

УДК 621. 91

**Влияние конструктивных параметров детали и показателей процесса обработки на работоспособность резцов для обработки торцевых выточек на базе графовой модели \***

Гречишников В.А., Пивкин П.М.

В статье приведена информационная база данных взаимосвязей основных конструктивных параметров инструмента и детали, а так же показателей процесса обработки. Исходные данные включают все основные параметры технологической среды, которые разделены на три группы. Первая группа характеризует параметры обрабатываемой детали и объединяется в множество  $S$  ребра  $l_3$ . Вторая группа относится к режущему инструменту для изготовления деталей с торцевыми проточками и выточками (ребро  $l_4$ ). Множество параметров второй группы представляют собой параметры изготовления инструмента и параметры напрямую не влияющие на условия формообразования. Третья группа относится к условиям эксплуатации инструмента и показателям с ними связанными ( $l_5$ ). Вершины ребра  $l_5$  описывают: скорость резания; подача; глубина резания; угол установки инструмента относительно плоскости симметрии детали; угол установки инструмента относительно оси детали; стратегий обработки или направления движения подачи; начальный диаметр врезания, характер производства деталей, вид СОЖ и способы подвода в зону резания, вид оборудования, стойкость инструмента. Выявлены наиболее важные конструктивные элементы резца, влияющие на его работоспособность.

*Ключевые слова:* металлообработка, торцевая выточка, показатели процесса обработки.

**Influence of the design parameters of parts and processing parameters on the performance of cutting tools for the treatment of end recesses based on the graph model**

Grechishnikov V.A., Pivkin P.M.

The article contains information database linkages main design tool options and details, as well as indicators of process. Input data include all wasps main parameters of the technological environment, which are divided into three groups. The first group, characterized terizes parameters of the workpiece and is combined into a set  $S$  of  $l_3$  ribs. The second group relates to otno-cutting tools for the manufacture of parts with end bores and recesses (rib  $l_4$ ). Many parameters of the second group are the parameters of the tool manufacturing and the parameters are not directly affecting the formation conditions. The third group relates to the operating conditions of the instrument and indicators associated with them ( $l_5$ ). The tops of the ribs  $l_5$  describe: SKO-rate of cutting; innings; cutting depth; angle of the tool relative to the plane of symmetry-rii parts; Fitting tool angle relative to the part axis; treatment strategies and direction of the flow-motion; the initial diameter of the incision, the nature of the production of parts, the kind of coolant and-od to feed in the cutting zone, type of equipment, tool life. Revealed the most important structural elements of the tool, affecting its performance.

*Keywords:* metal processing, end face tuck, processing performance.

\* Исследование выполнено при финансовой поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере по программе «УМНИК» по теме «Создание резцовой головки для отрезки, обработки канавок с конической образующей и торцевых канавок на деталях различной конфигурации» в рамках договора № 5988ГУ2/2015 от 11.06.2015 г.

### Введение

Торцевая выточка представляет собой замкнутую поверхность, форма которой зависит от формы и положения образующей по отношению к оси детали. Положение образующей определяется величиной наружного  $D$  и внутреннего  $D_1$  диаметра канавки, шириной  $W$  и длиной канавки  $L$ , а так же углом наклона ее относительно оси детали  $\chi$ .

Варианты обрабатываемых поверхностей деталей приводятся на примере детали, имеющей торцевые выточки различных типов и с различными конструктивными параметрами (Рисунок 1). Выточки с наклонной образующей 7, 9, 10 имеют наклонную образующую и изготавливаются посредством инструмента с двойной кривизной вспомогательных поверхностей. Цилиндрические выточки 1-6, 8, 11-15 изготавливаются инструментом с переменной кривизной вспомогательных поверхностей в осевом сечении инструмента.

Цель работы – оценить влияние конструктивных параметров детали и показателей процесса обработки на работоспособность резцов для обработки торцевых выточек на базе графовой модели.

