

4. Lukin A.V. Holographic optical elements. *Journal of Optical Technology*, 2007, vol. 74, no. 1, pp. 65-70. doi: 10.1364/JOT.74.000065
5. Sabinin V.E., Solk S.V. Problems of the design and fabrication of optics from polymeric materials. *Journal of Optical Technology*, 2002, vol. 69, no.1, pp. 48-50. doi: 10.1364/JOT.69.000048
6. Solk S.V., Sabinin V.E. New regions for the use of diamond microturning. *Journal of Optical Technology*, 2005, vol. 72, no. 11, pp. 875-877. doi: 10.1364/JOT.72.000875
7. Solk S., Shevtsov S., Iakovlev A. Designing of optical elements manufactured by diamond turning. *Proc. of SPIE*, 2000, vol. 4231, pp. 181–188.
8. Makin V.S., Makin R.S. Interaction of laser radiation with an axially symmetric polarization with condensed media. *Optics and Spectroscopy*, 2013, vol. 115, no. 4, pp. 591-595. doi: 10.1134/S0030400X13070102
9. Solk S.V., Yakovlev A.A. Technology for fabricating compact mirrors from magnesium alloys. *Journal of Optical Technology*, 2010, vol. 77, no. 3, pp.220-221. doi: 10.1364/JOT.77.000220
10. Dobrovolsky G.G., Sakseev P.Yu. Diamond microturning of silicon and germanium (review). *Journal of Superhard Materials*, 2004, no. 1, pp. 46-51.
11. Klimenko S.A., Manokhin A.S. Termodinamicheskii analiz napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya poverkhnostnogo sloya izdeliya, obrabotannogo almaznym mikrotocheniem [Thermodynamic analysis of the stress-strain state of the surface layer products, processed diamond microturning]. *Protsezi mekhanichnoi obrobki v mashinobuduvanni*, 2010, no. 9, pp. 74–81. (In Ukr.)
12. Cherezova L.A., Mikhailov A.V. Using ion processing in nanotechnologies to obtain high-accuracy surfaces on optical items. *Journal of Optical Technology*, 2010, vol. 77, no. 5, pp. 336-338. doi: 10.1364/JOT.77.000336
13. Arutyunyan V.V., Shevtsov S.E. Formoobrazovanie opticheskikh poverkhnostei metodom almaznogo mikrotocheniya na materialakh, primenyaemykh v IK diapazone spectra [Shaping optical surfaces by a method of diamond microturning on the materials used in the infrared range of the spectrum]. *Kontenant*, 2013, vol. 12, no. 2, pp. 60–63.

- Медунецкий Виктор Михайлович** – доктор технических наук, профессор, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург, Россия, vm57med@yandex.ru
- Солк Сергей Вольдемарович** – кандидат технических наук, докторант, ОАО «НИИ оптико-электронного приборостроения», Санкт-Петербург, Россия, solk@sbor.net
- Viktor Medunetskiy** – D.Sc., Professor, Saint Petersburg National University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Saint Petersburg, Russia, vm57med@yandex.ru
- Sergei Solk** – PhD, doctoral candidate, PLC «Scientific Research Institute for Optoelectronic Instrument Engineering», Saint Petersburg, Russia, solk@sbor.net

УДК 621.9

## ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПРЯМЫХ ЗУБЬЕВ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ КОЛЕС СТУПЕНЧАТЫМ ДОЛБЯКОМ

Н.М. Расулов<sup>а</sup>, Г.Р. Гусейнов<sup>а</sup>, У.М. Надиров<sup>а</sup>

<sup>а</sup>Азербайджанский технический университет, Баку, Азербайджан, n\_ugurlu@mail.ru

Трудоемкость формирования зубчатых поверхностей традиционными методами достаточно высока. Разработка новых, относительно эффективных методов их обработки имеет важное научно-практическое значение.

