

УДК 621.833.389

МОМЕНТЫ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ТРЕНИЯ В ЗАЦЕПЛЕНИЯХ ЧЕРВЯЧНЫХ ПЕРЕДАЧ КАЧЕНИЯ

М.Ф.ПАШКЕВИЧ, С.Н.РОГАЧЕВСКИЙ, Н.И.РОГАЧЕВСКИЙ

Государственное учреждение высшего профессионального образования

«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Могилёв, Беларусь

Для привода рабочих органов машин и оборудования часто используются червячные передачи, характеризующиеся высокой нагрузочной способностью, широким интервалом передаточных чисел в одной ступени, плавностью и бесшумностью работы, возможностью самоторможения. Принцип работы этих передач основан на скольжении рабочих поверхностей зацепляющихся звеньев, что является причиной низкого КПД (повышенных тепловыделений и износа, склонности к заеданию). Желание устранить эти недостатки привело к разработке червячных передач качения: пружинно-пальцевых и винтовых пальцевых передач. В этих передаточных механизмах отсутствует причина, вызывающая значительные потери, так как в зацеплениях скольжение заменено качением.

В червячных передачах качения вместо червяка используется закрепленная на ведущем валу витая цилиндрическая (бочкообразная) пружина или винт с прямоугольной (трапецеидальной) резьбой, а вместо червячного колеса применяется один или два диска (с закрепленными в подшипниках пальцами, или с установленными пальцами, на которых закреплены подшипники качения). Такие передачи просты в изготовлении, не требуют высокой точности изготовления деталей и их монтажа в редукторе, так как упругая податливость пружины компенсирует значительные погрешности, не требуют дорогостоящих антифрикционных материалов и масел. Они отличаются конструктивной простотой, низкой материалоемкостью, высокой ремонтпригодностью, возможностью работы в качестве открытых передач.

В подшипниках червячных передач качения, закрепленных на пальцах колеса, наружные кольца нагружены циркулирующими, а внутренние – колебательными радиальными силами и моментами геометрического трения наружных колец по винтовым поверхностям винта (пружины). Нагружение колец подшипников, закрепленных неподвижно в дисках колеса, в которых установлены пальцы с возможностью свободного вращения: колебательное наружных и циркуляционное внутренних колец радиальными силами, изгибающими пальцы моментами, а также осевыми силами в зацеплении конических пальцев или моментами геометрического трения цилиндрических пальцев по поверхностям винта (пружины).

Для научнообоснованного подхода к проектированию таких передач необходимы исследования силовых факторов в зацеплениях звеньев, одному из них, геометрическому трению, посвящена настоящая работа.

В червячных передачах качения перекатывание пальцев или подшипников по рабочим поверхностям винта или пружины сопровождается их геометрическим скольжением, которое вызвано неодинаковым изменением скорости по длине контакта указанных тел. Максимальное значение скорости достигается при $\Delta = 0$ (Δ - угол, характеризующий положение сечения пальца (подшипника) по отношению к образующей его цилиндрической поверхности). При других значениях Δ вместо линейного контакта будет наблюдаться точечное соприкосновение указанных поверхностей. При вращении правого винта против часовой стрелки в начале зацепления наблюдается точечный контакт рабочих поверхностей, затем, по мере возрастания Δ достигается линейный контакт, после этого опять происходит точечный контакт. При вращении этого винта по часовой стрелке при всех значениях Δ винтовая поверхность соприкасается с подшипником или пальцем только в точках. Сопряжения левого винта с подшипником аналогичны. При вращении его по часовой стрелке наблюдается только точечный контакт, а против часовой стрелки – точечный, линейный и снова точечный на каждом шаге зацепления.

Точечный контакт рабочих поверхностей под нагрузкой превращается в площадку, имеющую форму эллипса с осями в направлении качения и в направлении, перпендикулярном качению. При контакте рабочих поверхностей по линии, она превращается в прямоугольную площадку с меньшим размером в направлении качения и большим в направлении, перпендикулярном качению. Для оценки контактных напряжений на площадке сопряжения звеньев определены сумма и разность кривизны контактирующих поверхностей в сечениях с взаимно перпендикулярными плоскостями. Установлены зависимости размеров осей эллипса и отрезков, ограничивающих прямоугольную площадку, от нормальных усилий в зацеплениях.

Исследованы изменения величин площадок контакта на шаге зацеплений пальцев (подшипников) с винтами разных направлений витков и вращений в начале, конце и промежуточных положениях зацеплений. Эти величины зависят от угла Δ сечения пальца (подшипника) по отношению к образующей его цилиндрической поверхности.

Определены элементарные моменты трения на элементах площадок контактов. Моментами геометрического трения являются интегральные суммы элементарных моментов геометрического трения для элементов рабочих поверхностей, соприкасающихся в пределах площадок, очерченных эллипсом или прямоугольником.