

УДК 621.9.025.11

DOI 10.22213/2413-1172-2018-3-25-30

## ОСОБЕННОСТИ КОРРЕКЦИИ ПРОФИЛЯ ФАСОННЫХ РЕЗЦОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ТОРЦЕВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРУБ

**И. А. Блинов**, кандидат технических наук, Глазовский инженерно-экономический институт (филиал) ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Глазов, Россия

**А. В. Овсянников**, кандидат технических наук, доцент, Глазовский инженерно-экономический институт (филиал) ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Глазов, Россия

**А. А. Кельдышев**, студент, Глазовский инженерно-экономический институт (филиал) ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Глазов, Россия

*Рассмотрен вопрос об особенностях проектирования инструмента для подрезки торцевых поверхностей труб. Для крупносерийного и массового производства целесообразно вместо последовательной либо многоинструментальной обработки применять обработку фасонными резцами.*

*Токарные фасонные резцы применяют в качестве основного вида режущего инструмента для обработки фасонных поверхностей деталей в крупносерийном и массовом производстве при частичной или полной автоматизации процессов механической обработки. Они обеспечивают высокую производительность, точную форму и размеры однотипных деталей в больших партиях, что облегчает взаимозаменяемость деталей и обеспечивает бесперебойный процесс сборки изделий.*

*Однако имеются некоторые трудности при проектировании фасонных резцов, заключающиеся в определении геометрических параметров режущей кромки. И если для радиальных и тангенциальных резцов этот вопрос подробно описан в технической литературе, то для осевого инструмента наблюдается дефицит информации. В связи с этим была разработана методика расчета профиля режущей кромки осевых фасонных резцов для обработки торцевых поверхностей труб.*

*Создана математическая модель, с помощью которой, основываясь на исходных данных (наружный и внутренний диаметр трубы, параметры фасок или скруглений, углов резания), можно построить контур режущей части инструмента. Предложенная методика коррекции профиля осевого фасонного резца использована для составления программы расчета профилей резцов для обработки торцевых поверхностей трубного проката, изготавливаемого на АО «Чепецкий механический завод» (г. Глазов).*

**Ключевые слова:** труба, торец, фасонный резец, математическая модель, геометрический расчет, углы резания, фаски.

### Введение

Токарные фасонные резцы применяют в качестве основного вида режущего инструмента для обработки фасонных поверхностей деталей в крупносерийном и массовом производстве при частичной или полной автоматизации процессов механической обработки. Они обеспечивают высокую производительность, точную форму и размеры однотипных деталей в больших партиях, что облегчает взаимозаменяемость деталей и обеспечивает бесперебойный процесс сборки изделий [1–3].

Существует несколько разновидностей фасонных резцов, отличающихся друг от друга по конструкции либо по характерным особенностям процесса обработки поверхности:

- по конструкции различают круглые (рис. 1, *a*, *d*), призматические (рис. 1, *b*, *e*) и винтовые (рис. 1, *в*) фасонные резцы;

- по виду обрабатываемой поверхности – наружные и внутренние резцы;

- по инструментальному материалу – из легированной, быстрорежущей стали и твердого сплава;

- по направлению подачи различают осевые (торцевые) (рис. 1, *d*), радиальные (рис. 1, *a*, *b*, *в*) и тангенциальные (рис. 1, *e*) резцы.

Вопросам проектирования фасонных резцов посвящены работы [4–8] и др. Наиболее сложной и трудоемкой частью при проектировании такого инструмента является расчет геометрических параметров режущей кромки. Этот вопрос подробно рассмотрен в указанной литературе для радиального и тангенциального фасонного точения, однако при проектировании резцов для осевого фасонного точения ощущается недостаток информации. Между тем осевое фасонное точение широко применяется на ма-

шиностроительных предприятиях. В частности в прокатном производстве, имеющем массовый либо крупносерийный характер выпуска продукции, для обработки торцевых поверхностей труб с одновременным образованием техноло-

гических фасок и скруглений целесообразно отказываться от последовательной либо многоинструментальной комбинированной обработки в пользу фасонного торцевания.

