

УДК 621.96

DOI 10.18698/0536-1044-2017-1-79-85

Апробирование и внедрение процесса нарезания канавки на детали «Вкладыш» вихревым методом

У.М. Надиров

Азербайджанский технический университет, AZ 1073, Баку, Азербайджан, пр. Г. Джавида, д. 25

Testing and Implementing the Process of Groove Cutting on the Part «Insert» Using Vortex Method

U.M. Nadirov

Azerbaijan Technical University, AZ 1073, Azerbaijan, Baku, H. Javid Ave., Bldg. 25



e-mail: n_ugurlu@mail.ru

i Приведены результаты разработки и внедрения нового вихревого метода обработки профильных уплотнительных кольцевых канавок, предусмотренных на конических и цилиндрических боковых поверхностях вращения деталей. Создана и изготовлена технологическая оснастка для реализации вихревого метода. Разработана технология наладки технологической системы. Модернизированы координатно-расточной станок 2E440A и вертикально-фрезерный станок с ЧПУ модели ГФ217ТС5, с помощью которых обработаны канавки более чем на 5 680 и 1 600 заготовках соответственно. Проведены эксперименты для трех типоразмеров канавок, нарезанных на боковых поверхностях вращения деталей «Вкладыш SK 003» на Машиностроительном заводе им. Б. Сардарова, «Вкладыш 4KM 002» и «Вкладыш 3PK 004» на Сабунчинском научно-производственном объединении с применением связанных с ними трех типов режущих инструментов. Исследована точность размеров нарезанных канавок и их расположения на боковых поверхностях вращения, а также шероховатость их поверхности. Выявлено, что канавки на всех деталях соответствуют требованиям, указанным на чертеже. Применение вихревого нарезания канавок вместо их обработки по контуру концевыми фрезами уменьшает машинное время более чем в 8 раз. Замена одноинструментного вихревого нарезания на двухинструментную обработку снижает машинное время более чем в 1,5 раза.

Ключевые слова: кольцевые канавки, шероховатость поверхности, круговая подача, наладка технологической системы, точность обработанных канавок, режущий инструмент.

i The article presents the results of work on the development and introduction of a new vortex method of machining profiled seal circular grooves on conical and cylindrical lateral rotational surfaces. Tooling was designed and manufactured to implement this method. A method of adjusting the technological system was developed. The jig boring machine 2E440A and the CNC vertical milling machine GF217TS5 were upgraded, and grooves on more than 5680 and 1600 parts were machined, respectively. Experiments on three sizes of grooves were carried out. The grooves were cut on lateral rotational surfaces of the part «Insert SK 003» at Sardarov Machine Building Plant, and on the parts «Insert 4KM 002» and «Insert 3RK 004» at Sabunchinskiy Research and Manufacturing Association. Three types of respective tools were also tested. The author investigated the accuracy of the cut

grooves, their position on lateral rotational surfaces and the surface roughness. It was established that the grooves on all the parts met drawing specifications. The application of the vortex method for groove cutting instead of contour machining by end mills allowed reducing the machining time more than 8-fold. The replacement of the single-tool vortex cutting by the double-tool cutting reduces machining time more than 1.5 times.

Keywords: groove, roughness, feed, adjustment, accuracy, tools.

Одной из современных тенденций развития техники и технологии является управление качеством в процессе изготовления изделий с обеспечением высокой эффективности технологических операций. Опыт машиностроительного производства показывает, что существенное повышение качества и эффективности обработки любой поверхности достигается применением более прогрессивных методов обработки и схем резания [1–6].

На конических поверхностях деталей «Вкладыш SK 003» цилиндрического крана типа SK 50×70, разработанного Азербайджанским институтом нефтяного машиностроения, «Вкладыш 4KM 002» и «Вкладыш ЗРК 004» (рис. 1), созданных Сабунчинским научно-производственным объединением (СНПО), предусмотрены кольцевые канавки для уплотнительных колец сложного профиля с осью симметрии, перпендикулярной конической поверхности. Несмотря на низкую технологичность конструкции канавок, они оправдывают себя при эксплуатации, что предполагает создание про-

грессивной технологии их обработки, применение которой позволило бы повысить производительность и эффективность их изготовления.

