Зубкова, С.Г. Новиков. Курск, 2016. С.160-124.
2. Пат. 2009768 Российская Федерация, МПК⁵ B23B27/00. Резец / Рогов В.А.; заявитель и патентообладатель Российский университет дружбы народов. №5014352/08; заявл. 02.12.91; опубл. 30.03.94. 3 с.
3. Пат. 2280542 Российская Федерация, МПК⁷ B23B27/00. Резец / Васин Л.А., Бородкин Н.Н.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО Тульский государственный университет (ТулГУ). 25.04.2005; опубл. 27.07.2006. 4 с.
4. Пат. 2287405 Российская Федерация, МПК B23B27/10. Резец / Полежайкин Г.М., Лadoшкин Н.А., Фомин А.Г., Полежайкин И.Г., Ефаньева Т.Г.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева. №2005 124 690/02; заявл. 02.08.2005; опубл. 20.11.2006. 3 с.

5. Пат. 2107588 Российская Федерация, МПК В23В27/16. Резец / Войтенко В.Г., Татаркин Е.Ю., Ситников А.А.; заявитель и патентообладатель Алтайский государственный университет. №96123454/02; заявл. 15.12.96; опубл. 27.03.98. 3 с.

6. Пат. 2 457 078 Российская Федерация, МПК⁵¹ В23В27/00. Универсальный демпфирующий резец/ Новиков С.Г., Малыхин В.В., Яцун Е.И.[и др.]; патентообладатель ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет». № 2010 145193/02; заявл. 03.11.2010; опубл.27.07.2012, Бюл. № 21.

7. Пат. 2 596 546 Российская Федерация, МПК⁵¹ В23В27/00. Демпфирующий резец/ Новиков С.Г., Малыхин В.В., Яцун Е.И. [и др.]; патентообладатель ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет». № 2015114 463/02; заявл. 20.04.2015; опубл. 10.09.2016, Бюл. № 25.

8. Пат. 2 457 077 Российская Федерация, МПК⁵¹ В23В27/00. Демпфирующий резец/ Новиков С.Г., Малыхин В.В., Яцун Е.И. [и др.]; патентообладатель ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет». № 2011 106 621/02; заявл. 22.02.2011; опубл. 27.07.2012, Бюл. № 21.

9. Пат. 2582403 Российская Федерация, МПК⁵¹ В23В27/00. Демпфирующий резец/ Новиков С.Г., Малыхин В.В., Яцун Е.И. [и др.]; патентообладатель ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет». № 2015 103203/02; заявл. 03.02.2015; опубл. 27.04.2016, Бюл. № 12.

10. 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.

11. Пат. 2 535196 Российская Федерация, МПК⁵¹ В23В27/00. Демпфирующий резец с управляемой жесткостью / С.Г. Новиков, В.В. Малыхин, Е.И. Яцун [и др.]; патентообладатель ФБОУ ВПО «Юго-западный государственный университет». №2013113649/02; заявл. 26.03.2013; опубл. 10.12.2014, Бюл. №34.

12. Пат. 2 479385 Российская Федерация, МПК⁵¹ 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». №2011141683/02; заявл. 13.10.2011; опубл. 20.04.2013. Бюл. №11.

13. 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.

14. Пат. 2 511 193 Российская Федерация, МПК⁵¹ 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». № 2012144043/02; заявл. 16.10.2012; опубл. 10.04.2014, Бюл. №10.

15. Пат. 2 621 939 Российская Федерация, МПК⁵¹ 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». № 2015116208/02; заявл. 28.04.2015; опубл. 08.06.2017, Бюл. №16.

References

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

2. Rogov V.A. *Rezets* [Cutter]: Patent RF, no. 2009768, 1994.

3. Vasin L.A., Borodkin N.N. *Rezets* [Cutter]: Patent 2280542 RF, MPK7 V23V27/00/ applicant patent holder GOU VPO Tula State University (TulSU), 25.04.2005; publ. 07.27.2006 (In Russ.).