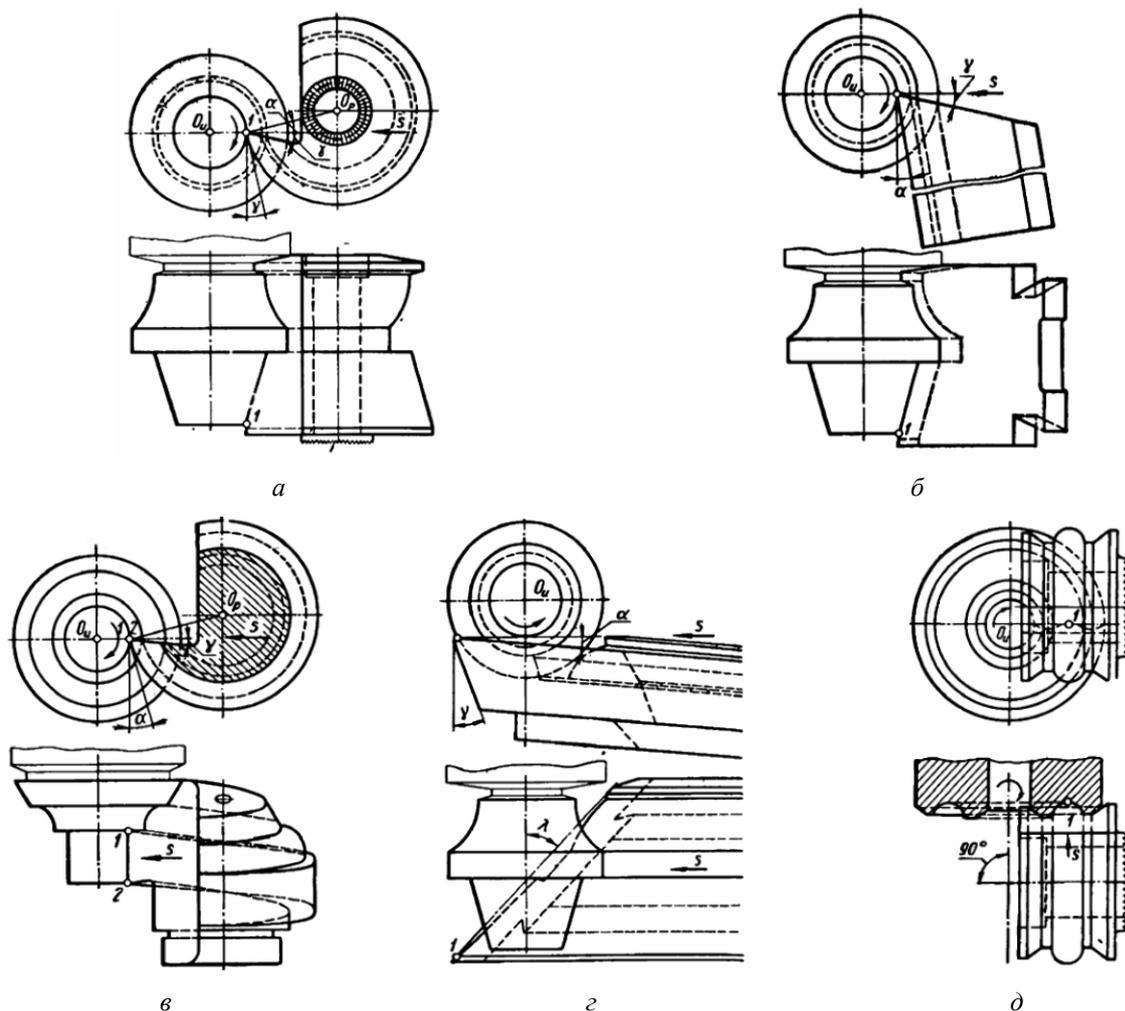


Рис. 1. Разновидности фасонных резцов: а – круглый радиальный; б – призматический радиальный; в – винтовой радиальный; г – призматический тангенциальный; д – круглый осевой (торцевой)

Целью настоящего исследования является разработка методики геометрического расчета профиля режущей кромки призматического осевого фасонного резца, способствующего повышению производительности и точности обработки торцевых поверхностей труб.

