

**О.С. ВИТRENKO**, к.т.н., доцент каф. ТМ и ИК ВНУ им. В. Даля, Луганск;  
**Б.С. ВОРОНЦОВ**, к.т.н., профессор каф. ТМ и ИК ВНУ им. В. Даля;  
**М.Н. КУЗНЕЦОВА**, ассистент каф. ТМ и ИК ВНУ им. В. Даля

## ВОПРОСЫ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ЗУБЬЕВ НА ГИПЕРБОЛОИДНЫХ ЗАГОТОВКАХ

Разработана принципиально новая схема формообразования зубьев на гиперболоидной заготовке. Нарезание зубьев осуществляется за счет движения производящего зубчатого колеса вдоль прямолинейной образующей однополостного гиперболоида.

Розроблена принципово нова схема формоутворення зубців на гіперболоїдній заготовці. Нарізування зубців відбувається за рахунок руху вироблювального зубчастого колеса вздовж прямолинійної утворюючої однополосного гіперболоїда.

Principally new scheme of teeth form shaping on hyperbola workpiece has been developed. Teeth cutting are performed by movement of forming teeth-wheel along the linear generative of one-cavity hyperbola.

Винтовые зубчатые передачи нашли широкое распространение в промышленности всего мира. Однако до настоящего времени не удается получить зубчатые колеса, входящие в такую передачу с линейным характером касания зубьев и передаточным отношением меньше восьми. Это объясняется тем, что в промышленности нет никаких технологических проблем с изготовлением высокоточного червяка, а нарезать высокоточное колесо пока не удастся. Такое положение объясняется тем, что основная инструментальная и производящая поверхности зуборезного инструмента при их изготовлении не совпадают. Это обусловлено процессом затыловки зубьев на таком инструменте.

В представленной работе рассматривается изготовление зубьев на одном из зубчатых колес, входящих в винтовую зубчатую передачу. В данном случае это зубчатое колесо получено на однополостном гиперболоиде. До этого нарезались зубчатые колеса на квазигиперболоидных заготовках, заготовках вида "однополостной гиперболоид", а на однополостном гиперболоиде нарезать зубья пока не удавалось. Для того чтобы нарезать зубья на однополостном гиперболоиде, необходимо подавать производящее зубчатое колесо (инструмент) вдоль его прямолинейной образующей. Однако в промышленности очень сложно получить такое зубчатое колесо, что связано с определенными технологическими трудностями, обусловленными конструктивными особенностями зубофрезерных станков.

В рассматриваемой статье показана методика определения геометрии гиперболоидного зубчатого колеса в зависимости от геометрии инструментального зубчатого колеса, а также движений задействованных в процессе формообразования. Для перехода от системы координат, связанной с инструментальным зубчатым колесом, к системе координат, связанной с нарезаемым гиперболоидным зубчатым колесом, найдем координаты одной и той же точки  $M$  в системах  $S_1$  и  $S_2$ . Используя правила аналитической геометрии, запишем координаты точки на гиперболоидной заготовке в следующем виде:

$$\left. \begin{aligned} x_2 &= x_1 + a; \\ y_2 &= y_1 \cdot \cos \varphi - z_1 \cdot \sin \varphi - b; \\ z_2 &= z_1 \cdot \sin \varphi + z_2 \cdot \cos \varphi - c. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

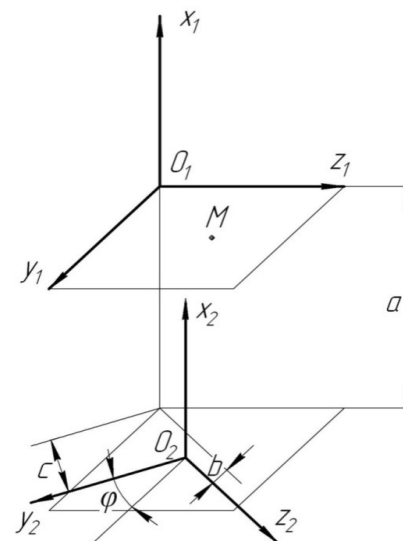


Рисунок 1 – Схема нахождения координат точки

Схема нахождения координат точки представлена на рисунке 1.

