

УДК 621.9

Ковалев В. Д.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЖЕСТКОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ОБРАБОТКЕ ДЕТАЛЕЙ НА МНОГОКООРДИНАТНЫХ СТАНКАХ

Тенденции развития современного машиностроения, переход к использованию автоматизированных станочных систем предъявляют требования к повышению точности получаемых размеров и качества обрабатываемых поверхностей деталей машин и приборов. Это связано с появлением новых все более точных машин и приборов. Не случайно начиная с 40-х годов 20-го века каждые 20 лет точность в технике повышается на порядок.

При проектировании и эксплуатации технологических обрабатывающих систем непрерывно возрастают требования повышения их точностных характеристик. В настоящее время в результате теоретических и экспериментальных исследований большого числа ученых: В. Ф. Безъязычного, А. М. Дальского, В. С. Мухина, А. А. Маталина, А. Н. Овсеенко, Э. В. Рыжова, С. С. Силина, В. К. Старкова и др. накоплен значительный материал по технологическому обеспечению качества обработки, что позволяет создавать математические модели управления процессом обработки на станках [1].

Эффективность использования таких моделей не всегда дает удовлетворительный результат, так как они с недостаточной полнотой учитывают влияние сложной многокоординатной упругой системы станка на статическую и динамическую жесткость технологической системы, следовательно, на качество обработки. Кроме этого, отсутствие зависимостей, описывающих влияние упругой многокоординатной системы станка на жесткость технологической системы и точность обработки, не позволяет однозначно определить номенклатуру параметров, обеспечивающих состояние станка по точности в процессе эксплуатации.

Проблемам влияния динамической жесткости и виброустойчивости станков на точность обработки в условиях вибраций при резании и колебаниях станков посвящены работы Б. М. Бржозовского, И. Г. Жаркова, В. А. Кудинова и других ученых. Расчет выходной точности станка с учетом деформации узлов посвящены работы В. В. Бушуева, В. Т. Портмана, В. В. Каминской, Д. Н. Решетова и др. В работах В. А. Кудинова, А. П. Соколовского и др. Для оценки влияния упругой системы станка на жесткость, она рассматривается как система со многими степенями свободы, на основе так называемой «теории координатной связи». Согласно которой важнейшей особенностью упругой системы, вытекающей из того, что она имеет несколько степеней свободы, является зависимость между собой отдельных координатных перемещений элементов системы или, иначе, наличие связей обобщенных координат.

Анализ расчетных схем, построенных на основании изложенной концепции показывает, что жесткость многокоординатной упругой системы станка является величиной переменной и зависит от соотношения составляющих P_z и P_y силы резания, относительного смещения элементов системы жесткостей по так называемым главным осям жесткости системы, положение главных осей жесткости в данный момент времени и других факторов [2]. Иными словами, рассматривая технологическую систему на основе синергетической теории самоорганизации систем, можно сказать, что жесткость станка, как элемента технологической системы, определяющая состояние станка по параметру точности, сама подчиняется принципу самоорганизации в пространстве рабочей зоны станка в реальном времени обработки детали.

В этой связи исследование и описание влияния многокоординатной упругой системы станка на жесткость технологической системы и качество обработки с целью использования в математических моделях управления процессом обработки на станках, а также для определения нормируемых параметров станка по критерию жесткости, подлежащих обеспечению в процессе проектирования представляется актуальной научной проблемой.

Цель работы – повышение качества обрабатываемых деталей на основе прогнозирования точности станка в реальном времени обработки детали с учетом распределения его жесткости в пространстве рабочей зоны.

В настоящее время находит развитие метод управления процессом обработки на станках с ЧПУ по априорной информации, основанный на прогнозировании точности обработки с учетом внешних возмущений в технологической системе [3]. Погрешности обработки на станке, возникающие в результате смещения элементов станочной системы под действием внешних сил, в большей мере определяются жесткостью системы в направлении вектора действующей силы.

