

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Генкин М.Д. Виброакустическая диагностика машин и механизмов / Генкин М.Д., Соколова А.Г. – М. : Машиностроение, 1987. – 288 с.
2. Герике Б.Л. Мониторинг и диагностика технического состояния машинных агрегатов : учеб. пособие. – В 2-х ч. Ч.1 : Мониторинг технического состояния по параметрам вибрационных процессов. – Кемерово : Кузбасский государственный технический университет, 1999. – 188 с.
3. Костюков В.Н. Основы виброакустической диагностики машинного оборудования : учеб. пособие / В.Н. Костюков, А.П. Науменко и др. – Омск : НПЦ «Динамика», 2007. – 286 с.
4. Драган А.В. Выявление локальных повреждений зубьев зубчатых колес многовальных приводов с использованием методов искусственного интеллекта / Драган А.В., Парфиевич А.Н. // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2017. – №4. – С. 27 – 31.
5. Драган А.В. Использование нейросетевого детектора при акустической диагностике многовальных зубчатых приводов/ Драган А.В., Парфиевич А.Н., Безобразов С.В. // Неразрушающий контроль и диагностика. – 2017. – №2. – С. 58 – 70.

УДК 921.9.06

МОДЕЛИРОВАНИЕ СМЕЩЕНИЯ ОСИ ШПИНДЕЛЯ ОТ УПРУГИХ ДЕФОРМАЦИЙ СТОЙКИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ФРЕЗЕРНО-РАСТОЧНОГО СТАНКА С ЧПУ

Горбунов В.П., Трофимчук А.С.

Брестский государственный технический университет,
Брест, Республика Беларусь

Достижение требуемых параметров точности обрабатываемых деталей зависит в первую очередь от качественных характеристик станка, которые формируются несущей системой, а именно ее компоновкой, качеством изготовления и сборки, используемыми материалами, конструкцией базовых деталей. Это все определяет пространственное положение оси шпинделя, смещение которого от начального приводит к ухудшению геометрической точности обрабатываемых деталей, таких как точность линейных размеров, отклонений формы и расположения поверхностей, позиционного отклонения. Причем в процессе эксплуатации станка необходимо обеспечивать сохранение начальной точности положения оси шпинделя, недопущение выхода его за пределы допустимого, то есть исключить возможность появления параметрического отказа [1].

В процессе работы станок воспринимает энергетические нагрузки различной интенсивности, особое место, где занимают силовые факторы (особенно у тяжелых станков), такие как масса базовых деталей, смещение во время работы центров тяжести масс подвижных элементов, остаточные внутренние напряжения. Их доля в балансе погрешности обработки может достигать 65 % [2].

Особое место в парке металлообрабатывающего оборудования занимают многоцелевые станки с ЧПУ, которые являются сложной и более энергооборуженной технологической системой по сравнению с обычными станками. Их

уникальность и индивидуальность конструкций затрудняет проведение в полном объеме исследовательских испытаний. Чтобы выделить зависимость выходного параметра точности станка от влияния упругих деформаций несущих элементов и с достаточной степенью точности прогнозировать величину упругого смещения оси шпинделя, возникает необходимость в проведении виртуальных испытаний с помощью Метода Конечных Элементов (МКЭ). Результаты такого эксперимента применимы для прогнозирования технологического состояния исследуемого станка.

Целью настоящей работы является переход от длительных и трудоёмких экспериментов к компьютерному моделированию деформационных процессов для диагностирования упругих деформаций несущей системы станка и прогнозированию изменения его геометрической точности. Прогнозирование возможно при известном характере изменения смещения оси шпинделя во времени.

Для моделирования смещений от упругих деформаций применяется методика исследований, которая включает следующие этапы:

1) Разработка трёхмерной полноразмерной твёрдотельной модели базовых элементов несущей системы станка;

2) Определение изменяющихся геометрических параметров, путем приложения к модели граничные условия в виде упругих свойств реальных деталей;

3) Выявление величин упругих деформации рассматриваемых элементов станка;

4) Определение математической зависимости погрешности обработки от упругих деформаций рассматриваемой системы.