Разработан новый способ – скоростное зубодолбление прямых зубьев цилиндрических колес косозубым ступенчатым долбяком, зубья которого расположены ступенчато, вдоль собственной оси. После наладки технологической системы инструменту и заготовке сообщается непрерывное станочное зацепление. Инструмент получает одновременно и радиальное перемещение. При этом, несмотря на отсутствие осевого относительного перемещения заготовки и инструмента в целом, режущие кромки последнего совершают осевое перемещение, что обеспечивается конструкцией инструмента и кинематикой нарезания, и снимают материал. После достижения требуемой глубины нарезки производится однократное перемещение инструмента вдоль оси заготовки. Обеспечивается калибровка поверхности, и уменьшаются погрешности обработки, так как каждый зуб долбяка имеет возможность участвовать в формировании любого зуба колеса.

Спроектированы и изготовлены ступенчатые долбяки разной конструкции, было создано модернизированное оборудование на базе вертикально-фрезерного станка мод. 6P13. Опробование и промышленные испытания разработанного метода проведены на машиностроительном заводе им. Г. Мусабекова.

Установлено, что нарезание зубьев ступенчатым долбяком обеспечивает 8–9 степень точности по [1] при значительном сокращении машинного времени по сравнению с традиционным зубодолблением. На специальном станке можно нарезать зубчатые поверхности, обладающие точностью не ниже 8 степени.

**Ключевые слова:** зуб, долбяк, обработка, согласованное вращение, скрещивание, угол.

## STRAIGHT COGS FORMATION FEATURES FOR CYLINDRICAL SPUR GEARS BY STEPPED GEAR-SHAPED CUTTER

N. Rasulov<sup>b</sup>, G. Guseynov<sup>b</sup>, U. Nadirov<sup>b</sup>

<sup>b</sup> Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan, n\_ugurlu@mail.ru

The complexity of cogged surfaces formation by traditional methods is high enough. Development of new, effective methods of their treatment is an issue of significant scientific and practical importance. A new method is developed: speed gear-cutting of straight cogs of spur gears by skew gear-shaped cutter, which cogs are stepped along its own axis. After the technological system is set up, a continuous machine tool gearing is passed to the tool and workpiece. The tool also gets a radial displacement. Despite the absence of axial displacement of the workpiece and tool in general, cutting edge of the tool commits axial displacement, provided by tool design and the cutting kinematics. After reaching the desired depth of cutting, a single-phase tool moving along the workpiece is done. The surface calibration is supplied and processing errors are reduced. Each cog of the cutter has the opportunity to take part in the formation of any wheel cog. Stepped cutters of different design were created and manufactured; updated equipment was made based on vertical milling machine of 6P13 model. Industrial testing of the developed method was performed on machine-building plant named after G. Musabekov. It was stated that cogs cutting by stepped cutter provides the 8-9<sup>th</sup> degrees of accuracy according to the state standard specification SSS 1643-81 and a significant reduction in time as compared with the traditional gear shaping. The special machine can cut gearing surfaces with the quality not lower than the 8<sup>th</sup> degree of accuracy.

**Keywords:** cog, gear-shaped cutter, treatment, consistent rotation, crossing, angle.

### Введение

Одним из важнейших направлений научно-технического прогресса является широкое освоение прогрессивных технологий, способствующее успешному решению задач интенсификации производства. В связи с этим становится необходимым переход к принципиально новым технологиям, обеспечивающим наивысшую эффективность. Непрерывно растут требования к точности современных машин и механизмов, к их надежности и долговечности. Эти требования в большой мере определяют необходимую точность ряда важнейших звеньев машин и механизмов, в том числе зубчатых передач.

Зубчатые поверхности являются одними из наиболее распространенных сложных поверхностей вращения. Трудоемкость их формирования очень высока. Наиболее производительными и эффективными методами формирования зубчатых поверхностей являются зубофрезерование и зубодолбление. Эти методы досконально исследованы и доведены до высокой степени совершенства [2–8], что не исключает возможность разработки новых, относительно эффективных методов обработки на основе управления связями геометрической формы. Однако и они обладают недостатками. При фрезеровании зубьев червячной фрезой величина врезания достигает больших значений, особенно при нарезании зубьев на единичной заготовке: чем больше высота зубьев и диаметр инструмента, тем больше величина врезания. Это приводит к повышению машинного времени и снижению эффективности зубонарезания. Нарезание зубьев долблением осуществляется при наличии большого количества холостых ходов инструмента; отход и возврат инструмента после каждого рабочего хода приводит к повышению «вспомогательной» части машинного времени и снижению производительности зубодолбления.

