

УДК 621.9

РАСЧЕТ БИЕНИЯ ШПИНДЕЛЯ УЛЬТРАПРЕЦИЗИОННОГО СТАНКА С УЧЕТОМ РАДИАЛЬНОЙ ЖЕСТКОСТИ ПРИВОДНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Александр Олегович Золин

Аспирант 1 года,

кафедра «Металлорежущие станки»

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Научный руководитель: И.А. Зверев,

доктор технических наук, профессор, профессор кафедры высокопроизводительных технологий и обработки

Московский государственный технологический университет (МГТУ «СТАНКИН»)

К оптическим деталям предъявляются требования шероховатости рабочих поверхностей Ra0.01 и точности не грубее IT3. Для производства оптических деталей используется специализированное оборудование, например, ультрапрецизионный токарный станок УТМ-250.03, разработанный НПО «Асферика». На точность обработки влияют разные факторы. В данной работе сделан упор на исследование влияния приводного двигателя на погрешность перемещения оси шпинделя, так как эта проблема изучена недостаточно подробно.

В первом приближении двигатель можно считать опорой шпинделя с постоянной отрицательной радиальной жесткостью. Были рассмотрены две методики расчета коэффициента жесткости: аналитическая по приближенной формуле из работы [1] для двигателя 2ДМ105 и численная с помощью модуля Magnetostatic Ansys Workbench для двигателя ДМ127. Производители двигателей обычно не дают полные данные для расчета, поэтому недостающая информация была взята из учебника [2].

Для величины магнитной индукции 1.3 Тл в зазоре двигателя 2ДМ105 был получен коэффициент жесткости $-1.22 \cdot 10^6$ Н/м. Для двигателя ДМ127 были построены зависимости силы реакции F от радиального смещения ротора относительно статора h для разных значений амплитуды силы тока в обмотках, они приведены на рисунке 1.

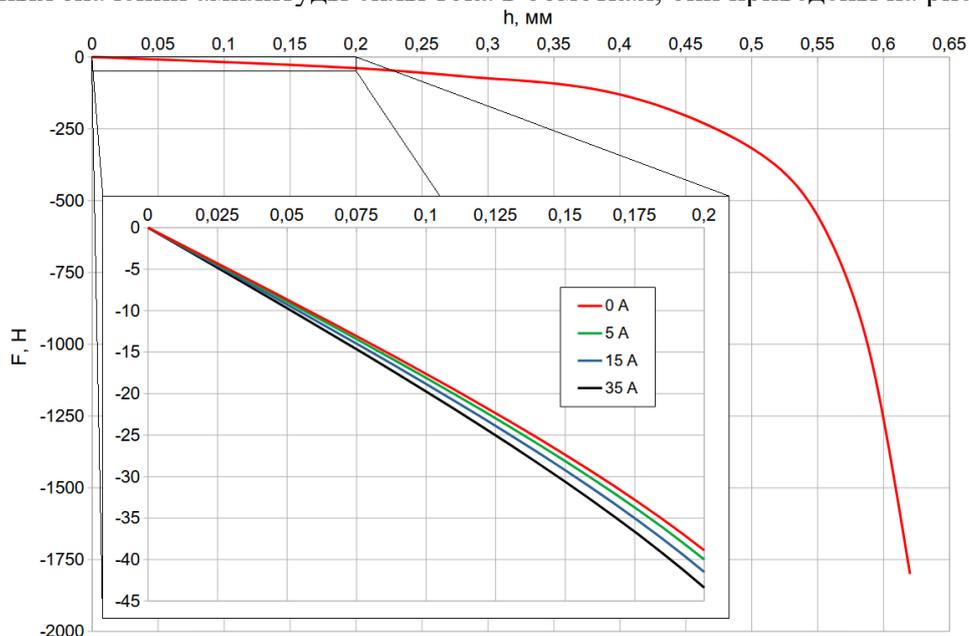


Рис. 1. Кривая нагружения двигателя ДМ127

Зная показатель класса точности балансировки, можно по методике из стандарта [3] определить величину дисбаланса в плоскостях балансировки. С учетом характеристик опор и двигателя, а также дисбаланса шпинделя, была составлена расчетная модель в COMSOL Multiphysics и рассчитано радиальное биение для равных и противоположных углов дисбаланса.