В связи с этим разработан новый вихревой метод обработки профильных уплотнительных кольцевых канавок, предусмотренных на конических и цилиндрических боковых поверхностях [7–9]. Изучен ряд теоретических и практических вопросов нового метода обработки, исследованы конструктивно-технологические параметры рабочего процесса. С учетом конструктивных особенностей канавок разработаны метод их обработки, схема резания, режущий инструмент и методология реализации процесса, определены основные конструктивные параметры элементов технологической оснастки, обеспечивающие функциональную связь между круговой и продольной подачами. Проведена апробация метода, определены режимы обработки канавок [10, 11]. При этом исследование процесса обработки канавки в условиях реализации серийного производства и его совершенствование является актуальной задачей.

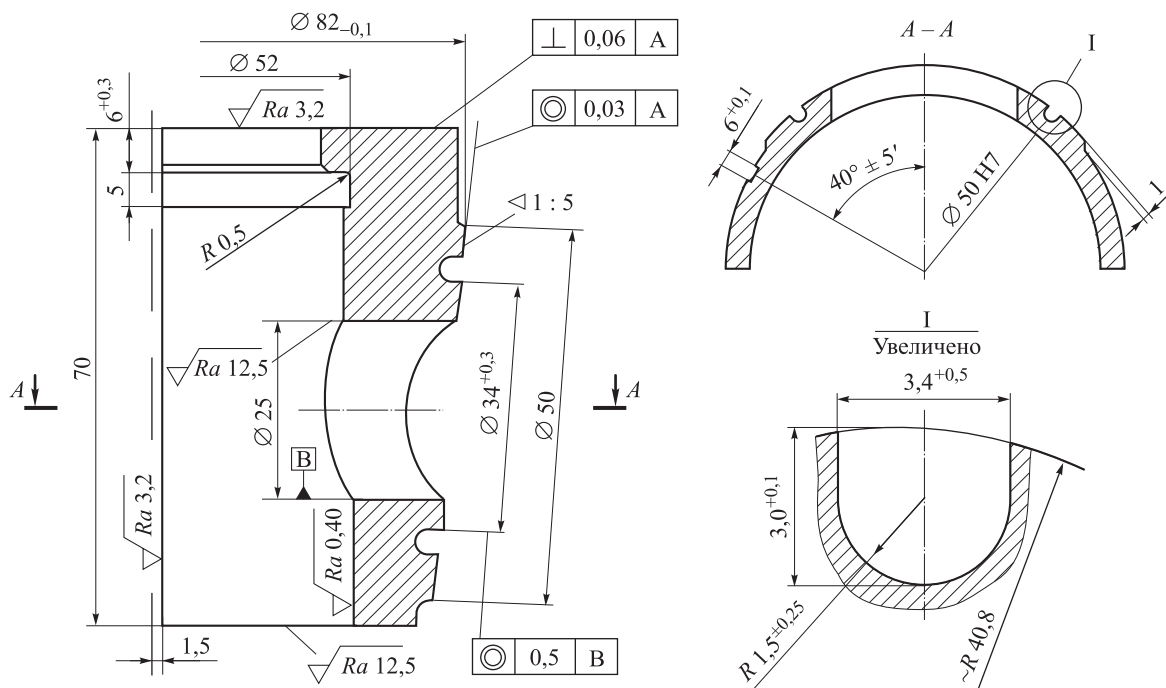


Рис. 1. Эскиз конструкции детали «Вкладыш ЗРК 004»

Цель работы — создание вихревого метода нарезания канавок на боковых поверхностях вращения деталей «Вкладыш» для серийного производства и его освоение.

Для апробирования и внедрения разработанного метода были модернизированы вертикально-фрезерный станок с ЧПУ модели ГФ217ТС5 на Машиностроительном заводе им. Б. Сардарова и координатно-расточной станок 2Е440А на СНПО. Последние варианты модернизации станков отличаются от первых тем, что несущий рейку узел установлен на стойке станка; рейка предусмотрена над колесом в конструкции оснастки; линейное перемещение заготовки осуществляется с помощью механизма поперечной подачи суппорта. Одно из условий обеспечения эффективности технологической операции — ее правильная организация, поэтому наладка технологической системы, ее точность и быстрота имеют особое значение.

