

УДК 621.914.2

**Канд. техн. наук С. И. Дядя<sup>1</sup>, Е. Б. Козлова<sup>1</sup>,  
канд. техн. наук Э. В. Кондратюк<sup>2</sup>, А. В. Шевченко<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Запорожский национальный технический университет,*

<sup>2</sup>*ГП «Ивченко-Прогресс»; г. Запорожье*

## **КОНСТРУКЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ КОНЦЕВОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ФРЕЗЫ С ИЗМЕНЯЕМЫМИ УГЛАМИ ВИНТОВЫХ РЕЖУЩИХ КРОМОК**

*Описана конструкция и технология заточки экспериментальной концевой цилиндрической фрезы с изменяемыми углами винтовых режущих кромок.*

**Ключевые слова:** тонкостенная деталь, фреза, концевое цилиндрическое фрезерование, винтовая режущая кромка.

За рубежом появились исследования [1], направленные на разработку новых конструкций концевых фрез повышенной виброустойчивости для обработки тонкостенных деталей на станках с ЧПУ. Идея этих разработок состоит в том, что изменением угла наклона винтовой режущей кромки  $\omega$  каждого последующего зуба, можно добиться разрушения механизма самонастраивания регенеративных автоколебаний. Регенеративные автоколебания наблюдаются в широком скоростном диапазоне фрезерования (особенно при обработке тонкостенных деталей), когда на поверхности резания появляются волны, как результат взаимного отклонения маложесткой детали и концевого инструмента. При одинаковом угле наклона винтовой режущей кромки  $\omega$ , каждый последующий зуб фрезы срезает стружку не только переменной толщины, связанной с кинематикой цилиндрического фрезерования, но и переменной толщины, связанной с появлением волнистости на поверхности резания, т. е. наблюдается хорошо известный эффект — **резания по предыдущему вибрационному следу**.

При рассмотрении развертки поверхности резания установлено, что направление волн соответствует углу наклона винтовой режущей кромки  $\omega$ , как показано на рис. 1, а, причем их смещение, при резании каждым очередным зубом, при встречном фрезеровании, направлено против направления перемещения режущей кромки  $-A$ , а при попутном совпадает с направлением  $-A$  [2]. Таким образом, волны на поверхности резания после нескольких проходов зубьев с одинаковым углом наклона режущей кромки  $\omega$  начинают перемещаться с определенной фазой смещения  $-\psi$ , настраивая механизм самовозбуждения автоколебаний. Но, если каждый последующий зуб фрезы будет иметь угол наклона винто-

вой режущей кромки  $\omega_2$ , отличный от угла  $\omega_1$  у предыдущего зуба, то механизм самонастраивания автоколебаний будет нарушен и уровень их возбуждения будет намного ниже (рис. 1, б).

Влияние уровня изменения углов наклона режущей кромки  $\omega$  на возбуждение автоколебаний при концевом цилиндрическом фрезеровании возможно исследовать экспериментально, если разработать конструкцию фрезы, у которой каждый режущий зуб можно устанавливать с различными углами  $\omega$ .

**Целью настоящей статьи** является описание конструкции экспериментальной концевой цилиндрической фрезы с изменяемыми углами винтовых режущих кромок  $\omega$  и метода их заточки.

В работе [2] описан экспериментальный стенд для изучения вынужденных и автоколебаний, возникающих в тонкостенной детали при ее концевом фрезеровании. Особенностью стенда является возможность отдельного изучения влияния условий стружкообразования и свойств упругой системы (УС) тонкостенной детали на особенности возбуждения колебаний. Стенд позволяет рассматривать условия свободного, прямо- и косоугольного цилиндрического фрезерования с различной шириной среза  $-b$ .

Конструкция фрезы (рис. 2) приспособлена для проведения экспериментальных исследований на этом измерительном стенде.

