

**Для цитирования:** Ахмедова М.Р., Гусейнов Р.В. Высокопроизводительные метчики для нарезания резьб в труднообрабатываемых материалах. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2016;43 (4):8-16. DOI:10.21822/2073-6185-2016-43-4-8-16

**For citation:** Akhmedova M.R., Guseinov R.V. High performance taps for cutting threads in difficult to machine materials. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2016;43(4):8-16. (In Russ.) DOI:10.21822/2073-6185-2016-43-4-8-16

## ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ МЕХАНИКА

УДК 621.993

DOI: 10.21822/2073-6185-2016-43-4-8-16

### ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ МЕТЧИКИ ДЛЯ НАРЕЗАНИЯ РЕЗЬБ В ТРУДНООБРАБАТЫВАЕМЫХ МАТЕРИАЛАХ

**Ахмедова М.Р.<sup>1</sup>, Гусейнов Р.В.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Кубанский государственный университет,

<sup>1</sup>350040 г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, Россия,

<sup>2</sup>Филиал Дагестанского государственного технического университет в г. Каспийске,  
<sup>2</sup>367015, г. Каспийск, ул. Алферова 3, Россия,

<sup>1</sup>e-mail- mili-g1@mail.ru, <sup>2</sup>e-mail:ragus05@mail.ru

**Резюме:** **Цель.** В статье рассматриваются вопросы инструментального обеспечения операций нарезания внутренних резьб в деталях из труднообрабатываемых материалов. Указано на существующую связь между амплитудой вибраций системы и стойкостью инструмента. На этой основе определено направление улучшения показателей стойкости инструмента за счет повышения его виброустойчивости. На основе критического анализа существующих конструкций с учетом их недостатков поставлена задача разработки новых технологичных конструкций метчиков, обеспечивающих устойчивую работу при обработке труднообрабатываемых материалов. **Метод.** Одним из основных способов повышения виброустойчивости инструмента является уменьшение площади контакта инструмента с заготовкой в зоне резания. Для повышения виброустойчивости метчиков предложены методы повышения виброустойчивости за счет корригирования зубьев метчика с целью полного исключения трения боковых сторон зуба о поверхности нарезаемой резьбы и неравномерного выполнения шага стружечных канавок. **Результат.** Идея повышения виброустойчивости, следовательно, точности нарезаемой резьбы и стойкости за счет уменьшения площади контакта зубьев с заготовкой в зоне резания реализована в разработанных новых конструкциях виброустойчивых метчиков, признанных изобретениями. В корригированных метчиках повышение виброустойчивости достигнуто путем высотной коррекции за счет занижения боковых сторон зубьев заборного конуса метчика дополнительным углом 30°. В другой конструкции перья выполнены с неравномерным угловым шагом. Приведены результаты испытаний разработанных метчиков при обработке коррозионно-стойкой стали 1X18H9T. Получено многократное повышение стойкости инструмента за счет их высокой виброустойчивости. **Вывод.** Разработанные метчики обладают рядом достоинств, характеризующихся высокой стойкостью при обработке труднообрабатываемых материалов, но, несмотря на незначительное повышение трудоемкости их изготовления по сравнению со стандартными метчиками, могут быть рекомендованы для широкого внедрения в производство.

**Ключевые слова:** обработка внутренних резьб; метчики; виброустойчивость инструмента; корригирование профиля резьбы

PHYSICAL-MATEMATICAL SCIENCE  
MECHANICS

HIGH PERFORMANCE TAPS FOR CUTTING THREADS IN DIFFICULT TO MACHINE MATERIALS

*Milena R. Akhmedova*<sup>1</sup>, *Rasul V. Guseynov*<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kuban State University,

<sup>1</sup>149 Stavropolskaya Str., Krasnodar 35004, Russia,

<sup>2</sup>Branch of Dagestan State Technical University in Kaspiysk,

<sup>3</sup>Alferov Str., Kaspiysk 367015, Russia,

<sup>1</sup>e-mail [mili-gl@mail.ru](mailto:mili-gl@mail.ru), <sup>2</sup>e-mail: [ragus05@mail.ru](mailto:ragus05@mail.ru)

