

## Библиографические ссылки

1. Литвин Ф. Л. Теория зубчатых зацеплений. – М. : Наука. – 1968. – 584 с.
2. Там же.
3. Там же.
4. Там же.
5. Там же.
6. Там же.
7. Там же.
8. Шишов В. П., Носко П. Л., Филь П. В. Теоретические основы синтеза передач зацеплением. – Луганск : СНУ им. Даля, 2006. – 408 с.
9. Babichev D., Storchak M. Synthesis of cylindrical gears with optimum rolling fatigue strength // Production Engineering. Research and Development. – 2015. – Vol. 9, no. 1. – P. 87–97. – ISSN 0944-6524.
10. Лагутин С. А. Пространство зацепления и его элементы // Машиноведение. – 1987. – № 4. – С. 69–73.
11. Там же.
12. Справочник по геометрическому расчету эвольвентных зубчатых и червячных передач / И. А. Болотовский, В. И. Безруков, О. Ф. Васильев [и др.]. – М. : Машиностроение, 1986. – 448 с.
13. Гольдфарб В. И., Ткачëв А. А. Проектирование эвольвентных цилиндрических передач. Новый подход. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2004. – 94 с.
14. Babichev D., Storchak M. Указ. соч.
15. Лагутин С. А. Указ. соч.
16. Шишов В. П., Носко П. Л., Филь П. В. Указ. соч.
17. Babichev D., Storchak M. Указ. соч.
18. Лагутин С. А. Указ. соч.
19. Гольдфарб В. И., Ткачëв А. А. Указ. соч.
20. Lebeck Alan O., Radzimovsky E. J. The Synthesis of profile shapes and spur gears of high to-ad Capacity // Trans. ASME, 1970, B92, no. 3, p. 543–553.
21. Goldfarb V., Malina O., Trubachev E. New Concept of the Process of Designing Gearboxes and Gear Systems // Mechanisms and Machine Science. – 2016. – No. 4. Theory and Practice of Gearing and Transmissions. – Pp. 405–423.
22. Бабичев Д. Т. Развитие теории зацеплений и формообразования поверхностей на основе новых геометрокинematicких представлений : дис. ... д-ра техн. наук. – Тюмень, 2005. – 421 с.
23. Бабичев Д. Т., Сторчак М. Г., Бабичев Д. А. Основы концепции синтеза рабочих поверхностей зубьев цилиндрических передач, обладающих заданной контактной прочностью // Современное машиностроение. Наука и образование. – 2012. – С. 150–160. – SSN 2223-0807.
24. Lebeck Alan O., Radzimovsky E. J. Указ. соч.
25. Babichev D., Storchak M. Указ. соч.
26. Бабичев Д. Т. Указ. соч.
27. Бабичев Д. Т., Сторчак М. Г., Бабичев Д. А. Указ. соч.
28. Бабичев Д. Т. Указ. соч.
29. Babichev D., Storchak M. Указ. соч.
30. Шишов В. П., Носко П. Л., Филь П. В. Указ. соч.

Получено 18.04.2017

УДК 621.833

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-74-76

**А. Н. Головко**, Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского) федерального университета  
**С. Ю. Юрасов**, кандидат технических наук, доцент, Набережночелнинский институт (филиал)  
 Казанского (Приволжского) федерального университета

## УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ КОНСТРУКЦИЯ ШЕВЕРА С ВИНТОВЫМИ РЕЖУЩИМИ КРОМКАМИ ДЛЯ ЧИСТОВОЙ ОБРАБОТКИ ЗУБЬЕВ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

**П**овышение конкурентоспособности автомобилей на мировом рынке в существенной степени связано с совершенствованием технологии обработки зубьев зубчатых колес.

Известны конструкции инструментов для чистовой обработки зубьев эвольвентных зубчатых колес со спирально-винтовыми режущими кромками, выполненными на одной боковой стороне витков [1, 2]. Обработка зубчатых колес производится при согласованном вращении инструмента и детали вокруг своих осей и перемещении их относительно друг друга в осевом направлении детали, причем обработка правой или левой стороны профиля зубьев возможна только после переустановки колеса.

Недостатком этих инструментов является сложность конструкции и технологии изготовления.

Известна конструкция инструмента червячного типа для чистовой обработки зубьев эвольвентных

зубчатых колес, выполненного с непрерывными винтовыми режущими кромками, при этом его винтовая поверхность имеет прямоугольный профиль [3].

Недостатком этого инструмента является то, что режущий клин при его работе имеет не вполне удовлетворительную геометрию: передние и задние углы на режущих кромках практически равны нулю.

Известен также инструмент (шевер) для чистовой обработки зубьев эвольвентных зубчатых колес, выполненный с непрерывными винтовыми режущими кромками, отличающийся от конструкции Чемборисова Н. А. и соавторов [4] тем, что режущий клин имеет конструктивно выполненный задний угол [5].