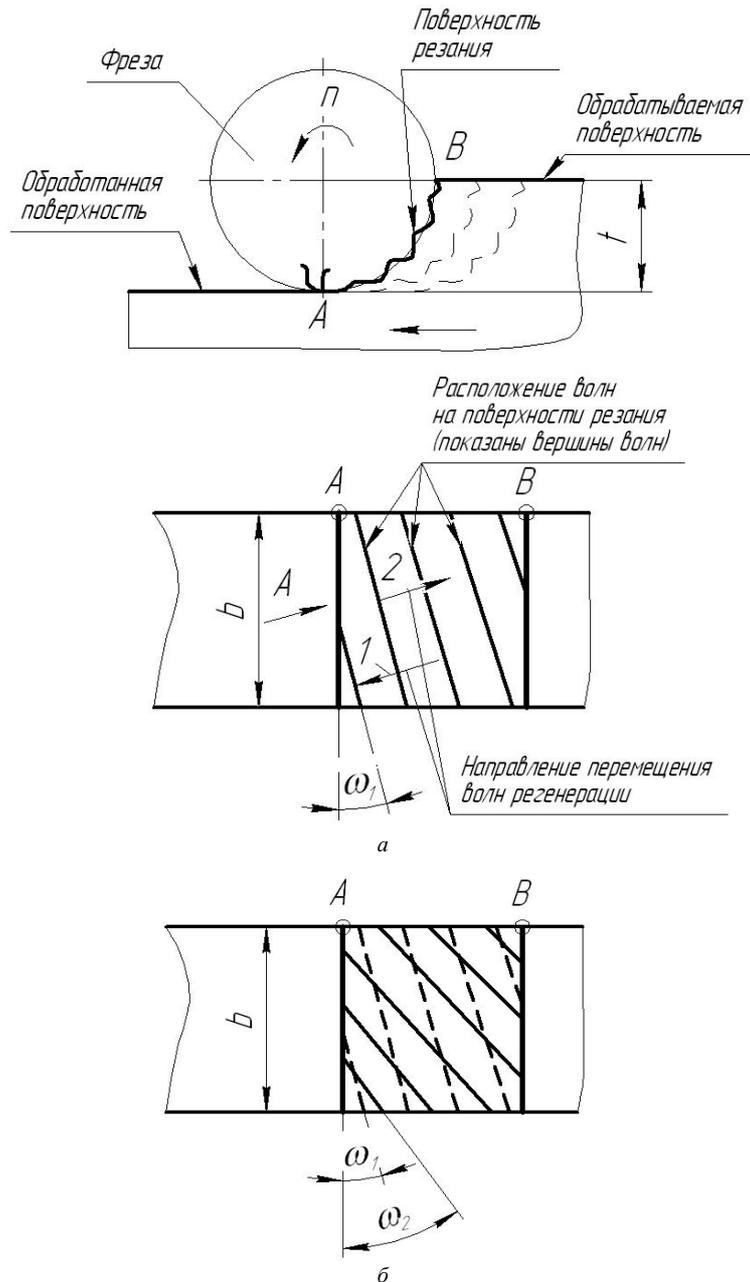
В корпус 1 можно устанавливать от одного до четырех режущих зубьев  $-2$ , имеющих круглое поперечное сечение. Это позволяет поворачивать их (т. е. режущие кромки) в широком диапазоне углов наклона  $\omega \pm 45^\circ$  по отношению к оси фрезы.

Сверху и снизу режущий зуб  $-2$  закрепляется винтами  $-4$ , через свинцовые прокладки  $-5$ .

Обратная сторона режущего зуба сделана в виде конуса с углом  $45^\circ$ , который упирается в коническую поверхность упора – 3. Упор препятствует радиальному перемещению режущего зуба при его ударе в процессе фрезерования. По мере износа режущего зуба и его переточки, упор может перемещаться по резьбе вверх и поддерживать плотный контакт с зубом. Для предотвращения проворачивания упора – 3, предусмотрены стопорные винты – 6 и свинцовые прокладки – 5.

Общий вид экспериментальной концевой 4-зубой цилиндрической фрезы с изменяемыми углами винтовых режущих кромок представлен на рис. 3.