#### Разработка методики коррекции профиля призматического осевого фасонного резца

В целом методика геометрического расчета призматического осевого фасонного резца аналогична расчету радиального за исключением коррекционных расчетов профиля и проверки условий резания на наклонных участках режущих кромок. После определения координат узловых точек профиля фасонного торца

детали согласно [9, 10] определяются координаты точек режущей кромки резца, которые образуют данные узловые точки. При переднем угле  $\gamma \neq 0$  их расположение по длине торца будет отличаться от расположения точек детали (рис. 2).

Если рассмотреть какую-либо точку  $i$  профиля детали, то согласно рис. 2, на котором показан процесс торцевого точения в трех проекциях, она образуется точкой  $i'$  резца.

За начало координат примем центр торца (точка  $O$ ) и расположим оси координат таким образом, чтобы ось  $Oy$  была направлена вдоль оси вращения детали, а оси  $Ox$  и  $Oz$  находились в плоскости торца, причем  $Ox$  – горизонтально

расположенная ось. Тогда координата  $x_i'$  точки режущей кромки резца будет меньше координаты  $x_i$ , соответствующей точке профиля торца в сечении трубы горизонтальной плоскостью  $xOz$ . Данную координату можно определить из прямоугольного треугольника  $\Delta O_3Ai_3'$ , где  $Ai_3' = x_3'$  и  $O_3A = (y_1 - y_i) \operatorname{tg} \gamma$  – катеты, а  $O_3i_3' = O_3i_3 = x_i$  – гипотенуза. Таким образом,  $O_3i_3'^2 = O_3A^2 + Ai_3'^2$ , или

$$x_i' = \sqrt{x_i^2 - (y_1 - y_i)^2 (\operatorname{tg} \gamma)^2}. \quad (1)$$

Глубина точки  $i$  по передней поверхности резца (расстояние от вершины резца до точки) определяется в зависимости от переднего угла  $\gamma$  по формуле

$$C_i = \frac{y_1 - y_i}{\cos \gamma}, \quad (2)$$

где  $y_1$  – глубина осевого врезания резца в заготовку (см. рис. 2).

Высота профиля призматического резца в  $i$ -й точке

$$P_i = C_i \cos(\alpha + \gamma), \quad (3)$$

где  $\alpha$  – задний угол резца.

