

УДК 621.914

Д.А. Гончаров,
А.М. Гончаров, канд. техн. наук, Кременчуг, Украина

ЗАВИСИМОСТЬ ТОЧНОСТИ НЕЗАТЫЛОВАННЫХ ЧЕРВЯЧНЫХ ФРЕЗ ОТ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ И КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ

Досліджено вплив різних геометричних і конструктивних параметрів збірних черв'ячних фрез при їх переточуванні на характер зміни профілю виробляючої поверхні і виникаючими при цьому похибками обробки. Визначено оптимальні геометричні та конструктивні параметри при проектуванні фрез, що забезпечують найменші похибки.

Исследовано влияния различных геометрических и конструктивных параметров сборных червячных фрез при их переточке на характер изменения профиля производящей поверхности и возникающими при этом погрешностями обработки. Определены оптимальные геометрические и конструктивные параметры при проектировании фрез, обеспечивающие наименьшие погрешности.

The effect of various geometric and structural parameters of modular hobs when regrinding the nature of the change in the profile of the generating surface and the concomitant errors in processing. The optimal geometry and design parameters for the design of mills that provide the least error.

Введение. Сборные червячные фрезы с поворотными зубчатыми рейками являются наиболее прогрессивным инструментом, так как обеспечивают высокую производительность обработки зубчатых колес. Наибольшего распространения рассматриваемые фрезы получили в автомобильной и тракторной промышленности. Существует большое разнообразие различных конструкций червячных фрез с переносимыми или поворотными рейками, наиболее распространёнными из которых являются фрезы, у которых передняя поверхность зуба выполнена по прямолинейной образующей.

Введение рациональных по стойкости передних углов является резервом дальнейшего увеличения эффективности использования данных фрез. Однако введение передних углов скажется на точности этих фрез в процессе их переточки. На точность таких фрез влияют как их геометрические параметры, так и параметры установки реек в технологических корпусах при их шлифовании по необходимому профилю. При проектировании таких фрез важным является выбор этих параметров, обеспечивающих минимальные погрешности при обработке зубчатых колес, вызванные переточкой инструмента.

Анализ предыдущих исследований. По сравнению с обычными затылованными червячными фрезами фрезы с поворотными рейками обеспечивают увеличение числа переточек в 2-2.5 раза за счет увеличения зоны стачивания зуба, повышение производительности обработки на 30-40% за счет увеличения задних углов до $15-18^\circ$ [1].

Одним из известных путей повышения износостойкости цельных и сборных червячных фрез, а также производительности процесса зубофрезерования, является использование рациональной геометрии режущей части зуба червячной фрезы [2]. Параметры режущей части оказывают влияние не только на работоспособность червячной фрезы, но и на точность профилирования, точность после переточки, а также на технологичность изготовления и трудоемкость их контроля. Определяющим параметром для применения червячных фрез определенной конструкции являются погрешности обработки, связанные с их эксплуатацией.

Наибольшее влияние на эти погрешности оказывают геометрические (угол профиля, передние и задние углы и т.д.) и конструктивные (число зубьев, число заходов и т.д.) параметры червячных фрез. Погрешности переточки можно снизить за счет геометрии зуба фрезы, но избавиться от них полностью невозможно. Они существуют даже в том случае, если основные параметры червячной фрезы подобраны и выполнены идеально.

Основной особенностью червячных фрез данного типа является обработка профиля зубчатых реек не на затыловочных, а на резьбошлифовальных станках. При этом, рейки устанавливаются в технологическое положение в рабочих или технологических корпусах, вершинные поверхности зубьев располагаются на цилиндрической поверхности, а боковые на винтовой. Таким образом, обработка профиля получила название «технологический червяк». Подобная установка зубчатых реек позволяет обрабатывать их профиль на всей длине зуба с высокой производительностью и точностью. После обработки профиля в технологическом положении зубчатые рейки разворачиваются на 180° или поворачиваются на необходимый угол в пазах рабочего корпуса, создавая при этом необходимые задние углы по вершине зуба, и закрепляются различными средствами [3].

Цель работы. Используя разработанную методику, провести аналитические исследования влияния различных геометрических и конструктивных параметров незатылованных сборных червячных фрез при их переточке на характер изменения профиля производящей поверхности, образованной режущими кромками фрезы и возникающими при этом погрешностями обработки. Исследованиями определить оптимальные значения конструктивных параметров фрез, обеспечивающие минимальные погрешности при их переточке. Наметить пути по дальнейшему

совершенствованию геометрических и конструктивных параметров этих фрез, которые обеспечат при использовании рациональной по стойкости геометрии повышение точности и производительности.