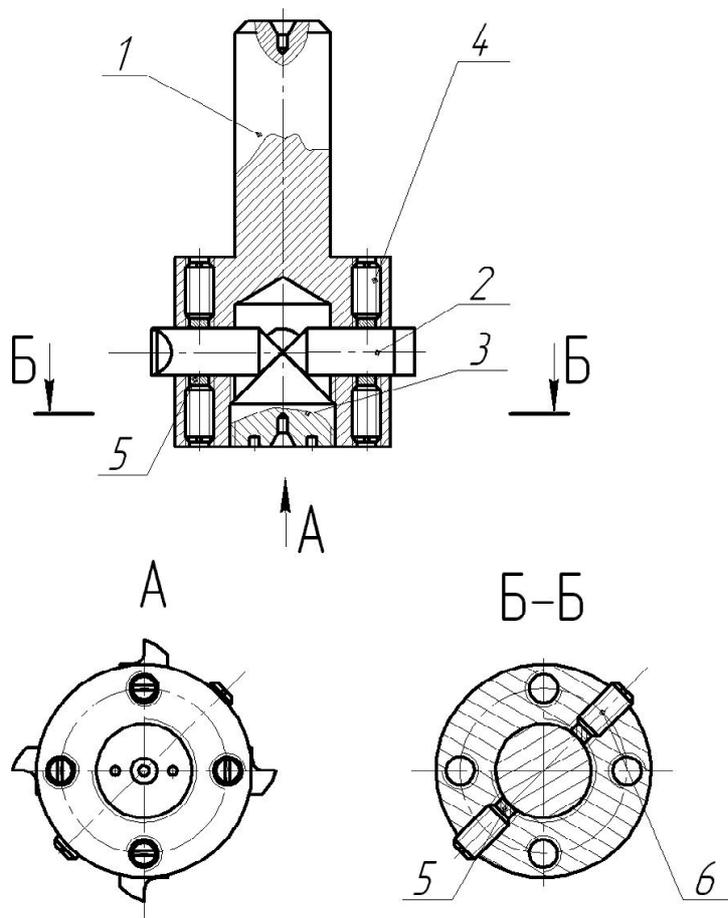
На рис. 4 представлено приспособление для винтовой заточки режущей кромки фрезы, которое закрепляется на столе универсального станка мод. 3А64. Заточку производят кругами чашечного профиля по задней поверхности, рис. 5.



**Рис. 1.** Развертка поверхности резания при цилиндрическом фрезеровании с волнами регенерации:

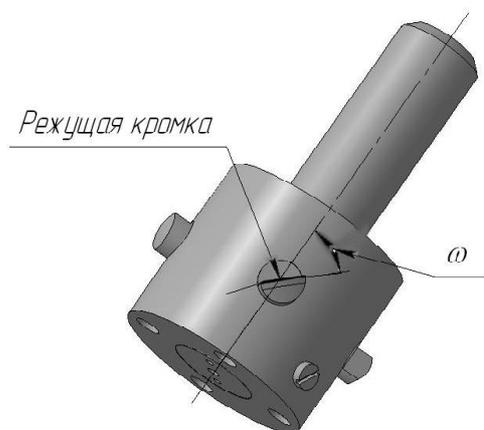
*a* – расположение волн регенерации на поверхности резания и направление их перемещения при резании зубом с одинаковыми углами –  $\omega$ ; *b* – расположение волн регенерации на поверхности резания при проходе каждого очередного зуба с различными углами  $\omega$ . 1 – при встречном фрезеровании; 2 – при попутном фрезеровании.

*A* – направление перемещения режущей кромки по поверхности резания

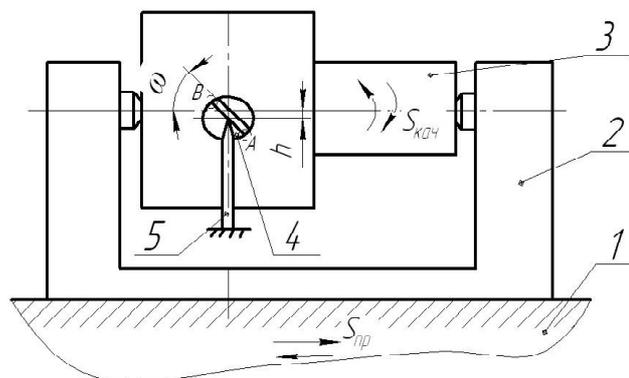


**Рис. 2.** Конструкция экспериментальной концевой цилиндрической фрезы с изменяемыми углами винтовых режущих кромок –  $\omega$ :