### Результаты исследования

Специфика конструкции режущего инструмента вызвана вероятностью пересечения тела

резцовой головки с обрабатываемой поверхностью канавок, то есть происходит интерференция рабочих поверхностей инструмента и детали. Поэтому для обработки группы канавок с различными конструктивными параметрами применяются набор разных типоразмеров и видов резцов. Кроме того большое значение к форме рабочих поверхностей вызвано низкой жесткостью инструмента. На основании анализа графовой модели определяются конструктивные элементы РИ в виде объединения множеств этих параметров, которые в графе представлены вершинами третьего уровня ребер. В результате операции объединения формируется множество неповторяющихся параметров  $X_1$ . Из данного множества выделяются основные параметры, участвующие в модели формирования методики проектирования РИ. Таким образом, можно выделить и объединить ряд конструктивных параметров: передний угол  $\gamma$ ; задний угол  $\alpha$ ; вспомогательный задний угол  $\alpha_1$ ; угол в плане  $\phi$ ; вспомогательный угол в плане  $\phi_1$ ; угол наклона главной режущей кромки  $\lambda$ ; форма передней поверхности  $R_{ip}$ ; радиус при вершинах  $r$ ; радиус закругления режущей кромки  $\rho$ ; форма вспомогательных рабочих поверхностей инструмента по большему диаметру в поперечном сечении ( $R_{il}/f_{il}$ ); форма вспомогательных рабочих поверхностей инструмента по меньшему диа-

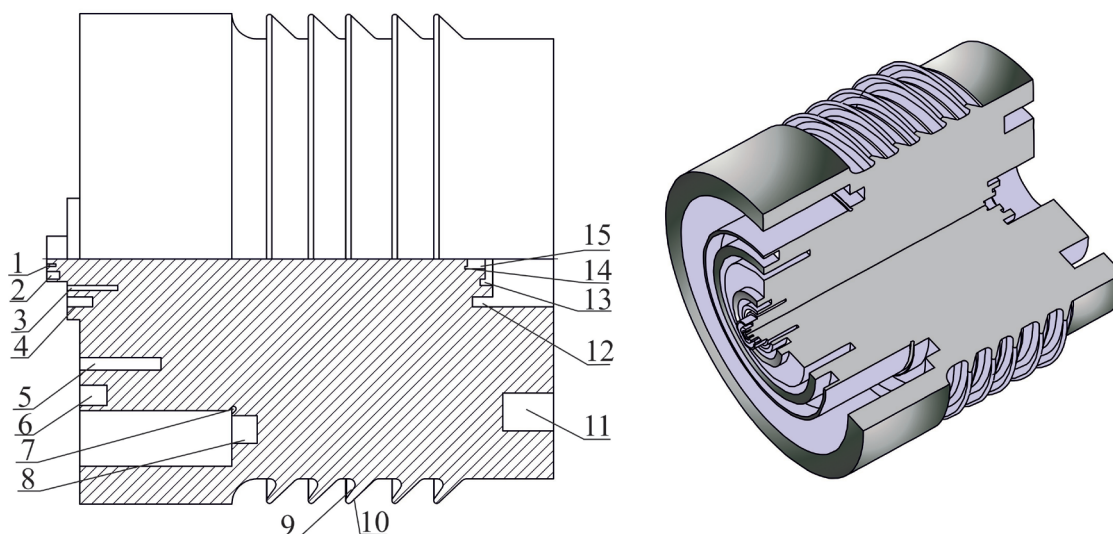


Рис. 1. Деталь с основными типами торцевых выточек.