Материал и результаты исследований. Первоначально исследовались червячные фрезы, заточка которых выполнялась с прямолинейной образующей, и передний угол зуба которых был равен нулю.

Исследовались характер изменения и зависимость погрешности профиля зуба фрезы ddF , связанной с ее переточкой, от величины наружного диаметра технологического червяка D_{iao} (рис. 1). Для исследований была принята червячная фреза модулем $m = 5$ мм, с наружным диаметром $D_{ao} = 140$ мм. Профиль исходного червяка брался для новой фрезы. Следует отметить, что погрешности профиля зуба слева – 1 меньше чем справа – 2. Минимальные погрешности профиля зуба будут при получении задних поверхностей слева при диаметре технологического червяка $D_{iao} = 136,225$ мм (точка L), а справа при $D_{iao} = 137,425$ мм (точка P). Также видно, что точки L и P являются точками перегиба. До этих точек погрешности профиля слева и справа имеют отрицательное значения, то есть размеры профиля действительного червяка переточенной фрезы меньше размеров профиля теоретически точного. После этих точек также имеются погрешности имеющие положительные значения, то есть размеры профиля действительного червяка переточенной фрезы больше размеров профиля теоретически точного.

Исследовалась зависимость суммарной погрешности ΣddF профиля зуба фрезы слева – 1 и справа – 2 при её переточке от величины диаметра технологического червяка D_{iao} (рис. 2). Из графика зависимости видно, что для таких фрез оптимальным значением диаметра технологического червяка, обеспечивающим минимальную суммарную погрешность профиля зуба, будет $D_{iao} = 137,425$ мм.

Исследовались характер изменения и зависимость погрешности профиля зуба фрезы ddF слева – 1 и справа – 2 от угла стачивания Ksi для технологического червяка диаметром 137,425 мм. Профиль исходного червяка брался для новой фрезы. При $D_{iao} = 137,425$ мм погрешности профиля слева будут иметь отрицательные значения, а справа отрицательные и положительные значения (рис. 3). Суммарная погрешность профиля зуба в этом случае 13,8 мкм.

Также исследовались характер изменения и зависимость погрешности профиля зуба фрезы ddF слева – 1 и справа – 2 от угла стачивания Ksi для технологического червяка диаметрами 137,425 мм. Профиль исходного червяка фрезы брался для фрез определенной сточенности ($Ksi = 2,5^\circ; 5^\circ; 10^\circ; 15^\circ$). Установлено, что с увеличением угла стачивания Ksi , по которому рассчитывается профиль исходного червяка фрезы, в начале происходит

увеличение положительного отклонения профиля зуба до некоторого значения, а в дальнейшем это значение уменьшается.

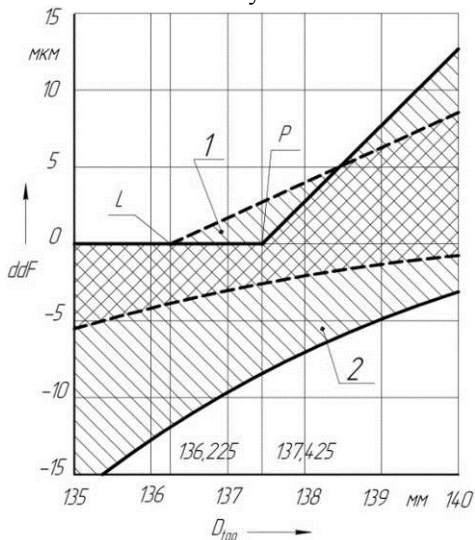


Рисунок 1 – Характер изменения максимальной величины погрешности профиля зуба у фрезы с передним углом $\gamma_{ao} = 0$ при её переточке в зависимости от диаметра технологического червяка D_{1ao} .

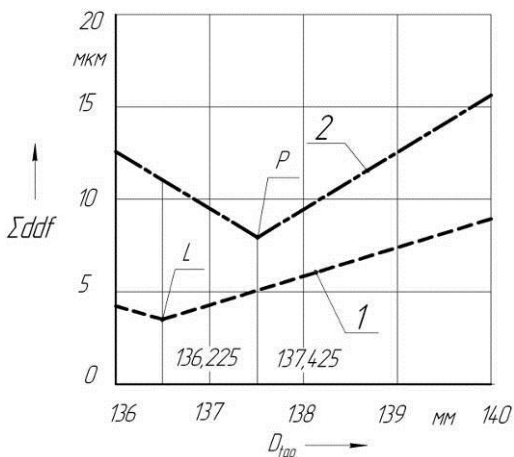


Рисунок 2 – Зависимость суммарной погрешности Σddf профиля зуба фрезы при её переточке от величины диаметра технологического червяка D_{1ao} .

