

УДК 621.9.06

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СИЛОВЫХ ФАКТОРОВ НА ГЕОМЕТРИЧЕСКУЮ ТОЧНОСТЬ ШПИНДЕЛЬНЫХ УЗЛОВ

В. П. ГОРБУНОВ, О. А. МЕДВЕДЕВ, Л. В. КАСЬЯН

Учреждение образования

«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

Брест, Беларусь

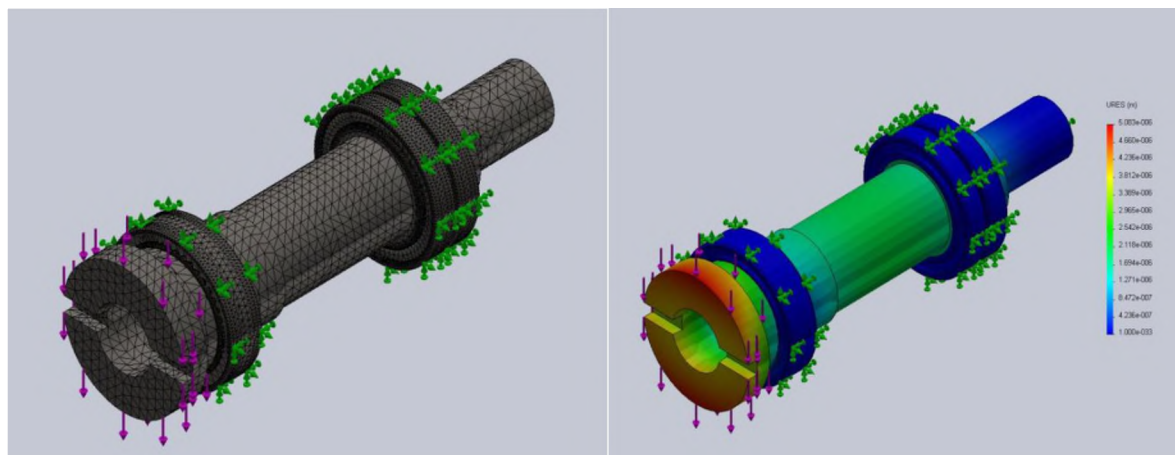
При формировании параметров точности обрабатываемой детали решающее значение имеет точность станка, каждый узел которого вносит свою погрешность при обработке. Наиболее ответственным узлом станка является шпиндельный узел (ШУ), всегда и непосредственно участвующий в процессе формообразования. Неконтролируемое смещение оси шпинделя приводит к ухудшению показателей геометрической точности шпиндельных узлов (радиального и торцевого биения посадочных поверхностей, радиального биения и углового смещения оси шпинделя), что влияет на параметры точности обработки, таких как отклонения формы, точность линейных размеров, отклонения взаимного расположения поверхностей получаемой детали. Значительное влияние на положение шпиндельного узла при работе оказывают энергетические факторы, где наиболее существенным будет силовое воздействие. Поэтому актуальной является задача моделирования влияния данного воздействия с дальнейшим прогнозированием изменения начальной точности станка и управлением его состоянием.

Предлагаемая методика исследования предполагает анализ конструкции станка (пример взят на базе горизонтального консольно-фрезерного станка Орша Ф32) с моделированием силового воздействия на узлы станка с последующим прогнозированием изменения начальной точности шпиндельного узла.

Силовое исследование проводилось с применением приложений SolidWorks Simulation, используя метод конечных элементов, для чего на построенную модель шпиндельного узла накладывается параметрическая сетка конечных элементов (рис.1, а). Использование параметрической сетки наиболее целесообразно, поскольку при определении величины элемента она учитывает пространственную геометрию исследуемого тела. То есть, при использовании параметрической сетки конечных элементов подшипники расчленяются на более мелкие элементы, чем сам шпиндель, что позволяет ускорить процесс расчета, не утратив адекватность модели.

В качестве нагрузки была принята вертикальная составляющая силы резания  $P_z$ , приложенная к консоли шпинделя, значения которой принимались исходя из реальных режимов резания в пределах 1...6 кН.

В SW Simulation составляются уравнения, управляющие поведением каждого элемента и учитывающие его связи с другими элементами. Эти уравнения устанавливают взаимосвязь между перемещениями и известными свойствами материалов, закреплениями и нагрузками. Так же в программе преобразуются данные уравнения в систему алгебраических уравнений, решая которую находят перемещения каждого элемента узла в требуемом направлении. По расчетным данным построены эпюры перемещений по осям X, Y, Z и эпюра результирующего перемещения, показанная на рис. 1, б.



а)

б)

Рис. 1. Математическая модель шпиндельного узла: а) – конечно-элементная сетка с приложенными нагрузками; б) – эпюра результирующего перемещения

Для удобства восприятия градиентная эпюра преобразуется в числовую зависимость, используя значения перемещений в контрольных точках. В данном случае расположение контрольных точек выбрано по наружной круговой поверхности консоли. Лимитирующей погрешностью, исходя из полученных данных, является смещение оси шпинделя в направлении оси Y, а максимальный прогиб в этом направлении приводит к смещению оси инструмента относительно заготовки на 5–6 мкм. Также определены зависимости смещения оси шпинделя при изменении размеров инструмента, в первую очередь его вылета и наружного диаметра. Так при фрезеровании концевой фрезой диаметром 50 мм при ее вылете из шпинделя на 150 мм величина прогиба увеличивается до 12,4 мкм.

На основании установленных при моделировании зависимостей определена возможность диагностировать смещение оси шпинделя, прогнозировать ее величину для внесения коррекции в процесс управления при обработке на станке, выбора оптимальных режимов обработки, а также возможность оптимального проектирования конструкции шпиндельного узла.