Наладка технологической системы. Обрабатываемая канавка имеет сложную конструкцию [5, 12], поэтому и наладочные работы для ее обработки являются очень сложными. Наладка технологической системы должна обеспечить выполнение следующих требований:

- оси заготовки и шпинделя должны находиться в одной вертикальной плоскости;
- вертикальная плоскость, проходящая через ось шпинделя и заготовки, должна проходить и через середину рабочей длины рейки;
- вертикальная плоскость, проходящая через ось заготовки, должна быть перпендикулярна направлению линейной подачи;
- образующая поверхности вращения, являющаяся одновременно ее пересечением с вертикальной плоскостью, проходящей через ось заготовки, должна быть горизонтальной, т. е. плоскость, касающаяся поверхности вращения заготовки в зоне обработки, должна быть горизонтальной;
- в начале процесса обработки должен быть обеспечен поворот оси проходного отверстия относительно оси шпинделя на плоскости, проходящей через ось шпинделя, и направления подачи, на угол $\alpha/2$ (α — угол охвата окружности симметрии канавки).

Точность позиции канавки, ее несоосность с проходным отверстием, равная 0,5 мм, особенности вихревого метода обработки и конструкция оснастки требуют обеспечить на первом

этапе наладки соосность шпинделя и проходного отверстия детали.

Нарезание канавки осуществляется после обработки проходного отверстия детали, поэтому положение канавки определяют относительно него. Исходя из изложенного, при вихревой обработке канавки в качестве технологической базы принято проходное отверстие. Для обеспечения указанных требований и эффективности наладки при реализации нового метода на координатно-расточном станке 2Е440А разработана специальная технология наладки. Изготовлена специальная оправка для наладки (рис. 2), которая на одном конце имеет хвостовик с конусом Морзе, предназначенный для ее установки на шпиндель оборудования, а на другом — шейку для вхождения в проходное отверстие детали «Вкладыш».

Наладка технологической системы и вихревая обработка канавки обеспечивают следующие требования, предъявляемые к ее конструкции: точность размеров (ширина и глубина канавки, радиус закругления ее дна, диаметры наружной и внутренней окружностей) и точность расположения (соосность осей канавки и проходного отверстия, перпендикулярность локальных осей симметрии профиля канавки на конической поверхности вращения и т. д.).

Наладку технологической системы проводят следующим образом (рис. 3). Наладочную оправку 3 устанавливают в шпиндель 2 станка. С помощью технологического отверстия размером $\varnothing 8$ и поворота шпинделя вокруг его оси обеспечивают перпендикулярность плоскости симметрии оправки 1 к направлению линейной подачи стола станка. Тщательное базирование приспособления (оснастки) на столе с учетом закрепления узла рейки 6 на стойке станка (на рис. 3 положение рейки условно показано под колесом 5) обеспечивает относительное положение элементов технологической системы