**Abstract: Objectives.** This article explores in detail questions of instrument operation function of tapping internal threads in hard materials. The existing relationship between vibration system amplitude and tool durability is indicated; on this basis, it is determined that the best course for improving the durability performance is increasing vibratory resistance. Based on a critical analysis of existing designs with consideration of their flaws, the development of new technological designs of taps is tasked with ensuring stable operation when handling hard materials. **Methods.** It is noteworthy that one of the main vibration resistance improvement methods of the tool is to reduce the contact area of the tool with the work piece in the cutting zone. Methods are proposed for improving the vibration resistance of taps, considering the correlation adjustment of tap teeth in order to completely eliminate friction at the sides of the thread cutting surface and uneven implementation flute cutting steps. **Results.** The idea of increasing vibration resistance has seen the new development of vibration-proof tap designs, heralded as innovations due to the accuracy of thread cutting and durability achieved by reducing the thread contact area with the work piece in the cutting zone. Increased vibration resistance is achieved in the modified taps through high correction by means of thread side downgrading of the coarse tap cone by an additional angle of 30°. In another design, the stylus provided with uneven angular spacing. Test results of designed taps machined in corrosion-resistant 1Kh18N9T steel. A manifold increase in tool durability was achieved due to its high vibration resistance. **Conclusions.** The redesigned taps have a number of advantages, characterised by a high resistance when processing difficult materials and an insignificant increase in the complexity of their manufacture compared with standard taps. Therefore they can be recommended for large-scale implementation in production.

**Keywords:** internal thread cutting, taps, vibratory resistance, thread correlation adjustment

**Введение.** Трудности, возникающие при обработке высокопрочных, жаропрочных и титановых сплавов, наиболее резко проявляются при нарезании резьб метчиками.

Условия работы метчиков весьма затруднены, так как в работе участвуют одновременно большое количество зубьев; контакт инструмента с деталью осуществляется не только в зоне резания, но и по нерабочим боковым поверхностям; как отдельные режущие зубья, так и весь метчик недостаточно прочны, особенно при нарезании резьб с малым диаметром и шагом; зона резания малодоступна для смазочно-охлаждающей жидкости и т.д. [1].

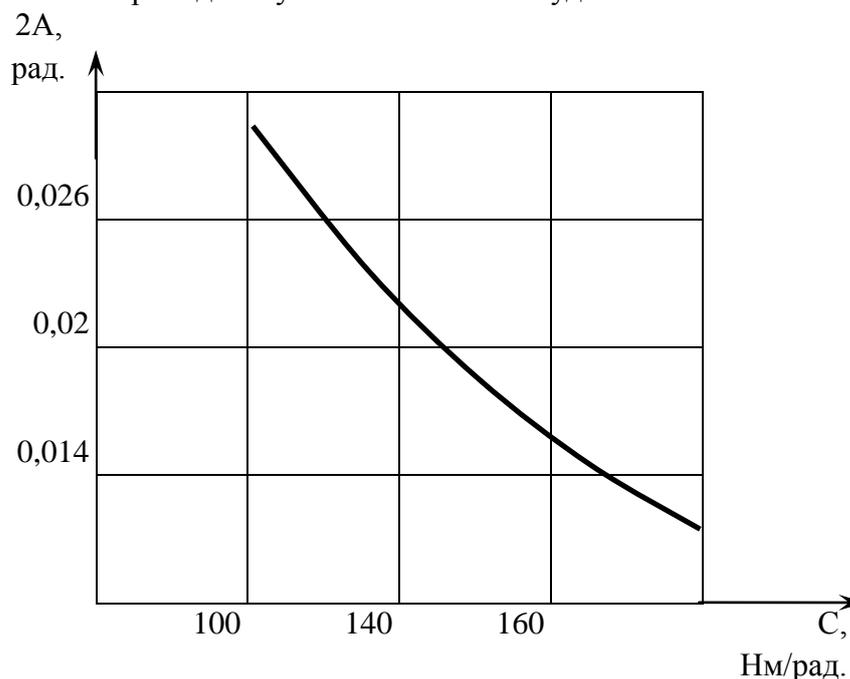
Увеличенная площадь контакта инструмента с деталью, недостаточное смазывание и охлаждение, с учетом повышенной склонности жаропрочных материалов к схватыванию, обуславливают возрастание момента и работы трения, что вызывает повышение температуры резания и интенсивный износ метчика. Кроме того, упругое последствие витков резьбы, особенно при обработке титановых сплавов, характеризующихся низким значением модуля упругости, вызывает возникновение нормальных сил, приводящих к защемлению зубь-

ев метчика во впадинах резьбы и возрастанию суммарного крутящего момента. В результате при нарезании резьбы метчиками в жаропрочных и титановых сплавах наблюдаются сколы и выкрашивание отдельных зубьев, ухудшение качества обработки и поломка метчиков.

