

УДК 621.914.3-52

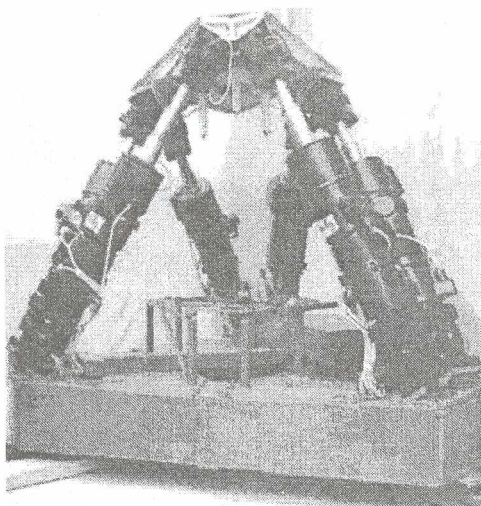
КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННЫЕ МАНИПУЛЯЦИОННЫЕ СТАНКИ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ДЛЯ КОМПАКТНЫХ СИСТЕМ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

канд. техн. наук, доц. Д.Н. СВИРСКИЙ
(Витебский государственный технологический университет)

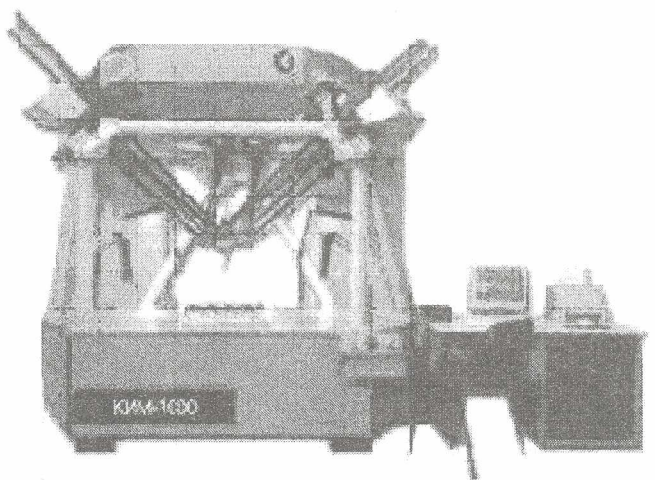
Рассматривается проблема создания эффективного станочного оборудования для функционирования в условиях конкурентоспособного машиностроительного производства. Предложена конструктивная схема многоцелевого станка на основе мехатронных систем параллельной кинематической структуры. Приведены результаты ее компьютерного и физического моделирования.

Компактная организация машиностроительного производства предполагает широкое использование интеллектуальных компьютерных технологий на всех этапах жизненного цикла продукции [1]. Программно-технические средства рекурсивного формообразования (Reverse Engineering) и (Rapid Prototyping) позволяют эффективно производить заготовки сколь угодно сложной пространственной формы, максимально приближенные к конфигурации готовых деталей [2]. В этих условиях актуальна проблема разработки точного многоцелевого технологического оборудования для чистовой и финишной обработки пространственно-сложных изделий. Главная особенность подобного оборудования - доминирование метрологического процесса над процессом снятия припуска - приближает его по конструкции к измерительным машинам [3]. Второй (и не менее важный аспект) заключается в необходимости прямого компьютерного управления всеми исполнительными движениями станка, что, кроме всего прочего, позволит непосредственно нивелировать девиацию материальной точки контакта режущей кромки инструмента и заготовки вследствие действия возмущений в процессе обработки. Анализ показал, что требованию компактности (минимальной функционально-ресурсной достаточности) такого станочного оборудования в наибольшей степени соответствуют конструктивные решения, основанные на использовании мехатронных систем параллельной кинематической структуры. Мехатронные устройства, облегчающие компьютерное управление сложным движением, нашли широкое применение в робототехнике. Таким образом, станки с параллельной кинематикой являются синергетической «точкой роста» новой «гибридной» ветви эволюционного древа систем машиностроительного производства - манипуляционного обрабатывающего оборудования.

В настоящее время наиболее популярны конструктивные схемы станков типа «гексапод» на основе «платформы Стьюарта (Stewart)» с шестью управляемыми штангами переменной длины, которые перемещают режущий инструмент (фрезу) или измерительную головку по заданной траектории (рис. 1).



