

В.М. ГРИБАНОВ, д.т.н., Т.Г. ХМЕЛОВСКИЙ, О.Н. РУДНЕВ

г. Луганск, Восточноукраинский национальный университет им.В.Даля

ГЕМЕТРО-МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ГИПЕРБОЛОИДНЫХ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

The main geometrical-kinematic ratios for hyperboloid gears which initial surfaces are least wedged from the hyperboloid axoids are obtained.

При зубогенерировании гиперboloидной (винтовой, гипоидной) передачи на основе цилиндрических производящих колес (прямо – и косозубыми долбяками, накатниками) теоретическими начальными поверхностями, как известно [1], являются гиперboloидные аксоиды 1. Действительные же начальные поверхности 2 отличаются от однополостных гиперboloидных поверхностей вращения 1 (рис. 1).

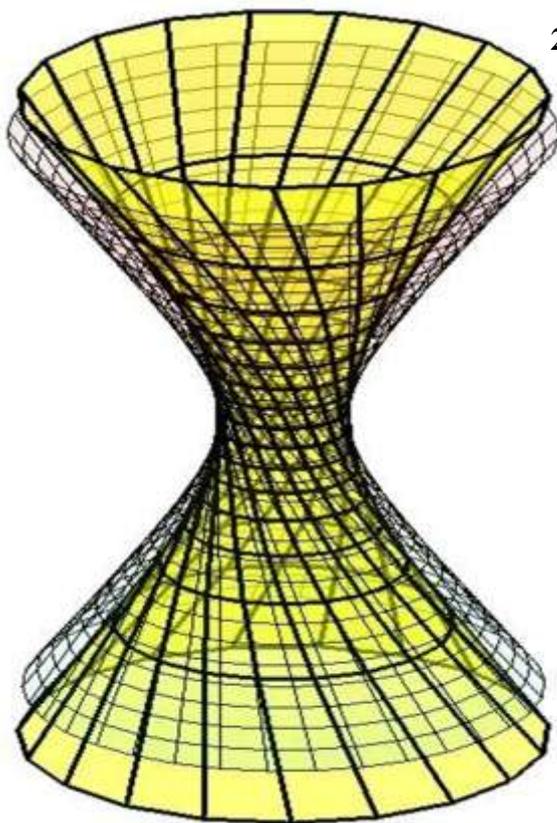


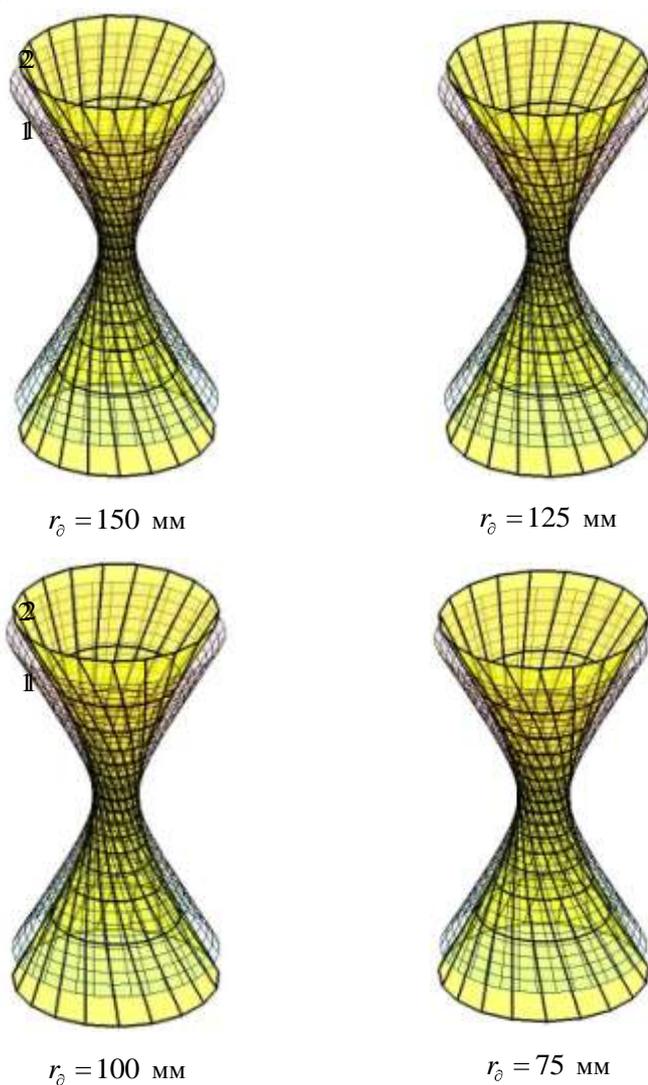
Рис. 1. Теоретические и действительные начальные поверхности