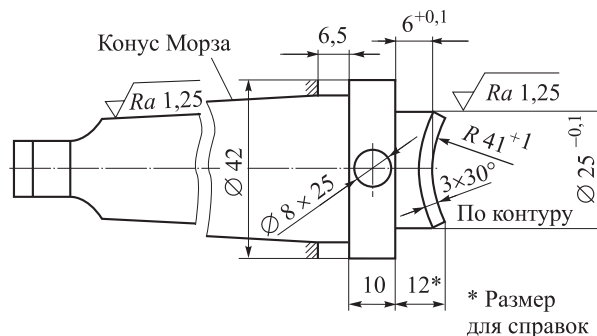


Рис. 2. Оправка для наладки

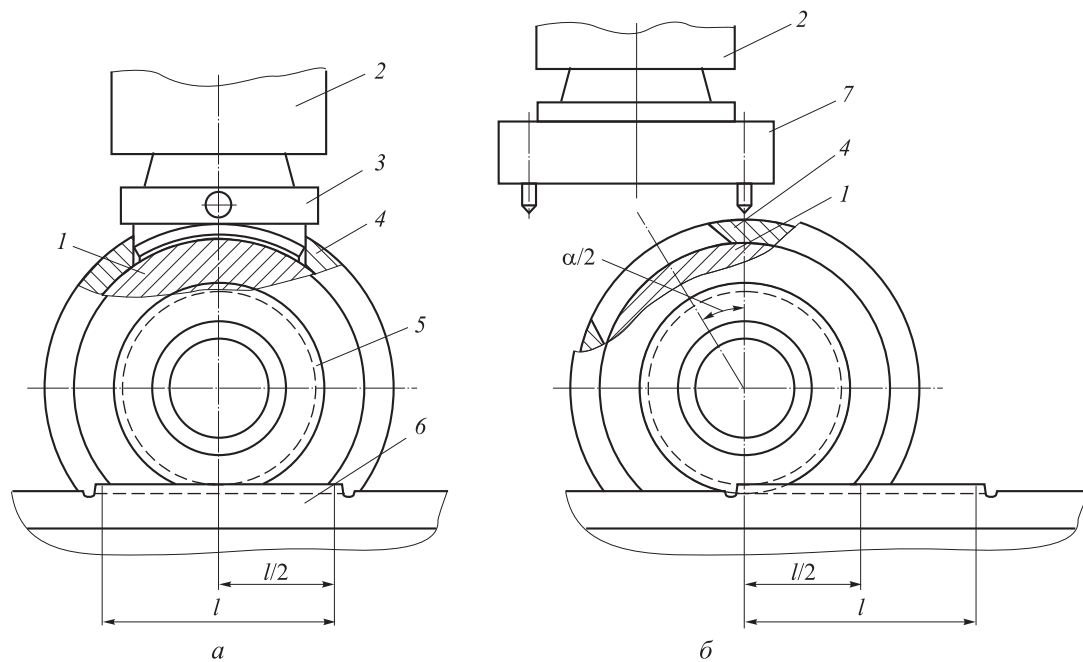


Рис. 3. Схема настройки инструмента при обработке канавок вихревым методом: а — на соосность инструмент–деталь; б — на размерные связи обработки

(рис. 3, а). Положение оснастки на столе фиксируют, после чего положение шпинделя остается стабильным относительно стола. Затем наладочную оправку 3 заменяют инструментальной головкой 7 (рис. 3, б), используя при этом только вертикальное перемещение стола, и окончательно закрепляют узел, несущий рейку 6. Поперечному суппорту сообщается поперечная подача, что обеспечивает его перемещение на величину $l/2$. При этом осуществляется поворот заготовки 4 с оправкой 1 на угол $\alpha/2$. Режущему инструменту придается вращательное движение, а заготовке — вертикальное перемещение до обеспечения необходимой глубины канавки, и происходит обработка канавки.

Промышленные испытания. Вихревое нарезание профиля осуществляли одним и двумя режущими инструментами, конструкция режущих частей которых соответствовала профилю нарезаемых канавок. В качестве материала пластины использовали твердый сплав марки ВК8, так как обрабатываемая деталь выполнена из чугуна ВЧ 45 ГОСТ 7293–85. Геометрические параметры режущего инструмента: передний угол $\gamma = 0^\circ$; задний угол $\alpha = 6^\circ$; главный угол в плане $\varphi_2 = 2^\circ$; вспомогательный угол в плане $\varphi_1 = 4^\circ$ [12–14]. Режимы обработки: частота вращения шпинделя $n = 315 \text{ мин}^{-1}$; вертикальная подача $S_v = 0,03 \text{ мм/об}$; поперечная подача

$S_{\text{п}} = 0,1 \text{ мм/об}$; глубина резания при обоих проходах являлась функцией подачи $t = f(S)$. При нарезании канавки с вертикальной подачей $t = S_v/Z = 0,03 \text{ мм}$, где Z — число инструментов в головке.

Теоретические и экспериментальные исследования показали пригодность вихревого метода для нарезания канавок на деталях «Вкладыш». Разработанная технология нарезания профилей внедрена на Машиностроительном заводе им. Б. Сардарова и СНПО при изготовлении деталей «Вкладыш SK 003», «Вкладыш 4КМ 002» и «Вкладыш ЗРК 004». Выполнено нарезание профилей, предусмотренных на боковых поверхностях деталей, более чем на 1 600 образцах для производства свыше 800 кранов типа SK 50×70 на Машиностроительном заводе им. Б. Сардарова и более чем на 5 680 образцах для производства свыше 2 840 кранов типа SK 50×50 и SK 50×70 на СНПО (см. таблицу).