Для верификации расчетной модели был проведен эксперимент с двигателем 2ДМ105 по методике из работы [4]. Результаты эксперимента и расчета приведены на рисунке 2 в виде зависимости радиального биения TIR и синхронной остаточной погрешности перемещения оси шпинделя s от угловой скорости ω .

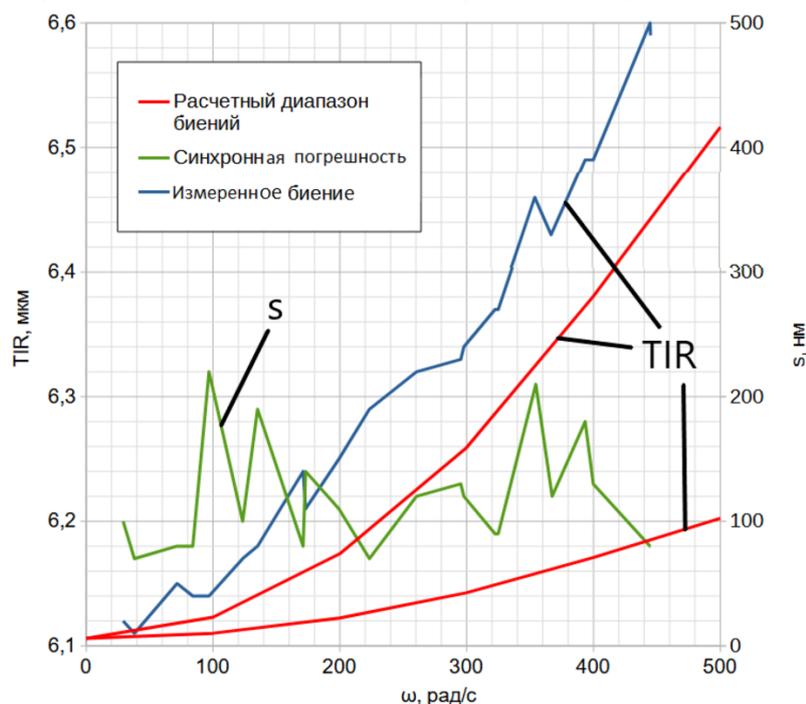


Рис. 2. Результаты расчета и эксперимента

Из графика видно, что экспериментально определенные значения биения находятся вне расчетного диапазона, хотя и близки к нему. Это может быть вызвано погрешностями формы измерительной оснастки, незначительно увеличивающими биение, а также неточностью определения величины дисбаланса. Кроме того, наблюдаются значительные остаточные синхронные погрешности. Их появление может быть вызвано неравномерностью магнитного поля в воздушном зазоре двигателя, которая приводит к параметрическим колебаниям шпинделя. Таким образом, для уточнения расчетной модели требуется дальнейшее исследование поведения приводного двигателя, особенно с учетом неравномерности магнитного поля.

Литература

1. Давыдов А.В., Дегтярев С.А., Кутаков М.Н., Леонтьев М.К. Динамика роторов электрических машин с учетом силы одностороннего магнитного притяжения // Вестник Московского авиационного института. 2013. Т. 20. № 1. С. 140-151.
2. Копылов И.П., Клоков Б.К., Морозкин В.П., Токарев Б.Ф. Проектирование электрических машин: учебник для вузов / под ред. И.П. Копылова. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Издательство Юрайт, 2011. 767 с.
3. ГОСТ ИСО 1940-1-2007. Вибрация. Требования к качеству балансировки жестких роторов. Часть 1. Определение допустимого дисбаланса. Введ. 01-07-2008. М.: Изд-во Стандартиформ, 2007. 22 с.
4. Marsh E.R. Precision Spindle Metrology. 2nd ed. DEStech Publications, Ink, 2010. 169 p.