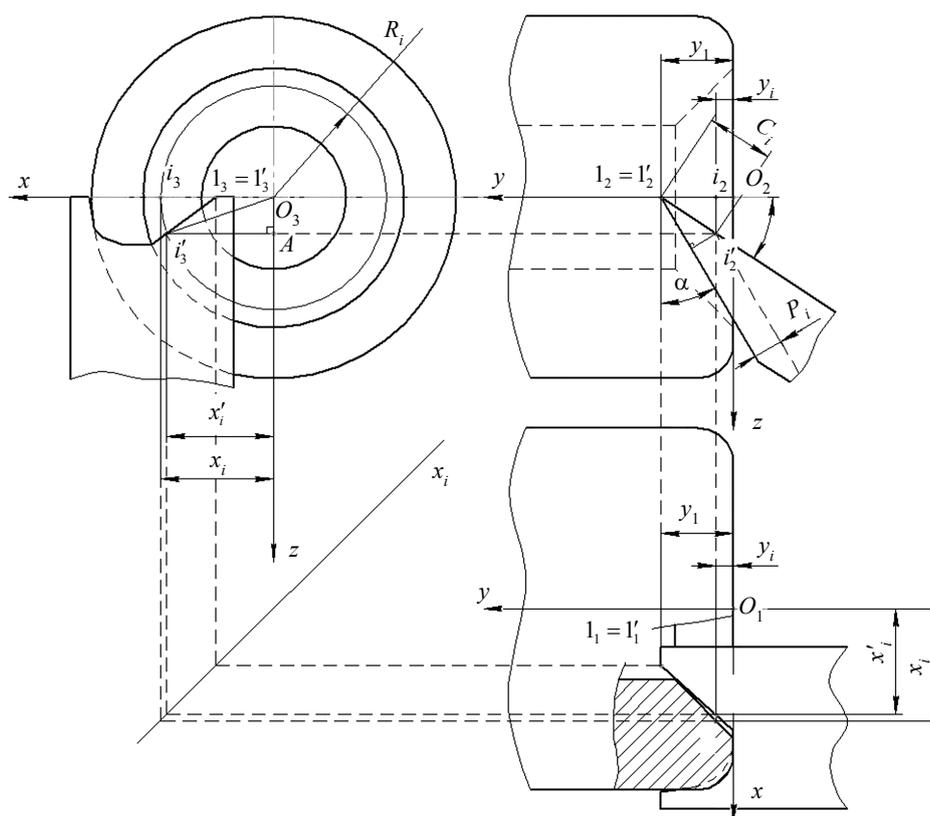


Рис. 2. К определению координат точек режущей кромки резца

### Разработка программы расчета профилей призматических осевых фасонных резцов

Предложенная методика коррекции профиля торцевого фасонного резца использована для составления программы расчета профилей резцов для обработки торцов труб. Программа реализована в среде MathCAD [11] и дает возможность автоматически рассчитать координаты точек режущей кромки по известным размерам обрабатываемой трубы и углам  $\alpha$  и  $\gamma$  резца, а также визуализировать профиль инструмента.

Структурно программа состоит из нескольких разделов, выполняемых последовательно.

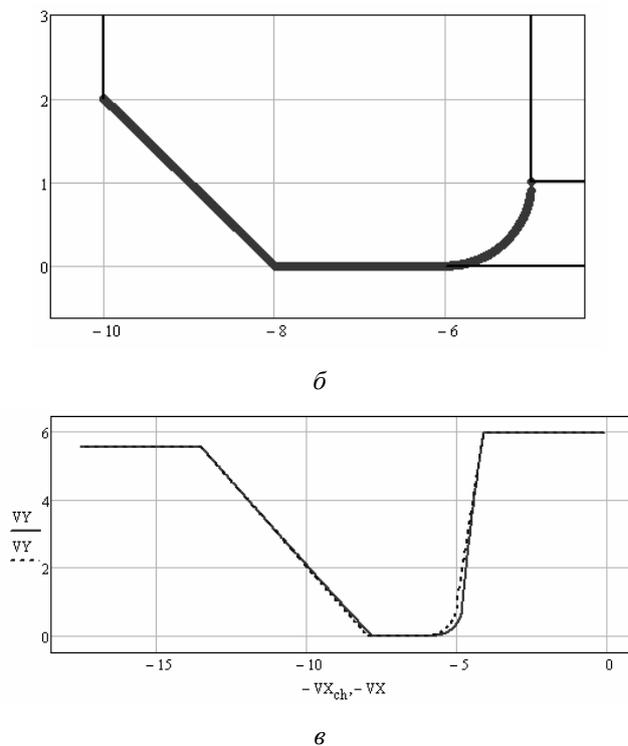
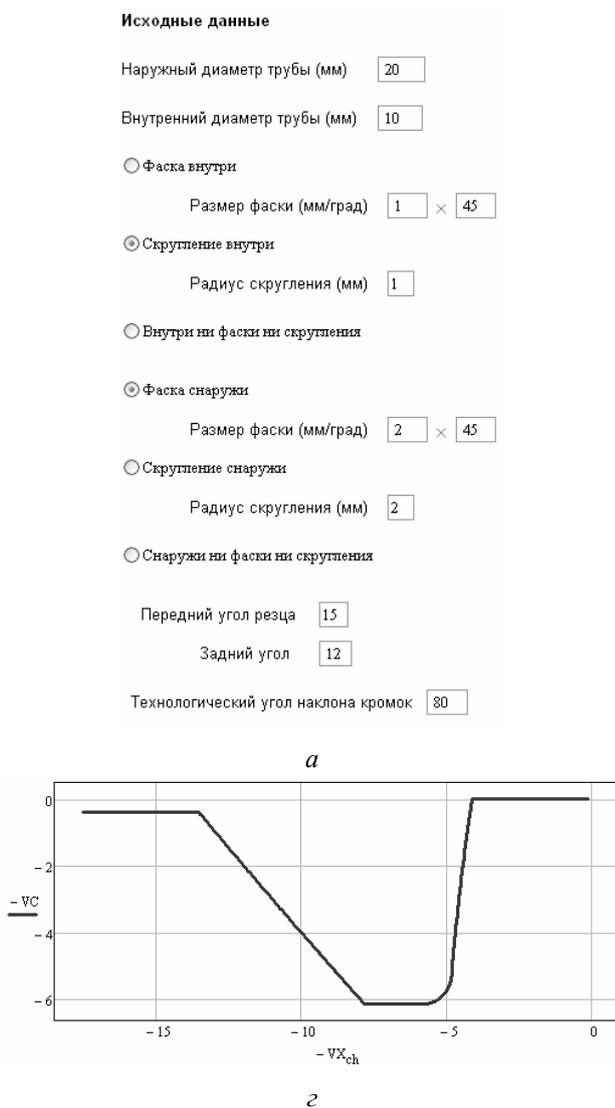
1. Ввод пользователем исходных данных (рис. 3, а). Здесь пользователь вводит значения наружного и внутреннего диаметра трубы, указывает наличие внутренних или наружных фасок, скруглений, вводит их размеры, задает основные углы резца.

