

Б. А. Олехнович, Т. П. Литвинович  
 Учреждение образования «Барановичский государственный университет»,  
 Барановичи, Республика Беларусь

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНОЙ ЧЕРВЯЧНОЙ ФРЕЗЫ ДЛЯ ФРЕЗЕРОВАНИЯ ЭВОЛЬВЕНТНЫХ ШЛИЦЕВ

**Введение.** В машинах и механизмах для вращательного движения применяют прямобочные и эвольвентные шлицы. Прямобочные шлицы работают по принципу трения, а эвольвентные — скольжения.

Эвольвентные шлицы имеют ряд преимуществ, а именно обладают большой прочностью, обеспечивают способность вала и отверстия сопрягаемой детали, имеют возможность осевого перемещения детали вдоль оси вала.

В реверсивных передачах прямобочные шлицы могут сопрягаться по наружному диаметру и по боковым сторонам шлицев или по внутреннему диаметру и боковым сторонам шлицев вала и зубчатого колеса. Наиболее точными соединениями являются сопряжения по внутреннему диаметру шлицев. Но при обработке валов с таким сопряжением возникают трудности доводки внутреннего диаметра шлицев. Механическая обработка прямобочных шлицев более трудоемкая, так как выполняется на токарных, фрезерных и шлифовальных станках с применением нескольких режущих инструментов. Чаще всего применяют соединения с эвольвентным типом шлицев, т. к. шлицы обрабатываются только на шлицефрезерном оборудовании одной червячной фрезой. На рисунке 1 представлен эскиз детали «Вал-шестерня» заднего моста трактора МТЗ-80

**Основная часть.** Рассмотрим пример проектирования специальной червячной фрезы для фрезерования эвольвентных шлицев на детали вал-шестерня заднего моста трактора МТЗ-80 (рисунок 2).

В процессе работы вал работает на скручивание. Шлицевые поверхности детали воспринимают изгибающие нагрузки и нагрузки смятия. Этим требованиям в полной мере удовлетворяет сталь 20ХНР, которая в результате термообработки цементации, с последующей закалкой позволяет получить твердость на поверхности зубьев 57...64 HRC, при твердости сердцевины 32...46 HRC. Твердость поверхности шлицев 51...55 HRC. Благодаря этому деталь воспринимает большие крутящие моменты, а зубчатый венец и шлицевые поверхности — значительные контактные напряжения.

Спроектируем специальную червячную фрезу для обработки эвольвентных шлицев с модулем  $m = 2,75$  мм и числом шлицев  $z = 16$ . Особенностью фрезы является ее удлиненная конструкция и наличие покрытия, которые позволяют в несколько раз увеличить общую ее стойкость по сравнению со стандартными параметрами.