Была спроектирована сварная станина тяжелого токарного станка. Несущая система станка состоит из двух станин. Одна двухполочная станина для базирования и закрепления обрабатываемого изделия. Вторая двухполочная станина служит для перемещения суппорта. Каждая из станин состоит из двух секций, соединенных между собой шпильками. Длина каждой секции составляет 7,8 м. В данной работе рассматривалась станина изделия.

На основании расчета граничных значений распределенных нагрузок, которые действуют на станину изделия, произведено моделирование силовых деформаций методом конечных элементов с помощью инструментов пакета CosmosWorks. Разработан метод компоновки станин тяжелых токарных станков с системой сил распределенных по координатным осям нагрузок, которые действуют на станок в процессе его работы.

Произведено моделирование станины тяжелого токарного станка грузоподъемностью 100 т для определения жесткости несущей системы при действии нагрузок возникающих при обработке детали. Для обобщения модели пришлось значительно упростить расчет параметров твердотельной модели и моделировать станину по частям.

Нагружение станины изделия проводилось в двух местах: на стыках двух секций и на расстоянии 400 мм от края секции.

На рис. 1 представлен вариант нагружения станины на стыке двух секций.

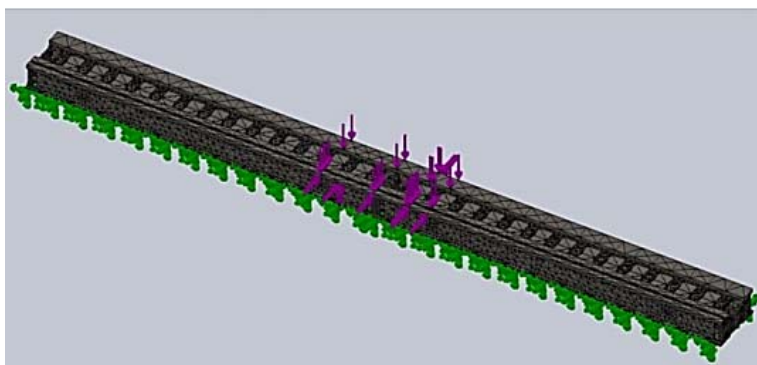
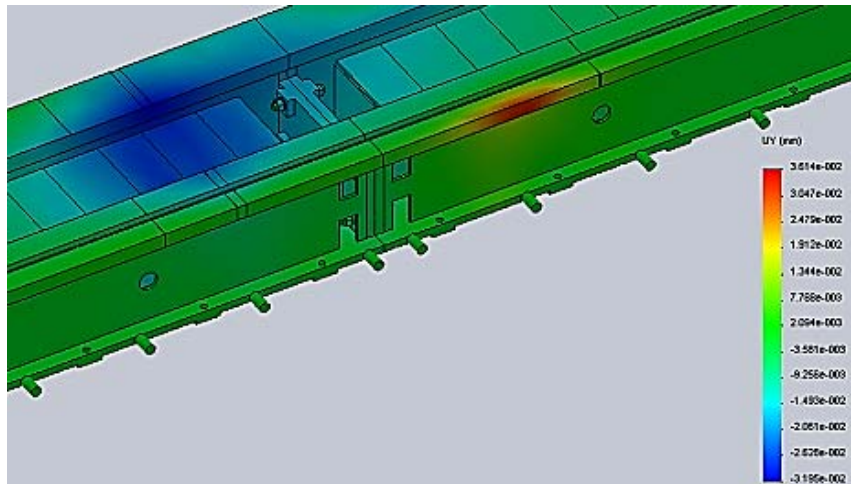