2. Подготовка данных для расчета, включающих перевод переменных, заданных в п. 1, в удобный для расчета тип, формирование векторов координат точек профиля трубы, визуализация продольного сечения трубы (рис. 3, б).

3. Формирование векторов координат точек режущей кромки резца в проекции на горизонтальную плоскость  $xOy$ .

4. Коррекция профиля резца и формирование векторов координат точек режущей кромки  $C$  и  $x$  в соответствии с формулами (1)–(3).

5. Визуализация профиля резца и вывод координат точек режущей кромки (рис. 3, в–д).



$M^T =$

|    | 0              | 1              |
|----|----------------|----------------|
| 0  | "Координата X" | "Координата C" |
| 1  | 0.132          | 0              |
| 2  | 0.151          | 0              |
| 3  | 0.171          | 0              |
| 4  | 0.19           | 0              |
| 5  | 0.21           | 0              |
| 6  | 0.229          | 0              |
| 7  | 0.249          | 0              |
| 8  | 0.268          | 0              |
| 9  | 0.288          | 0              |
| 10 | 0.307          | 0              |
| 11 | 0.326          | 0              |
| 12 | 0.346          | 0              |
| 13 | 0.365          | 0              |
| 14 | 0.385          | 0              |
| 15 | 0.404          | ...            |

**д**

Рис. 3. Элементы интерфейса программы: а – исходные данные; б – профиль обрабатываемого торца; в – профиль режущей кромки резца в проекции на горизонтальную плоскость  $xOy$  с коррекцией (сплошная линия) и без коррекции (пунктир); г – профиль резца по нормали к передней поверхности; д – матрица координат точек режущей кромки

#### Анализ результатов исследования

Предложенное в данной статье фасонное торцевание труб, сопряженное с профилированием призматического осевого фасонного резца, в сравнении с традиционной последовательной либо многоинструментальной комбинированной

обработкой обеспечивает одновременное образование как наружных, так и внутренних фасок и скруглений, снижение отклонений размеров, формы и расположения обрабатываемых поверхностей, что благоприятно сказывается на производительности и точности изготовления труб.

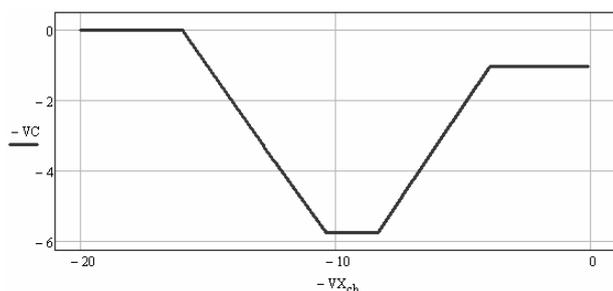
Созданная программа по сравнению с аналогами позволяет проводить не только автоматизированный расчет, но и коррекцию профиля режущей кромки призматического осевого фасонного резца, а также визуализацию полученного результата.