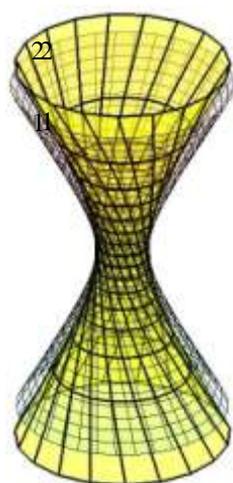
Нами доказано, что синтез гиперboloидных передач на основе начальных поверхностей 2, наименее отклоняющихся от гиперboloидных аксоидов 1 (рис. 2 – 5; обозначено: r_0 – радиус цилиндрического производящего колеса, r – радиус горлового сечения гиперboloидного аксоида, β – угол наклона зубьев гиперboloидного колеса), позволяет получить винтовые и гипоидные передачи с экстремальными (наилучшими) качественными показателями работоспособности – минимальной восприимчивостью к технологическим и монтажным погрешностям, минимальной скоростью скольжения и максимальной суммарной скоростью качения зубьев,

минимальными коэффициентами задиростойкости и упруго-напряженного состояния зубьев.

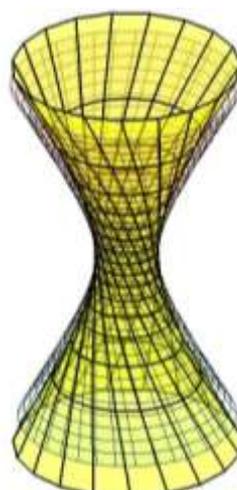
Нами также получены основные геометро-кинематические соотношения сопряженной зубчатой пары гиперboloидных колес, при которых действительные поверхности 2 наименее отклоняются от теоретических поверхностей 1 (рис. 6 – 7; обозначено: a_w – межосевое расстояние, γ – межосевой угол).

Стандарты по точности изготовления передач зацеплением регламентируют нормы: бокового зазора в зубьях, контакта зубьев, кинематической точности и плавности работы передачи. В связи с этим исследование степени и характера влияния технологических и монтажных погрешностей на упомянутые характеристики – актуальная научно-техническая задача.





$r_{\delta} = 50 \text{ мм}$

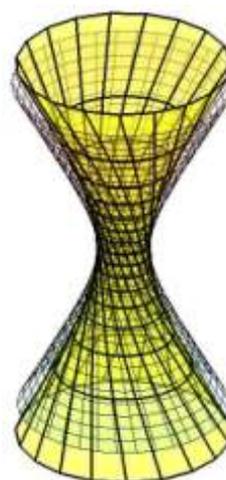


$r_{\delta} = 25 \text{ мм}$

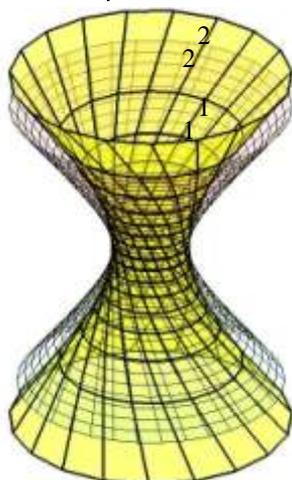
Рис. 2. Отклонение начальной поверхности 2 от гиперboloидного аксоида 1 при изменении параметра r_{δ} $r = 100 \text{ мм}$, $\beta = 30^{\circ}$