**Постановка задачи.** Повышение качества механической обработки и производительности труда можно достичь разными путями, в частности, за счет оптимального выбора режимов резания, улучшения конструкции режущего инструмента. В настоящее время сформировался целый ряд комбинированных инструментов, позволяющих совместить резьбовую операцию с другими видами обработки (зенкерование и нарезание резьбы, сверление и нарезание резьбы, развертывание и нарезание резьбы и др.) [2-7].

Применение комбинированных инструментов обеспечивает повышение производительности обработки, а также себестоимости обработки на данной операции. Кроме того, при их использовании уменьшается количество вспомогательного инструмента, высвобождаются рабочие позиции и места в инструментальных магазинах при обработке на современном оборудовании. Благодаря этим преимуществам следовало бы их рекомендовать для широкого использования в машиностроении. Однако проведенные исследования показали, что применение комбинированного осевого инструмента, особенно малого диаметра, неэффективно при обработке труднообрабатываемых материалов [8]. Дело в том, что такой инструмент из-за увеличенной длины характеризуется малой жесткостью, следовательно, малой виброустойчивостью.

На рис. 1 показана зависимость амплитуды колебаний от жесткости метчика при нарезании внутренней резьбы М10 в коррозионно-стойкой высокопрочной стали аустенитного класса, легированной азотом 08Х20Р5АГ12МФ, применяемой для изготовления деталей судостроения ( $V=3$  м/мин) [9]. Анализ этой зависимости показывает, что уменьшение жесткости метчика на 39 % приводит к увеличению амплитуды колебаний почти в 2 раза.



**Рис.1. Зависимость амплитуды колебаний от жесткости метчика**

**Fig.1. The dependence of amplitude on stiffness of the tap**

Учитывая однозначную связь между амплитудой вибраций инструмента и стойкостью, повышение стойкости метчиков можно достичь за счет повышения их виброустойчивости.

**Методы исследования.** Идея повышения виброустойчивости метчика, следовательно, точности нарезаемой резьбы и стойкости инструмента, за счет уменьшения площади контакта зубьев с заготовкой в зоне резания научно обоснована нашими исследованиями, а также исследованиями других авторов [10-16]. Как показали проведенные исследования, для

большого класса закаленных сталей, жаропрочных и титановых сплавов это трение существенно. Поэтому потребовалось создание методов коррекции зубьев метчика с целью полного исключения трения боковых сторон зуба о поверхности нарезаемой резьбы. Хорошие результаты показывают корригированные метчики, характеризующиеся тем, что у них угол профиля меньше угла профиля нарезаемой резьбы.

В результате между обрабатываемым материалом и боковыми поверхностями режущих зубьев возникают зазоры, что уменьшает момент трения, устраняет защемление зубьев метчика во впадинах резьбы и способствует лучшему проникновению смазочно-охлаждающей жидкости в зону резания [17].

Получение заданного профиля резьбы достигается в результате обратной конусности по среднему диаметру метчика. Угол обратного конуса обычно рассчитывают по формуле:

$$\operatorname{tg}\eta = \operatorname{tg}\varphi \left( \operatorname{tg} \frac{\alpha_0}{2} \operatorname{ctg} \frac{\varepsilon}{2} - 1 \right), \quad (1)$$

где,  $\delta$  – угол обратного конуса;  $\varphi$  – угол заборного конуса;  $\alpha_0$  – угол профиля резьбы;  $\varepsilon$  – угол профиля метчика. Для метрической резьбы  $\alpha_0 = 60^\circ$ .

При нарезании метрической резьбы угол профиля метчика  $\varepsilon$  примерно на 4 - 5 градусов меньше профиля нарезаемой резьбы. Такой профиль получается путем его шлифовки с обратной конусностью  $\eta$  под углом к оси метчика. Резьбу шлифуют с обратным конусом при повороте стола резьбошлифовального станка или смещении заднего центра; круг при этом заправляют под углом  $\eta$ .

Необходимо указать на существенные недостатки корригированных метчиков данной конструкции. Во-первых, на профиле резьбы, нарезанной таким метчиком, остаются несрезанные гребешки высотой

$$h = \frac{P}{Z} \sin \varphi, \quad (2)$$

где,  $P$  – шаг резьбы;  $Z$  – число перьев.

