

4. При расчете напряженно-деформируемого состояния длинных труб и труб, залегающих на большой глубине можно принять $T_1^* = S^* \approx 0$, а усилие T_2^* рассчитывать по теории бесконечно длинных оболочек.

Список использованных источников

1. Корнев Б.Г. Вопросы расчета балок и плит на упругом основании. М., Госстрой-издат, 1954, 232 с.
2. Корбут Б.А., Нагорный Ю.Н. Об одной модели заполнителя в задачах устойчивости цилиндрических оболочек. Изв-во вузов, "Машиностроение", 1971, №6, С.16-21.
3. Новожилов В.В. Теория тонких оболочек. Ленинград: Гос. союзное изд-во судостроительной промышленности, 1962, 431с.
4. Никонова Т.В., Михасев Г.И. Оценка усилий в тонкостенной трубе с упругим внешним заполнителем с учетом собственного веса. // Вестник ВГУ, 2003г., №2, С. 105-108.

SUMMARY

The problem on calculation of the strain-stress state of a thin cylindrical shell with elastic external filler is considered. The reaction of externally filling during deformation is considering in limits Hook's law. The one-dimensional Fuss-Winkler's model of the shell-ground deformation is accepted. The substitution of the general solutions into the boundary conditions leads to the system of algebraic equations, which are solved by using the MAPLE software.

УДК 621.01 : 621.9.015

НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ КОМПАКТНЫХ МЕХАТРОННЫХ ОБРАБАТЫВАЮЩИХ СИСТЕМ С ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ КИНЕМАТИКОЙ

Д.Н. Свирский, Ф.А. Ким

Объемная механообработка по-прежнему остается одним из самых популярных технологических методов «сканирующего» формокопирования [1, 2] нерегулярных технических поверхностей. Типовая компоновка современного станка с ЧПУ (рис. 1) для объемного фрезерования подобных сверхсложных (скульптурных) поверхностей обеспечивает управляемые перемещения по девяти координатам [3, 4]. Станок включает плиту 8, на которой расположены станины 7 и 9. По станине 7 перемещаются салазки 6 с планшайбой 5, на которой установлена стойка 1. По стойке двигаются салазки 2 с планшайбой 3 и с укрепленным на ней хоботом 4. На оси этого хобота крепится вертлюг 15, около которого поворачивается бабка 14 со шпинделем 13 и фрезой. По станине 9 перемещаются салазки 10, а по ним стол 11 с планшайбой 12. Такой станок обеспечивает одно перемещение вдоль оси x , два перемещения (y_1, y_2) вдоль оси y , одно перемещение вдоль оси z , один поворот вокруг оси α , один поворот вокруг оси β и три поворота ($\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$) вокруг оси γ .

В последнее время в этой области машиностроения расширяется применение станков манипуляционного типа, построенных на механизмах параллельной структуры [5, 6], в частности, типа «гексапод». Типичный гексапод (рис. 2) выполнен на базе шести мехатронных телескопических устройств 2 поступательного перемещения, представляющих собой шариковые винтовые передачи (ШВП). Их длины изменяются регулируемые электроприводами. Величина перемещения контролируется датчиками положения. Одним концом телескопическое устройство шарнирно соединено с основанием 1 (нижней платформой), а другим (также шарнирно) — с подвижной верхней платформой 3, на которой расположен исполнительный орган (ИО), например, инструмент или измерительная головка.