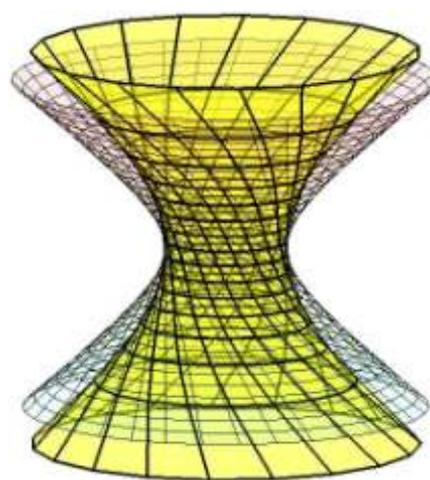
$\beta = 20^{\circ}$



$\beta = 30^{\circ}$



$\beta = 40^{\circ}$



$\beta = 50^{\circ}$

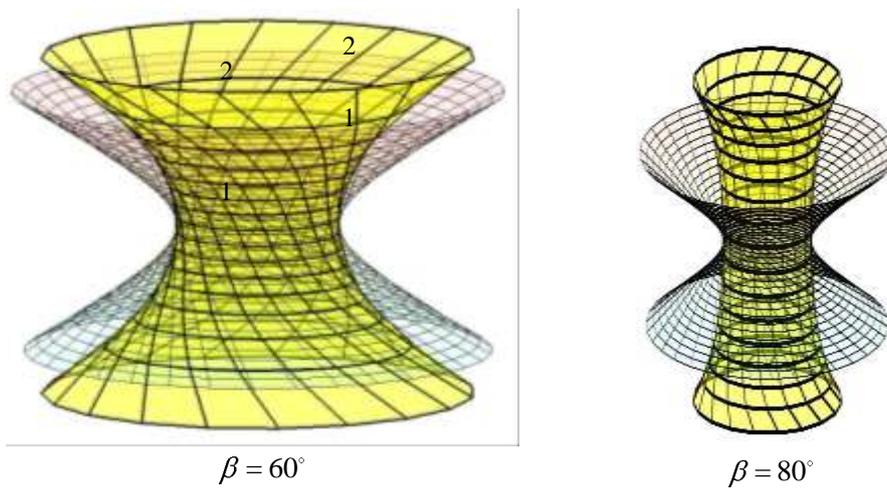
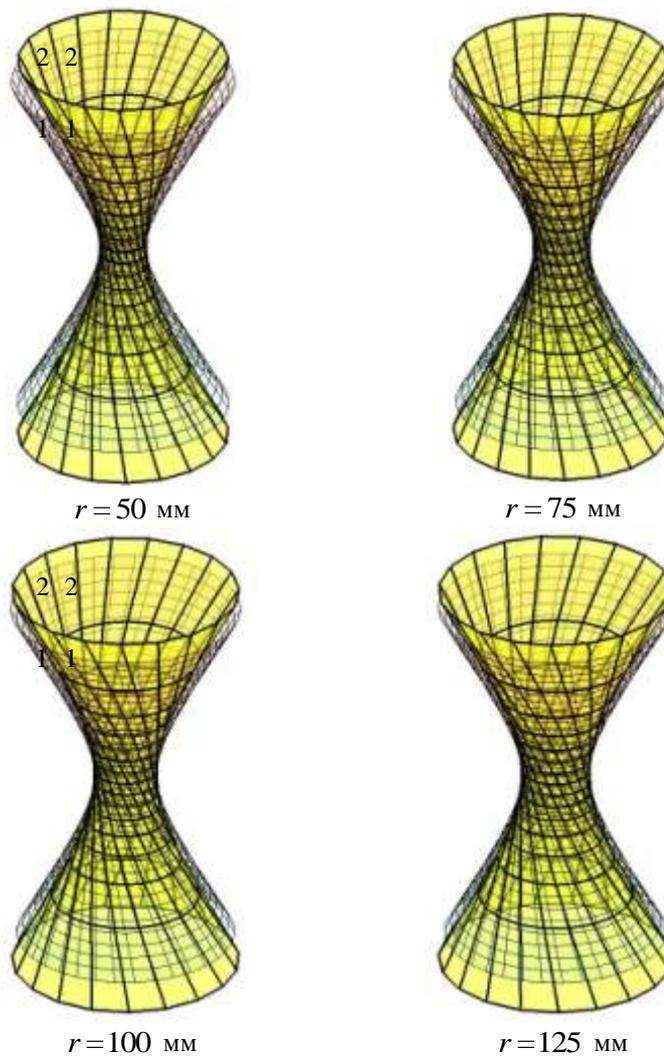


Рис. 3. Отклонение поверхности 2 от гиперboloидного аксоида 1 при изменении параметра β $r = 100$ мм, $r_0 = 75$ мм