а)



б)

Рис. 1. Конструкции гексаподов фрезерного станка «Unicon 20» (а)
и измерительной машины «Лапик» (б)

Различные сочетания ведущих направляющих устройств и механизмов передачи движения реализуются с помощью ограниченного набора базовых узлов вращательного и поступательного перемещений i (рис. 2).

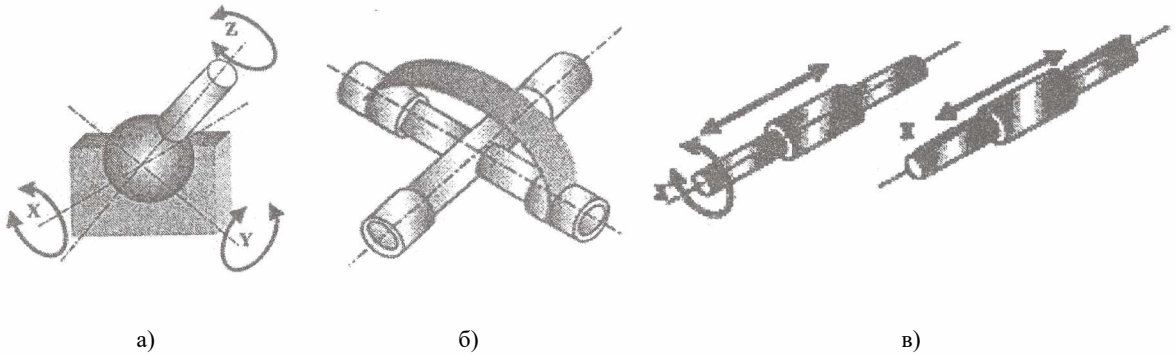


Рис. 2. Элементарные механизмы параллельной кинематики в виде шарового (а) и карданного (б) шарниров, штанг с вращающимся (в) и невращающимся (г) штоком

Сотрудниками МГТУ «СТАНКИН» проведены исследования конструкции гексапода [4]. В частности, идентифицировано рабочее пространство станка, которое с учетом коллизии, т.е. пересечения шпиндельного узла со штангами, имеет сложную конфигурацию (рис. 3) и распределение значений показателей качества по его объему для оборудования с различным углом расхождения штанг (рис. 4).

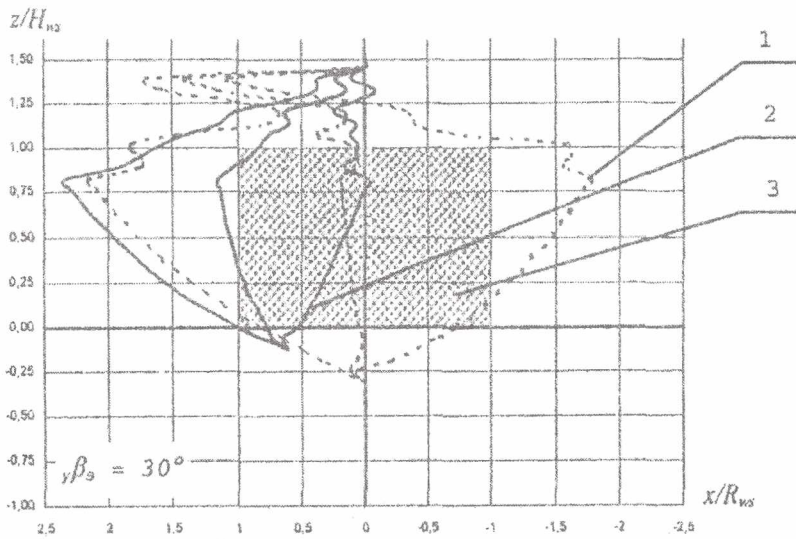


Рис. 3. Сечения рабочего пространства:
1 – без учета коллизии; 2 – с учетом коллизии; 3 – номинальный цилиндр с параметрами R_{ws} и H_{ws}

На диаграммах (рис. 4) прямоугольники красного цвета соответствуют областям относительных значений точности и жесткости по оси X , синего цвета - по оси Y , зеленого - оси Z . Сущность цветных изображений рабочей зоны станка в вертикальной плоскости заключается в наглядном отображении значений определителя матрицы Якоби, используемой для нахождения параметров точности и жесткости. При попадании рабочего органа в зону нулевой величины определителя матрицы Якоби (красного цвета) происходит потеря жесткости кинематической структуры - сингулярный эффект. Зона максимальной величины определителя матрицы Якоби обозначена синим цветом.