Неизбежность перехода в производстве зубчатых колес на высокопроизводительную технологию их изготовления, диктуемая необходимостью интенсификации всего машиностроения, является одной из актуальных проблем, имеющей важное научно-практическое значение. Целью исследований является разработка и исследование нового скоростного метода зубодолбления, приводящего к повышению производительности, точности и качества обработанной поверхности.

### Разработка метода нарезания зубьев

Новый метод зубонарезания разработан на основе морфологической комбинаторики (предложена швейцарским ученым Ф. Цвикки) существующих методов нарезания огибанием, а именно – зубофрезерование, зубодолбление, зуботочение и шевингование [2–7].

Разработанный метод зубонарезания схематически изображен на рис. 1, он основывается на следующих условиях и предположениях [8–15].

**Конструктивная особенность станка.** Станок обладает системой обеспечения и наладки скрещивания осей стола и штосселя (шпинделя) в широком диапазоне ( $\alpha=0-40^\circ$ ). Согласованные вращательные движения стола и шпинделя (штосселя) обеспечиваются как в прямом (для нарезания внутренних зубьев), так и в обратном (для нарезания наружных зубьев) направлениях. Станок обладает системой наладок относительных положений инструмента и заготовки и системой подачи как в осевом направлении заготовки, так и в направлении кратчайшего межосевого расстояния инструмента–заготовки.

**Конструктивная особенность инструмента.** Особенность специального косозубого долбяка – в том, что его зубья расположены ступенчато вдоль собственной оси. Таким образом, плоскость, проходящая через соответствующие точки режущих лезвий зубьев инструмента, в отличие от обычной, не перпендикулярна его оси и составляет некоторый угол наклона  $\gamma \neq 90^\circ$  (рис. 1, 2).

- Относительные положения инструмента и заготовки до нарезания зубьев – следующие:
- оси инструмента специального долбяка и заготовки должны скрещиваются под углом  $\alpha$ ;
  - для обеспечения наибольшей эффективности нарезания кратчайшее расстояние между осями инструмента и заготовки при наладке должно быть обеспечено примерно в середине длины образующих нарезаемых зубьев.

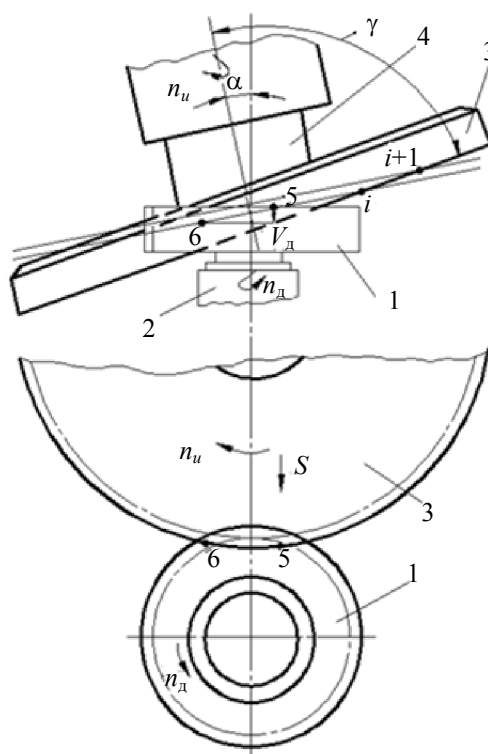


Рис. 1. Схема формирования цилиндрических наружных зубчатых поверхностей специальным долбяком:  
1 – заготовка; 2 – оправка; 3 – долбяк; 4 – шпиндель; 5 – позиция  $i$ -го зуба при входе на нарезание;  
6 – позиция  $i$ -го зуба при выходе с нарезания

Необходимые движения при нарезании:

- непрерывное вращательное движение заготовки вокруг своей оси с частотой вращения  $n_d$ ;
- непрерывное вращательное движение инструмента вокруг своей оси с частотой вращения  $n_u$ , согласованное с частотой вращения заготовки:  $n_u = k n_d$ . Здесь  $k$  – коэффициент, выражающий отношения количества зубьев инструмента и колеса;
- радиальная подача  $S$  инструмента (или заготовки) в направлении, перпендикулярном к плоскости, в которой рассматривается угол скрещивания осей инструмента и заготовки  $\alpha$ ;
- однократное движение инструмента (или заготовки) вдоль оси заготовки после достижения необходимой высоты нарезанных зубьев для достижения высокой точности формы.