Такие метчики нельзя использовать для обработки точных резьб.

Во-вторых, корригированные метчики данной конструкции нельзя применять для глухих отверстий, так как при больших значениях образующиеся на поверхностях обработки ступеньки по размерам превышают значения высоты неровностей для заданного класса шероховатости профиля резьбы.

В-третьих, в виду малости угла  $\frac{\varepsilon}{2}$  боковой коррекции имеется трение участков, прилегающих к режущей части зуба. Как показали исследования, для жаропрочных и нержавеющей сталей, титановых сплавов это трение существенно.

В-четвертых, переточки метчика сопровождаются уменьшением среднего диаметра нарезаемой резьбы, ухудшая точность обработки.

Величина уменьшения среднего диаметра резьбы  $\Delta d_2$

$$\Delta d_2 = 2000 a \operatorname{tg} \alpha \frac{\cos \varphi}{\sin \alpha_0} \frac{\sin A}{\cos B}, \text{ мкм} \quad (3)$$

где  $a$  – толщина слоя, снимаемого при переточке метчика по передней поверхности, в мм.

$$A = \frac{\varepsilon}{2}; \quad B = \frac{\varepsilon}{2} + \varphi.$$

Величина  $a$  определяется износом по задней поверхности и по углам режущих зубьев метчика.

**Обсуждение результатов.** При нарезании резьб в труднообрабатываемых материалах повышенной прочности величина износа по задней поверхности высока и эффективность таких метчиков низка, особенно при обработке отверстий высокой точности.

Поэтому потребовалось создание новых методов коррекции зубьев метчика с целью полного исключения трения боковых сторон зуба о поверхности нарезаемой резьбы [18, 19].

В конструкции автора [18], признанной изобретением, это достигалось совершенно новым методом высотной коррекции за счет занижения боковых сторон зубьев заборного конуса метчика дополнительным углом  $30^\circ$  с сохранением внутреннего диаметра метчика.

Ширина первой впадины определяется по формуле (4)

$$a_1 = C [(0,5 (d - d_0) / \tan \varphi - L + P) \sin \varphi \sin (0,5 \alpha_0), \quad (4)$$

где,  $C = 1 / [2 \cos (\frac{\alpha_0}{2} + \varphi)] + 1 / [2 \cos (\frac{\alpha_0}{2} - \varphi)]$

Каждая последующая впадина больше предыдущей, на величину S

$$S = C \frac{P}{4} \sin \varphi \sin \frac{\alpha_0}{2}, \quad (5)$$

где L – длина заборного конуса;  $d_0$  – внутренний геометрический диаметр резьбы метчика.

Так как трение этих частей об обрабатываемый материал вследствие деформации поперечного сечения велико, их удаление значительно уменьшает момент трения. В результате этого устраняется защемление зубьев метчика во впадинах резьбы, и обеспечиваются условия для лучшего проникновения смазочно-охлаждающей жидкости в зону резания. При таком задании размеров впадин обеспечивается удаление трущихся участков зубьев.

При резбонарезании за счет последовательного увеличения впадин зубьев заборной части, а, следовательно, и уменьшения толщины соответствующих зубьев, неработающие поверхности зубьев сошлифованы, трение этих частей об обработанные поверхности витков резьбы отсутствуют, улучшается проникновение смазочно-охлаждающей жидкости в зону резания, и нагрузка равномерно распределяется между зубьями. Все это приводит к уменьшению сил резания, трения и момента резбонарезания, деформации поперечного сечения, к сглаживанию характеристики силы за счет уменьшения суммарной площади контакта метчика с деталью в зоне резания, следовательно, к уменьшению амплитуды крутильных автоколебаний метчика. Кроме того, увеличивается объем впадин зубьев метчика, что увеличивает коэффициент вмещаемости стружки, и не происходит забивания метчика стружкой.

Уменьшение трения по боковым поверхностям зубьев предлагаемых метчиков и более высокая эффективность смазочно-охлаждающих жидкостей обуславливают заметное снижение температуры резания [19]. Снижение крутящего момента и температуры резания при работе такими метчиками повышает их стойкость более в 6 раз (рис. 2). Метчики до износа по задней поверхности зубьев 0,3 мм обеспечивают точность в пределах не ниже 4Н.