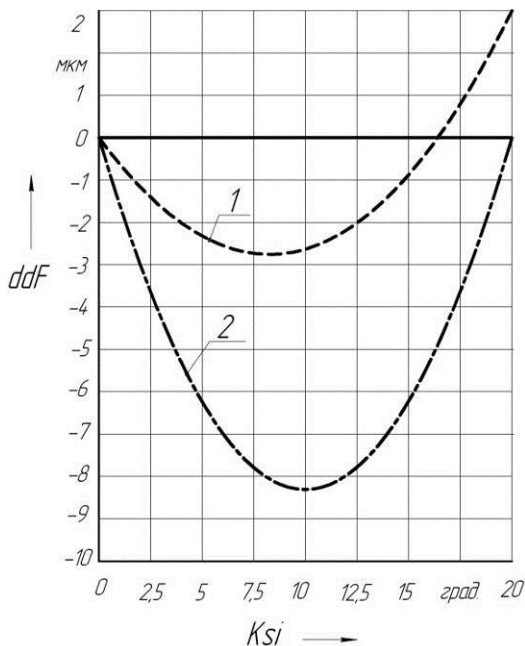


Рисунок 3 – Зависимость погрешности профиля зуба фрезы ddF от угла стачивания K_{si} для технологического червяка диаметром 137,425 мм

Это дает возможность выбирать значение угла стачивания K_{si} , по которому рассчитывается профиль исходного червяка фрезы в зависимости от того в какой области должно колебаться значение погрешности слева и справа профиля зуба фрезы. На рис. 4 показана зависимость погрешности профиля зуба фрезы ddF слева – 1 и справа – 2 от угла стачивания K_{si} для технологического червяка диаметром 137,425 мм. Исходный профиль принят для сточенной фрезы на 3° . В этом случае колебание значений погрешности слева и справа профиля зуба фрезы находится в диапазоне от $-4,1$ мкм до $+4,3$ мкм.

Исследовался характер и величина отклонения профиля по высоте зуба действительного червяка в мкм от теоретически точного для различных углов стачивания K_{si} для технологического червяка диаметром 137,425 мм. для левой и правой стороны профиля (рис. 5). Исходный профиль при этом принят для сточенной фрезы на 3° .

Установлено, что действительный профиль зуба при переточке не только смещается относительно исходного профиля, но и поворачивается относительно исходного положения.

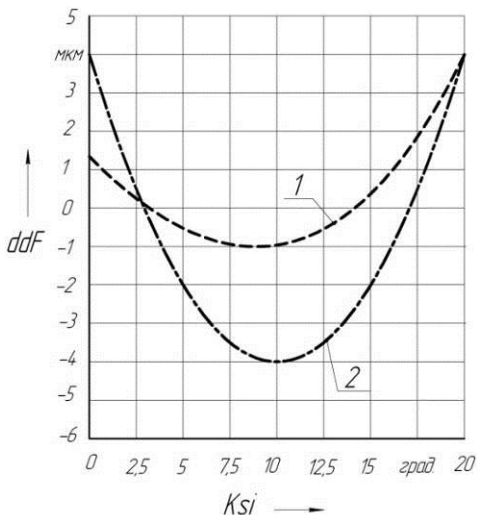


Рисунок 4 – Зависимость погрешности профиля зуба фрезы ddF от угла стачивания Ksi для технологического червяка диаметром 137,425 мм