При одноинструментном вихревом нарезании канавок основное время, измеряемое секундомером, составило 2,57 мин. По сравнению со временем, затрачиваемым на обработку канавок по контуру концевыми фрезами, машинное время нарезания канавок вихревым методом уменьшилось более чем в 8 раз. Замена одноинструментного вихревого нарезания на двухинструментную обработку снижает машинное время более чем в 1,5 раза.

Количество деталей, обработанных вихревым методом, на СНПО в 2010–2014 гг.

Деталь	Количество, шт.					Итого
	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	
«Вкладыш ЗРК 004»	620	576	530	394	380	2 500
«Вкладыш 4КМ 002»	776	684	688	576	456	3 180
Всего	1 396	1 260	1 218	970	836	5 680

Контроль точности обработанных канавок по профилю и ширине проведен с помощью комплекта проходных и непроходных калибров. Глубина канавок контролировалась специальными калибрами с заплечиками на просвет, а круглость канавки по контуру — специально изготовленным приспособлением по наибольшему внешнему и наименьшему внутреннему допустимым диаметрам профиля.

Определено, что обработанные поверхности канавки имеют шероховатость $Ra \leq 1,0$ мкм, $Rz \leq 4,5$ мкм, что соответствует требованиям, указанным на чертеже: $Ra \leq 1,6$ мкм, $Rz \approx 7$ мкм для детали «Вкладыш SK 003» и $Ra \leq 2,5$ мкм, $Rz \approx 11$ мкм» для детали «Вкладыш ЗРК 004».

При исследовании шероховатости поверхности канавок использован профилометр 130 (рис. 4). Все детали, канавки которых нарезаны согласно предложенной технологии, приняты ОТК предприятия и признаны годными для эксплуатации.

После сборки более 3 640 комплектов цилиндрических кранов SK 50×50 и SK 50×70 их испытывали на герметичность при соответствующем давлении рабочей жидкости ~60 и ~82,5 МПа на специальном нормированном стенде. Все краны обеспечили герметичность и были приняты для эксплуатации заказчиками — ОАО «АзИНМАШ» и ОАО «Азнефтемаш».

Необходимо отметить, что основная часть цилиндрических кранов, канавки вкладышей которых нарезаны вихревым методом, используется уже достаточно длительное время, и за период их эксплуатации не возникало претензий к их работоспособности. Разработанную



Рис. 4. Измерение шероховатости поверхности канавок, нарезанных на детали «Вкладыш ЗРК 004»

технология применяют на Машиностроительном заводе им. Б. Сардарова и СНПО.

Выводы

1. Предложена технология наладки технологической системы для вихревого нарезания канавок на детали «Вкладыш» для серийного производства.

2. При вихревом нарезании канавки одним инструментом машинное время уменьшается примерно в 8 раз по сравнению со временем, необходимым для обработки канавки концевой фрезой. Использование же при вихревой обработке канавки двух инструментов вместо одного позволяет уменьшить машинное время в 1,5 раза.

3. Разработанный метод вихревого нарезания канавок соответствует всем требованиям, предусмотренным конструкцией деталей «Вкладыш», что подтверждено при их эксплуатации.

Литература

- [1] Дальский А.М., Косилова А.Г., Мещеряков Р.К., Сулов А.Г., ред. *Справочник технолога-машиностроителя*. Москва, Машиностроение, 2003. Т. 1, 912 с.; т. 2, 944 с.
- [2] Дружинский П.Ф. *Сложные поверхности. Математическое описание и технологическое обеспечение: справочник*. Ленинград, Машиностроение, 1985. 264 с.

