

УДК 621.822.

## **ВИДЫ ШЕРОХОВАТОСТИ ОПОРНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕЗАМКНУТОГО ОСЕВОГО ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО ПОДШИПНИКА**

**Строк Л.В.,**

**научный руководитель канд. техн. наук Секацкий В.С.**

*Сибирский федеральный университет*

В гидростатических опорах (подшипниках и направляющих) несущие поверхности разделены слоем смазки толщиной  $h$ , величина которого составляет сотые доли миллиметра и существенно влияет на нагрузочные и расходные характеристики опоры. При расчете характеристик гидростатических опор принимают номинальное (расчетное) значение толщины слоя смазки. Реальное же значение определяется зазором между опорными поверхностями и зависит от точности изготовления и монтажа опоры. В незамкнутой осевой опоре (подшипнике или направляющей) зазор определяется величиной подъема подвижной части опоры относительно неподвижной под действием давления смазки.

Погрешность изготовления и монтажа любых поверхностей характеризуются не только погрешностью их размеров, но и реальными погрешностями формы и расположения поверхностей, а также шероховатостью последних. Большая часть расчетов параметров гидростатических опор осуществляется для идеального варианта: реальная толщина масляного слоя по всей поверхности опорных поверхностей одинакова и равна номинальному значению.

Величина шероховатости во многом зависит от материала деталей гидростатических подшипников и от способа механической обработки. Неподвижную деталь подшипника изготавливают, как правило, из бонзы, а подвижную из закаленной стали. Такое сочетание материалов позволяет получить антифрикционную пару, снижающую износ при пуске и остановке узла.

При механической обработке несущих поверхностей гидростатических опор возникает шероховатость, величина и направление которой зависит от способа обработки. При чистовом обтачивании опорных поверхностей поперечной подачей или при чистовом растачивании шероховатость по параметру  $Ra$  может меняться от 3,2 до 0,8 мкм. По параметру  $Rz$ , который наиболее полно подходит к математической модели исследуемого подшипника, указанная выше шероховатость составит 12,5 – 3,2 мкм. Учитывая, что опорных поверхностей две, суммарная высота микронеровностей может быть соизмерима с величиной несущего слоя смазки.

Что касается среднего шага неровностей профиля, то он определяется в основном величиной подачи инструмента при обработке на металлорежущих станках и находится в пределах от 0,1 до 0,3 мм.

В данной статье рассмотрены виды шероховатости опорных поверхностей в зависимости от способа механической обработки, а также влияние ее на характеристики подшипников.

Исследования проведены на примере незамкнутого осевого гидростатического подшипника с центральной несущей камерой. Схема подшипника и его параметры показаны на рис. 1,а. При нагнетании давления  $p_n$  в подшипник подвижная часть 2 поднимается на величину  $h_o$ . Сопротивление дросселя  $R_{op}$  рассчитано исходя из условия  $P_{к0} / P_n = 0,5$ . Здесь  $p_{к0}$  – давление в несущем кармане, соответствующее расчетному зазору  $h_o$  при гладких опорных поверхностях.

При чистовом обтачивании поперечной подачей на опорных поверхностях осевого гидростатического подшипника шероховатости будет возникать шероховатость кругообразного направления (рис 1,б).

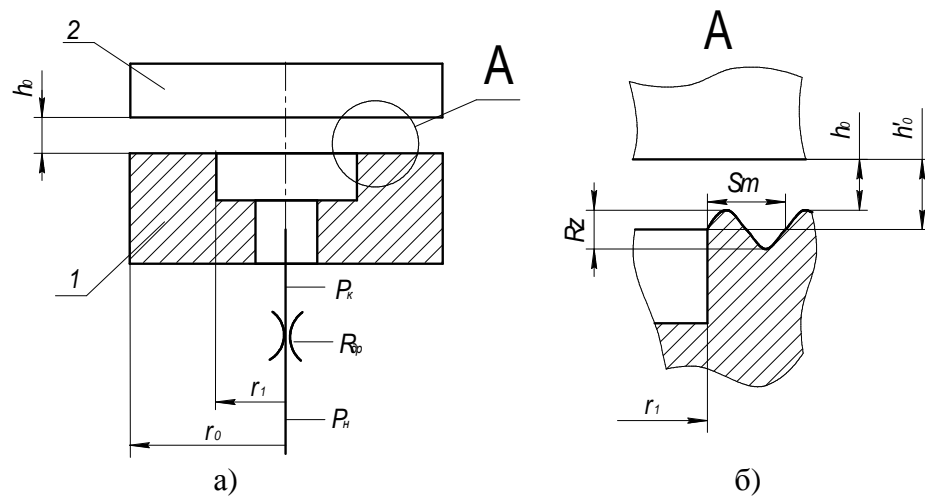


Рис. 1. Гидростатический подшипник:  
а) схема подшипника; б) форма опорной поверхности

Усредненный зазор при этом будет иметь вид:

$$h_0' = h_0 + Rz/2 \quad (1)$$

где  $Rz$  – высотный параметр шероховатости, который при теоретических исследования наиболее полно характеризует ее величину.