Если представить координаты  $a$ ,  $b$ ,  $c$  и угол поворота  $\varphi$ , как функции времени, уравнения (1) представят собой траекторию точки  $M$  в системе  $S_2$  при движении этой системы относительно системы  $S_1$ .

Так как межцентровое расстояние в зацеплении постоянное, то при выборе сопряженных между собой профилей зубьев, удовлетворяющих основному закону зацепления, необходимо иметь возможность осуществлять простую схему формообразования, основанную на использовании метода обкатки.

В процессе формообразования гиперболоидное зубчатое колесо вращается вокруг своей оси с постоянной

угловой скоростью  $\omega^1$ , и передвигается вдоль его прямолинейной образующей. Совокупность этих движений можно представить как движение в горизонтальной плоскости воображаемой рейки, которую легко заменить на цилиндрическое зубчатое колесо с прямым или косым зубом. Необходимо отметить, что поступательное движение  $S_1 \cos \gamma$  и вращательное  $m\pi$  строго согласованы следующей зависимостью:

$$K = \pm S_1 \cos \gamma / m\pi, \quad (2)$$

где  $K$  – коэффициент, который необходимо учитывать при настройке гитары деления станка;  $S_1$  – тангенциальная подача;  $\gamma$  – угол наклона зуба;  $m$  – модуль зацепления.

Рассматривая описанный выше процесс формообразования зубьев гиперболоидных многозаходных зубчатых колес, попытаемся установить геометрические и кинематические показатели, рассматривая процесс формообразования в станочном зацеплении производящего колеса с обрабатываемой деталью при двух параметрах их движения. Рассматриваемая постановка задачи, а в последующем ее решение позволят установить форму поверхности зуба формируемого зубчатого колеса. В дальнейшем искомое гиперболоидное зубчатое колесо будет сформировано в зависимости от угла скрещивания осей нарезаемого и производящего зубчатых колес  $\gamma$ , а также их угловых скоростей  $\omega_1$  и  $\omega_2$ , и тангенциальной подачи  $S_1$ . В рассматриваемой работе для увеличения коэффици-

циента перекрытия зуба формируются гиперболоидные косозубые зубчатые колеса, для получения которых вводится винтовой параметр  $P$ .

Одним из основных геометро-кинематических показателей работы зубчатой пары является относительная скорость скольжения. Для определения относительной скорости скольжения рассмотрим схему зацепления зубьев и перейдем от зуба производящего инструментального зубчатого колеса к зубу формируемого гиперболоидного зубчатого колеса. Такая схема представлена на рисунке 2.

Здесь  $xuz$  – неподвижная система координат;  $x_1y_1z_1$  – система координат, связанная с производящим зубчатым колесом;  $x_2y_2z_2$  – система координат, связанная с формируемым зубчатым колесом.

При этом для определения скорости относительного движения пары зубчатых колес, необходимой для определения износа зубчатой пары, может быть применена методика использования векторного или матричного способа определения этого параметра. Относительная скорость скольжения используется, прежде всего, для определения уравнения зацепления и может быть найдена при помощи кинематического метода.

Скорость произвольной точки на зубе производящего зубчатого колеса определяется при помощи следующего уравнения:

$$\vec{V}_1 = \vec{\omega}_1 \times \vec{r}_1, \quad (3)$$

где  $\vec{r}_1$  – радиус-вектор точки контакта на зубе колеса;  $\vec{\omega}_1$  – вектор угловой скорости на его оси.