Последовательная обработка правой и левой стороны профиля зубьев колеса разными винтовыми режущими кромками данным инструментом обеспечивает повышение его стойкости, а также существенно уменьшает вспомогательное время, исключая

необходимость переустановки колеса, и тем самым повышает производительность процесса.

Недостатками данной конструкции являются неблагоприятные условия работы режущего клина из-за отсутствия конструктивно выполненного переднего угла, что приводит к низкой производительности обработки.

Ввиду того что было выявлено, что при переточке по наружной цилиндрической поверхности увеличивается величина «органической» погрешности профиля зуба колеса, была разработана схема, корректирующая «органическую» погрешность за счет дополнительной переточки по боковой поверхности витка инструмента, являющейся задней поверхностью [6, 7]. В связи с этим для упрощения процедуры переточки инструмента и минимизации возникающей «органической» погрешности при переточке по наружной цилиндрической поверхности было принято решение о внесении в конструкцию инструмента Н. В. Сморкалова и соавторов [8] положительного переднего угла  $\gamma$ , образованного радиусной канавкой, и двух стабилизирующих ленточек шириной  $l$ , выполненных на наружной цилиндрической поверхности. При этом улучшается врезание инструмента в металл, уменьшается деформация стружки и улучшается ее сход, уменьшаются сила и мощность резания.

Усовершенствованная конструкция инструмента (рис. 1, 2, 3) содержит режущие витки 1, на которых выполнены две непрерывные винтовые режущие кромки 2, образованные при пересечении каждой из боковых винтовых поверхностей 3 витка 1 с наружной поверхностью инструмента. При этом наружная поверхность инструмента выполнена в виде радиусной канавки 4, которая обеспечивает положительный передний угол  $\gamma$  и двух стабилизирующих ленточек 5 шириной  $l$ . Радиус канавки 4 определяется следующей зависимостью (рис. 4):

$$R = \frac{B/2 - l}{\sin \gamma},$$

где  $B$  – ширина витка;  $l = 0,05 \dots 0,1$  мм.

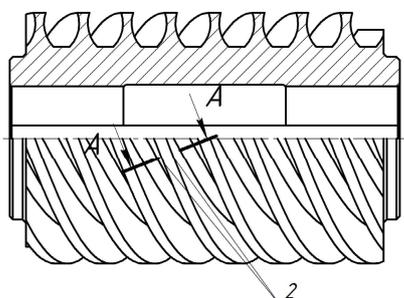


Рис. 1. Усовершенствованная конструкция шевера с винтовыми режущими кромками

Данное изменение в конструкции Н. В. Сморкалова и соавторов [9] избавило от необходимости в непроизводительной геометрии и переточке по передней поверхности, что позволило свести переточку

инструмента только по задней поверхности с возможностью коррекции осевого хода инструмента.

A-A (10:1) ○

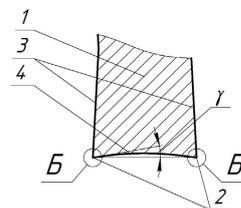


Рис. 2. Усовершенствованная конструкция шевера с винтовыми режущими кромками (сечение А-А)

Б (100:1)

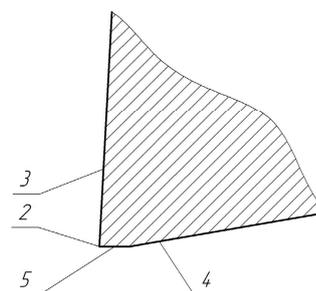


Рис. 3. Усовершенствованная конструкция шевера с винтовыми режущими кромками (вид Б)

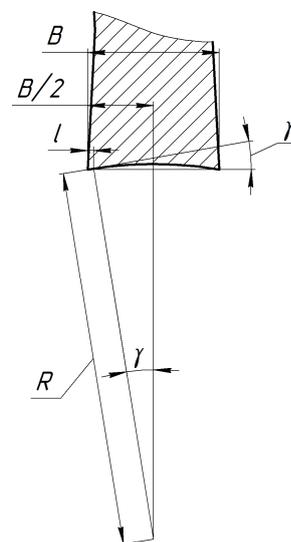


Рис. 4. Расчетная схема для определения величины радиусной канавки

#### Библиографические ссылки

1. А.с. 1106609 СССР, МКИ В 23 F 21/16. Инструмент для чистовой обработки зубчатых колес / С. П. Радзевич (СССР). – № 100408 ; заявл. 27.09.82 ; опубл. 07.08.84, Бюл. № 29. – 2 с. : ил.
2. А.с. 1004030 СССР, МКИ В 23 F 21/16. Червячный инструмент / С. П. Радзевич (СССР). – № 3277248/25-08 ; заявл. 16.04.81 ; опубл. 15.03.83, Бюл. № 10. – 2 с. : ил.
3. Пат. 103771 Российская федерация, МПК В 23 F 21/00, В 23 F 5/22. Инструмент червячного типа для чистовой

вой обработки зубчатых колес / Н. А. Чемборисов, Р. М. Хисамутдинов, В. А. Авдеев; заявитель и патентообладатель ОАО «КамАЗ» – № 2010148631/02 ; заявл. 29.11.2010 ; опубл. 27.04.2011, Бюл. № 12. – 10 с. : ил.