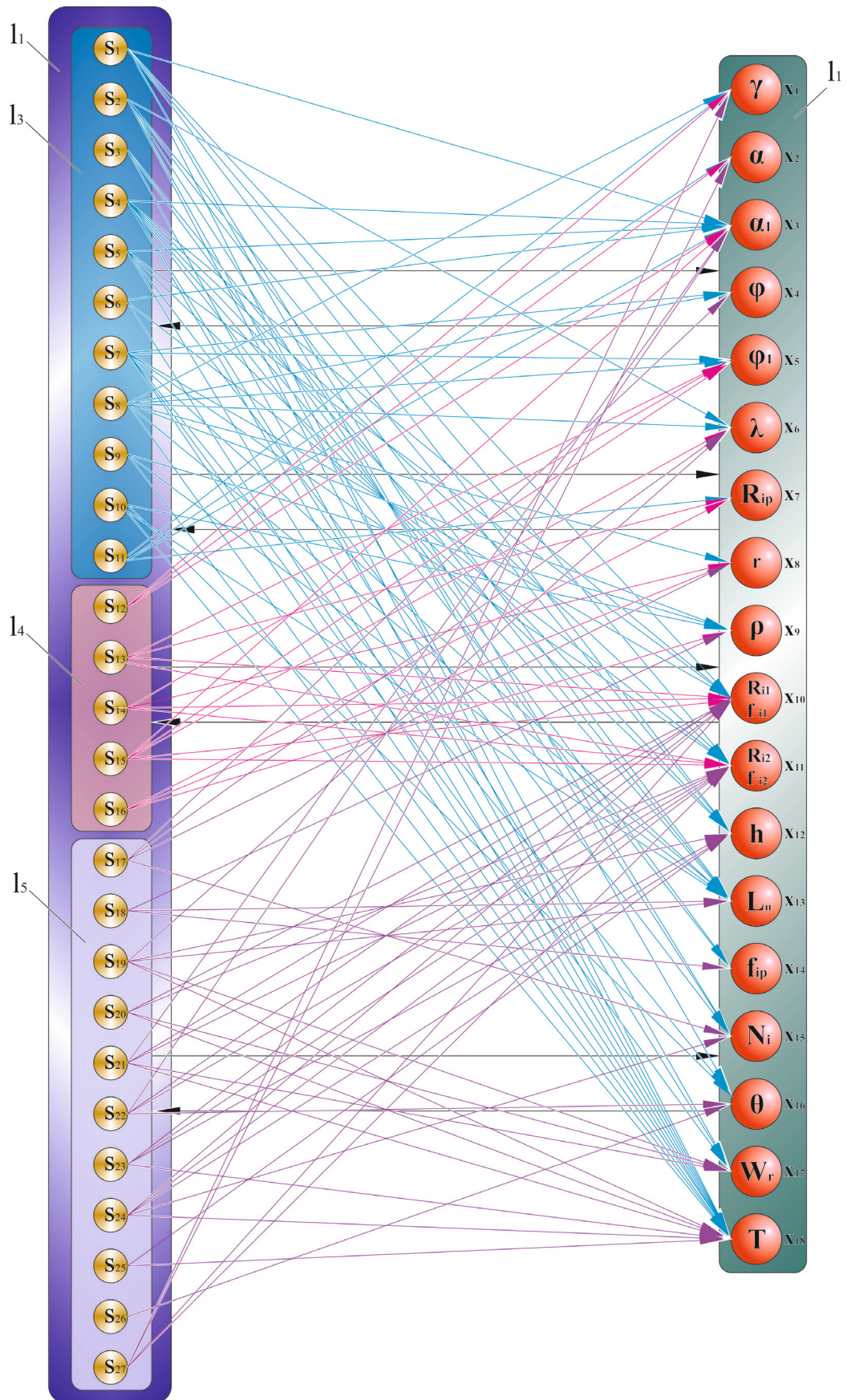


Рис. 2. Функциональные взаимосвязи исходных данных с конструктивными параметрами резца для обработки торцевых выточек, в виде ГиперГрафа

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18
S <sub>1</sub>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1
S <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1
S <sub>3</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1
S <sub>4</sub>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1
S <sub>5</sub>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1
S <sub>6</sub>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1
S <sub>7</sub>	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1
S <sub>8</sub>	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
S <sub>9</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
S <sub>10</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1
S <sub>11</sub>	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S <sub>12</sub>	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S <sub>13</sub>	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
S <sub>14</sub>	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S <sub>15</sub>	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
S <sub>16</sub>	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S <sub>17</sub>	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
S <sub>18</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0
S <sub>19</sub>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
S <sub>20</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0
S <sub>21</sub>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1
S <sub>22</sub>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0
S <sub>23</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
S <sub>24</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1
S <sub>25</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
S <sub>26</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
S <sub>27</sub>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0

Рис. 3. Матрица смежности гиперграфа F3(X,E).