В качестве объекта исследования рассматривается горизонтальный фрезерно-расточной станок с ЧПУ модели MC200MФ4. Станок оснащен двумя столами и подвижной стойкой. Рассматривается основная часть станка стойка в сборе (рисунок 1). Массы подвижных элементов ползуна, бабки составляют соответственно 14480 кг, 15520 кг, 33910 кг. Наибольшие рабочие перемещения: стойки горизонтально по оси «X» -8000 мм; бабки вертикально по оси «У» -3000 мм; ползуна по оси «Z» -1500 мм.

Геометрическая модель стойки в сборе превращена в сетку конечных элементов (рисунок 2). Основным типом конечных элементов является 10-узельный тетраэдр. Он имеет соединительные узлы на своих вершинах и по серединам сторон. Каждому узлу приписано три степени свободы. Конечные элементы обеспечивают квадратичную интерполяцию перемещений и, соответственно, хорошую точность расчетов. В модели присутствуют контактные конечные элементы. Они размещены на границе всех сопряженных тел. Образуются так называемые контактные пары. Исходно все контактные элементы находятся в состоянии «bonded», то есть контактные пары заблокированы и от проскальзывания, и от размыкания.

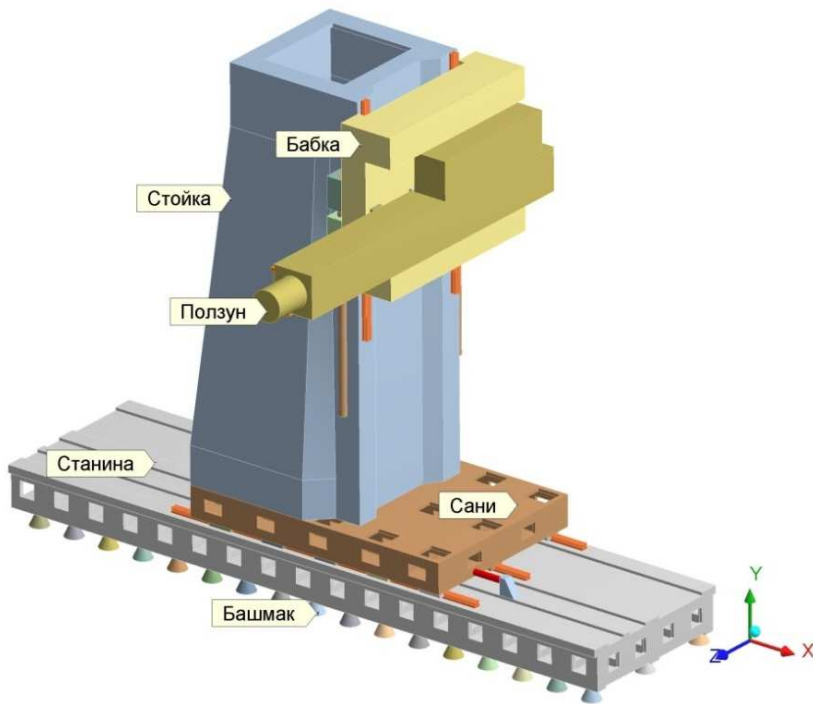


Рисунок 1 – Геометрическая модель стойки в сборе

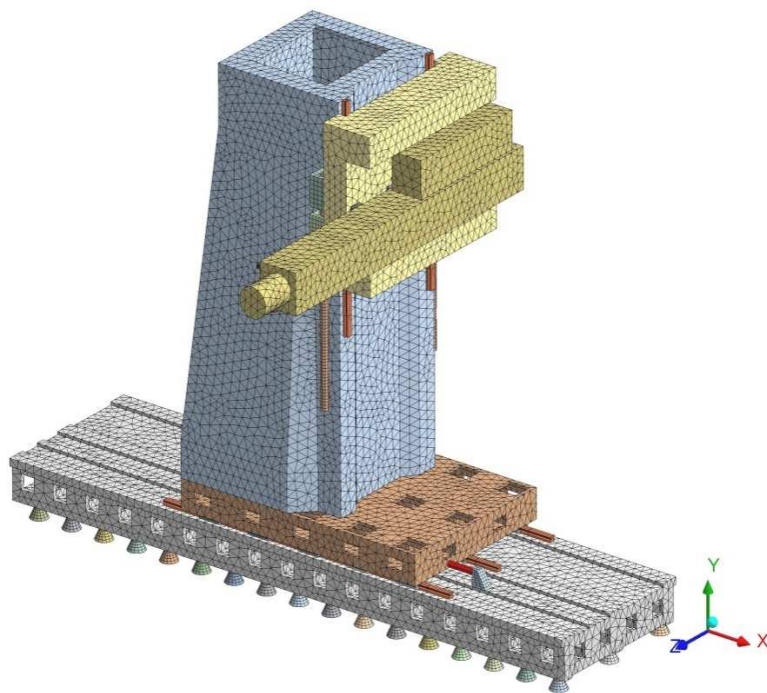


Рисунок 2 – Сетка конечных элементов для стойки в сборе

На рисунке 3 представлена картина суммарных деформационных перемещений USUM в стойке в сборе при базовом варианте нагружения (только сила тяжести). Видно, что система довольно податлива. Смещение конца ползуна превышает 1 мм. Стойка под весом эксцентрично расположенной бабки совершает «клевок» вперед по оси «X» (поворот вокруг оси «Z»), перемещаясь на 0,85 мм. Проседание вниз по направлению оси «Y» саней по максимуму сравнительно невелико (0,19 мм).

Самая нижняя корпусная деталь – станина – представляется довольно жестко лежащей на своих опорах.