**Особенности процесса нарезания.** Заготовка 1 (рис. 1) крепится на оправке 2 приспособления, установленного на столе станка, а инструмент-долбяк – 3 на шпинделе 4, причем оси инструмента 3 и заготовки 1 перекрещиваются под острым углом  $\alpha$ . Осуществляется наладка технологической системы, сообщается обкатное движение инструменту и заготовке ( $n_u$  и  $n_d$ ), и один из них, например, инструмент, получает еще радиальное перемещение ( $S$ ). При этом, несмотря на отсутствие осевого относительного перемещения заготовки и инструмента в целом, режущие кромки последнего совершают осевое перемещение (рис. 1), например, от точки 5 до точки 6 с некоторой осевой скоростью  $V_d$ , что обеспечивается конструкцией инструмента и кинематикой нарезания. На рисунке показаны траектории режущих кромок зубьев инструмента под номером  $i$ ,  $(i+1)$ , и т.д. Как показано на схеме, режущий зуб под номером  $i$  входит в теоретическое зацепление с заготовкой в точке 5 и выходит из зацепления в точке 6. При этом осуществляется осевое перемещение режущей кромки зуба относительно заготовки, формируется скорость резания  $V_d$ . Перемещаясь в осевом направлении со скоростью  $V_d$ , режущие кромки зубьев долбяка снимают необходимый слой материала.

Таким образом, при радиальном перемещении инструмента (или заготовки) каждый зуб долбяка, зацепляясь с теоретическим зубом заготовки, перемещается в осевом направлении со скоростью  $V_d$  и снимает материал.

При вращении косозубого долбяка обеспечивается возвращение каждого режущего зуба на исходную рабочую позицию. Так как плоскость наклона оси долбяка является разделительной, зуб инструмента, находящийся справа от этой плоскости, оказывается в рабочей позиции, совершает рабочее движение, и часть этого движения используется для нарезания зубьев колес. Когда зуб инструмента находится слева от разделительной плоскости, он оказывается в нерабочей позиции и совершает вспомогательное движение, возвращающее его в рабочую позицию. После достижения требуемой глубины нарезки прекращают радиальную подачу и осуществляют отвод инструмента.

Для повышения точности формирования профилей нарезанных зубьев, т.е. с целью их калибровки, после достижения необходимой глубины нарезки целесообразен незначительный отвод инструмента в радиальном направлении и подача его корпуса вдоль образующих нарезаемых зубьев для однократного осевого перемещения инструмента. При этом наладочный размер технологической системы принимается таким же, что и при нарезании только радиальной подачей. Однократное перемещение инструмента вдоль оси заготовки обеспечивает калибровку поверхности и уменьшение погрешностей обработки по отклонению формы от цилиндричности. Достаточным условием калибровки по всей длине обработки является выход теоретической линии, выражающий кратчайшее расстояние между осями инструмента и заготовки, за пределы торцов зубчатого венца.