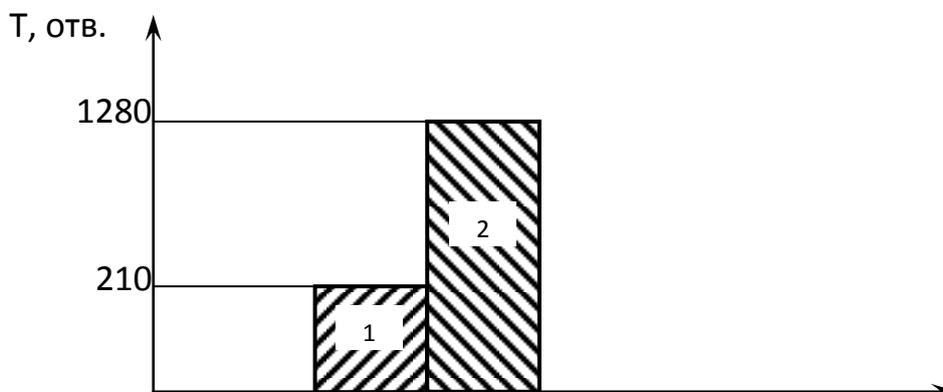


Рис. 2 Стойкость различных конструкций метчиков

Fig. 2 Resistance of various designs of taps

(1X18H9T, M10,  $\varphi_3 = 3^\circ$ ,  $\gamma = 7^\circ$ ,  $\alpha = 9^\circ$ ,  $z = 3$ ,  $h_3 = 0,25$  мм, P6M5)

1 – стандартный метчик, 2 – разработанный метчик

Конструкция такого метчика не очень технологична в изготовлении, поскольку требует большого набора шлифовальных кругов, количество которых равно количеству зубьев заборного конуса плюс один калибрующий зуб, отличающихся друг от друга толщиной, соизмеримой с точностью правки шлифовального круга и точностью базирования инструмента. Поэтому требовалось создание новой конструкции метчика, лишенной указанных недостатков.

Нами разработан метчик, обладающий всеми преимуществами предыдущего, но характеризующийся большей технологичностью [20]. Отличительной особенностью его конструкции является то, что боковой профиль зубьев заборной части и первого витка калибрующей части занижен, а их внутренние диаметры расположены на конусе, обратном конусу заборной части. При этом на рабочей части выполнена направляющая часть, а боковой профиль зубьев заборной части и первого витка калибрующей части занижен с обеих сторон. При нарезании резьб средних и больших диаметров в труднообрабатываемых сталях и сплавах, титановых сплавах хорошие результаты показывают метчики [21], у которых помимо того, что неработающие участки зубьев удалены, но и отмечается разная толщина стружки, снимаемой перьями.

На рисунке 3 показано поперечное сечение предлагаемого метчика с тремя перьями. Метчик содержит три стружечные канавки I, II, III, соответственно три пера  $I_n$ ,  $II_n$ ,  $III_n$ . У стандартного метчика задний угол получают затылованием задней поверхности по архимедовой спирали АЕ. Величина затылования  $EL$  определяется по известной формуле:

$$EL = \operatorname{tg} \alpha, \quad (6)$$

где,  $d$  - диаметр метчика,  $\alpha$  - величина заднего угла заточки,  $z$  - число перьев.

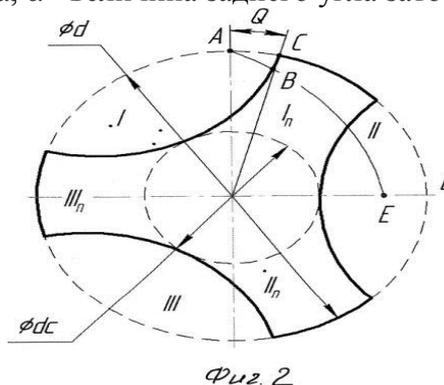


Рис. 3. Поперечное сечение предлагаемого метчика с тремя перьями

Fig. 3. The cross section of the proposed tap with three flutes

Одна стружечная канавка, в нашем случае I, выполнена с угловым сдвигом  $\theta$  по часовой стрелке с сохранением диаметра сердцевин  $d_c$ . В таком случае объем стружечных канавок не меняется, ширина пера  $III_n$  увеличивается. Затылование зубьев по задней поверхности предлагаемого метчика производится как у обычного стандартного метчика.