Как показали эти и другие исследования, при проектировании станочного оборудования с параллельной кинематикой конструктор должен обладать достаточно глубокой математической и компьютерной подготовкой. Данное оборудование представляет собой сложный математический объект, который для качественного проектирования требует применения компьютера с мощными средствами трехмерного моделирования объекта. Учитывая сложность задач по рациональному назначению параметров элемен-

тов конструкции, реализовать эту задачу в численном виде не удастся, её решение возможно только в тесном диалоге человека и компьютера.

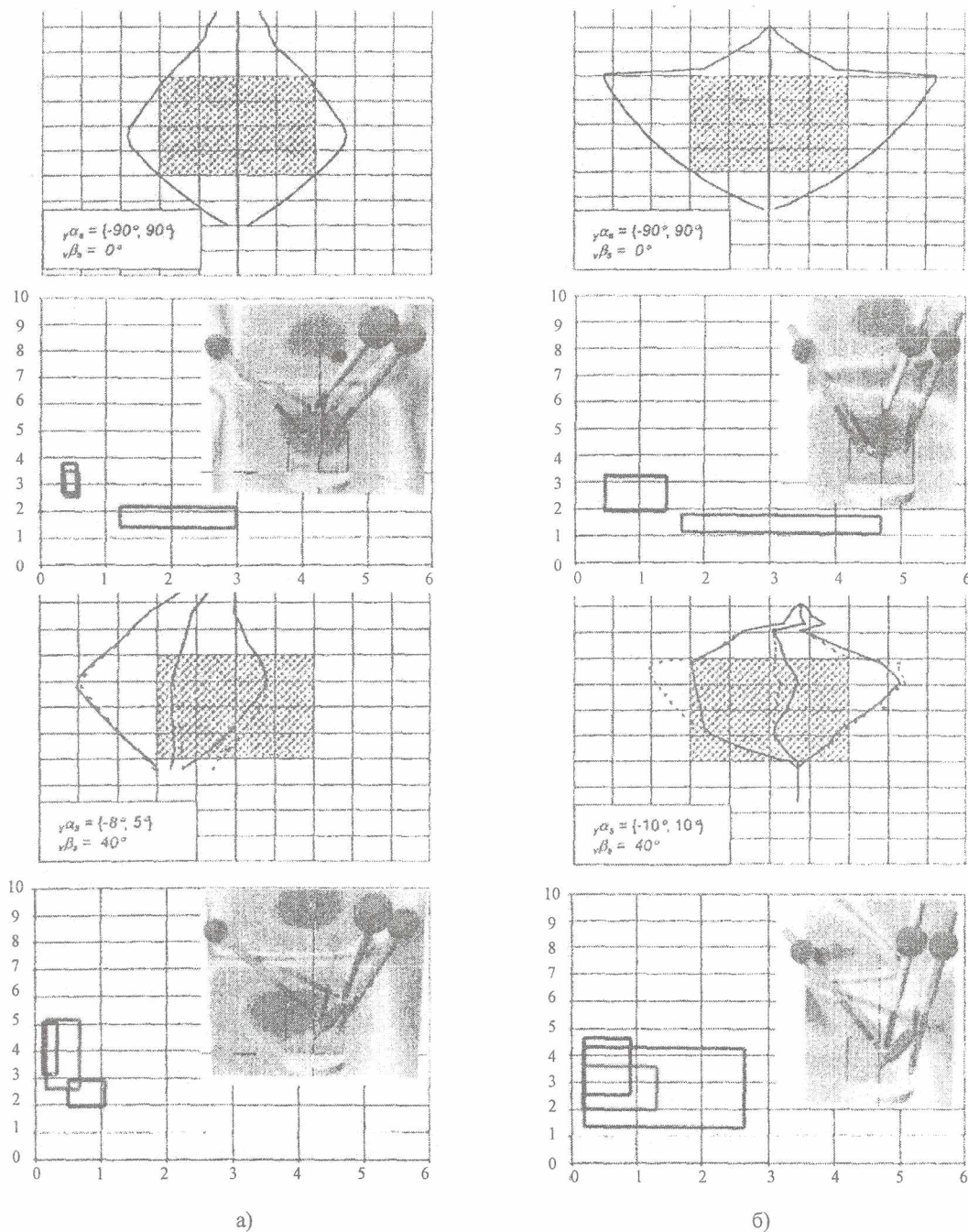


Рис. 4. Изменение объема рабочего пространства и зависимость относительной точности от относительной жесткости при угле наклона шпинделя $\gamma\beta_s = 0^\circ$ и $\gamma\beta_s = 40^\circ$:

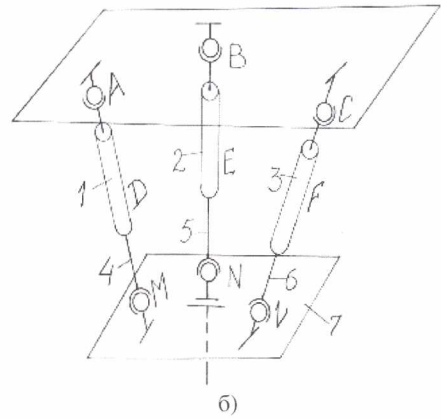
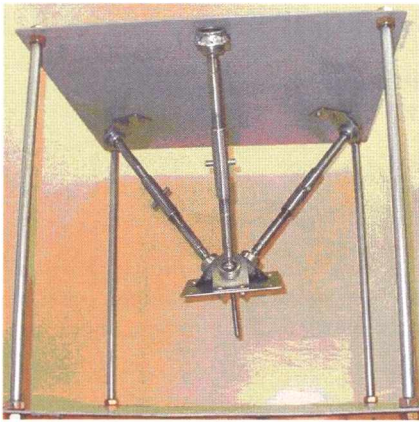
а – оборудование с большим углом расхождения штанг;

б – оборудование с малым углом расхождения штанг

В русле компактной методологии нами предложена конструктивная схема точного станка типа «трипод» с тремя управляемыми штангами [5].

Эксперимент на физической модели трипода (рис. 5) позволил определить параметры рабочей зоны макета и показал возможность варьирования числа степеней подвижности исполнительного органа (фрезы) от 1 до 9.

Анализ результатов компьютерного моделирования предложенной кинематической структуры привел к реализации принципиального технического решения, отображенного на рис. 6.



а)
 Рис. 5. Макет трипода (а), его кинематическая структура (б):
 А, В, С, D, E, F, L, M, N - кинематические пары; 1, 2, 3 - гайки;
 4, 5, 6 - винты; 7 - выходное звено

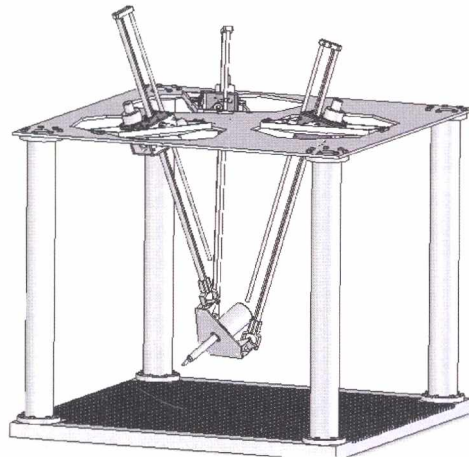


Рис. 6. Общий вид манипуляционного многоцелевого станка

Заключение

Современные средства создания виртуальной реальности дают возможность наглядной имитации необходимых управляемых перемещений звеньев в кинематических парах по заданному закону движения исполнительного органа для решения «задачи управления».

На следующем этапе исследований планируется решить «задачу оптимизационного синтеза» по определению минимально необходимого количественного и качественного состава звеньев параллельной кинематической цепи для априорно заданного класса обрабатываемых поверхностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Интеллектуальное производство: состояние и перспективы развития / Под ред. МЛ. Хейфеца и Б.П. Чемисова. - Новополюк: ПГУ, 2002. - С. 6 - 38.
2. Svirsky D. 'Rapid production' concept realisation on the laser machining base // Proc. 2nd Ini. conf. on advances in production engineering, Part 2. - P. 119 - 129.
3. Решетов Д.Н., Портман В.Т. Точность металлорежущих станков. - М.: Машиностроение, 1986. - 336 с.
4. Хольшев И.Г. Проектирование структуры станков типа «гексапод»: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. - М.: МГТУ «СТАНКИН», 2001. - 28 с.
5. Свирский Д.Н., Ким Ф.А. Новое поколение компактных мехатронных обрабатывающих систем с параллельной кинематикой // Вестник ВГТУ. - 2005. - Вып. 7. - С. 64 - 68.