Рис. 1. Сетка конечных элементов

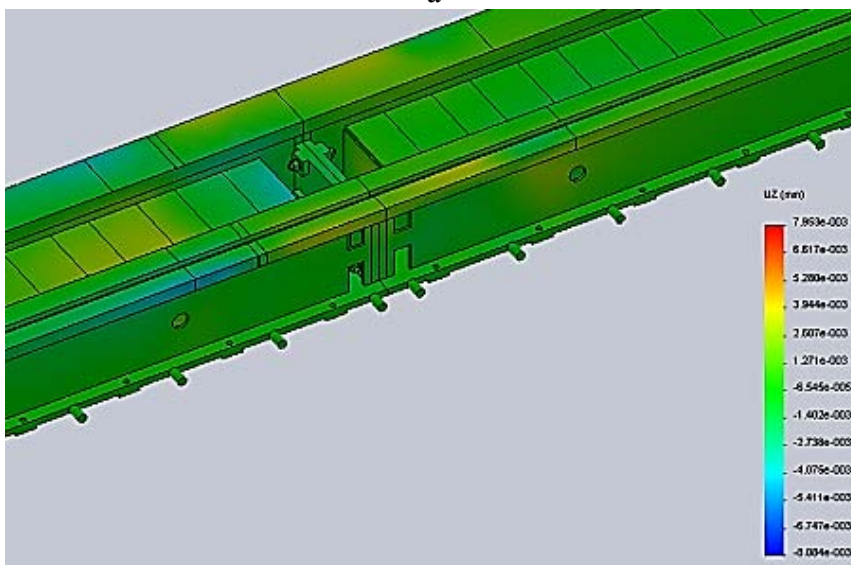
Произведен анализ перемещений по осям (рис. 2).

Как видно из рисунков максимальные результирующие перемещения от действия приложенных сил находятся в пределах допустимых значений для данного класса станков.

Анализ работы тяжелых станков указывает на ряд задач, которые необходимо решать при их проектировании и эксплуатации. Это повышение жесткости несущих систем станков, минимизация упругих деформаций станин за счет оптимального размещения штатных опор, с помощью которых станины устанавливаются на фундамент, а также надежный и достоверный контроль точности в рабочем пространстве станков, прогнозирование снижения точности, разработка специальных методов обеспечения точности оборудования и т. д. Одним из наиболее перспективных путей дальнейшего повышения точности станков является оснащение их системами адаптации, в частности, адаптация несущих систем станков к изменяющимся условиям функционирования, резко повышающая их точность.



а



б

Рис. 2. Анализ перемещений станины по координатным осям вследствие нагружения станины на стыке двух секций:
а – эпюра перемещений по оси Y; б – эпюра перемещений по оси Z

На рис. 3 представлена схема нагружения станины изделия на расстоянии 400 мм от края секции.