4. Там же.

5. Пат. 2005013 Российская федерация, МПК В 23 F 19/00, В 23 F 5/22. Способ чистовой обработки зубьев эвольвентных зубчатых колес / Н. В. Сморгалов, В. П. Скрипин, В. П. Птицын, Ю. Ф. Белугин; заявитель и патентообладатель Камский политехнический институт. – № 4900645/08 ; заявл. 31.10.90 ; опубл. 30.12.93, Бюл. № 47-48. – 5 с. : ил.

Получено 20.04.2017

6. Головки А. Н., Головки И. В. Расчет погрешности профиля зуба колеса при «бреющем» зубочерчении // СТИН. – 2012. – № 10. – С. 34–36.

7. Головки А. Н., Головки И. В. Определение оптимальных конструктивных параметров «бреющего» червяка для компенсации систематической составляющей технологической погрешности профиля зуба шестерни // СТИН. – 2012. – № 12. – С. 17–19.

8. Пат. 2005013 Российская федерация, МПК В 23 F 19/00, В 23 F 5/22. Способ чистовой обработки зубьев эвольвентных зубчатых колес.

9. Там же.

УДК 621.833.38

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-76-81

Е. С. Трубочев, доктор технических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Т. В. Савельева, Институт механики ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Т. А. Пушкарёва, студентка, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Л. Н. Фарушкина, студентка, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

## НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ОСВОЕНИЯ СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА ОТВЕТСТВЕННОЙ ЧЕРВЯЧНОЙ ПЕРЕДАЧИ

### Введение

Особый интерес в практике проектирования и отладки производства зубчатых передач представляют случаи, когда требуется применить большой арсенал средств и методов оценки проектного решения. В настоящей статье рассмотрен один из таких случаев ответственной и относительно высоконагруженной червячной передачи 6-й степени точности по ГОСТ 3675–81. Применение тщательно автоматизированного проектирования и анализа зацепления с учетом случайного характера комплекса технологических погрешностей, ограничений технологического характера и некоторых проявившихся непосредственно в ходе реализации технологического процесса особенностей позволило в короткие сроки наладить серийное производство указанных пар и обеспечить удовлетворительные экономические показатели производства.

### Исходная передача

Основные параметры и характеристики исходной передачи и редуктора, принятые во внимание при проектировании, приведены в табл. 1.

Дополнительные требования:

– применение имеющегося на рынке высокоточного инструмента – червячно-модульных фрез классов точности А и АА (на возможность и целесообразность этого, пожалуй, первым указал С. А. Лагутин [1]);

– обеспечение низкой чувствительности пятна контакта и бокового зазора к погрешности осевого положения колеса (сборка без регулировки).

Таблица 1. Параметры исходной передачи

Наименование, обозначение параметра	Значение параметра
Межосевое расстояние $a_w$ , мм	100
Передаточное число $u_{12}$	48/1
Осевой модуль $m_{x1}$ , мм	3,25
Делительный диаметр червяка $d_1$ , мм	44
Ширина венца червячного колеса $b_2$ , мм	30
Нормальные углы профиля витка червяка $\alpha_n$ , °	20
Коэффициент расчетной толщины витка червяка $s_1^*$	1,571
Вращающий момент на колесе $T_2$ , Н·м	995
КПД (при коэффициенте трения $f=0,04$ ), %	67,6
Степень точности по ГОСТ 3675–81 для червяка/колеса	6/7
Допустимый уровень шума при работе редуктора, дБ	73
Виброскорость, измеренная на корпусе редуктора, мм/с	0,6
Боковой зазор в зацеплении, $j_m$ , мм	0,03-0,06

### Проектирование передачи

Конечно, производство передачи 6-й степени точности – это, в первую очередь, задача обеспечения соответствующего уровня элементов технологии и организации производства, однако в рассматриваемом случае эта задача была существенно осложнена условием применения существующего оборудования, хотя и поддерживаемого в удовлетворительном техническом состоянии, но, однако, в основном не нового. В этих условиях именно локализация контакта «позволяет сохранить качество выпускаемых передач на достаточно высоком уровне» [2]. Перечисленные