метру в поперечном сечении ( $R_i2/f_i2$ ); высота профиля инструмента в поперечном сечении ( $h$ ); вылет рабочей части инструмента  $L_i$ ; форма вспомогательных рабочих поверхностей в продольных сечениях инструмента ( $f_{ip}$ ); количество составных частей корпусу инструмента ( $N_i$ ); угол уста новки базовой части корпуса ( $\theta$ ); ширина режущего элемента  $W_r$ ; ширина корпуса в поперечном сечении ( $T$ ).

Ребро  $l_1$  гиперграфа  $(X,E)$  представляет собой область формирования исходных данных, охватывающую каждый показатель или параметр  $s$  из множества  $S$  ( $s \in S$ ). Исходные данные включают все основные параметры технологической среды, которые разделены на три группы.

Первая группа характеризует параметры обрабатываемой детали и объединяется в множество  $S$  ребра  $l_3$ . Каждая вершина ребра  $l_3$  определяет: диаметр торцевой выточки  $D$  ( $s_1$ ); ширина торцевой выточки  $W$  ( $s_2$ ); длина торцевой выточки  $L$  ( $s_3$ ); угол наклона образующей торцевой выточки  $\chi$  ( $s_4$ ); радиус образующей по большому диаметру торцевой выточки  $R_1$  ( $s_5$ ); радиус образующей по меньшему диаметру торцевой выточки  $R_2$  ( $s_6$ ); форма профиля стенки канавки ( $x_d, y_d$ ) ( $s_7$ ); требования к шероховатости поверхности выточки ( $Ra$ ) ( $s_8$ ); требования к точности выточки в диаметральном направлении ( $IT_d$ ) ( $s_9$ ); требования к точности угла наклона выточки ( $IT^\circ$ ) ( $s_{10}$ ); свойства материала детали: прочность ( $\sigma_B$ ) и твер-

дость (НВ) и др. химические, физические и механические свойства ( $s_{11}$ ).

Вторая группа относится к РИ для изготовления деталей с торцевыми проточками и выточками (ребро  $l_4$ ). Множество параметров второй группы представляют собой параметры изготовления инструмента и параметры напрямую не влияющие на условия формообразования. Вершины ребра  $l_4$  отображают: свойства материала инструмента: прочность ( $\sigma$ ) и твердость (НВ) ( $s_{12}$ ); технология изготовления режущего инструмента ( $s_{13}$ ); характер производства инструмента (единично, серийное и др.) ( $s_{14}$ ); требования к переточке инструмента ( $s_{15}$ ); особенности термообработки и методы нанесения износостойких покрытий на рабочую поверхность инструмента ( $s_{16}$ ).

Третья группа относится к условиям эксплуатации инструмента и показателям с ними связанными ( $l_5$ ). Вершины ребра  $l_5$  описывают: скорость резания ( $V$ ) ( $s_{17}$ ); подача ( $S$ ) ( $s_{18}$ ); глубина резания ( $W_k$ ) ( $s_{19}$ ); угол установки инструмента относительно плоскости симметрии детали ( $\chi_{\mu}$ ) ( $s_{20}$ ); угол установки инструмента относительно оси детали ( $\chi_o$ ) ( $s_{21}$ ); стратегий обработки или направления движения подачи ( $\vec{S}$ ) ( $s_{22}$ ); начальный диаметр врезания ( $D_0$ ) ( $s_{23}$ ), характер производства деталей (единичное, серийно и пр.) ( $s_{24}$ ), вид СОЖ и способы подвода в зону резания ( $s_{25}$ ), вид оборудования ( $s_{26}$ ), стойкость инструмента ( $T_k$ ) ( $s_{27}$ ).

Определение числа исходных данных и степени их влияния на каждый параметр РИ является достаточно сложной задачей. От правильности установление взаимосвязей зависит эффективность проектирования инструмента и как следствие эффективность его работы. При формировании структуры гиперграфа  $F3(X,E)$  учитывались основные исходные параметры и самые важные взаимосвязи, имеющие первоочередное значение.