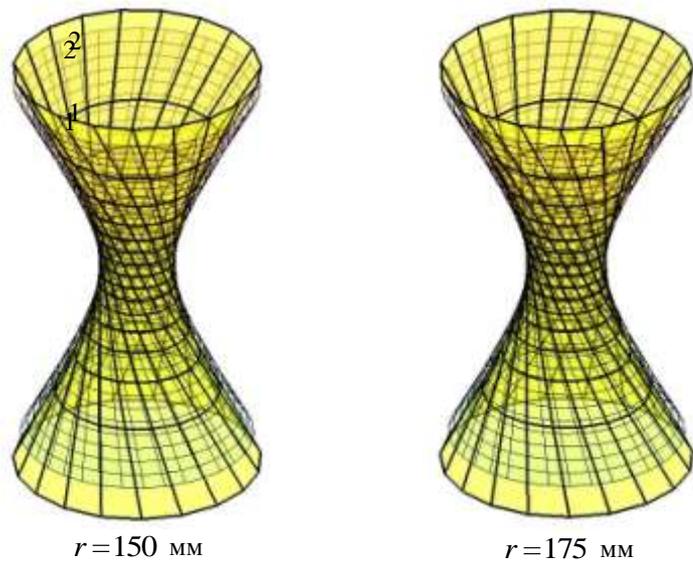


Рис. 4. Отклонение поверхности 2 от гиперboloидного аксоида 1 при изменении параметра β $r = 100$ мм, $\beta = 30^\circ$

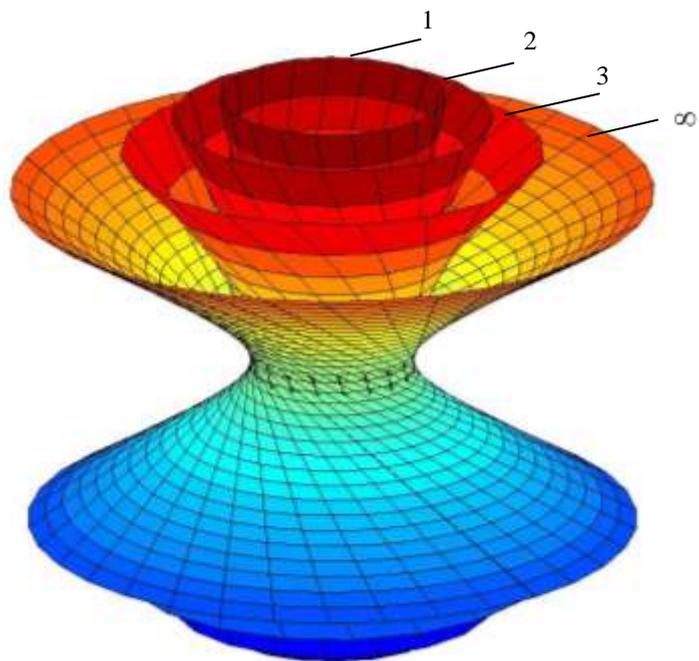
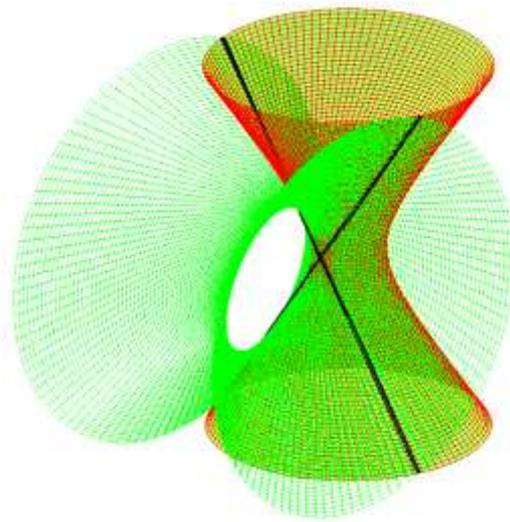
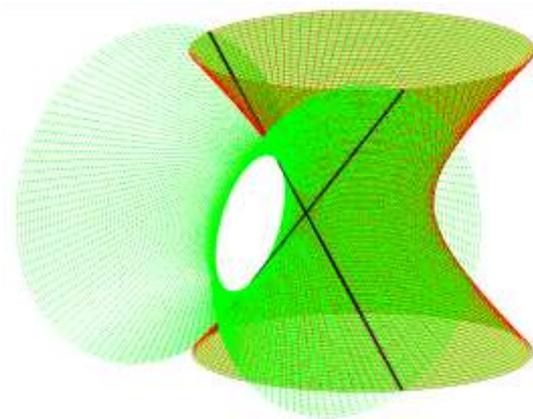


