

УДК 621.833  
UDC 621.833

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗГИБАЮЩИХ НАПРЯЖЕНИЙ НА ПЕРЕХОДНОЙ  
ПОВЕРХНОСТИ ЗУБА НЕСИММЕТРИЧНОГО ПРОФИЛЯ

DETERMINATION OF BENDING STRESS ON THE TRANSITIONAL SUR-  
FACE OF A TOOTH WITH A NON-SYMMETRIC PROFILE

Василенок В.Д.  
Vasilenok V.D.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь  
Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

*Аннотация.* Уменьшение угла профиля на нерабочей стороне зуба по сравнению с рабочей расширяет область существования передачи. При проектном и проверочном расчетах передачи учитывается распределение относительной величины напряжений на галтели профиля зуба, влияющее на изгибную выносливость. Изгибная выносливость зубьев, необходима для предотвращения их усталостного излома. Определение изгибающих напряжений на галтели профиля несимметричного зуба получено методом теории упругости методом скользящих биполярных координат.

*Summary.* Reducing the profile angle on the non-working side of the tooth in comparison with the working side expands the area of existence of the gear. In the design and verification calculations of the transmission, the distribution of the relative magnitude of stresses on the fillets of the tooth profile, which affects the bending endurance, is taken into account. The bending endurance of the teeth is essential to prevent fatigue fracture. Determination of bending stresses on the fillet of an asymmetric tooth profile was obtained by the method of elasticity theory by the method of sliding bipolar coordinates.

При проверочном расчете передачи на изгибную выносливость определяется напряжение в опасном сечении на переходной поверхности зуба зубчатого колеса. Выносливость зубьев, необходима для предотвращения их усталостного излома, устанавливают ее сравнением расчетного напряжения  $\sigma_F$  и допускаемого напряжения изгиба  $\sigma_{FR}$ . Расчет на выносливость при изгибе проводится по ГОСТ – Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет на прочность: ГОСТ 21354 - 87. – Москва: Изд-во стандартов, 1988. – 128 с.

$$\sigma_F = \frac{F_t}{b_w \cdot m_n} \cdot Y_{FS} \cdot Y_\beta \cdot Y_\epsilon \cdot K_F \leq \sigma_{FP}$$

Для получения эвольвентных зубцов с требуемой относительной толщиной на окружности вершин при наибольшем коэффициенте перекрытия и угле зацепления (при необходимости снижения жесткости зубьев, а также для создания благоприятных условий профилирования переходных кривых) применяют передачи с несимметричным профилем зуба [1]. Несимметричными зубья, у которых на делительной или любой другой окружности углы профиля на правой и левой стороне неодинаковы, соответственно различны и радиусы переходной кривой на рабочей и нерабочей сторонах зубьев. Уменьшение угла профиля на нерабочей стороне зуба по сравнению с рабочей расширяет область существования передачи в зоне заостренных зубьев. Такие передачи могут оказаться эффективными, когда реализация выбранных параметров лимитируется заострением зубьев и оптимизацией параметров от которых зависит изгибная и контактная выносливость. например при малых числах зубьев и больших коэффициентах смещения. В разработанном ППП расчета определяются как геометрические параметры передачи [2], так и величина коэффициента учитывающего форму зуба  $Y_F$ , представляющего собой относительную величину напряжений изгиба (Рис. 1).

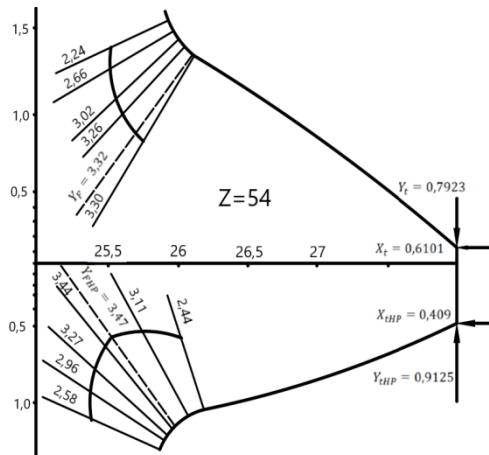


Рис. 1. Распределение относительной величины напряжений изгиба на переходных кривых профиля несимметричного зуба

В основу метода были положены работы по определению напряжений методами теории упругости с применением биполярных координат [3], но

для симметричных зубьев. Метод показал лучшее совпадение результатов при проверке его аналитическим, экспериментальным, численным методами, по сравнению с методом волнообразного выступа.