Исходные данные и взаимосвязи в процессе научно-исследовательской работы могут пре-

терпевать изменения, в результате установления наиболее важных параметров.

Гиперграф  $F3(X,E)$  является основой алгоритма автоматизированного проектирования режущего инструмента для обработки деталей, оснащенных торцевыми проточками, выточками и канавками сложной формы.

### Заключение

Анализ графовой модели позволяет выделить наиболее важные конструктивные элементы РИ, имеющие наибольшее количество взаимосвязей с параметрами технологической среды. Такими конструктивными параметрами являются форма вспомогательных рабочих поверхностей инструмента по большему диаметру ( $R_{i1}/f_{i1}$ ) ( $x_{10}$ ) и по меньшему диаметру ( $R_{i2}/f_{i2}$ ) ( $x_{11}$ ) в поперечном сечении РИ. В связи с этим формализация связей данных конструктивных элементов является основной задачей при проектировании режущего инструмента для обработки торцевых выточек.

### Литература

1. Григорьев С.Н., Гречишников В.А., Маслов А.Р. Инструментальные системы интегрированных машиностроительных производств: учебное пособие. – М.: Изд-во «ИТО», 2013. – 192 с.
2. Гречишников В.А., Яшков В.А., Албагачиев А.Ю., Исаев А.В., Пивкин П.М., Романов В.Б. Модернизация сборного абразивного круга с радиально-подвижными сегментами для внутреннего шлифования полых деталей роботов // Вестник МГТУ «Станкин». 2015. № 4 (35). – С. 8-14.
3. Гречишников В.А., Исаев А.В., Илюхин Ю.В., Пивкин П.М., Воротников А.А., Харченко А.Н., Бьянки Д.Д., Леонезио М., Педрокки Н., Тосатти Л.М. Концепция построения робототехнических комплексов для металлообработки и системы их инструментального обеспечения // Вестник МГТУ «Станкин». 2015. № 4 (35). – С. 46-51.
4. Гречишников В.А., Пивкин П.М. Резцовая головка для отрезки, обработки канавок с конической образующей и торцевых канавок на деталях различной конфигурации // Вестник МГТУ «Станкин». 2014. № 2 (29). – С. 50–56.

5. Гречишников В.А., Домнин П.В., Косарев В.А., Петухов Ю.Е., Романов В.Б., Седов Б.Е. Современные методы решения задач формообразования сложого режущего инструмента // СТИН. 2013. № 12. – С. 6-11.

6. Петухов Ю.Е., Домнин П.В. Способ формообразования фасонной винтовой поверхности стандартным инструментом прямого профиля // Вестник МГТУ «Станкин». 2011. № 3. – С. 102-106.

7. Волосова М.А., Надыкто А. Б., Ошурко В.Б. Атомно-молекулярное конструирование: разработка на базе центра коллективного пользования «МГТУ «Станкин» перспективных технологий создания материалов с уникальными свойствами для нужд отечественной промышленности // Вестник «МГТУ «Станкин». 2014. № 4(31). – С. 16-26.

8. Гречишников В.А., Исаев А.В. Определение положения режущих пластин, расположенных вдоль винтовой стружечной канавки, в корпусе сборной фасонной фрезы // Вестник МГТУ «Станкин». 2014. № 2 (29). – С. 34-39.

9. Григорьев С.Н., Телешевский В.И., Андреев А.Г., Кольнер Л.С., Осипов П.А. К проблеме построения прецизионных станков для изготовления изделий с нанометровой точностью // Вестник МГТУ «Станкин». 2015. 3(34). – С. 9-14.

10. Гречишников В.А., Маслов А.Р., Пивкин П.М. Система токарных резцов для обработки торцовых канавок на станках с ЧПУ // Вестник «МГТУ «Станкин». 2015. № 2 (33). – С. 23-29.

11. Верещака А.А. Повышение эффективности функциональных покрытий для режущего инструмента, осаждаемых методом КИБ-МеVVA, путем фильтрации паро-ионного потока с целью сепарации макро-и микрочастиц // Вестник МГТУ «Станкин». 2015. №1(32). – С. 41-48.

