

Рисунок 4. Экспериментальные результаты измерения зависимости коэффициента отражения от частоты для ячейки метаматериала с четырьмя диодами BAS321, 1: -2 В, 2: 0 В

1. Cui T.J., Smith D.R. and Liu R.P. *Metamaterials: Theory, Design and Applications* (New York: Springer, 2009).

2. Smith D.R. and Pendry J.B. Homogenization of metamaterials by field averaging (invited paper) // *J. Opt. Soc. Am. B*, Marth 2006. Vol.23, No.3. p. 391.

3. Landy N.I., Sajuyigbe S., Mock J.J., Smith D.R. and Padilla W.J. Perfect Metamaterial Absorber// *Phys. Rev. Lett.* 2008. 100 207402 .

4. Mias C. and Yap J.H. A varactor-tunable high impedance surface with a resistive-lumped-element biasing grid // *IEEE Trans. Antennas Propag.* 55(7), 1955–1962, July 2007.

5. Zhu, Y. J. Feng, J. M. Zhao, C. Huang, and T.A. Jiang. Switchable metamaterial electromagnetic waves//*Appl. Phys. Lett.* 97(5), 051906 (2010).

УДК 621.9.022

КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ СТАТИКИ И ДИНАМИКИ ГЛОБУСНОГО СТОЛА 5-КООРДИНАТНОГО МНОГОЦЕЛЕВОГО СТАНКА С ЧПУ

Луговой В.В., Луговой В.П.

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Особую роль в машиностроительной отрасли принадлежит многокоординатным станкам с ЧПУ, неотъемлемым атрибутом которых являются глобусные столы. Проведение последовательных натурных испытаний глобусного стола для оптимизации рациональной конструкции представляет длительную и дорогостоящую задачу. В связи с этим решение данной задачи решается путем виртуальных испытаний с использованием компьютерных программ, позволяя ускорить процесс оптимизации конструкций глобусного стола. Наиболее приемлемым аналитическим методом оценки жесткости и анализа прочностных характеристик машиностроительных конструкций является метод конечных элементов.

Программный комплекс ANSYS позволил и позволил осуществить:

- статический и динамический анализ конструкций;
- определить собственные моды и резонансные спектры вынужденных колебаний, а также смещений и напряжений по известным вибрационным спектрам;
- провести динамический анализ переходных процессов и точный динамический анализ.

Целью настоящих исследований является оптимизация конструкции типового глобусного стола и выявление конструктивных факторов, влияющих на его статическую и динамическую жесткость.

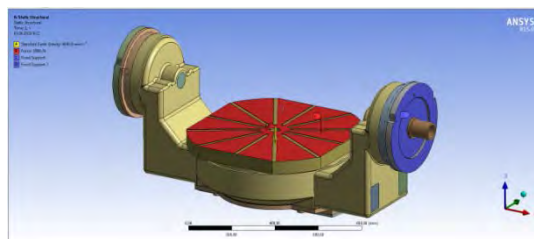


Рисунок 1 – Общий вид модели глобусного стола

Глобусный стол предназначен для поворота закрепленной заготовки вокруг двух осей: вертикальной и продольной горизонтальной. Он содержит поворотный стол, вращающийся вокруг вертикальной оси и корпус, поворачивающийся вокруг продольной оси. Он представляет собой полую конструкцию, жестко сочлененную из центральной круглой части и боковых кронштейнов, имеющих угловую прямоугольную форму. Механизм поворотного стола образует сборный узел, состоящий из поворотного стола, шагового двигателя и опоры качения. В результате конечно-элементного моделирования и экспериментальных исследований частот и форм собственных колебаний несущей системы 5-координатного стола станка с ЧПУ, выявлены 10 резонансных мод в диапазоне частот до 1635 Гц. Установлено, что наибольшее снижение виброустойчивости стола возникает при действии вынужденных колебаний частотой

25-350 Гц. При этом во всем диапазоне стол динамически наиболее податлив при колебаниях в продольном направлении.

Статический анализ конструкции стола показал, что глобусный стол обладает необходимой жесткостью и прочностью при действии внешних сил в исследуемой области в пределах до 1000Н, так как величина перемещений от действия этих сил незначительна. Билли установлено, что наиболее податливыми деталями конструкции стола являются кронштейны, центральная часть корпуса и поворотный стол. Установлено также, что податливость конструкции стола при его повороте на 90° зависит величины приложенной внешней нагрузки: с увеличением массы заготовки податливость стола смещается от планшайбы к подшипниковому узлу поворотного механизма.