- [3] Жарский И.М., Баршай И.Л., Свидунович Н.А., Спиридонов Н.В. *Технологические методы обеспечения надежности деталей машин*. Минск, Вышэйшая школа, 2005. 299 с.
- [4] Маталин А.А. *Технология машиностроения*. Санкт-Петербург, Лань, 2010. 512 с.
- [5] Расулов Н.М. *Технология машиностроения (Повышение эффективности обработки сложных поверхностей вращения)*. Баку, Элм, 1997. 134 с.
- [6] Расулов Н.М., Надиров У.М., Гусейнов Г.Р. Связи производственных и эксплуатационных показателей качества изделий. *Вестник машиностроения*, 2014, № 11, с. 85–88.
- [7] Надиров У.М. Нарезание вихревым методом фасонных кольцевых канавок на боковых поверхностях вращения. *Современные методы и технологии создания и обработки материалов. Сб. науч. тр. Кн. 2: Технология и оборудование механической и физико-технической обработки*, Минск, ФТИ НАН Беларуси, 2015, с. 238–244.
- [8] Расулов Н.М., Надиров У.М. Вихревой метод обработки уплотнительных кольцевых канавок, предусмотренных на боковых поверхностях вращения. *Современные методы и технологии создания и обработки материалов. Сб. науч. тр. Кн.2.: Технология и оборудование механической и физико-технической обработки*, Минск, ФТИ НАН Беларуси, 2015, с. 288–295.
- [9] Расулов Н.М., Надиров У.М., Мамедов К.С. Разработка вихревого метода обработки профилей, предусмотренных на боковых поверхностях вращения. *Вестник Азербайджанской инженерной академии*, 2013, т. 5, № 3, с. 50–56.
- [10] Надиров У.М., Мамедов К.С., Расулов Н.М. Основы качества обработанных вихревым методом канавок, расположенных на боковых поверхностях вращения. *Вестник Азербайджанской инженерной академии*, 2014, т. 6, № 3, с. 41–48.
- [11] Надиров У.М. Математические модели кинематических составляющих неровностей канавок, нарезанных вихревым методом на боковых поверхностях вращения. *Вестник Азербайджанской инженерной академии*, 2015, № 3, с. 83–90.
- [12] Расулов Н.М. Управление технологическими размерными связями и эффективность обработки деталей машин. *Техника машиностроения*, 2003, № 3, с. 18–22.
- [13] Фельдштейн Е.Э., Корниевич М.А. *Металлорежущие инструменты. Справочник конструктора*. Минск, Новое знание, 2009. 1039 с.
- [14] Ординарцев И.А., ред. *Справочник инструментальщика*. Ленинград, Машиностроение, 1987. 846 с.

References

- [1] *Spravochnik tekhnologa-mashinostroitelia* [Directory technologist-machinist]. Ed. Dal'skii A.M., Kosilova A.G., Meshcheriakov R.K., Suslov A.G. Moscow, Mashinostroenie publ., 2003, vol. 1, 912 p., vol. 2, 944 p.
- [2] Druzhinskii P.F. *Slozhnye poverkhnosti. Matematicheskoe opisaniye i tekhnologicheskoye obespecheniye: spravochnik* [Sophisticated surface. Mathematical description and technological support. Directory]. Leningrad, Mashinostroenie publ., 1985. 264 p.
- [3] Zharskii I.M., Barshai I.L., Svidunovich N.A., Spiridonov N.V. *Tekhnologicheskie metody obespecheniia nadezhnosti detalei mashin* [Technological methods of ensuring reliability of machine parts]. Minsk, Vysheishaia shkola publ., 2005. 299 p.
- [4] Matalin A.A. *Tekhnologiya mashinostroeniia* [Engineering Technology]. Sankt-Petersburg, Lan' publ., 2010. 512 p.
- [5] Rasulov N.M. *Tekhnologiya mashinostroeniia (Povysheniye effektivnosti obrabotki slozhnykh poverkhnostey vrashcheniia)* [Engineering Technology (Improved processing of complex surfaces of revolution)]. Baku, Elm publ., 1997. 134 p.
- [6] Rasulov N.M., Nadirov U.M., Guseinov G.R. Sviazi proizvodstvennykh i ekspluatatsionnykh pokazatelei kachestva izdelii [Relations between production and operating indicators of products quality]. *Vestnik mashinostroeniia* [Russian Engineering Research]. 2014, no. 11, pp. 85–88.
- [7] Nadirov U.M. Narezaniye vikhrevym metodom fasonnykh kol'tsevykh kanavok na bokovykh poverkhnostiakh vrashcheniia [Cutting vortex method shaped annular grooves on the sides of the rotation]. *Sovremennyye metody i tekhnologii sozdaniia i obrabotki materialov. Sb.*