На рис. 1 показана относительная величина напряжений изгиба представляющих собой коэффициент  $Y_{FS}$ , учитывающий форму зуба при работе его рабочей – нерабочей стороной. Геометрия зубца  $Z = 54$  была взята из спроектированной Вулгаковым Э.Б. передачи  $Z_1 = 54$ ,  $Z_2 = 57$ , разработанной в обобщающих параметрах [4].

Таблица 1– Значения коэффициентов, учитывающих форму зуба, рассчитанных по методу скользящих биполярных координат

$Z_1$	$Z_2$	$\frac{v_{1P}}{v_{1HP}}$	$\frac{v_{2P}}{v_{2HP}}$	$\frac{a_{tW}}{a_{tWHP}}$	$\frac{h^*_a}{h^*_{aHP}}$	$h^*_i$
17	28	<u>41,50°</u>	<u>36,81°</u>	<u>30,5°</u>	<u>1,075</u>	2,15
		37,31°	32,1°	19,5°	1,1467	
54	57	<u>38,13°</u>	<u>37,78°</u>	<u>35°</u>	<u>0,95</u>	1,19
		28,47°	26,48°	20°	0,99042	
$\frac{C^*}{C_{HP}}$	$\frac{\rho^*_f}{\rho^*_{fHP}}$	$\frac{x_1}{x_2}$	$\frac{S_{ta1}}{S_{ta2}}$	$\frac{\varepsilon_\alpha}{\varepsilon_{aHP}}$	$\frac{Y_{F1}}{Y_{F2}}$	$\frac{Y_{FHP1}}{Y_{FHP2}}$
<u>0,2</u>	<u>0,4061</u>	0,163	<u>0,3</u>	<u>1,4</u>	<u>3,67</u>	-
0,1283	0,1926	-0,163	0,47	1,68	3,60	
<u>0,18</u>	<u>0,42212</u>	<u>0,04</u>	<u>0,51</u>	<u>1,25</u>	<u>2,80</u>	<u>4,268</u>
0,13958	0,21213	-0,04	0,52	1,69	2,82	4,267

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Вулгаков Э.Б. Зубчатые передачи с улучшенными свойствами. М., Машиностроение, 1974, 264 с.

2. Василенок В.Д. Расчет геометрии эвольвентных передач с несимметричным зубом. Депонирована в БелНИИНТИ в 1982, №3338, 24 с.

3. Оников В.В. Исследование концентрации напряжений с применением биполярных координат. – В сб. научн. тр. вып 36, – Л. Лист, 1969, с. 205–209.

4. Вулгаков Э.Б. Зубчатые передачи с улучшенными свойствами М. Машин, 1974, 264 с.

УДК 621.833

UDC 621.833

## РАСЧЕТ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ С НЕСИММЕТРИЧНЫМ ПРОФИЛЕМ

## CALCULATION OF GEOMETRIC PARAMETERS OF A CYLINDRICAL GEAR WITH A NON-SYMMETRIC PROFILE

Василенок В.Д., Бирич В.В.  
Vasilenok V.D., Birich V.V.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь  
Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

*Аннотация.* Разработан алгоритм расчета геометрических и прочностных параметров зубчатых передач с несимметричным профилем зуба. В ходе исследования были выведены точные геометрические зависимости в том числе и размеров для контроля взаимного положения разноименных профилей зубьев и размера по роликам (шарикам). Программы использовались при выборе рациональных передач приводов машин и при проектировании пресс-форм.

*Summary.* An algorithm for calculating the geometric and strength parameters of gears with an asymmetric tooth profile has been developed. In the course of the study, exact geometric dependencies, including dimensions, were derived to control the relative position of opposite tooth profiles and the size of the rollers (balls). The programs were used in the selection of rational transmissions of machine drives and in the design of molds.

Несимметричными называют зубья, у которых на делительной или любой другой окружности углы профиля на правой и левой стороне неодинаковы. Зубчатая пара, составленная из колес с такими зубьями, работает при реверсировании с различными углами зацепления. Уменьшение угла профиля на нерабочей стороне зуба по сравнению с рабочей расширяет область существования передачи в зоне заостренных зубьев. Такие передачи могут