При помощи данной программы были сгенерированы профили фасонных резцов со следующими параметрами:

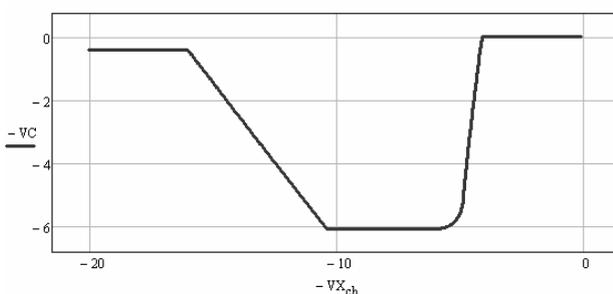
- наружный диаметр трубы  $D = 25$  мм, внутренний диаметр  $d = 15$  мм, передний угол  $\gamma = 16^\circ$ , задний угол  $\alpha = 10^\circ$ , наружная фаска  $1 \times 45^\circ$ , внутренняя фаска  $1 \times 45^\circ$  (рис. 4, а);

- $D = 25$  мм,  $d = 10$  мм,  $\gamma = 12^\circ$ ,  $\alpha = 12^\circ$ , внутреннее скругление радиусом  $R = 1$  мм, наружная фаска  $2 \times 45^\circ$  (рис. 4, б);

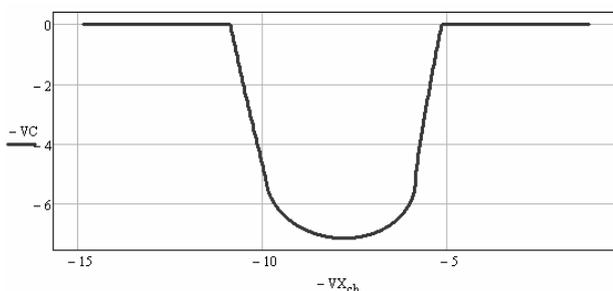
- $D = 20$  мм,  $d = 12$  мм,  $\gamma = 15^\circ$ ,  $\alpha = 14^\circ$ , внутреннее скругление радиусом  $R = 2$  мм, наружное скругление радиусом  $R = 2$  мм (рис. 4, в).



а



б



в

Рис. 4. Примеры результатов профилирования с использованием разработанной программы

### Выводы

Таким образом, в результате исследования разработана методика и программа расчета и коррекции профиля режущей кромки призматического осевого фасонного резца, которые могут найти свое применение при профилировании фасонного инструмента для более производительной и точной обработки торцевых поверхностей трубного проката, изготавливаемого на АО «Чепецкий механический завод» (г. Глазов).

### Библиографические ссылки

1. Металлорежущие инструменты : учебник для вузов по специальностям «Технология машиностроения», «Металлорежущие станки и инструменты» / Г. Н. Сахаров, О. Б. Арбузов, Ю. Л. Боровой [и др.] М. : Машиностроение, 1989. 328 с.
2. Проектирование режущих инструментов : учеб. пособие / В. А. Гречишников, С. Н. Григорьев, И. А. Коротков, А. Г. Схиртладзе. Старый Оскол : ТНТ, 2009. 300 с.
3. Сенюков В. А. Практика по проектированию режущих инструментов : учеб. пособие. Ярославль : Изд-во ЯГТУ, 2002. 155 с.
4. Смирнов М. Ю., Киреев Г. И., Демидов В. В. Расчет и проектирование фасонных резцов. Ульяновск : УлГТУ, 2011. 77 с.
5. Иванов Ю. И. Проектирование фасонного режущего инструмента. Самара : СГТУ, 2009. 107 с.
6. Грановский Г. И., Панченко К. П. Фасонные резцы. М. : Машиностроение, 1975. 309 с.
7. Дарманчев С. К. Фасонные резцы. Л. : Машиностроение, 1968. 168 с.
8. Гречишников В. А., Пивкин П. М., Романов В. Б. Инструментальное решение для обработки торцевых канавок // Известия Тульского гос. ун-та. Технические науки. 2017. № 8-2. С. 75–80.
9. Смирнов М. Ю., Киреев Г. И., Демидов В. В. Указ. соч.
10. Иванов Ю. И. Указ. соч.
11. Гречишников В. А., Колесов Н. В., Петухов Ю. Е. Математическое моделирование в инструментальном производстве. М. : Станкин, 2003. 113 с.