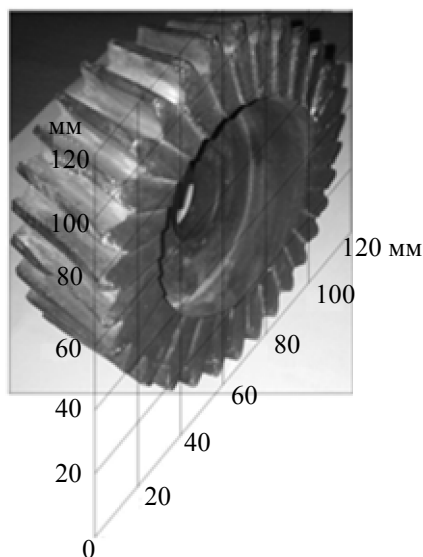


Рис. 2. Косозубый ступенчатый долбяк

Перемещение инструмента вдоль оси заготовки обеспечивает устранение погрешностей обработки в виде отклонений формы от цилиндричности. При обработке внутренних прямых зубьев зубчатых колес специальным долбяком достигается высокая производительность и точность обработки. Это объясняется тем, что каждый нарезаемый зуб колеса формируется всеми зубьями ступенчатого долбяка, что, в свою очередь, обеспечивается определенным отношением количества зубьев инструмента и нарезаемой шестерни.

Высокая производительность и точность обработки могут быть достигнуты тогда, когда каждый нарезаемый зуб обрабатывается, т.е. формируется, всеми зубьями инструмента, что зависит от отношений количества зубьев инструмента и нарезаемой шестерни (рис. 2).

#### Схема нарезания

Последовательность съема материала осуществляется согласно схеме, представленной на рис. 3. Каждый зуб инструмента формирует определенную часть эвольвентного профиля всех формируемых зубьев (или большинства из них) детали. При этом зуб инструмента, перемещаясь радиально, снимает материал в одном и том же секторе зубьев детали, последовательно углубляясь в радиальном направлении.

На рис. 3 представлены некоторые положения трех зубьев инструмента, обозначенные двузначными числами (11, 12, 21, 22, 23 и 31, 32, 33, 34). Десятичная часть числа обозначает номер зуба инструмента, а единичная часть – его положение. Для удобства нумерация положений зубьев произведена, начиная от последних положений. Необходимо отметить, что при хорошей организации технологической операции общая работа, необходимая для нарезания зубьев колеса, распределяется между зубьями инструмента почти равномерно, так как слабо нагруженный зуб инструмента при образовании одного зуба детали (например, зуб 1 на рис. 3), оказывается сильно нагруженным (подобно зубу 3 на рис. 3) при образовании другого зуба.

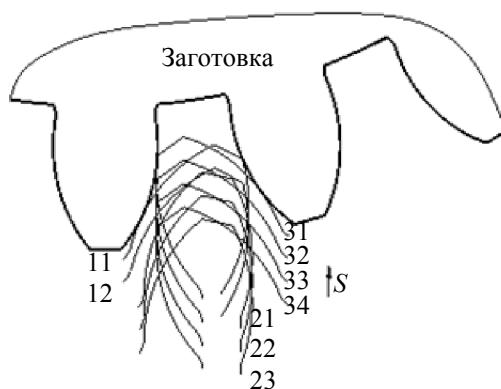


Рис. 3. Схема нарезания зубьев

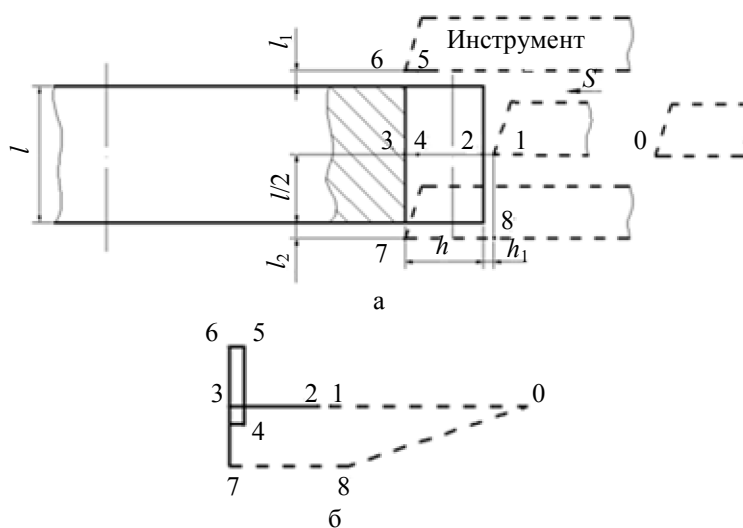


Рис. 4. Схема формирования цикла нарезания зубьев: схема основных положений инструмента (а); цикл обработки (б)

Цикл обработки включает следующие вспомогательные и технологические проходы (рис. 4, б): подача инструмента к заготовке (0–1); радиальная рабочая подача нарезания зубьев на глубину  $h$  (1–2–3); отвод инструмента (3–4); его подача в рабочее положение (4–5–6); калибровка зубьев осевой подачей (6–7); отвод инструмента (7–8–0).