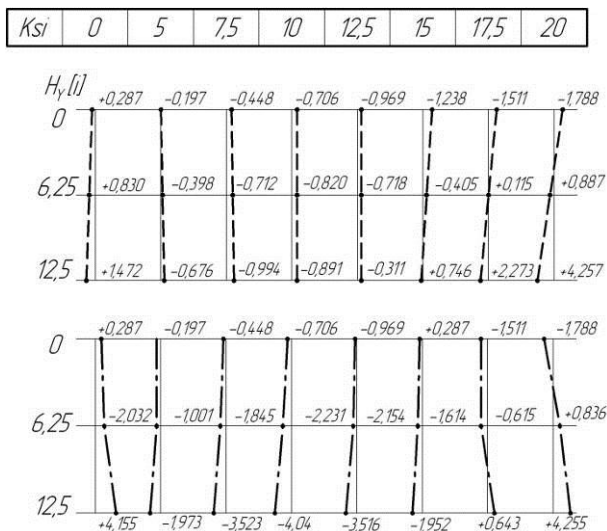


Рисунок 5 – Характер отклонения профиля по высоте зуба действительного червяка в мкм. от теоретически точного для различных углов стачивания Ksi для технологического червяка диаметром 137,425мм

Известно, что введение положительных передних углов и использование прямолинейной образующей передней поверхности в режущей части зуба незатыванной фрезы из быстрорежущей стали повышает их стойкость, однако это скажется на их точности. Для оценки и сравнения с фрезами, имеющими нулевые передние углы, были проведены аналогичные исследования.

Как и в предыдущем случае исследовались характер изменения и зависимость погрешности профиля зуба фрезы ddf , связанной с ее переточкой, от величины наружного диаметра технологического червяка D_{iao} (рис. 6).

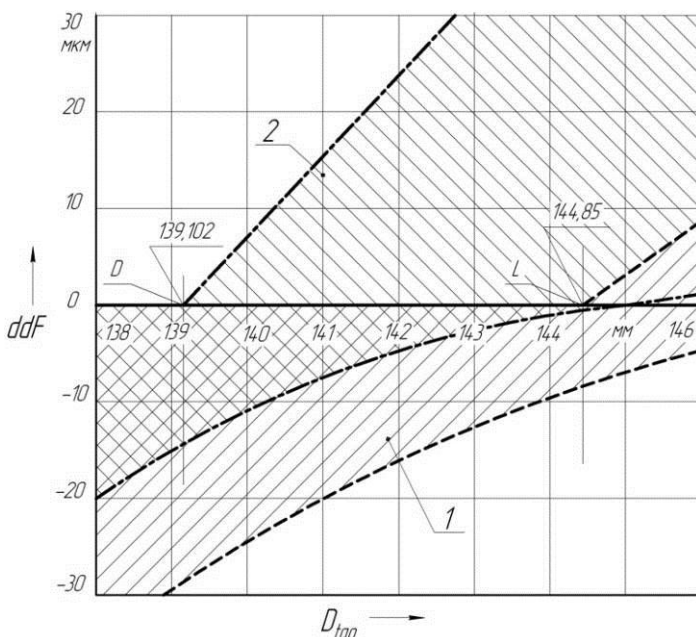


Рисунок 6 – Характер изменения профиля зуба слева – 1 и справа – 2 у фрезы с передним углом $\gamma = 10^0$ при её переточке в зависимости от диаметра технологического червяка D_{iao}

Червячная фреза модулем $m = 5$ мм с наружным диаметром $D_{ao} = 140$ мм. Профиль исходного червяка брался для новой фрезы. Следует отметить, что погрешности профиля зуба слева – 1 меньше чем справа – 2. Минимальные погрешности профиля зуба будут при получении задних поверхностей слева при диаметре технологического червяка $D_{iao} = 144,85$ мм (точка – L), а справа при $D_{iao} = 139,102$ мм (точка – P). Также видно, что точки L и P

являются точками перегиба. До этих точек погрешности профиля слева и справа имеют отрицательные значения, то есть размеры профиля действительного червяка переточенной фрезы меньше размеров профиля теоретически точного. После этих точек также имеются погрешности имеющие положительные значения, то есть размеры профиля действительного червяка переточенной фрезы больше размеров профиля теоретически точного.

Так же исследовалась зависимость суммарной погрешности ΣddF профиля зуба фрезы слева – 1 и справа – 2 при её переточке от величины диаметра технологического червяка D_{iao} (рис. 7). Из графика зависимости видно, что для таких фрез можно считать оптимальным значением диаметра технологического червяка, обеспечивающего минимальную суммарную погрешность профиля зуба, которая будет $D_{iao} = 140,62$ мм (точка M). В этой точке погрешности справа и слева равны между собой.