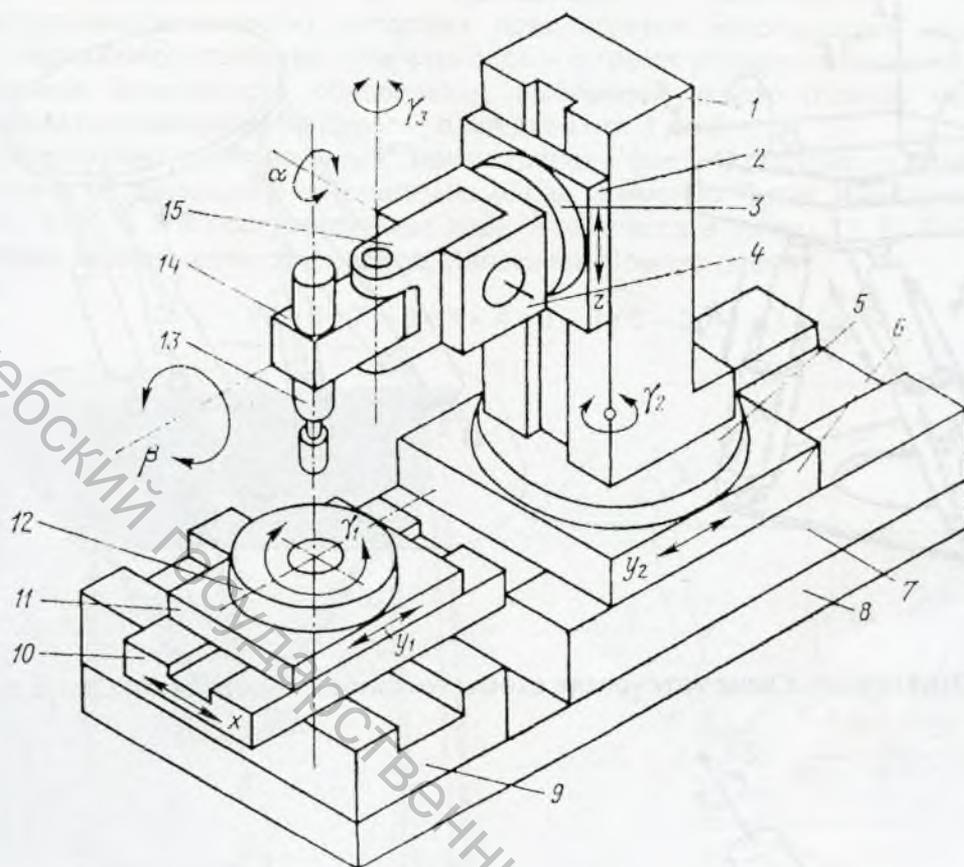


Рисунок 1 - Станок для объемного фрезерования

Перемещая винты по программе на различную величину ($h_1, h_2, h_3, h_4, h_5, h_6$), можно управлять положением ИО по шести координатам ($X, Y, Z, \alpha, \beta, \gamma$). Основными достоинствами такого механизма являются:

- высокие скорость перемещений (до 100 м/мин) и ускорение (до 50 м/с²) при малой массе подвижного ИО;
- высокая жесткость обусловлена работой телескопического устройства на растяжение-сжатие и равномерным распределением усилий по всей структуре;
- точность обработки на гексапode в среднем в пять раз выше, чем в станках классической структуры [5];
- модульная структура технологична и упрощает производство, обеспечивая требования конкретного потребителя.

В основу конструкции рассматриваемых механизмов параллельной кинематики положена телескопическая штанга с закрепленными на ее концах сферическими (рис. 3а) или карданными (рис. 3б) шарнирами. Штанги составляют совокупность несущих элементов, работающих параллельно и образующих ферменную конструкцию. Используют штанги с вращающимся (рис. 3в) и невращающимся (рис. 3г) штоком, а также штанги постоянной длины с дополнительным механизмом их передвижения. Для изменения длины штанг применяют передачи винт—гайка (чаще всего ШВП), а в контрольно-измерительных машинах при небольших (около 100 Н) усилиях на штанге и высокой (до 1 мкм) точности перемещений — фрикционные передачи. Существует принципиальная возможность использования и других тяговых устройств, в частности, поршневого типа с пневмо- или гидроприводом, а также линейных электроприводов.

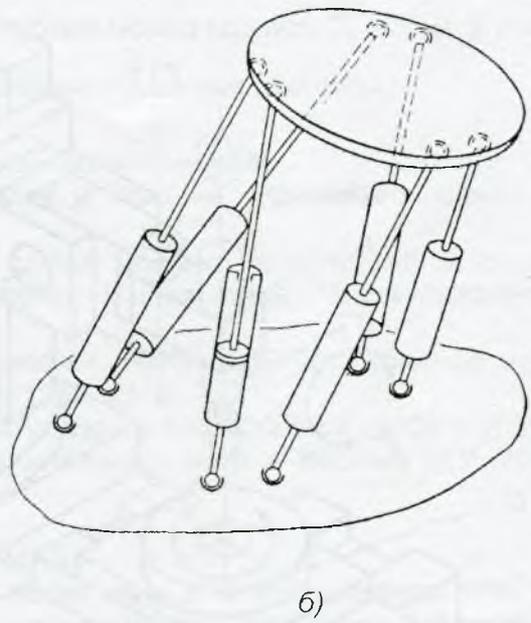
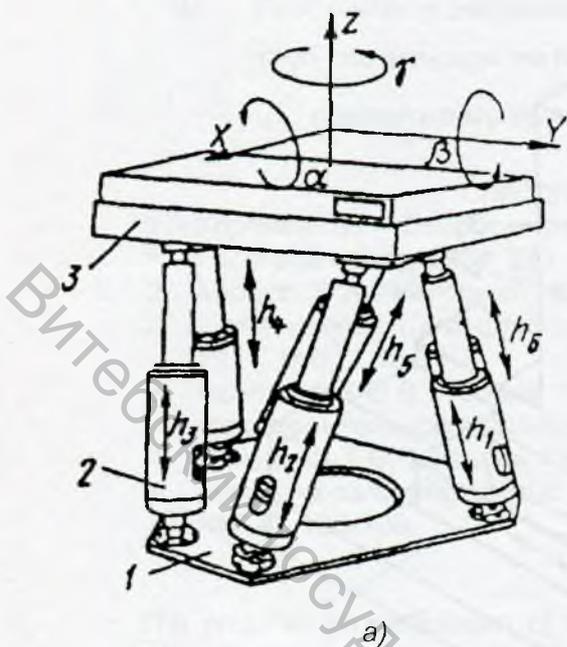