Выполнение стружечной канавки I с угловым сдвигом  $\theta$  по часовой стрелке приводит к смещению режущей кромки из точки A в точку C, что приводит к уменьшению толщины среза зубьями первого пера I на величину BC.

$$BC = \theta \operatorname{tg} \alpha. \quad (7)$$

Толщина среза зубьями третьего пера  $a_{III_n}$  метчика определяется по известной формуле:

$$a_{III_n} = \operatorname{tg} \varphi, \quad (8)$$

где,  $P$  - шаг резьбы,  $z$  - число перьев, соответственно, стружечных канавок,  $\varphi$  угол заборного конуса метчика.

Толщина срезаемого слоя зубьями первого пера  $a_{I_n}$  будет меньше на величину BC, чем  $a_{III_n}$ , т.е.

$$a_{I_n} = a_{III_n} - \theta \operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \varphi - \theta \operatorname{tg} \alpha. \quad (9)$$

Толщина срезаемого слоя зубьями второго пера  $a_{II_n}$ , соответственно, будет на величину BC больше, чем  $a_{III_n}$ , т.е.

$$a_{II_n} = \operatorname{tg} \varphi + \theta \operatorname{tg} \alpha. \quad (10)$$

Данный метчик работает следующим образом. В процессе резания зубья разных перьев работают с разными толщинами среза. Из-за неоднородности обрабатываемого материала, наличия в нем твердых и мягких включений, различной толщины среза разными зубьями в процессе обработки резьбы метчик будет совершать вынужденные крутильные колебания. Так как сила трения уменьшается с увеличением скорости, эти колебания будут способствовать уменьшению трения в зоне резания, облегчается подача в нее смазочно-охлаждающей жидкости, облегчается формирование и удаление стружки (образуется элементная стружка), устраняется налипание ее на режущие кромки.

Все это значительно снижает момент трения и, соответственно, величину крутящего момента. В результате улучшается качество обработанных поверхностей, повышается стойкость инструмента. Кроме того, образование элементной стружки дает возможность несколько уменьшить объем стружечных канавок за счет увеличения величины диаметра сердцевины  $d_c$ . Это повысит жесткость инструмента и, соответственно, стойкость инструмента, и качество резьбы.

**Вывод.** Проведены исследования работоспособности метчиков, в конструкцию которых заложена идея повышения виброустойчивости, следовательно, точности обработки и стойкости инструмента за счет уменьшения площади контакта зубьев с заготовкой в зоне резания. Предложенная идея может быть реализована для улучшения конструкций других металлорежущих инструментов.

Разработанные метчики обладают рядом достоинств, отличающихся более высокой стойкостью при обработке труднообрабатываемых материалов. Несмотря на незначительное повышение трудоемкости их изготовления по сравнению со стандартными метчиками, могут быть рекомендованы для широкого внедрения в производство.

#### **Библиографический список:**

1. Woods S. Insider trading: evaluating internal threading methods// Cutting Tool Engineering. Northfield, IL. 2014.
2. Emuge. Thread Cutting Technology. Clamping Technology. Toll Catalogue140. EMUGE – Werk Richard Glimpel GmbH & Co. KG Fabrik für Präzisionswerkzeuge, 2010. 760 p.
3. Voelkener W. Einfache Berechnung der maximalen Uniformkraft beim ge-leiteten Anstanchen. Fertigungstechen und Betr. 1971, 21, № 5 . S. 308-309.
4. Pat. DE 3627798 A1 DBR, Int.Cl.4 B23G 5/20. Verfahren und Werkzeug zur Herstellung von Gewindebohrungen / Rolf Klenk GmbH & Co Kg (DBR).
5. Pat. 5413438 USA, Int.Cl.6 B23C 3/00; B23G 5/20. Combined hole making and threading tool / M.C.Turchan (USA).
6. Pat. 456408 Sweden, Int.Cl.4 B23G 5/20. Borr och gangverk tyg / B Bergstrom, H.Lindberg (Sweden); Sandvik AB (Sweden).
7. Древаль А.Е. Разработка комбинированных резьбообразующих инструментов/А.Е.Древаль, П.Д.Булахов, А.В.Литвиненко// Новые технологии, оборудование, оснастка и инструменты для механической обработки и сборки; Матер.семина «Знание» РФСР. Моск. дом науч.-техн. проп. М.,1990. - С.153-156.
8. Гусейнов Р.В. Об эффективности комбинированного инструмента при лезвийной обработке отверстий в труднообрабатываемых материалах/ Р.В.Гусейнов// Вестник машиностроения. М.: 2001.- №9. - С.54-56.
9. Гусейнов Р.В. Интенсификация технологических процессов обработки труднообрабатываемых материалов путем управления динамическими параметрами системы. /Автореферат диссертации на соискание ученой степени докт. техн.наук. Санкт-Петербург, 1998.
10. Гусейнов Р.В. Исследование процесса обработки отверстий на основе нелинейной динамики./Гусейнов Р.В., Рустамова М.Р.// Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2014.- №4.- С.77-80.