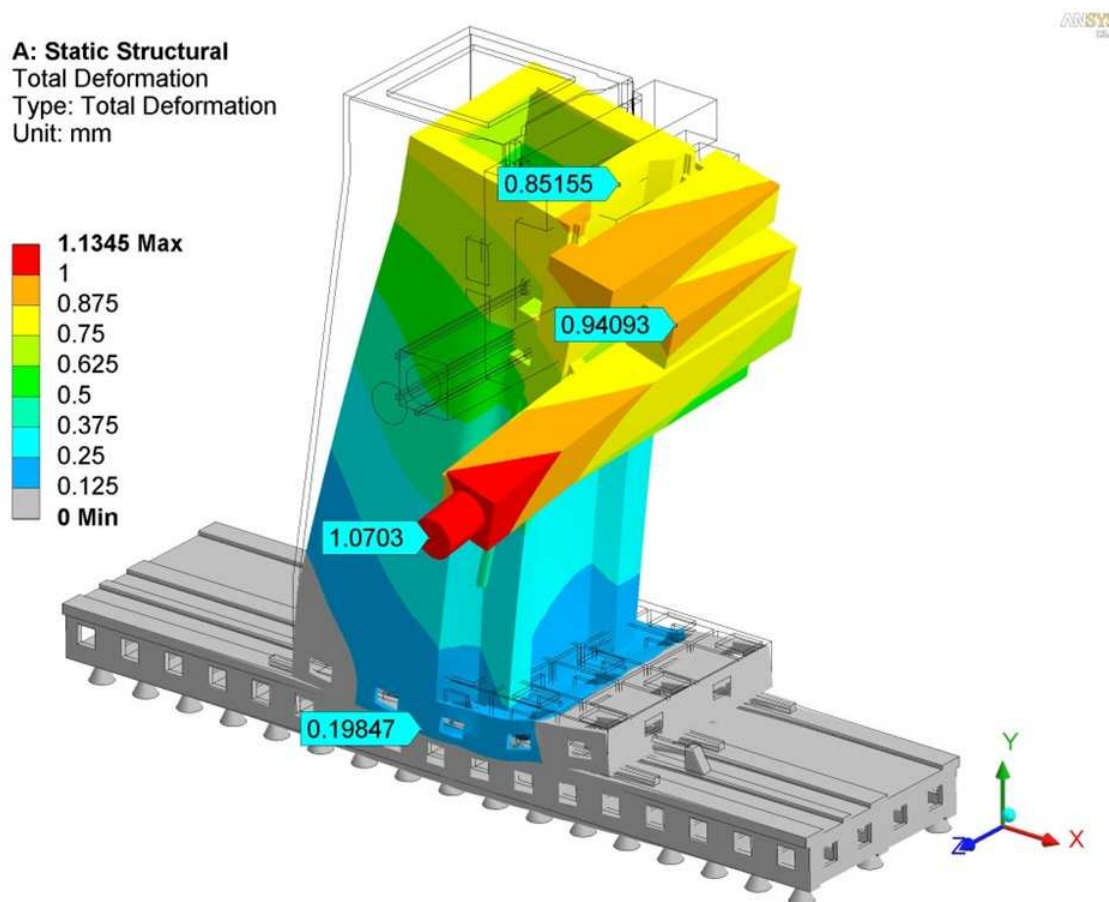


Рисунок 3 - Суммарные перемещения в стойке в сборе (мм) под действием веса подвижных элементов

Рассмотренные выше картины перемещений получены расчетом МКЭ-по методике [3] при заблокированных направляющих.

Как показал анализ, проявление деформации стойки, то есть поворот по часовой стрелке определяется, прежде всего, податливостью саней и их опор качения. Локальным проявлением, является консольный изгиб выдвинутого ползуна. Это нагружение может стать основным при рассмотрении влияния сил резания. Гораздо существеннее проявление деформаций бабки в направлении координаты «У» (отклонение вдоль «Х»). В верхнем положении бабки сила тяжести уводит торец шпинделя направо на 505мкм, а в нижнем – только на 206мкм. Причина в том, что чем ниже бабка, тем меньше плечо для поворота её по часовой стрелке («клевка»). Разность отклонений – 299 мкм – переходит на погрешность обработки.

При вертикальном подъеме бабки по «У» на каждый метр пути будет приходиться отклонение вправо по «Х», равное приблизительно 150 мкм на метр перемещения. Иными словами, «клевок» приводит к тому, что при попытке воспроизвести инструментом вертикальную линию вверх, она будет заваливаться вправо, в положительном направлении «Х», на 0,15 мм на каждом метре

подъема бабки. Эта погрешность оказывает существенное влияние на точность обработки и требует либо изменения конструкции базовых деталей, или компенсации ее техническими средствами управления станком.

Таким образом, с помощью средств компьютерного моделирования была создана трёхмерная модель несущей системы тяжелого многоцелевого станка с ЧПУ, с целью дальнейшего изучения поведения его элементов под действием веса подвижных базовых элементов, что позволило выявить слабые места в конструкции и наметить пути снижения погрешностей при работе на нем. В результате проведенного моделирования установлено следующее:

1. Ведущим видом деформации стойки от собственного веса является ее наклон вперед по оси «Х» («клевок») под тяжестью эксцентрично подвешенной бабки.

2. Вертикальное перемещение бабки в верхней части стойки сопровождается отклонением шпинделя от вертикали примерно на 0,15 мм на каждый метр подъема. Это систематическая погрешность обработки. Ее следует блокировать монтажным наклоном стойки в противоположную сторону или коррекцией координаты «Х» по текущему перемещению вдоль координаты «Y» коррекцией программы системой ЧПУ.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Проников А.С. Параметрическая надежность машин. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. – 560 с.
2. Решетов Д.Н., Портман В.Т. Точность металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1986. – 336с.
3. Руководство пользователя ANSYS. Теоретическое руководство. Режим доступа: www.twirpx.com

УДК 621.9.06

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОПЕРАЦИИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ДВУХСУППОРТНЫХ ТОКАРНЫХ СТАНКАХ С ЧПУ

Каишальян И.А., Орукари Б., Шнак А.В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Современный этап развития машиностроительного производства характеризуется широким использованием станков и станочных комплексов с числовым программным управлением (ЧПУ). Являясь сложным и дорогостоящим оборудованием, станки с ЧПУ требуют эффективной технологической подготовки производства, обеспечивающей высокую их производительность при эксплуатации. Для двухсуппортных токарных станков, оснащенных микропроцессорными устройствами ЧПУ с функцией независимого управления координатными перемещениями, резервы повышения эффективности находятся в рациональном совмещении обработки поверхностей заготовки при общей частоте вращения шпинделя.