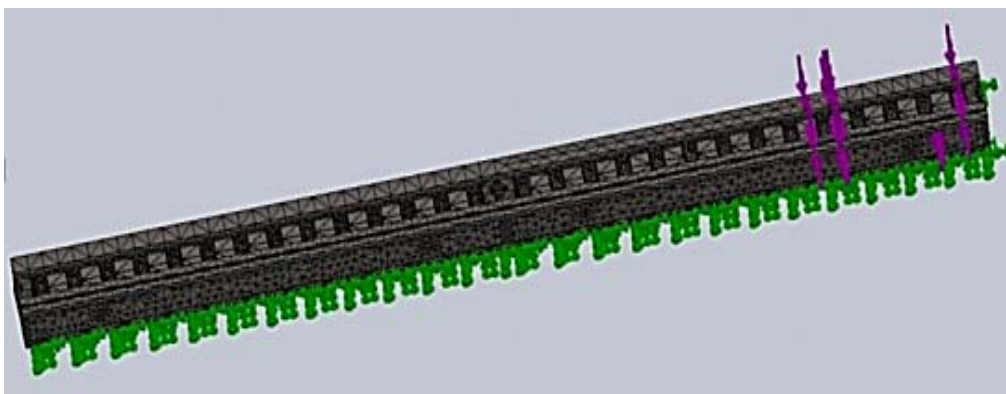
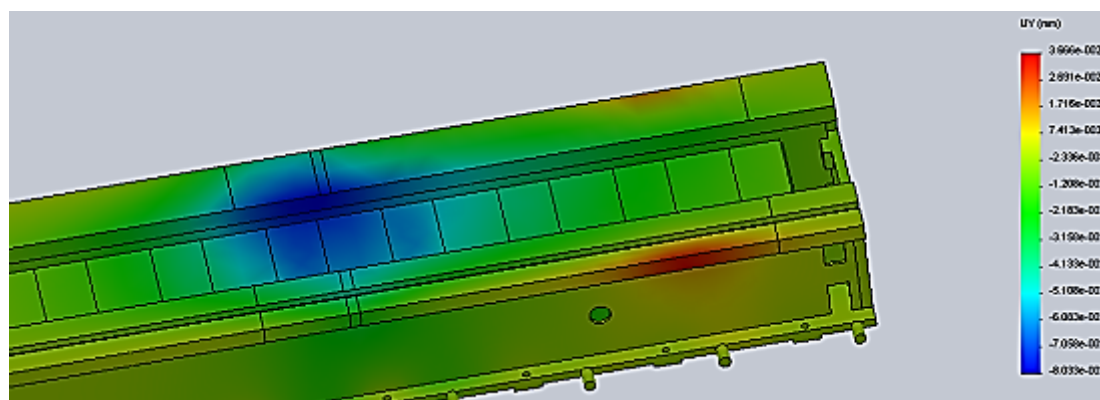
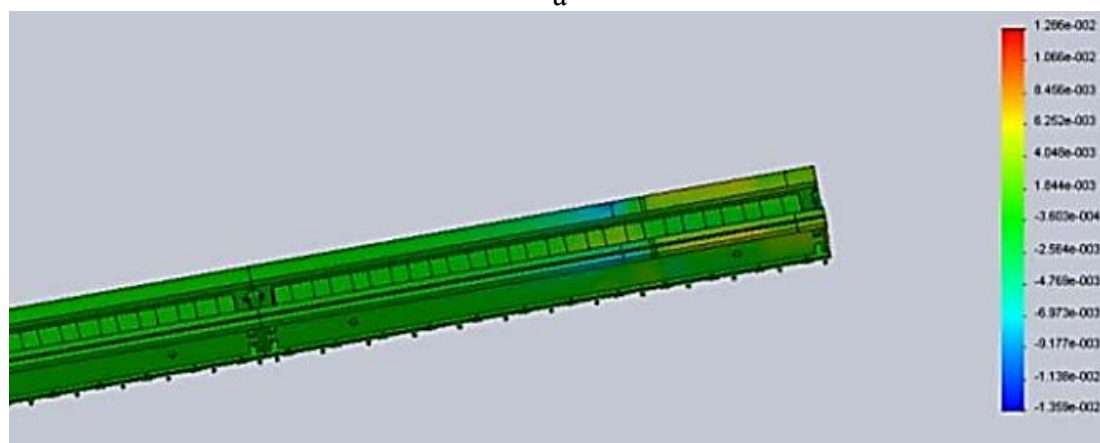


Рис. 3. Сетка конечных элементов

Произведен анализ перемещений по осям (рис. 4).



а



б

Рис. 4. Анализ перемещений станины по координатным осям вследствие нагружения станины на расстоянии 400 мм от края секции:

а – эпюра перемещений по оси Y; б – эпюра перемещений по оси Z

ВЫВОДЫ

1. Разработан метод исследования точности составных станин с помощью математического моделирования.
2. Разработана технология проектирования несущих конструкций тяжелых станков на основе использования результатов предварительного расчета с учетом контактных деформаций (внутренние силы, перемещения) как граничных условий для проектирования отдельных несущих конструкций, позволяющая получить конструкцию с геометрией поперечного сечения, имеющую минимально возможную массу при удовлетворении заданных норм производительности и точности механической обработки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аверченков В. И. Основы математического моделирования технических систем / В. И. Аверченков, В. П. Федоров, М. П. Хейфец // Брянск : Изд. БГТУ, 2004. – 271 с.
2. Точность и надёжность автоматизированных прецизионных металлорежущих станков / Б. М. Бржозовский [и др.] // Саратов : Изд-во СГТУ, ч. 1, 1992. – 156 е., ч. 2, 1994. 156 е., ч. 3, 1999. – 124 с.
3. Земсков Г. Г. Автоматическое обеспечение точности обработки на основе ее прогнозирования / Г. Г. Земсков, М. Б. Флек // Механизация и автоматизация производства. – 1977. – № 3.