12. Маслов А.Р. Современные марки твердых сплавов для резания труднообрабатываемых материалов // Вестник МГТУ «Станкин». 2014. № 4. – С. 27 -30.

13. Григорьев С.Н., Кутин А.А., Долгов В.А. Принципы построения цифровых производств в машиностроении // Вестник МГТУ «Станкин». 2014. № 4 (31). – С. 10-15.

14. Петухов Ю.Е., Домнин П.В. Определение задних кинематических углов при обработке винтовых фасонных поверхностей стандартными фрезами прямого профиля // Вестник МГТУ «Станкин». 2014. № 2 (29). – С. 27-33.

15. Григорьев С.Н. Перспективы развития единого федерального инжинирингового центра в области станкостроения на базе МГТУ «СТАНКИН» и ОАО «СТАНКОПРОМ» // Вестник МГТУ «Станкин». 2014. № 1 (28). – С. 8-12.

16. Маслов А.Р. Программа анализа экспериментальных данных о силах в процессе микрорезания материалов // СТИН. 2015. №1. – С. 32 -35.

## References

1. Grigor'ev S.N., Grechishnikov V.A., Maslov A.R. Instrumental'nye sistemy integrirovannyh mashinostroitel'nyh proizvodstv [Tool systems integrated machine-building production] – Moscow: Izd-vo «ИТО», 2013. – 192 p.

2. Grechishnikov V.A., Jashkov V.A., Albagachiev A.Ju., Isaev A.V., Pivkin P.M., Romanov V.B. Modernizacija sbornogo abrazivnogo kruga s radi-al'no-podvizhnymi segmentami dlja vnutrennego shlifovaniya polyh detalej robotov [Modernization of precast abrasive wheel with radially movable segments for internal grinding of hollow parts of robots] // Vestnik MGTU «Stankin». 2015. № 4 (35). – P. 8-14.

3. Grechishnikov V.A., Isaev A.V., Iljuhin Ju.V., Pivkin P.M., Vorotnikov A.A., Harchenko A.N., B'janki D.D., Leonezio M., Pedrokki N., Tosatti L.M. Konceptija postroenija robototeh-nicheskikh kompleksov dlja metalloobrabotki i sistemy ih instrumental'nogo obespechenija [Concept of robotic systems for metalworking and tool support systems] // Vestnik MGTU «Stankin». 2015. № 4 (35). – P. 46-51.

4. Grechishnikov V.A., Pivkin P.M. Rezcovaja golovka dlja otrezki, obrabotki kanavok s konicheskoj obrazujushhej i torcevyh kanavok na detaljah razlichnoj konfiguracii [Cutting head for cutting, grooving with the tapered end and forming grooves in various configurations details] // Vestnik MGTU «Stankin». 2014. № 2 (29). – P. 50–56.

5. Grechishnikov V.A., Domnin P.V., Kosarev V.A., Petuhov Ju.E., Romanov V.B., Sedov B.E. Sovremennye metody reshenija zadach formoobrazovaniya slozhnogo rezhushhego instrumenta [Modern methods of solving the problems of formation of complex cutting tools] // STIN. 2013. № 12. – P. 6-11.

6. Petuhov Ju.E., Domnin P.V. Spособ formoobrazovaniya fasonnoj vintovoj poverhnosti standartnym instrumentom prjamogo profilja [A method of forming a shaped helical surface standard

tool of direct Profile] // Vestnik MGTU «Stankin». 2011. № 3. – P. 102-106.

7. *Volosova M.A., Nadykto A. B., Oshurko V.B.* Atomno-molekuljarnoe konstruirovaniye: raz-rabotka na baze centra kollektivnogo pol'zovaniya «MGTU «STANKIN» perspektivnyh tehnologij sozdaniya materialov s unikal'nymi svojstvami dlja nuzhd otechestvennoj promyshlennosti [Atomic-molecular design: GAP-processing center on the basis of shared "MSTU" STANKIN "promising development of materials technology with unique properties for the needs of the domestic industry] // Vestnik MGTU «Stankin». 2014. № 4(31). – P. 16-26.

