

УДАРНЫЙ ХАРАКТЕР ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РОЛИКОВ И СЕПАРАТОРА СМАЗЫВАЕМЫХ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ САТЕЛЛИТОВ ПЛАНЕТАР- НОГО РЕДУКТОРА

М.И. Курушин, А.М. Курушин, г. Самара

При доводке и эксплуатации мощных турбовинтовых двигателей с дифференциальным (НК-12) и планетарным (НК-4) редукторами большие трудности встретились при обеспечении работоспособности и надежности роликоподшипников сателлитов и в первую очередь их сепараторов. Особенностью работы этих подшипников заключается в том, что они участвуют одновременно в двух движениях - переносном вместе с вращающимся водилом и относительном вращении либо внутри водила, либо внутри сателлита (двойное вращение). На тела качения и сепаратор кроме усилий в контактах от передаваемой мощности действуют центробежные силы в относительном вращении в водиле, а также центробежные и кориолисовы силы инерции в переносном вращении вместе с водилом. Разрабатываемые нами методики расчета таких подшипников имеют свою эволюцию. Прежде всего, стремление учесть влияние центробежных сил роликов на усилия в их контактах как с внутренней так и наружной беговыми дорожками привело к разработке методики расчета подшипника качения на долговечность по выкрашиванию по базовым напряжениям, аналогично как это делается в зубчатых колесах. При расчете сепаратора на усталостную прочность учитывались собственные центробежные силы распределенных масс в переносном и относительном вращениях и касательных составляющих центробежных сил роликов в переносном вращении вместе с водилом, т.е. использовался метод кинестатики (квазидинамики). При такой квазистатической методике все же было не ясно, как же распределяются усилия в контактах ведомых роликов с перемычками сепаратора. В худшем случае при расчетах на прочность принималось, что весь крутящий момент от ведущих роликов воспринимался одним ведомым. По этому усилию и рассчитывалась на усталостную прочность перемычка сепаратора.

Для того, чтобы сгладить эффект сосредоточенных усилий реакция со стороны наружного кольца принималась равномерно распределенной на некоторой дуге. Чем податливее сепаратор, чем больше нагрузка на него и чем меньше зазор плавания, тем больше площадка контакта сепаратора с центрирующими буртика-

ми наружного кольца, тем больше отличаются напряжения в кольцах сепаратора от случая сосредоточенной реакции. Кроме того, сепаратор рассматривался как жесткий узкий подшипник скольжения, определялись его квазидинамическое положение и минимальная толщина смазочного слоя. Определялись потребный расход смазки и температура в контакте. В центрирующих бортиках на входе в зону предполагаемого контакта с кольцами сепаратора делались специальные отверстия для подвода смазки. Но были случаи усталостного разрушения наружных колец по этим отверстиям. Поэтому в конце концов от этих отверстий отказались. Увеличением опорной поверхности колец сепаратора добились обеспечения гидродинамического режима в контактах за счет только барботажной смазки.

Но только совсем недавно было осмыслено, что во всех этих методиках не был учтен динамический эффект взаимодействия роликов и сепаратора при смене направления составляющих центробежных сил в переносном вращении. При наличии зазоров в окнах сепаратора за счет времени свободного пробега под действием касательных составляющих центробежных сил переносного вращения ролики входят в контакт с перемычками с ударом. Специально разработанная дискретно-упругая контактно - гидродинамическая модель подшипника качения сателлита позволяет численно на ЭВМ оценивать усилия взаимодействия роликов и сепаратора. Но кроме этого удалось получить и аналитические зависимости для оценки этих усилий. Результаты проведенных исследований позволяют сделать следующие выводы: Скорость ударов роликов о перемычки сепаратора не зависят от массы роликов и могут достигать на конкретных конструкциях десятки метров в секунду, а сами удары до нескольких тонн на перемычку; удары происходят в районах самого нижнего и самого верхнего расположения роликов по радиусу водила; чем больше зазоры в окнах, тем больше силы ударов; чем больше жесткость перемычек, тем больше силы ударов; за счет малого времени соударений роликов о перемычки и большой податливости колец сепаратора силы ударов в контактах сепаратора с центрирующим бортом наружных колец значительно амортизируются; смазка значительно демпфирует силы ударов роликов о сепаратор. Для уменьшения ударных нагрузок роликов о сепаратор подшипников сателлитов необходимо уменьшать зазоры в окнах сепараторов.