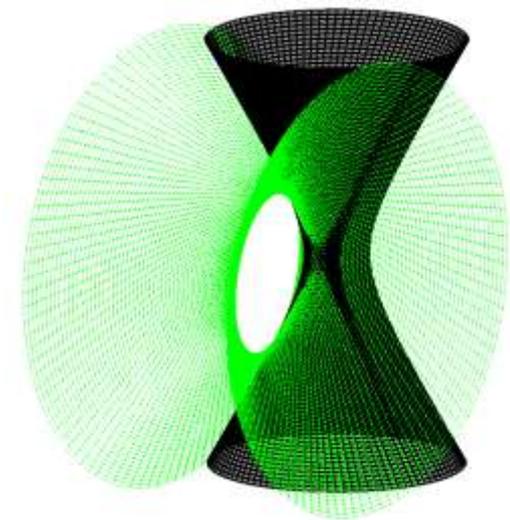
Рис. 5. Обозначено: ∞ – теоретическая начальная поверхность (однополостной гиперboloид вращения); n – квазигиперboloидная поверхность n -го порядка $n = 1, 2, 3, \dots$



а) $r_1 = 32,8859$ мм
 $r_2 = 67,1141$ мм
 $\beta_1 = 34^\circ 59'$
 $\beta_2 = 55^\circ 1'$
 $r_1 \operatorname{ctg} \beta_1 = r_2 \operatorname{ctg} \beta_2$



б) $r_1 = 50$ мм
 $r_2 = 50$ мм
 $\beta_1 = 45^\circ$
 $\beta_2 = 45^\circ$
 $r_1 \operatorname{ctg} \beta_1 = r_2 \operatorname{ctg} \beta_2$



в) $r_1 = 28,7823$ мм
 $r_2 = 71,2177$ мм
 $\beta_1 = 30^\circ$
 $\beta_2 = 60^\circ$
 $r_1 \operatorname{ctg} \beta_1 \neq r_2 \operatorname{ctg} \beta_2$

Рис.6. Гиперboloидные аксоиды зубчатой пары внешнего зацепления: а), б) – сопряженные; в) несопряженные (интерферирующие)