При круговом направлении шероховатости считаем, что толщина слоя смазки  $h_0$  не зависит от угловой координаты, а определяется текущим значением радиуса  $r_i$  подшипника на опорной перемычке, ограниченной наружным  $r_o$  и внутренним  $r_1$  радиусами. Таким образом, текущее значение толщины слоя смазки  $h_i$  можно представить следующей зависимостью:

$$h_i = h_0 + 0,5Rz \cos x \quad (2)$$

где  $x = \frac{2\pi \cdot m(r_i - r_1)}{r_o - r_1}$ ,

$m = (r_o - r_1) / Sm$  – количество волн шероховатости на опорной перемычке подшипника;

$Sm$  – средний шаг шероховатости.

При механической обработке гидростатических опор возможно появление шероховатости с направлением рисок (следа) вдоль потока смазки (рис. 2,а). Для упрощения исследования принята модель шероховатости, которая утрировано показана на рис. 2,б. Такое расположение шероховатости получается, например, на перемычках между несущими карманами при растачивании радиальных гидростатических подшипников либо при обработке круговых гидростатических направляющих. На направляющих форма шероховатости близка к радиальному направлению (ГОСТ 2789),

т. е. для исследуемой опоры направление шероховатости совпадает с направлением течения смазки в несущем слое подшипника.

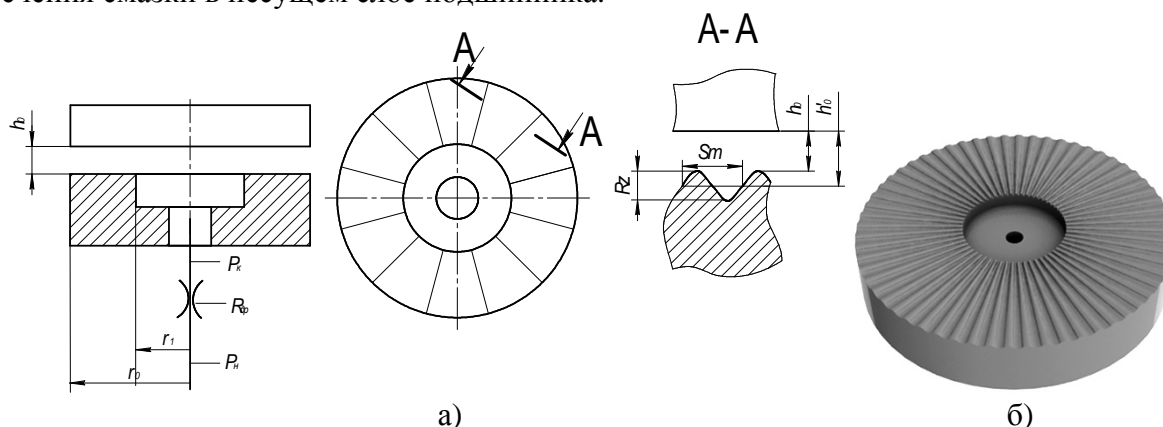


Рис. 2. Гидростатический подшипник:  
а) схема подшипника; б) форма опорной поверхности

С учетом шероховатости усредненный зазор будет иметь вид:

$$h_0' = h_0 + Rz/2 \quad (3)$$

где  $Rz$  – высота шероховатости.

При радиальном направлении шероховатости толщина слоя смазки  $h_0$  зависит от угловой координаты  $\varphi$ . Таким образом, с учетом шероховатости текущее значение толщины слоя смазки  $h_i$  можно представить следующей зависимостью:

$$h_i = h_0' - 0,5Rz \cdot (\cos[m\varphi]) , \quad (4)$$

где  $m=2\pi/Sm$  – количество волн шероховатости на опорной перемычке подшипника;

$Sm$  – средний угловой шаг шероховатости;

$\varphi$  – угловая координата.

Исследования показали, что при кругообразной шероховатости гидростатической опоры на несущую способность в большей степени влияет количество шагов шероховатости на ширине опорной перемычки, чем величина шероховатости. Это объясняется тем, что чем больше шагов шероховатости в пределах граничных условий, тем меньше перепад давления на каждом шаге. При радиальной шероховатости гидростатической опоры шаговой параметр на несущую способность практически не влияет. При увеличении величины шероховатости происходит уменьшение несущей способности.

Расход смазки в большей степени зависит от величины шероховатости, так как в его выражение входит зазор в третьей степени. Шаговой параметр при этом практического влияния не оказывает.

Расчеты показывают что в гидростатическом подшипнике с номинальными параметрами  $r_0=36$  мм,  $r_1=18$  мм,  $h_0=20$  мкм,  $P_H=2$  МПа,  $\mu=0,005$  Па·с изменение шероховатости от 0,05 до 0,4 мкм приведет к изменению расхода смазки на  $0,069 \cdot 10^{-6}$  л/мин (5,7%).