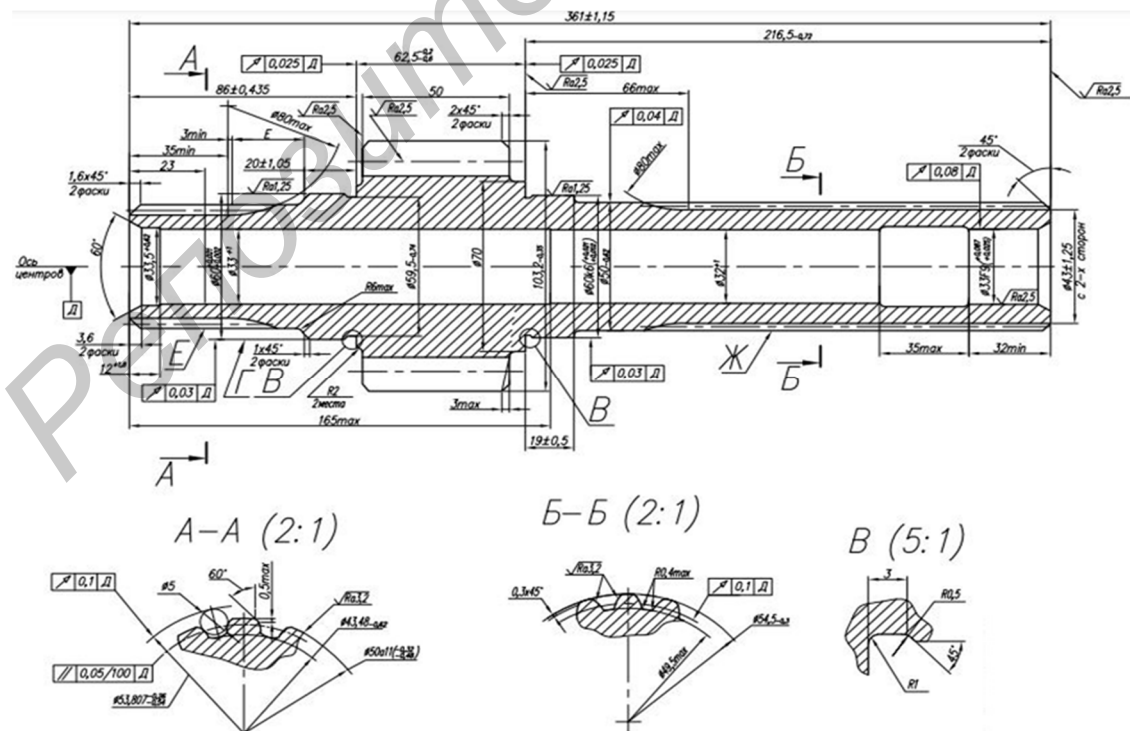
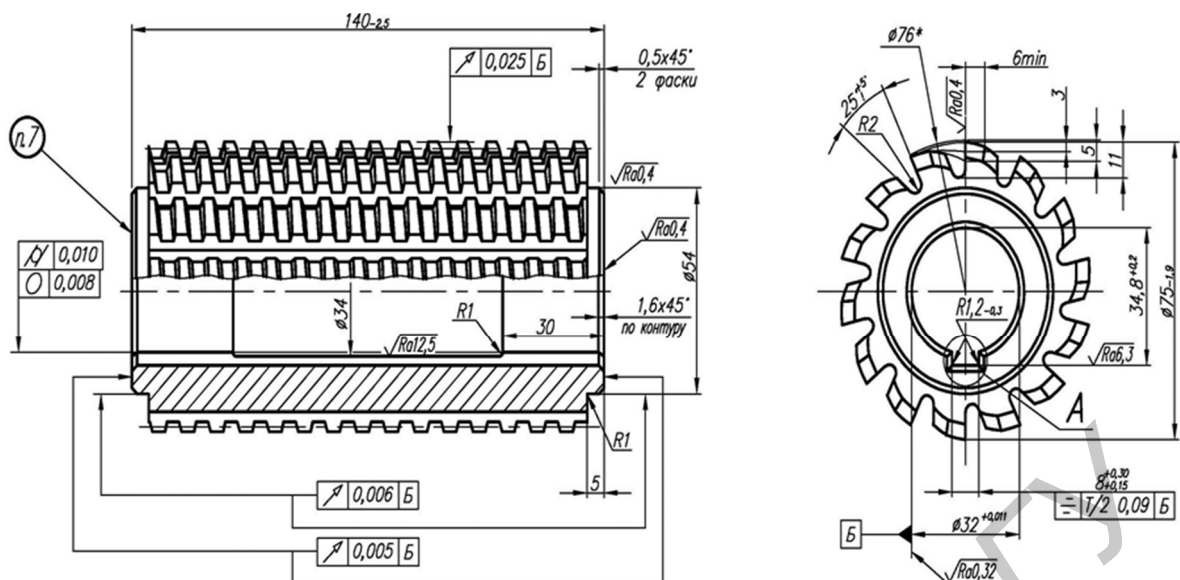


Рисунок 1 — Эскиз детали «Вал-шестерня» заднего моста трактора МТЗ-80



Профиль зубьев в нормальном сечении (4:1)

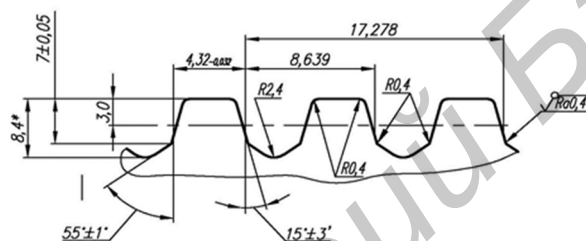


Рисунок 2 — Эскиз специальной червячной фрезы

Расчет произведем по методике, изложенной в источнике [1].