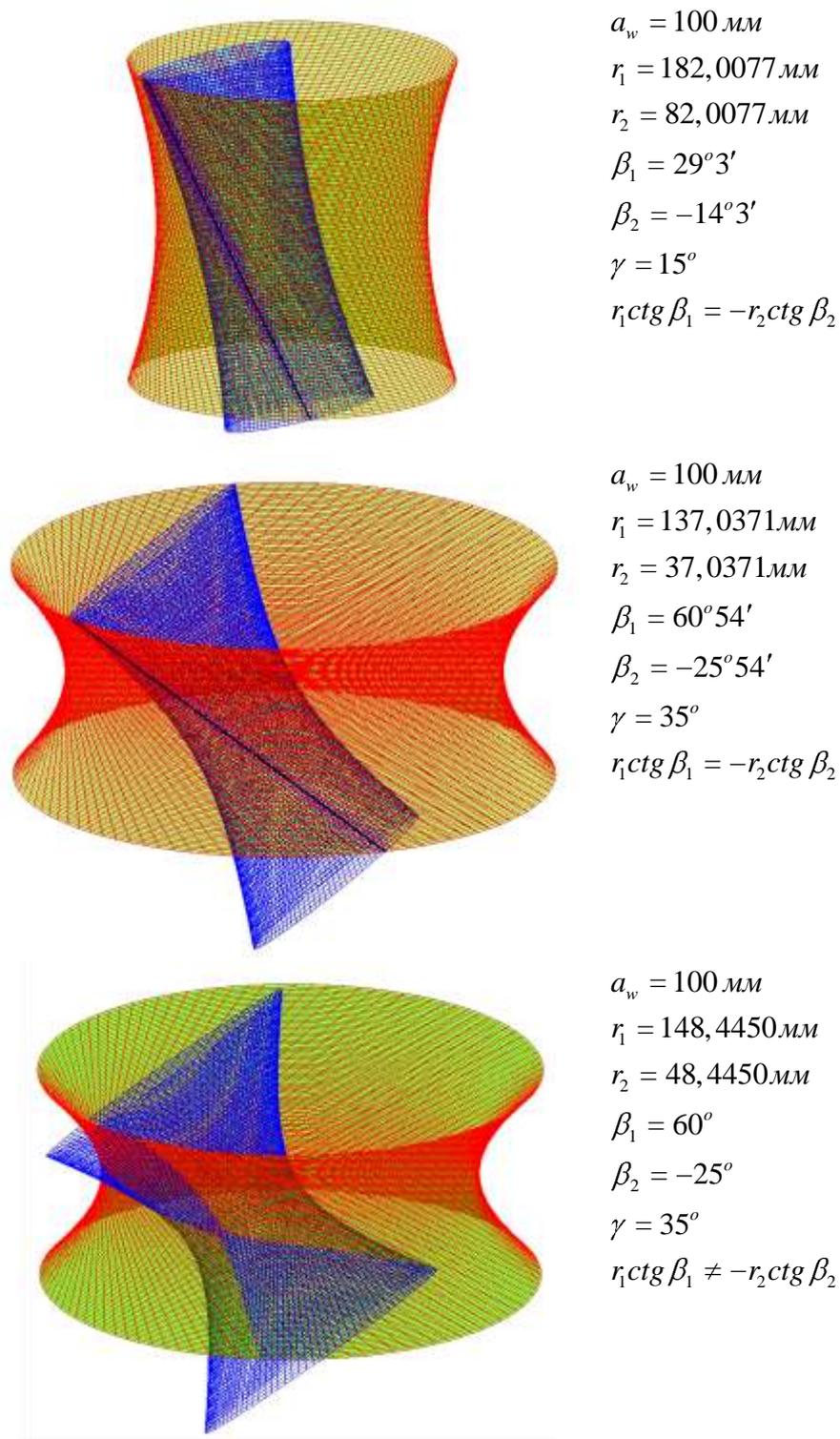


Рис. 7. Гиперboloидные аксоиды зубчатой пары внутреннего зацепления: а), б) сопряженные; в) несопряженные (интерферирующие)

Основные результаты нашего исследования:

- винтовые передачи Новикова примерно в такой же степени восприимчивы к погрешностям изготовления и монтажа, что и аналогичные цилиндрические косозубые передачи;

- гипоидные передачи Новикова в меньшей степени восприимчивы к погрешностям изготовления и монтажа, чем аналогичные конические передачи Новикова с круговыми зубьями;
- изменение межосевого расстояния и смещение исходных контуров гиперболоидных (винтовых и гипоидных) колес Новикова не сказывается ни на величине, ни на постоянстве передаточного отношения;
- погрешность межосевого расстояния, смещение исходных контуров, радиальные биения и вдольосевое смещение зубчатых венцов гиперболоидных передач Новикова сказываются на положении и форме пятна контакта (получены соответствующие расчетные зависимости) в основе которых – коэффициент чувствительности $\varepsilon = 1/\sqrt{\rho_2 - \rho_1} \cos \alpha_k$ – инварианта зацепления Новикова, установленная [2] для косозубых и с арочными зубьями цилиндрических передач, а также для конических передач с круговыми зубьями)
- коэффициент ε лежит в основе коэффициентов влияния всех доминирующих погрешностей гиперболоидных передач Новикова – погрешности в угле между осями вращения колес, радиального биения, вдольосевого смещения зубчатых венцов и т.д.
- в соответствии с тенденциями в нормировании точности передач зацеплением разработаны соответствующие рекомендации по точности изготовления и монтажа гиперболоидных (винтовых и гипоидных) зубчатых передач Новикова.

Выводы. Для гиперболоидных (винтовых и гипоидных) зубчатых передач, начальные поверхности которых наименее отклоняются от гиперболоидных аксоидов, обеспечивающих реализацию пространственных зацеплений с экстремальными (наилучшими) – по сравнению с традиционными пространственными передачами – получены основные геометро-кинематические соотношения. Эти соотношения – основа синтеза и анализа винтовых и гипоидных передач с улучшенными эксплуатационными характеристиками; для зубчатых винтовых и гипоидных передач Новикова разработаны рекомендации по точности изготовления и монтажа

Список литературы: 1. Грибанов В.М. Теория гиперболоидных зубчатых передач. – Луганск: Изд-во ВНУ им. В. Даля, 2003. – 300 с. 2. Грибанов В.М. Теоретические основы точности и разработка допусков зубчатых передач с зацеплением Новикова: Дис. д-ра техн. Наук: 05.02.02/ВМСИ.- Ворошиловград, 1989. – 410с