8. *Grechishnikov V.A., Isaev A.V.* Opredeleniye polozheniya rezhushhih plastin, raspolozhennyh vdol' vintovoj struzhechnoj kanavki, v korpuse sbornoj fasonnoj frezy [Positioning of the cutting inserts along the helical flute in the contoured modular casing cutter] // Vestnik MGTU «Stankin». 2014. № 2 (29). – P. 34-39.

9. *Grigor'ev S.N., Teleshevskij V.I., Andreev A.G., Kol'ner L.S., Osipov P.A.* K probleme postroeniya precizionnyh stankov dlja izgotovleniya izdelij s nanometrovoj tochnost'ju [On the problem of high-precision machine tools for the manufacture of products with nanometer precision] // Vestnik MGTU «Stankin». 2015. 3(34). – P. 9-14.

10. *Grechishnikov V.A., Maslov A.R., Pivkin P.M.* Sistema tokarnyh rezcov dlja obrabotki torcovyh kanavok na stankah s ChPU [The system of turning tools for the treatment of end grooves on CNC machines] // Vestnik «MGTU «Stankin». 2015. № 2 (33). – P. 23-29.

11. *Vereshhaka A.A.* Povysheniye jeffektivnosti funkcional'nyh pokrytij dlja rezhushhego in-strumenta, osazhdaemyh metodom KIB-MeVVA, putem fil'tracii

paro-ionnogo potoka s cel'ju separacii makro-i mikro-chastic [Improving the efficiency of functional coatings for cutting tools deposited by CIB-MeVVA, by filtering the steam-ion stream to the separation of macro-and micro-particles] // Vestnik MGTU «Stankin». 2015. №1(32). – P. 41-48.

12. *Maslov A.R.* Sovremennye marki tverdyh splavov dlja rezaniya trudnoobrabatyvaemyh materialov [Modern brand of hard alloys for cutting hard materials] // Vestnik MGTU «Stankin». 2014. № 4. – P. 27-30.

13. *Grigor'ev S.N., Kutin A.A., Dolgov V.A.* Principy postroeniya cifrovyyh proizvodstv v mashinostroenii [Principles of digital production in mechanical engineering] // Vestnik MGTU «Stankin». 2014. № 4 (31). – P. 10-15.

14. *Petuhov Ju.E., Domin P.V.* Opredeleniye zadnih kinematicallykh uglov pri obrabotke vintovykh fasonnykh poverhnostej standartnymi frezami prjamoj profilija [Determination of kinematic rear corners when processing standard screw-shaped surfaces cutters straight profile] // Vestnik MGTU «Stankin». 2014. № 2 (29). – P. 27-33.

15. *Grigor'ev S.N.* Perspektivy razvitiya edinogo federal'nogo inzhiniringovogo centra v oblasti stankostroeniya na baze MGTU «Stankin» i OAO «STANKOPROM» [Prospects for the development of a single federal Institute zhiniringovogo center in the field of machine tool based on the MSTU «STANKIN» and JSC «Stankoprom»] // Vestnik MGTU «Stankin». 2014. № 1 (28). – P. 8-12.

16. *Maslov A.R.* Programma analiza jeksperimental'nyh dannyh o silah v processe mikrorezaniya materialov [The program is the analysis of experimental data on the forces in the process of micro cutting materials] // STIN. 2015. №1. – P. 32-35.

**Статья поступила в редакцию 16 марта 2016 г.**

---

*Гречишников Владимир Андреевич* – проф., д.т.н., заведующий кафедрой «Инструментальная техника и технологии формообразования» МГТУ «СТАНКИН», г. Москва, Россия. E-mail: ittf.stankin@gmail.com

*Пивкин Петр Михайлович* – аспирант, ассистент кафедры «Инструментальная техника и технологии формообразования» МГТУ «СТАНКИН», г. Москва, Россия. E-mail: PMPivkin@gmail.com

---

*Grechishnikov Vladimir Andreevich* – Professor, MSTU «Stankin», Moscow, Russia. E-mail: ittf.stankin@gmail.com

*Pivkin Petr Mikhajlovich* – graduate student, MSTU «Stankin», Moscow, Russia. E-mail: PMPivkin@gmail.com