11. Гусейнов Р.В. Расчетная модель динамики нелинейных систем/ Гусейнова М.Р., Гусейнов Р.В. // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2015. - №1(36). - С.24-30.
12. Гусейнов Р.В. Нарезание точных резьб. /Вестник машиностроения.М.:2004.№10.- С.47-48.
13. Гусейнов Р.В. Инструментальное обеспечение технологии обработки резьб в жаропрочных и титановых сплавах./ Гусейнов Р.В., Рустамова М.Р.//Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2013. - №28. - С.57-62.
14. Гусейнов Р.В. Обоснование базы данных для исследования динамических процессов при резании./ Гусейнов Р.В., Рустамова М.Р.//Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2014. - №4. - С.36-44.
15. Гусейнов Р.В. Технология нарезания внутренних резьб при наличии радиальных сил/ Гусейнов Р.В., Рустамова М.Р. //Вестник машиностроения. 2009. №5. С.60-62.
16. Жарков И.Г. Вибрации при обработке лезвийным инструментом.Л.: Машиностроение.1986.-180 с.
17. Обработка резанием жаропрочных, высокопрочных и титановых сплавов. Коллектив авторов. М.: Машиностроение, 1972. - 200 с.
18. Гусейнов Р.В., Жарков И.Г. Метчик. А.С. 1222443 Б.И. №2. -1986.
19. Гусейнов Р.В. Корригированные метчики. И.: Машиностроитель. №2.-1998.
20. Гусейнов Р.В. Метчик. А.С. 2229965. Б.И. №5, 1999.
21. Гусейнов Р.В., Рустамова М.Р. Метчик. Патент 2542217. Б.И. №5. РФ.2015.

#### **References:**

1. Woods S. Insider trading: evaluating internal threading methods. Cutting Tool Engineering. Northfield, IL. 2014.
2. Emuge. Thread Cutting Technology. Clamping Technology. Toll Catalogue140. EMUGE – Werk Richard Glimpel GmbH & Co. KG Fabrik für Przisionswerkzeuge. 2010. 760 p.
3. Voelkener W. Einfache Berechnung der maximalen Uniformkraft beim geleiteten Anstanchen. Fertigungstechnik und Betr. 1971;21(5):308-309.
4. Pat. DE 3627798 A1 DBR, Int.Cl.4 B23G 5/20. Verfahren und Werkzeug zur Herstellung von Gewindebohrungen. Rolf Klenk GmbH & Co Kg (DBR).
5. Turchan M.C. Combined hole making and threading tool. Pat. 5413438 USA, Int.Cl.6 B23C 3/00; B23G 5/20. (USA).
6. Bergstrom B., Lindberg H., Sandvik A.B.(Sweden). Borr och gangverk tyg. Pat. 456408 Sweden, Int.Cl.4 B23G 5/20. (Sweden);
7. Dreval A.E., Bulakhov P.D., Litvinenko A.V. Razrabotka kombinirovannykh rezboobrazuyushchikh instrumentov. Novyye tekhnologii, oborudovanie, osnastka i instrumenty dlya mekhanicheskoy obrabotki i sborki; Mater. semin. "Znanie" RSFSR. Mosk. dom nauch.-tekhn. prop. M.; 1990. 153-156. [Dreval A.E., Bulakhov P.D., Litvinenko A.V. Development of combined threading tools. New technologies, equipment, tools and instruments for machining and assembly. Proceedings of the seminar of "Knowledge" of the RSFSR. Moscow House of Scientific and Technical Propaganda. Moscow; 1990. 153-156. (In Russ.)]
8. Guseynov R.V. Ob effektivnosti kombinirovannogo instrumenta pri lezviynoy obrabotke otverstiy v trudnoobrabatyvaemykh materialakh. Vestnik mashinostroyeniya. M.; 2001;9:54-56. [Guseynov R.V. On the efficiency of the combined tool in the case of holes' edge cutting machining in the difficult-to-machine material. Russian Engineering Research. Moscow; 2001;9:54-56. (In Russ.)]
9. Guseynov R.V. Intensifikatsiya tekhnologicheskikh protsessov obrabotki trudnoobrabatyvaemykh materialov putem upravleniya dinamicheskimi parametrami sistemy. Avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoy stepeni dokt. tekhn. nauk. Sankt-Peterburg; 1998. [Guseynov R.V. Intensification of technological processing of the hardly processed materials by the manage-

ment of system's dynamic parameters. Published summary of PhD thesis. St. Petersburg; 1998. (In Russ.)]