4. Polezhaikin G.M., Ladoshkin N.A., Fomin A.G., Polezhaikin I.G., Efanyeva T.G. *Rezets* [Cutter]: Patent 2287405 RF, MPK V23V27/10/ applicant patent holder GOU VPO Mordovian State University named after N.P. Ogareva, 11.20.2006 (In Russ.).

5. Voitenko V.G., Tatarkin E.Yu., Sitnikov A.A. *Rezets* [Cutter]: Patent 2107588 RF, MPK V23V27/16/ applicant patent holder Altai State University, 03.27.1998. (In Russ.).

6. Novikov S.G., Malykhin V.V., Yatsun E.I. [et al.] *Universal'nyi dempfiruyushchii rezets* [Universal damping tool]: Patent 2 457 078 RF, IPC51 V23V27 / 00 / applicant patent holder FSBEI HPE Southwest State University, 27.07.2012 (In Russ.).

7. Novikov S.G., Malykhin V.V., Yatsun E.I. [et al.] *Dempfiruyushchii rezets* [Damping tool]: Patent 2 596 546 RF, IPC51 V23V27 / 00, / applicant patent holder of FSBEI HPE Southwest State University, 10.09.2016 (In Russ.).

8. Novikov S.G., Malykhin V.V., Yatsun E.I. [et al.] *Dempfiruyushchii rezets* [Damping tool]: Patent 2 457 077 RF, IPC51 V23V27 / 00, applicant patent holder of FSBEI HPE Southwest State University. 27.07.2012 (In Russ.).

9. Novikov S.G., Malykhin V.V., Yatsun E.I. [et al.] Dempfiruyushchii rezets [Damping tool]: Patent 2582403 RF, IPC51 V23V27 / 00, applicant patent holder of FSBEI HPE Southwest State University. 04.27.2016 (In Russ.).

10. 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 system "Machine - tool - part"]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki = Bulletin of Tula State University. Technical Science*, 2017, vol. 8, pt. 2. pp. 22-31 (In Russ.).

11. Novikov S.G., Malykhin V.V., Yatsun E.I. [and others] Dempfiruyushchii rezets s upravlyaemoi zhestkost'yu [Damping tool with controlled stiffness] Patent 2 535196 RF, IPC51 V23V27 / 00, applicant patent holder of FSBEI HPE Southwest State University. 12.10.2014 (In Russ.).

12. Novikov S.G., Malykhin V.V., Yatsun E.I. [and others] Dempfiruyushchii rezets s reguliruemoi zhestkost'yu [Damping cutter with adjustable stiffness] Patent 2 479385 RF, IPC51 V23V27 / 00, / applicant patent holder of FSBEI HPE Southwest State University. 13.10.2011 (In Russ.).

13. Yatsun E.I., Malykhin V.V., Novikov S.G. Razrabotka i issledovanie konstruktssii dempfiruyushchikh reztsov [Development and research of structures of damping incisors]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki = Bulletin of Tula State University. Technical Science*, 2016, vol. 8, pt. 1, pp.287-296 (In Russ.).

14. Novikov S.G., Malykhin V.V., Yatsun E.I. [and others] Universal'nyi dempfiruyushchii rezets s reguliruemoi zhestkost'yu [Universal damping cutter with adjustable stiffness] Patent 2 511 193 RF, MPK51 V23V27 / 00, applicant patent holder of FSBEI HPE Southwest State University. 10.04.2014 (In Russ.).

15. Universal'nyi dempfiruyushchii rezets s upravlyaemoi zhestkost'yu: pat. 2621939, Ros. Federatsiya: IPC51 V23V27/00 / S.G. Novikov, V.V. Malykhin, E.I. Yatsun [et al.]; zayavitel' patentoobladatel' GOU VPO Yugo-Zapadnyi gosudarstvennyi universitet (SWSU) [Universal damping tool with controlled stiffness]: Pat. 2621939 ROS. Federation: IPC51 V23V27/00 S.G. Novikov, V.V. Malykhin, E.I. Yatsun [et al.]; applicant patent holder FSBEI HPE Southwest State University (SWSU). June 8, 2017; publ. 04/28/2015.

Информация об авторах / Information about the Authors

Малыхин Виталий Викторович, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «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

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

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

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

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