### References

1. Sakharov G. N., Arbuzov O. B., Borovoy Yu. L. *Metallozhushchiye instrumenty* [Metal-cutting tools]. Moscow, Mashinostroyeniye Publ., 1989, 328 p. (in Russ).
2. Grechishnikov V. A., Grigor'yev S. N., Korotkov I. A., Skhirtladze A. G. *Proyektirovaniye rezhushchikh instrumentov* [Design of cutting tools]. Staryy Oskol, TNT, 2009, 300 p. (in Russ).
3. Senyukov V. A. *Praktika po proyektirovaniyu rezhushchikh instrumentamentov* [Practice in designing cutting tools]. Yaroslavl', YaGTU, 2002, 155 p. (in Russ).

4. Smirnov M. Yu., Kireev G. I., Demidov V. V. *Raschet i proektirovanie fasonnyh rezcov* [Calculation and design of formers]. Ulyanovsk, *UIGTU*, 2011, 77 p. (in Russ).
5. Ivanov Yu. I. *Proektirovanie fasonno rezhuschevo instrumenta* [Designing of shaped cutting tools]. Samara, *SGTU*, 2009, 107 p. (in Russ).
6. Granovskiy G. I., Panchenko K. P. *Fasonnye rezcy* [Formers]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1975, 309 p. (in Russ).
7. Darmanchev S. K. *Fasonnyye reztsy* [Formers]. Leningrad, Mashinostroyeniye Publ., 1968, 168 p. (in Russ).
8. Grechishnikov V. A., Pivkin P. M., Romanov V. B. [Tool solution for the processing of end grooves]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskiye nauki*, 2017, no. 8-2, pp. 75-80 (in Russ).
9. Smirnov M. Yu., Kireev G. I., Demidov V. V. *Raschet i proektirovanie fasonnyh rezcov* [Calculation and design of formers]. Ulyanovsk, *UIGTU*, 2011, 77 p. (in Russ).
10. Ivanov Yu. I. *Proektirovanie fasonno rezhuschevo instrumenta* [Designing of shaped cutting tools]. Samara, *SGTU*, 2009, 107 p. (in Russ).
11. Grechishnikov V. A., Kolesov N. V., Petukhov Yu. Ye. *Matematicheskoye modelirovaniye v instrumental'nom proizvodstve* [Mathematical modeling in tool production]. Moscow, *Stankin*, 2003, 113 p. (in Russ).

### Features of the Profile Correction of Formers for Tooling the End Surfaces of Pipes

*I. A. Blinov*, PhD in Engineering, Glazov Institute of Engineering and Economics (branch) of Kalashnikov ISTU, Glazov, Russia

*A. V. Ovsyannikov*, PhD in Engineering, Associate Professor, Glazov Institute of Engineering and Economics (branch) of Kalashnikov ISTU, Glazov, Russia

*A. A. Keldyshev*, Student, Glazov Institute of Engineering and Economics (branch) of Kalashnikov ISTU, Glazov, Russia

*In this paper, the question of the design features of the tool for trimming the end surfaces of pipes is considered. For large-scale and mass production it is expedient to use the tooling with formers instead of sequential or multi-tool processing, which increases the productivity and provides the exact shape and dimensions of the same parts. However, there are some difficulties in the design of formers, which consist in determining the geometric parameters of the cutting edge. While for the radial and tangential formers this question is described in detail in the technical literature, there is a deficit of information for the axial tool. In this connection, a method was developed for calculating the profile of the cutting edge of axial formers for tooling the end surfaces of pipes.*

*A mathematical model which is based on the original data (the outer and inner diameter of the pipe, the parameters of the chamfers or roundings, cutting angles) was created, it allows to construct the contour of the cutting part of the tool. The proposed method for correcting the profile of the axial former is used to compile a program for calculating the profiles of formers for tooling the end surfaces of tube rolled products manufactured at JSC "Chepetsky Mechanical Plant" (Glazov).*

**Keywords:** pipe, end, former, mathematical model, geometrical calculation, cutting angles, chamfers.

Получено 14.06.2018