10. Guseynov R.V., Rustamova M.R. Issledovanie protsessa obrabotki otverstiy na osnove nelineynoy dinamiki. Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. 2014;4:77-80. [Guseynov R.V., Rustamova M.R. Research of hole making process on the basis of nonlinear dynamics. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2014;4:77-80. (In Russ.)]

11. Guseynov R.V., Guseynov R.V. Raschetnaya model dinamiki nelineynykh system. Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. 2015;1(36):24-30. [Guseynov R.V., Guseynov R.V. Design model of nonlinear dynamics. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2015;1(36):24-30. (In Russ.)]

12. Guseynov R.V. Narezanie tochnykh rezb. Vestnik mashinostroeniya. M.; 2004;10:47-48. [Guseynov R.V. Cutting of exact screw threads. Russian Engineering Research. Moscow; 2004;10:47-48 (In Russ.)]

13. Guseynov R.V., Rustamova M.R. Instrumentalnoye obespechenie tekhnologii obrabotki rezb v zharoprochnykh i titanovykh splavakh. Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. 2013;28:57-62. [Instrumental support of screw threads' processing technology in heatproof and titanium alloys. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2013;28:57-62. (In Russ.)]

14. Guseynov R.V., Rustamova M.R. Obosnovanie bazy dannykh dlya issledovaniya dinamicheskikh protsessov pri rezanii. Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. 2014;4:36-44. [Guseynov R.V., Rustamova M.R. Database substantiation for the research of dynamic processes at cutting. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2014;4:36-44. (In Russ.)]

15. Guseynov R.V., Rustamova M.R. Tekhnologiya narezaniya vnutrennikh rezb pri naliichii radialnykh sil. Vestnik mashinostroyeniya. 2009;5:60-62. [Guseynov R.V., Rustamova M.R. Technology of internal screw thread cutting in the presence of radial forces. Russian Engineering Research. 2009;5:60-62. (In Russ.)].

16. Zharkov I.G. Vibratsii pri obrabotke lezviynym instrumentom. L.: Mashinostroyenie; 1986. 180 s. [Zharkov I.G. Vibrations while processing by edge tool. Leningrad: Mashinostroyenie; 1986. 180 p. (In Russ.)]

17. Obrabotka rezaniem zharoprochnykh, vysokoprochnykh i titanovykh splavov. Kollektiv avtorov. M.: Mashinostroyenie; 1972. 200 s. [Cutting of heat proof, high-strength and titan alloys. Group of authors. Moscow: Mashinostroyenie; 1972. 200 p. (In Russ.)]

18. Guseynov R.V., Zharkov I.G. Metchik. A.S. 1222443 B.I. №2, 1986.

19. Guseynov R.V. Korrigirovannyye metchiki. I.: Mashinostroitel; 1998:2. [Guseynov R.V. Corrected screw cutting tools. I.: Mashinostroitel; 1998:2. (In Russ.)]

20. Guseynov R.V. Metchik. A.S. 2229965. B.I. №5, 1999.

21. Guseynov R.V., Rustamova M.R. Metchik. Patent 2542217. B.I. №5.RF.2015.

#### **Сведения об авторах.**

**Ахмедова Милена Расуловна** – старший преподаватель.

**Гусейнов Расул Вагидович** – доктор технических наук, профессор кафедры технических комплексов и САПР.

#### **Information about the authors.**

**Milena R. Akhmedova** – Senior lecturer.

**Rasul V. Guseynov** – Dr. Sc. (Technical), Prof., Department of technical systems and CAD.

#### **Конфликт интересов.**

#### **Conflict of interest.**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. The authors declare no conflict of interest.

**Поступила в редакцию 07.09.2016.**

**Received 07.09.2016.**

**Принята в печать 19.11.2016.**

**Accepted for publication 19.11.2016.**