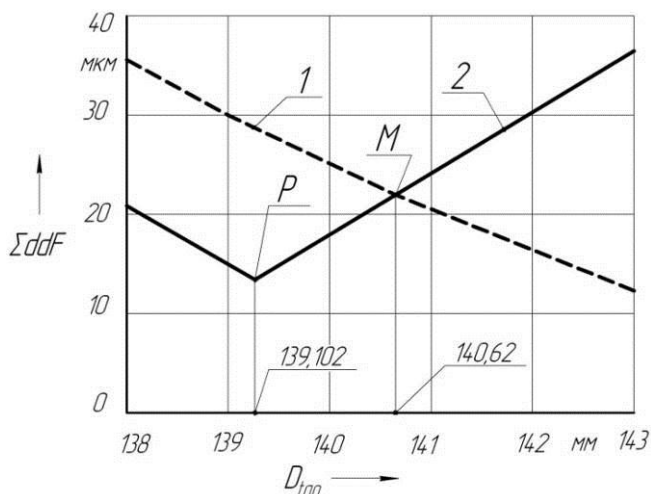


Рисунок 7 – Зависимость суммарной погрешности ΣddF профиля зуба фрезы слева – 1 и справа – 2 при её переточке от величины диаметра технологического червяка D_{iao}

Исследовались характер изменения и зависимость погрешности профиля зуба фрезы ddF слева – 1 и справа – 2 от угла стачивания Ksi для технологического червяка диаметром 140,62 мм. Профиль исходного червяка брался для новой фрезы. При $D_{iao} = 140,62$ мм погрешности профиля слева – 1 будут иметь отрицательные значения, а справа – 2 отрицательные и

положительные значения (рис. 8). Суммарная погрешность профиля зуба в этом случае 44,5 мкм.

На рис. 9 показана зависимость погрешности профиля зуба фрезы ddF слева – 1 и справа – 2 от угла стачивания Ksi для технологического червяка диаметром 140,62 мм. Исходный профиль принят для сточенной фрезы на $2,5^\circ$. В этом случае колебание значение погрешности слева и справа профиля зуба фрезы находится в диапазоне от -15 мкм до +18 мкм.

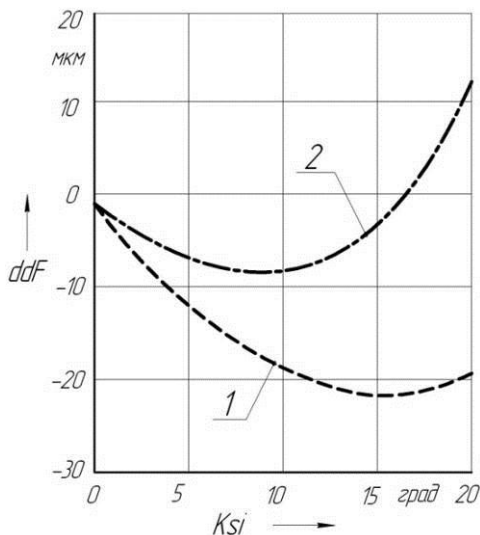


Рисунок 8 – Зависимость погрешности профиля зуба фрезы слева – 1 и справа – 2 от угла стачивания для технологического червяка диаметром 140,62 мм
Исходный профиль принят для новой фрезы

Были также проведены исследования зависимости суммарной погрешности профиля ΣddF зуба фрезы от величины переднего угла γ_{ao} (рис. 10) для фрез модулем: 1 – $m_o = 2$ мм; 2 – $m_o = 3$ мм; 3 – $m_o = 4$ мм; 4 – $m_o = 5$ мм. Следует отметить, что с увеличением переднего угла и модуля фрез с прямолинейной образующей передней поверхности при их переточке значительно растет погрешность профиля. Что является основной причиной ограниченного их использования.

Выводы. Диаметр технологического червяка для незатылованных червячных фрез должен выбираться в каждом конкретном случае. Для симметричного расположения погрешностей обработки при переточке фрезы параметры профиля исходного червяка должны браться для фрезы с определенным углом стачивания. Червячные фрезы с поворотными рейками

и рациональными по стойкости передними углами с прямолинейной образующей передней поверхности имеют ограниченное применение, так как не во всех случаях полностью переточенная фреза обеспечивает необходимую точность обработки зубчатых колес.

Также очевидно, что при проектировании таких фрез в зависимости от необходимой величины переднего угла в первую очередь необходимо выполнять подбор оптимальных параметров технологического червяка, в котором выполняется шлифование реек фрезы, обеспечивающих минимальные погрешности профиля зуба фрез, связанных с их переточкой.