#### Продолжительность нарезания

Машинное время нарезания зубьев складывается из двух частей – время, затрачиваемое на формирование зубьев радиальной подачей и на их калибровку осевым однократным перемещением инструмента – и определяется формулой

$$t_0 = \frac{H_0}{n_n \cdot S} + \frac{L}{V_p} + \left(2 + \frac{L}{2}\right) \cdot \frac{1}{V_x} \approx \frac{H_0}{n_n \cdot S} + \frac{1}{n_0}, \quad (1)$$

где  $H_0 = h + h_1$ ;  $L = l + l_1 + l_2$ ;  $h$  и  $l$  – высота и длина зубьев;  $h_1$  и  $l_1$  – радиальное и осевое врезания;  $l_2$  – перебег;  $V_p$  и  $V_x$  – скорость рабочего и холостого перемещений инструментальной головки;  $n_0$  – число двойных ходов в минуту.

В формуле (1) величина отвода инструмента (3–4, рис. 4, а) принята равной 2 мм.

#### Опробование процесса нарезания зубьев косозубым ступенчатым долбяком

Для опробования и промышленного испытания разработанного метода под руководством одного из авторов было создано модернизированное оборудование на базе вертикально-фрезерного станка мод. 6Р13 (существующие зуборезные оборудования не обеспечивают условий, требуемых для реализации данного метода). Для передачи вращательного движения на заготовку и синхронизации частоты вращения инструмента и заготовки оборудование оснащено карданной передачей и коробкой скоростей. Кардан жестко закреплен на боковой поверхности шпиндельной бабки, получает вращение от шпинделя станка с помощью сменных зубчатых пар и передает его на ведущий вал коробки скоростей. Двухступенчатая ко-

робка скоростей закреплена на столе станка, а на ее выходном вале предусмотрена шейка для установки заготовки.

Спроектированы и изготовлены зубонарезные ступенчатые долбяки разной конструкции. Они имеют дисковые конструкции и изготовлены на машиностроительном заводе им. Г. Мусабекова и на Бакинском заводе нефтяного машиностроения (рис. 2). При этом учтены установившиеся на практике особенности проектирования и изготовления долбяков применительно к ступенчатым [16, 17]. Точность параметров рабочих частей инструментов была низкой по сравнению с требованиями [18]. Это связано с низкой культурой производства на указанных заводах по сравнению со специализированными инструментальными заводами, изготавливающими долбяки.

Были изготовлены заготовки из чугуна марки СЧ 18 и из стали марки 40, предназначенные для нарезания цилиндрических наружных прямых зубьев с модулем  $m = 3$ , количества зубьев  $z = 24$  и  $34$ , длиной зубьев  $15$  и  $24$  мм. Стальные заготовки имели конструкцию детали, производимой заводом им. Г. Мусабекова. Эксперименты проведены на машиностроительном заводе им. Г. Мусабекова. Режим нарезания зубьев: частота вращения инструмента  $n_n = 315$  об/мин; радиальная подача  $S = 0,025$  мм/об; осевая подача калибровки – ручная; смазывающе-охлаждающая жидкость – масло индустриальное.

Измеряли и оценивали отклонение шага, накопленную погрешность шага зубчатого колеса, колебание длины общей нормали, отклонение направления зуба, отклонение толщины зуба. Были использованы средства измерения, предложенные в [2]. Установлено, что нарезание зубьев ступенчатым долбяком обеспечивает 8–9 степени точности по [1]. На специальном станке можно нарезать зубчатые поверхности, обладающие качеством не ниже 8 степени точности.