1. Профильный угол по нормали при  $\beta_d = 0^\circ$  для фрез с номинальным профильным углом  $\alpha_u = \alpha_d = 15^\circ$ .
2. Модуль нормальный  $m_u = 2,75$  мм.
3. Шаг по нормали (между соседними профилями фрезы):

$$t_u = \pi m_u;$$

$$t_u = 3,14 \cdot 2,75 = 8,639 \text{ мм.}$$

4. Расчетная толщина зуба по нормали

$$S_u = t_u - (S_{dl} + \Delta S),$$

где  $S_{dl}$  — толщина зуба колеса по нормали на делительной окружности  $S_{dl} = 0,5 \cdot t_u$ ;

$\Delta S$  — величина припуска под последующую чистовую обработку; для чистовых фрез  $\Delta S = 0$  мм.

$$S_u = 8,639 - (4,32 + 0) = 4,32 \text{ мм.}$$

5. Высота зуба фрезы:

$$h_u = h + 0,3m_u,$$

где  $h$  — высота зуба колеса:

$$h = m + 1,25m;$$

$$h = 2,75 + 1,25 \cdot 2,74 = 6,2 \text{ мм;}$$

$$h_u = 6,2 + 0,3 \cdot 2,75 = 7 \text{ мм.}$$

6. Наружный диаметр фрезы  $D_{eu}$  выбирается по ГОСТ 9324-201-2015 [2]. Принимаем  $D_{eu} = 75$  мм. Длина рабочей части фрезы 140 мм (конструктивно).

7. Число зубьев фрезы: для чистовых фрез равна  $1,3 \frac{360^\circ}{\varphi}$ , где  $\cos \varphi = \frac{D_{eu} - 2h_u}{D_{eu}}$ .

Получим

$$\cos\varphi = \frac{75-2\cdot 7}{75} = 0,81;$$

$$\varphi = 35^\circ;$$

$$Z_{\text{И}} = 1,3 \frac{360^\circ}{35} = 13,05.$$

Для удобства измерения принимаем  $Z = 14$ .

8. Падение первого затылка принимаем для нашего случая  $K = 3$  мм.

Падение второго затылка определяем по формуле

$$K_1 = 1,5 \cdot K;$$

$$K_1 = 1,5 \cdot 3 = 4,5 \text{ мм.}$$

Примем  $K_1 = 5$  мм.

9. Угол подъема витков фрезы на начальной окружности

$$\sin\omega = \frac{m_u a}{d_{\text{ду}}},$$

где  $a$  — число заходов фрезы;

Так как фреза высокопроизводительная, то принимаем число заходов увеличенное, т. е.  $a = 2$ .

$$\sin\omega = \frac{2,75 \cdot 2}{68,4} = 0,08;$$

$$\omega = 4,82^\circ.$$

10. Ход витков по оси фрезы:

$$t_x = \frac{t_u a}{\cos\omega};$$

$$t_x = \frac{8,64 \cdot 2}{\cos 4,82} = 17,278 \text{ мм.}$$

11. Направление витков фрезы: правое — если колесо прямозубое или с правым наклоном у зубьев; левое — если колесо с левым наклоном зубьев.

Принимаем правое направление витков фрезы.

12. Направление винтовых стружечных канавок: при  $\omega < 6^\circ$  канавки могут выполняться с осевыми и винтовыми канавками, при  $\omega \geq 6^\circ$  — только винтовые с направлением, противоположным направлению витков фрезы.

Принимаем осевые канавки с правым направлением витков.

13. Угол установки фрезы на станке  $\psi = \beta_a \pm \omega$ . Знак плюс берется при разноименных направлениях витков фрезы и зубьев колеса, знак минус при одноименных.  $\psi = 0 \pm 4^\circ 49' = 4^\circ 49'$

14. Радиус закругления на головке и ножке зуба фрезы  $r = 0,4$  мм.

Остальные конструктивные параметры фрезы и технические требования к ней принимаем по ГОСТ 9324-80.

**Заключение.** Считаем, что спроектированная конструкция червячной фрезы имеет свои достоинства, а именно:

- характеризуется точным профилем обрабатываемой поверхности;
- является более производительной;
- покрытие защищает от износа и увеличивает стойкость инструмента;
- удлиненная конструкция сокращает время обработки.

#### Список цитируемых источников

1. Романов, В. Ф. Расчеты зуборезных инструментов / В. Ф. Романов. — Москва : Машиностроение, 2009. — 251 с.
2. Фрезы червячные цельные чистовые для цилиндрических зубчатых колес с эвольвентным профилем : ГОСТ 9324-2015 : введ. в действие в качестве межгос. стандарта на территории Респ. Беларусь с 01.01.2017. — Взамен ГОСТ 9324-80. — М. : Стандартинформ, 2016. — 44 с.