

УДК 621.822.5.001.5

О.Н.Гришина (5 курс, каф. ГАК), В.А.Прокопенко, к.т.н., доц.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ПОДШИПНИКОВ С РАЗЛИЧНЫМИ СХЕМАМИ УПРАВЛЕНИЯ

Одним из наиболее эффективных средств на пути совершенствования металлорежущих станков, повышения их производительности и точности является улучшение качества конструкции отдельных устройств и, в частности, шпиндельных узлов (ШУ). Для этой цели кроме совершенствования шпиндельных опор на традиционных видах подшипников качения перспективным является использование и других типов опор, одним из которых является гидростатический подшипник (ГСП). При использовании данного типа подшипников износ опор шпинделя практически полностью исключается, кроме того, существенно повышается нагрузочная и несущая способность, демпфирование, виброустойчивость, точность, снижаются потери на трение, улучшается термостабильность станка [1].

К основным расчётным статическим параметрам ГСП относятся: рабочий радиальный зазор (h), рабочая точка по давлению (p_0), несущая способность и соответствующий ей наибольший перепад давления в опорах (Δp), рабочий расход жидкости, и связанные с ним потенциальные потери (N_Q), площадь трения на перемычках, и связанные с ней скоростные потери (N_{mp}).

Применительно к гибкому серийному модулю ЛР520ПМФ-4 рассмотрены три возможных варианта схемы управления опор ГСП [2]:

Вариант 1: в передней (ПО) и задней (ЗО) опорах ШУ используются по два дросселя типа “сопло-заслонка” по каждой координатной оси.

Вариант 2: в передней опоре ШУ используются мембранный регулятор и дроссель типа “сопло-заслонка”, в задней опоре – два дросселя типа “сопло-заслонка”.

Вариант 3: в каждой передней и задней опорах ШУ используется мембранный регулятор и дроссель типа “сопло-заслонка”.

Для варианта 1 построена соответствующая статическая характеристика (рис.1.).

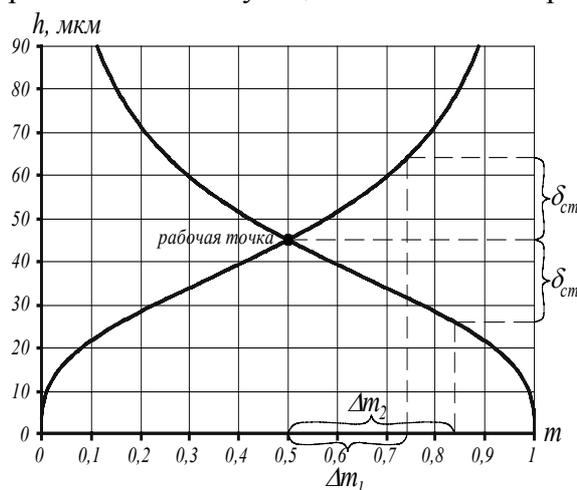


Рис. 1. Статическая характеристика ГСП схемы управления по варианту 1.

По графику статической характеристики можно определить, что рабочая точка опор при $m = 0,5$, $h = 45 \text{ мкм}$, давлении в опоре $p_0 = \frac{P_n}{2} = 4,25 \text{ МПа}$. Произведен расчет

податливости опоры ГСП по варианту 1, в результате которого определены суммарные смещения на кромке подшипника для нагрузочной и для разгрузочной ветвей статической характеристики ($\delta_{\Sigma} = 0,0029\text{мм}$); на конце шпиндельного узла, $\delta_{\Sigma f1} = 0,2\text{мм}$ для нагрузочной и $\delta_{\Sigma f1} = 0,215\text{мм}$ для разгрузочной ветвей.

Вариант 2 обеспечивает наибольшую точность на малых нагрузках, жёсткость, долговечность работы и т.п. Давление, возникающее в несущей опоре (НО), действует и в сопловой камере регулятора. В результате мембрана прогибается, устанавливая рабочий зазор $H_p = 45,7 \cdot 10^{-6}\text{м}$. При увеличении внешней нагрузки возрастает давление в НО, что дополнительно увеличивает прогиб мембраны. При этом увеличивается расход в НО, благодаря чему поддерживается уровень зазора в НО. Из уравнения баланса расходов через регулятор и НО: $Q_p = Q_0$, где Q_p - расход в регуляторе, $\text{м}^3/\text{с}$; Q_0 - расход в опоре, $\text{м}^3/\text{с}$ получена статическая характеристика для схемы управления с регулятором в одной из НО (рис. 2).

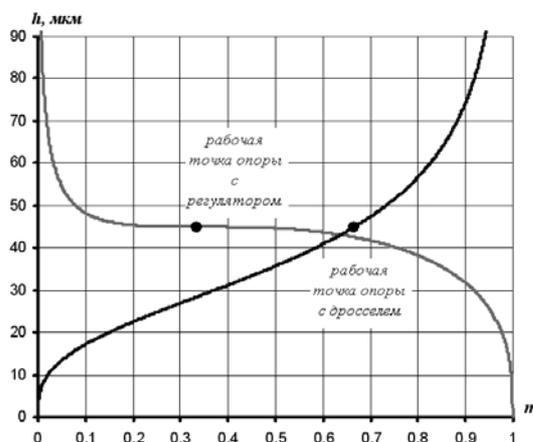


Рис. 2. Статическая характеристика ГСП схемы управления по варианту 2.

При использовании регулятора, для реализации наибольшей жёсткости, рабочая точка опор будет при $m = 1/3$, $h = 45\text{мкм}$, давлении в опоре- $p_0 = p_n/3 = 8,5/3 = 2,83\text{МПа}$. График статической характеристики для задней опоры соответствует рис. 1. Для варианта 3 статические характеристики для передней и задней опор ГСП соответствуют рис. 2. Рабочая точка опор также будет при $m = 1/3$, $h = 45\text{мкм}$, давлении в опоре- $p_0 = p_n/3$. В результате выполненного анализа на жесткость, приведенную к переднему концу шпинделя, установлено, что варианты 2 и 3 обеспечивают существенно большую точность и в области режимов чистовой обработки близки друг к другу. Таким образом, более простой вариант 2 рекомендуется для внедрения в рассматриваемый станок.

По результатам статического расчёта определены конструктивные параметры регулятора: рабочий зазор $H_p = 91,4 \cdot 10^{-6}\text{м}$; начальный зазор $H_0 = 45,7 \cdot 10^{-6}\text{м}$; податливость мембраны по давлению $e = 1,61 \cdot 10^{-11}\text{м}/\text{Па}$; толщина мембраны $\delta_m = 3\text{мм}$; радиус мембраны $R_m = 27\text{мм}$.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Методические указания по выполнению расчётов и проектированию подшипников современных высокопроизводительных металлорежущих станков./ Дудески Л., Петков П.П., Прокопенко В.А., Яцкевич А.А. – Л., ЛГТУ, 1990 – 37с.
2. Лю Вэй. Гидростатические подшипники высокоскоростных шпиндельных узлов автоматического станочного оборудования. СПб., СПбГТУ, 1998 - 16 с.