Таким образом<sup>1</sup>, нарезание цилиндрических прямых зубьев разработанным методом оказалось производительнее в 1,5–1,6 раза и эффективнее обычного зубодолбления (с учетом стоимости изготовления инструментов и т.п.) на 17%.

### Заключение

1. Разработан новый метод скоростного зубодолбления прямых зубьев цилиндрических колес косо зубым ступенчатым долбяком. Метод имеет следующие отличительные особенности:
  - зубья долбяка расположены ступенчато вдоль собственной оси. В результате, плоскость, проходящая через соответствующие точки режущих лезвий зубьев инструмента, составляет некоторый угол наклона ( $\gamma \neq 90^\circ$ ) с осью. Это определяет относительное осевое смещение – высоты ступеней зубьев;
  - нарезание зубьев осуществляется при непрерывном станочном зацеплении долбяк–заготовка, при радиальной подаче инструмента. При этом аналогичные участки профилей всех зубьев или их большинство формируются одним и тем же зубом инструмента. После достижения необходимой высоты нарезанных зубьев осуществляется калибрование – однократное перемещение инструмента вдоль оси заготовки, нарезание профилей всех зубьев реализуется со всеми зубьями инструмента, достигается высокая точность обработки;
  - зуб инструмента, находящийся с одной стороны от плоскости наклона, совершает рабочее движение, на другой стороне разделительной плоскости он оказывается в нерабочей позиции и совершает вспомогательное движение, возвращающее его в рабочую позицию.
2. Опробование и промышленное испытание процесса нарезания зубьев косо зубым ступенчатым долбяком осуществлены на модернизированном оборудовании на базе вертикально-фрезерного станка мод. 6P13. Промышленные испытания показали, что нарезание цилиндрических прямых зубьев разработанным методом оказалось производительнее в 1,5–1,6 раза по сравнению с традиционным зубодолблением, а качество обработанных поверхностей и точность не уступают сравниваемому.

### References

1. *GOST 1643-81. Osnovnye normy vzaimozamenyaemosti. Peredachi zubchatye tsilindricheskie. Dopuski* [State Standard 1643-81. The main norms of interchangeability. Cylindrical gearing. Tolerances]. Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 1981, 45 p.
2. *Proizvodstvo zubchatykh koles* [Manufacture of gear wheels]. Ed. B.A. Tait's. 3<sup>rd</sup> ed. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1990, 464 p.
3. Tarapanov A.S., Kharlamov A.S. *Upravlenie protsessom zubodolbleniya* [Gear shaping process control]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1999, 128 p.
4. Kalashnikov A.S. *Tekhnologiya izgotovleniya zubchatykh koles* [Technology of manufacturing of gear wheels]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 2004, 480 p.

<sup>1</sup> Результаты проведенных многочисленных теоретических и экспериментальных исследований будут представлены в очередных работах.