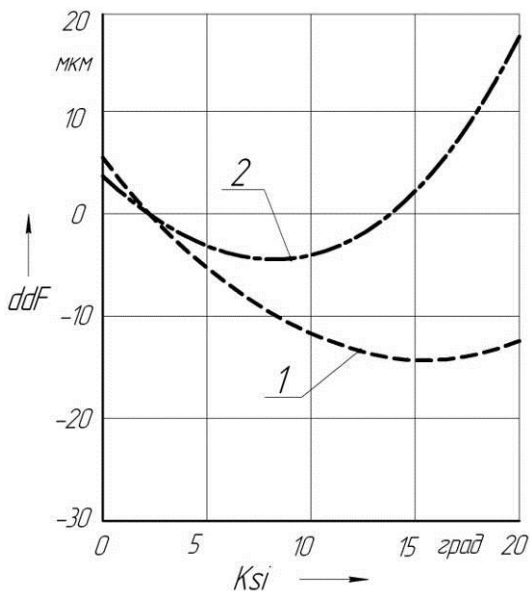


Рисунок. 9 – Зависимость погрешности профиля зуба фрезы слева – 1 и справа – 2 от угла стачивания для технологического червяка диаметром 140,62 мм. Исходный профиль принят для сточенной фрезы на 2,5°

Для дальнейшего повышения точности фрез с рациональными передними углами необходимо изменить прямолинейную форму образующей передней поверхности на криволинейную. Это позволит уменьшить эти погрешности, как это было сделано для затылованных червячных фрез заточенных по архимедовой спирали [4]. В этом случае при переточке затылованных червячных фрез с рациональными по стойкости передними углами погрешности профиля зуба такие же, как и у фрез с нулевыми передними углами. Использование рациональной геометрии режущей части

зуба фрезы является резервом в повышении производительности процесса фрезерования.

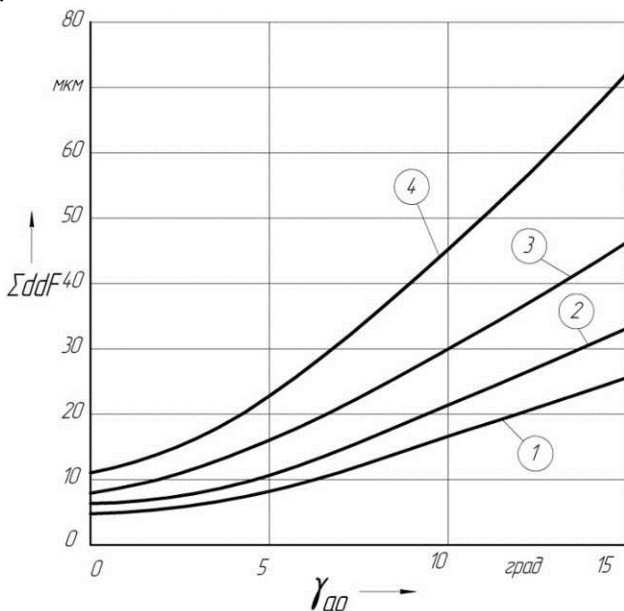


Рисунок 10 – Зависимость суммарной погрешности профиля ΣddF зуба фрезы от величины переднего угла γ_{ao} для фрез модулем: 1 – $m_o = 2$ мм; 2 – $m_o = 3$ мм; 3 – $m_o = 4$ мм; 4 – $m_o = 5$ мм

Заточка червячных фрез с поворотными рейками и рациональными передними углами с криволинейной образующей передней поверхности зуба фрезы может быть выполнена аналогично, как и затылованных червячных фрез.

Список использованных источников: 1. *Ординарцев И.А. и др.* Справочник инструментальщика/Под общей редакцией И.А. Ординарцева.-Л.: Машиностроение. 1987. –846с. 2. *Гончаров А.М.* Повышение точности профилирования червячных фрез с оптимальными передними углами. – Резание и инструмент. Харьков. 1990. №43. с.64-68. 3. *Гончаров Д.А., Гончаров А.М.* Методика расчета конструктивных параметров сборных незатылованных червячных фрез различных конструкций. Вісник КДПУ – Кременчук. Вип. 4 /2004 (27) с. 77-81. 4. *Гончаров А.М.* Проектирование червячных фрез с оптимальными передними углами для зубчатых деталей с эвольвентным профилем. – Изв. ВУЗов. Машиностроение. 1989. – №3. – с. 64-68.

Поступила в редколлегию 14. 02. 2013