- nauch. tr. kn. 2. Tekhnologiia i oborudovanie mekh. i fiz-tekh. obrabotki* [Modern methods and technologies for the creation and processing of materials. Collection of Scientific Papers, vol. 2. Technology and equipment for mechanical and physical-technical processing]. Minsk, FTI NAN Belarusi publ., 2015, p. 238–244.
- [8] Rasulov N.M., Nadirov U.M. Vikhrevoi metod obrabotki uplotnitel'nykh kol'tseyvykh kanavok, predusmotrennykh na bokovykh poverkhnostiakh vrashcheniia [Swirl processing method of sealing ring grooves provided on the lateral surfaces of rotation]. *Sovremennyye metody i tekhnologii sozdaniia i obrabotki materialov. Sb. nauch. tr. Kn.2. Tekhnologiia i oborudovanie mekh. i fiziko-tekh. obrabotki* [Modern methods and technologies of creation and processing of materials. Collection of scientific papers. Vol. 2. Technology and equipment for mechanical and physico-technical processing]. Minsk, FTI NAN Belarusi publ., 2015, pp. 288–295.
- [9] Rasulov N.M., Nadirov U.M., Mamedov K.S. Razrabotka vikhrevogo metoda obrabotki profilei, predusmotrennykh na bokovykh poverkhnostiakh vrashcheniia [Development profiles vortex processing method provided on the side surfaces of rotation]. *Vestnik Azerbaidzhanskoi inzhenernoi akademii* [Bulletin of the Azerbaijan Academy of Engineering]. 2013, vol. 5, no. 3, pp. 50–56.
- [10] Nadirov U.M., Mamedov K.S., Rasulov N.M. Osnovy kachestva obrabotannykh vikhrevym metodom kanavok, raspolozhennykh na bokovykh poverkhnostiakh vrashcheniia [The quality basis of grooves treated by the whirl method and located on the lateral surfaces of rotation]. *Vestnik Azerbaidzhanskoi inzhenernoi akademii* [Herald of the Azerbaijan Engineering Academy]. 2014, vol. 6, no. 3, pp. 41–48.
- [11] Nadirov U.M. Matematicheskie modeli kinematicheskikh sostavliaiushchikh nerovnostei kanavok, narezannykh vikhrevym metodom na bokovykh poverkhnostiakh vrashcheniia [Mathematical models of the kinematic components of the irregularities of grooves, cut by the vortex method on the side surfaces of the rotation]. *Vestnik Azerbaidzhanskoi inzhenernoi akademii* [Herald of the Azerbaijan Engineering Academy]. 2015, no. 3, pp. 83–90.
- [12] Rasulov N.M. Upravlenie tekhnologicheskimi razmernymi svyaziami i effektivnost' obrabotki detalei mashin [Management of technological dimensional relations and efficiency of processing machine parts]. *Tekhnika mashinostroeniia* [Construction machinery]. 2003, no. 3, pp. 18–22.
- [13] Fel'dshtein E.E., Kornievich M.A. *Metallorzhushchie instrumenty. Spravochnik konstruktora* [Metal cutting tools. Reference Design]. Minsk, Novoe znanie publ., 2009. 1039 p.
- [14] *Spravochnik instrumental'shchika* [Directory toolmaker]. Ed. Ordinartsev I.A. Leningrad, Mashinostroenie publ., 1987. 846 p.

Статья поступила в редакцию 03.10.2016

Информация об авторе

НАДИРОВ Угурлу Магоммед оглы (Баку) — кандидат технических наук, доцент кафедры «Инженерная графика». Азербайджанский технический университет (AZ 1073, Баку, Азербайджан, пр. Г. Джавида, д. 25, e-mail: n_ugurlu@mail.ru).

Information about the author

NADIROV Ugurlu Mohammed ogly (Baku) — Candidate of Science (Eng.), Associate Professor, Engineering Graphics Department. Azerbaijan Technical University (AZ 1073, Baku, Azerbaijan, H. Javid Ave., Bldg. 25, e-mail: n_ugurlu@mail.ru).