Скорость точки контакта на зубе гиперболоидного зубчатого колеса, определяется при помощи следующего уравнения:

$$\vec{V}_2 = \vec{\omega}_2 \times \vec{r}_2 + \vec{A} \times \vec{\omega}_2, \quad (4)$$

где  $\vec{r}_2$  – радиус вектор, описывающий точку контакта на зубе гиперболоидного колеса;  $\vec{\omega}_2$  – вектор угловой скорости на оси формируемого зубчатого колеса;  $A$  – межосевое расстояние в передаче.

При формировании зубьев относительная скорость скольжения оп-

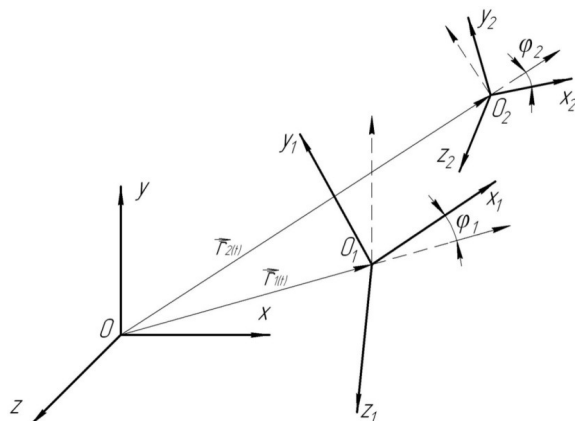


Рисунок 2 – Схема перехода от системы координат производящего колеса к системе координат формируемого колеса

ределяется как скорость движения точки, жестко связанной с производящим зубчатым колесом, относительно той же точки, жестко связанной с зубом формируемого гиперболоидного зубчатого колеса:

$$\vec{V}_{12} = \vec{V}_1 - \vec{V}_2 = \vec{\omega}_{12} \times \vec{r} - \vec{A} \times \vec{\omega}_2, \quad (5)$$

где  $\vec{\omega}_{12} = \vec{\omega}_1 - \vec{\omega}_2$ .

В представленной работе большое внимание уделено определению относительной скорости скольжения, так как от этой скорости в значительной степени зависит процесс формирования зубьев. Необходимо отметить, что при работе представленной зубчатой пары относительная скорость скольжения будет влиять на процесс износа зубьев в собранной передаче.

**Выводы.** Работа посвящена решению актуальной задачи – разработке принципиально новой винтовой зубчатой передачи с линейным контактом зубьев и передаточным отношением меньше восьми. В работе была найдена поверхность зубьев гиперболоидных зубчатых колес, сопряженная с поверхностью зубьев инструментального зубчатого колеса.

На основании выполненных теоретических исследований была разработана принципиально новая схема формирования гиперболоидных зубчатых колес. Впервые производящее цилиндрическое инструментальное зубчатое колесо в процессе формирования двигалось вдоль прямолинейной образующей однополостного гиперболоида.

**Список литературы:** 1. Геометрия сопряженных поверхностей / Равская Н.С., Родин П.Р., Николаенко Т.П., Мельничук П.П., Выготовский Г.Н. – Житомир: ЖИТИ, 2001. – 319с. 2. Основы формирования поверхностей при механической обработке / Равская Н.С., Родин П.Р., Николаенко Т.П., Мельничук П.П. – Житомир: ЖИТИ, 2000. – 169с.

Поступила в редколлегию 17.05.12

УДК 621.833

**В.Н. ВЛАСЕНКО**, к.т.н., председатель ТК-47 "Механические приводы", директор ООО "НИИ "Редуктор", Киев

## РАБОТЫ ТК-47 ПО РАЗВИТИЮ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ

В статье рассмотрены предложения по разработке национальных стандартов.

У статті розглянуті пропозиції з розробки національних стандартів.

In the article considered suggestion on development of national standards.

В процессе реализации Соглашения о финансировании программы "Содружество взаимной торговли путем устранения технических барьеров в торговле между Украиной и Европейским Союзом" в 2012-2013 гг. запланированы мероприятия по разработке национальных стандартов, гармонизирован-