5. *Tekhnologiya proizvodstva i metody obespecheniya kachestva zubchatykh koles i peredach* [Production technology and quality provision of gears and transmissions]. Eds V.E. Starzhinskii, M.M. Kane. St. Petersburg, Professiya Publ., 2007, 832 p.
6. Artamonov V.D., Fedorov Yu.N. *Analiz effektivnosti protsessov zubonarezaniya tsilindricheskikh koles* [Analysis of efficiency of cutting teeth processes of cylindrical gear-wheels]. Tula, Tula State University, 2008, 356 p.
7. Artamonov V.D. *Tekhnologicheskie osnovy povysheniya effektivnosti zubonarezaniya tsilindricheskikh koles s prodol'noi modifikatsiei zub'ev*. Diss. dokt. tekhn. nauk [Technological bases of increase of efficiency of cylindrical gear-wheels with longitudinal modification of the teeth. Dr. eng. sci. diss.]. Tula, 2011, 456 p.
8. Rasulov N.M., Rasulov R.S. *Sposob formoobrazovaniya zub'ev zubchatykh koles kosozubym dolbyakom* [Method of forming the teeth of the gears with a helical gear cutter]. Patent RF, no. 2064377, 1996.
9. Rasulov N.M. *Povyshenie effektivnosti obrabotki detalei so slozhnymi poverkhnostyami vrashcheniya*. Diss. dokt. tekhn. nauk [Increase of efficiency of treatment of parts with complex surfaces of rotation. Dr. eng. sci. diss.]. Baku, 2000, 295 p.
10. Rasulov N.M., Rasulov R.C., Nadirov U.M. O narezanii zub'ev so spetsial'nym dolbyakom [About cutting teeth with a special shaping cutter]. *Proektirovanie i proizvodstvo. Materialy 7 Mezhdunarodnoi konferentsii* [Design and production. Proc. of the 7<sup>th</sup> International Conference]. Ankara, Turkey, 1996, pp. 399–410. (In Turkish)
11. Rasulov N.M., Nadirov U.M., Aliguliev F.A. Analiz nekotorykh parametrov stanochnogo zatsepleniya pri narezanii zub'ev spetsial'nym dolbyakom [Analysis of some parameters of machine gearing while cutting teeth special shaping cutter]. *Materialy dokladov 43 Nauchno-tekhnicheskoi i metodicheskoi konferentsii* [Proc. of the 43<sup>rd</sup> Scientific and technical and methodical conference]. Baku, Azerbaijan Technical University, 1995, pp. 68–69.
12. Rasulov N.M. Skorost' rezaniya pri narezanii vnutrennikh zub'ev so spetsial'nym dolbyakom [Cutting speed for cutting internal gears with a special shaping cutter]. *Uchenye zapiski* (Azerbaijan Technical University, Baku), 1995, no. 1, pp. 35–38.
13. Rasulov N.M., Nadirov U.M., Amiraslanov P.A. O tochnosti po diametru narezannykh spetsial'nym dolbyakom zubchatykh poverkhnostei [About the accuracy of the diameter of the cut special shaping cutter jagged surfaces]. *Uchenye zapiski* (Azerbaijan State Oil Academy, Baku), 1995, no. 1, pp. 60–64.
14. Rasulov N.M. Vliyaniye kinematiki narezaniya zub'ev so spetsial'nym dolbyakom na tochnost' obrabotki [The impact of the kinematics of cutting the teeth with special shaping cutter for precision machining]. *Uchenye zapiski* (Azerbaijanskii tekhnicheskii universitet, Baku), 1994, no. 3, pp. 24–29.
15. Rasulov N.M., Nadirov U.M., Guseinov G.R. Analiz tochnosti zubodolbleniya [Analysis of the gear shaping accuracy]. *Mekhanika-mashinostroenie* (Baku), 2003, no. 4, pp. 55–57. (in Azerbaijani)
16. *Spravochnik instrumental'shchika* [Directory toolmaker]. Ed. I.A. Ordinartsev. Leningrad, Mashinostroenie Publ., 1987, 846 p.
17. Fel'dshtein E.E., Kornievich M.A. *Metallorzhushchie instrumenty. Spravochnik konstruktora* [Metal-cutting tools. Directory designer]. Minsk, Novoe znanie Publ., 2009, 1039 p.
18. *GOST 9323-79. Dolbyaki zuboreznye chistovyye. Tekhnicheskie usloviya* [State Standard 9323-79. Shaper cutters finishing. Technical conditions]. Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 1987, 72 p.

<b>Расулов Нариман Мозбил</b>	– доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой, Азербайджанский технический университет, Баку, Азербайджан, nariman.rasulov@yahoo.com
<b>Гусейнов Гумбат Рагим</b>	– кандидат технических наук, старший преподаватель, Азербайджанский технический университет, Баку, Азербайджан, rasulzade_office@rambler.ru
<b>Надилов Узурлу Магомед</b>	– кандидат технических наук, доцент, Азербайджанский технический университет, Баку, Азербайджан, n_ugurlu@mail.ru
<b>Nariman Rasulov</b>	D.Sc., Professor, Department head, Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan, nariman.rasulov@yahoo.com
<b>Humbat Guseynov</b>	PhD, senior lecturer, Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan, rasulzade_office@rambler.ru
<b>Ugurlu Nadirov</b>	PhD, Associate professor, Associate professor, Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan, rasulzade_office@rambler.ru