

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМОУПРУГИХ ПРОЦЕССОВ СТОЙКИ  
КОНСОЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА

Д. В. Омесь, В. П. Горбунов

Брестский государственный технический университет

Тепловые процессы, происходящие в элементах станка, снижают их геометрическую точность, носят нестационарный характер и трудны в определении. Чтобы компенсировать смещение взаимного положения инструмента и заготовки в результате тепловых деформаций базовых элементов станка необходимо прогнозировать их величину при его работе. Моделирование термоупругих процессов с помощью ЭВМ позволяет определить нестационарное тепловое поле несущей системы станка, а также величину смещения инструмента в любой момент времени.

Большую группу обрабатываемых деталей в машиностроении составляют корпусные детали. Обработка таких деталей осуществляется преимущественно на прецизионных многоцелевых станках с ЧПУ. Это связано с высокими требованиями, предъявляемыми к точности получаемых поверхностей деталей, а также к процессу обработки.

Повышенная энергоемкость многоцелевых станков с ЧПУ обуславливает значительные величины тепловых деформаций в этих станках, которые могут достигать 0,1 мм и выше через 3 – 4 часа после начала работы станка. Тепловые деформации элементов несущей системы станка приводят к отклонению взаимного положения инструмента и заготовки, в результате чего увеличиваются погрешности формы и взаимного расположения обрабатываемых поверхностей. Термоупругие процессы, происходящие в оборудовании, носят нестационарный характер.

Наиболее чувствительными к неравномерному температурному полю являются станки с вертикальной компоновкой стойки и горизонтальным шпинделем, расположенным внутри нее. При тепловой деформации стойки происходит линейное и угловое смещение оси шпинделя. Для прогнозирования величины смещения оси шпинделя необходимо определить изменение теплового поля стойки во времени, а также связанные с ним тепловые деформации. Такую задачу можно решить с помощью моделирования термоупругих процессов на ЭВМ

Моделирование термоупругих процессов включает следующие основные этапы [1]:

- 1) анализ конструкции узлов и деталей станка;
- 2) выявление источников и стоков теплоты, их месторасположения; условий теплообмена деталей;
- 3) расчет мощности источников тепловыделения, величины и направления тепловых потоков, коэффициентов конвективного теплообмена с окружающей средой;
- 4) создание тепловой модели базовой детали станка – стойки – на основе математической модели, записанной в виде граничных условий, отражающих связи детали с точки зрения их теплового обмена;
- 5) определение нестационарного теплового поля стойки;
- 6) определение тепловых деформаций стойки для любого момента времени.

Мощность тепловыделения в подшипниках качения и зубчатых передачах была определена по методике, изложенной в [2]. Расчет показал, что основными источниками теплоты при работе исследуемого консольнофрезерного станка являются подшипниковые опоры валов коробки скоростей и шпинделя.

Чтобы сформировать тепловую модель стойки необходимо определить величины и направления тепловых потоков, т.е. распределение выделившейся тепловой энергии между деталями станка. Данная задача решается на основе теории теплопроводности [3].

На рисунке 1 показана схема распределения тепловых потоков в передней подшипниковой опоре шпинделя.

Баланс теплоты в интересующей нас системе тел имеет вид

$$W = W_1 + W_2 + W_c, \text{ Вт}, \quad (1)$$

где  $W$  – мощность источника тепловыделения, Вт;

$W_1$ ,  $W_2$ ,  $W_c$  – мощности тепловых потоков, которые поступают соответственно в вал, корпус и смазочную жидкость, Вт.

Расчеты показали, что

большая часть тепла (около 66%), выделяющегося в подшипнике, по ступает в стойку станка.

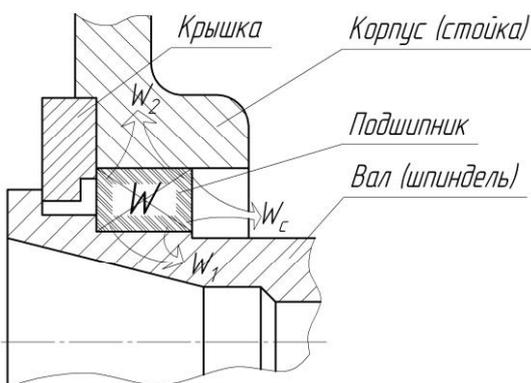


Рис. 1. Схема распределения тепло- Определение нестационарных потоков в подшипниковой опоре

НОГО

шпинделя

теплового поля и тепловых деформаций стойки консольно-

фрезерного станка осуществлялось в среде конечно-элементного модуля CosmosWorks. На рисунке 2 представлена модель стойки в деформированном состоянии через 4 часа после начала работы станка.

Полученные при моделировании градиенты распределения температур показали, что нагрев передней стенки стойки происходит более интенсивно, самым мощным источником тепловыделения является передняя опора шпинделя. Уже через час поле начала работы температура поверхности стойки у передней опоры достигает  $26,4^{\circ}\text{C}$ , при наступлении теплового баланса –  $29,9^{\circ}\text{C}$ .

Максимальное линейное смещение передней опоры при стабилизации тепловых деформаций составило  $\Delta Y_{max} = 28,1$  мкм. Смещение опор шпинделя вдоль оси X отсутствует, т.к. стойка обладает тепловой симметрией относи-

тельно плоскости  $YOZ$ , совпадающей с геомет-

рической плоскостью симметрии, проходящей Рис. 2. Деформированная через центры отверстий опор шпинделя. модель стойки



#### ЛИТЕРАТУРА

1. Горбунов, В. П. Анализ тепловых деформаций стойки многоцелевого станка с числовым программным управлением / В. П. Горбунов, Д. В. Омесь // Вестник Брестского государственного технического университета. – Брест, 2010. – №4(64): Машиностроение. – С. 36 – 39.
2. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем: справочник учебник. В 3-х т. Т. I: Проектирование станков / А. С. Проников, О. И. Аверьянов, Ю. С. Аполлонов; под общ. ред. А. С. Проникова. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1994. – 444 с.
3. Резников, А. Н. Тепловые процессы в технологических системах: Учебник для вузов по специальностям «Технология машиностроения» и «Металлорежущие станки и инструменты» / А. Н. Резников, Л. А. Резников. – М. : Машиностроение, 1990. – 288 с.

**УДК 616 616.3:612.12-005:615.22:616.379-008.64**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ МИКРОДИНАМИКИ ОПОРНОГО АППАРАТА**

**В. М. Завальнюк, А. Г. Капсаров, В. Н. Шумилов**

**Белорусский государственный технологический университет, Минск**

В пределах математического моделирования микросмещений опорного аппарата скелетных мышц рассмотрены микроколебания опорного аппарата. Показано, что в регионе капилляр, артериола – капиллярная