1 – корпус фрезы; 2 – режущий зуб; 3 – регулируемый упор; 4 – винт для крепления зуба фрезы; 5 – свинцовая прокладка; 6 – винты для крепления упора



**Рис. 3.** Общий вид экспериментальной концевой 4-зубой цилиндрической фрезы с изменяемыми углами винтовых режущих кромок –  $\omega$



**Рис. 4.** Приспособление для заточки винтового зуба по задней поверхности:

1 – стол заточного станка; 2 – приспособление; 3 – концевая цилиндрическая фреза; 4 – режущий зуб; 5 – упорка

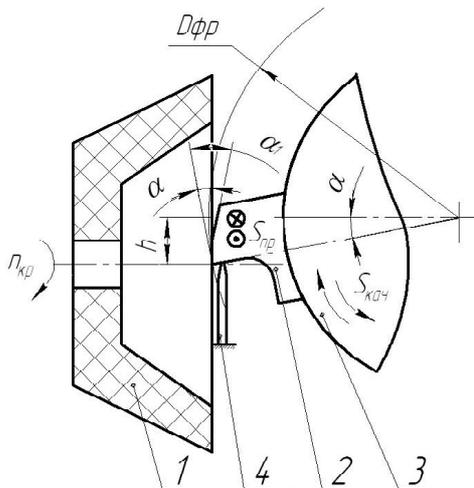


Рис. 5. Схема заточки винтового режущего зуба:

1 – шлифовальный круг; 2 – зуб фрезы; 3 – корпус фрезы; 5 – упорка

Передняя поверхность зуба фрезы плоская, с углом  $\gamma = 0$ , опирается на упорку – 5 и скользит по ней при качании фрезы и продольном возвратно-поступательном движении стола заточного станка. В результате этих движений формируется винтовая линия режущей кромки с одинаковым значением заднего угла  $\alpha$  по всей ее длине.

Угол  $\alpha$  может быть определен по формуле:

$$\alpha = \arcsin \frac{2h}{D_{фр}},$$

где  $h$  – высота опускания режущей кромки от оси фрезы на расстоянии радиуса фрезы  $\frac{D_{фр}}{2}$ .

Величину угла  $\omega$  выставляют поворотом зуба фрезы до заточки.

#### Выводы

Разработаны конструкция и технология заточки экспериментальной концевой цилиндрической фрезы, позволяющей установку режущих зубьев с разным углом наклона винтовых режущих кромок  $\omega$ .

#### Список литературы

1. Ahmad Yusoff Optimisation of variable helix end milling tools. (The University of Sheffield), PhD, 22/09/2010. – 204 p.
2. Логоминов В. А. Формирование шероховатости обработанной поверхности при концевом цилиндрическом фрезеровании тонкостенных элементов деталей : дис. ... кандидата техн. наук : 05.03.01 / Логоминов Виктор Алексеевич. – Запорожье, 2013. – 226 с.

Поступила в редакцию 22.04.2014

**Дядя С.І., Козлова О.Б., Кондратюк Е.В., Шевченко А.В. Конструкція експериментальної кінцевої циліндричної фрези із змінюваними кутами гвинтових різальних кромок**

*Описана конструкція і технологія заточування експериментальної кінцевої циліндричної фрези із змінюваними кутами гвинтових різальних кромок.*

**Ключові слова:** тонкостінна деталь, фреза, кінцеве циліндричне фрезерування, гвинтова різальна кромка.

**Diadia S., Kozlova Ye., Kondratjuk E., Shevchenko A. Construction of experimental end-capping cylindrical milling cutter with changeable corners of spiral cutting edges**

*A construction and technology of sharpening of experimental end-capping cylindrical milling cutter are described with the changeable corners of spiral cutting edges.*

**Key words:** the thin-walled detail, milling cutter, end-capping cylindrical milling, spiral cutting edge.