Модальный анализ позволил установить наличие двух диапазонов частот колебаний, вызывающих резонансные явления. Первый диапазон лежит в области колебаний до 500 Гц, второй при повышении частоты колебаний свыше 1000 Гц.

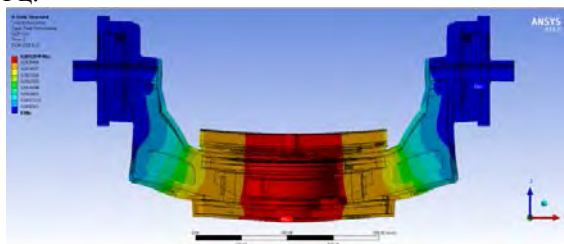


Рисунок 2 - Картина суммарных перемещений в глобусном столе

При этом колебания, действующие в первом диапазоне, возбуждают преимущественно изгибные колебания элементов конструкции стола. Наибольшая податливость возникает в конструкции стола в области колебаний частотой 320 Гц. В области второго диапазона частот колебаний перемещения становятся локальными, меньшими по величине и потому не представляющими опасений в работе конструкции. Результаты расчетов и анализ АЧХ подтвердил полученные ранее результаты.

Гармонический анализ станка показал, что моды колебаний стола зависят от частот вынужденных колебаний. В результате расчетов и анализа АЧХ стола в пределах частоты колебаний до 1600 Гц установлено наличие трех областей действия колебаний. В первой области в пределах частоты колебаний до 280 Гц наблюдается резкое увеличение амплитуды колебаний при повышении частоты. При дальнейшем увеличении частоты колебаний свыше 350 Гц наблюдается снижение уровня перемещений деталей стола, вызывающих при колебаниях

частотой 750 Гц одновременные перемещения во всех координатных плоскостях. Высокочастотные колебания в третьей области диапазона частот вызывают некоторое повышение локальных перемещений, сопровождаемые некоторым увеличением напряжений в конструкции. При повороте стола на 90° графики АЧХ имеют идентичный характер.

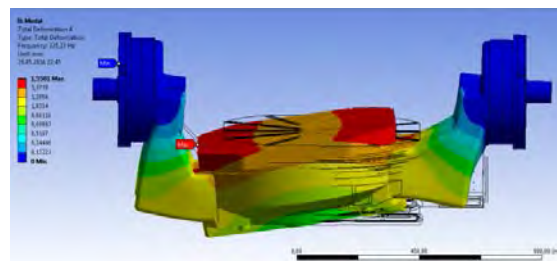


Рисунок 3 – Модель резонансной моды колебаний стола ($f=325$ Гц)

Установлено, что стол динамически наиболее податлив в продольном направлении. Оптимизация геометрии стола за счет введения дополнительных ребер жесткости в корпусе стола позволила обеспечить повышение жесткости стоек и зон в метлах соединения с корпусом, снизить уровень напряжений в конструкции.

Проведенный анализ глобусного стола 5-ти осевого вертикального обрабатывающего центра ВУВЕР630 ОАО «СтанкоГомель» – холдинг «Белстанкоинструмент» и теоретические исследования позволяют сделать следующие выводы и рекомендации:

1. Используемая конструкция глобусного стола полностью соответствует требованиям прочности, жесткости и виброустойчивости для установленных на данном станке предельных режимов резания;

2. Модернизация станка, направленная на увеличение скоростей резания и соответственно частоты вращения шпинделя должна быть сопряжена усовершенствованием конструкции глобусного стола, с учетом того, что действие вынужденных колебаний в пределах частоты 250-350 Гц вызывает резонансные явления и снижение его виброустойчивости в локальных зонах;

4. Дальнейшее усовершенствование конструкции глобусного стола для повышения виброустойчивости может быть достигнуто повышением жесткости в полости кронштейнов привода поворота стола путем введения ребер жесткости в продольном и поперечном направлениях.

5. Технологические рекомендации для борьбы с автоколебаниями заключаются в подбор режимов резания, которые не должны превышать область частот колебаний 200 Гц.