Рисунок 2 - Конструктивная и кинематическая схемы гексапода «платформа Стюарта»

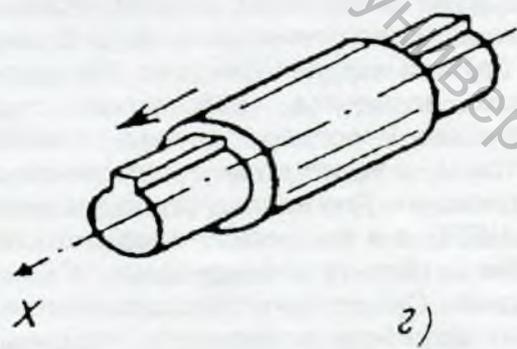
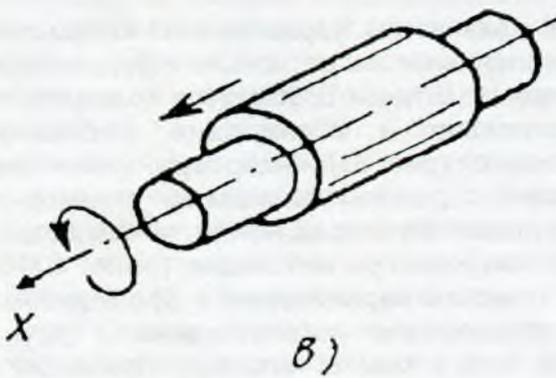
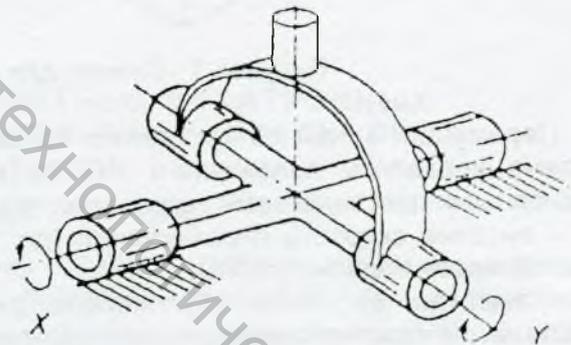
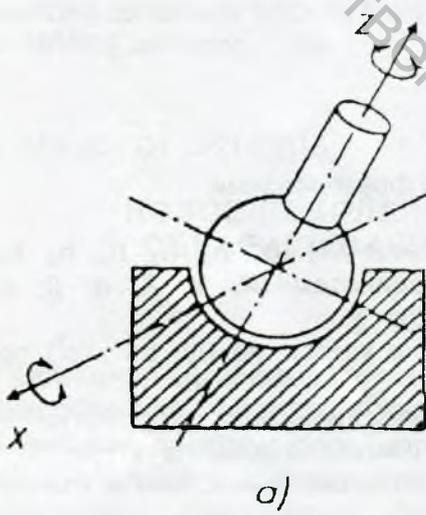


Рисунок 3 - Основные компоненты механизмов параллельной кинематики

В соответствии с принципами обеспечения компактности (ресурсонеизбыточности) авторами предлагается использовать для объемного фрезерования устройство типа «трипод» – с тремя управляемыми штангами. Далее показана возможность обеспечения выбранной конструктивной схемой любой степени подвижности ИО (фрезы) в пределах от 1 до 9.

Специально изготовленный* макет трипода (рис. 4) состоит из семи подвижных звеньев, образующих 9 кинематических пар, а именно: 6 пар 3-го класса в точках А, В, С, V, К, L и 3 поступательные пары 5-го класса в точках D, E, F. При этом его степень подвижности по формуле Малышева-Сомова равна

$$W = 6 \cdot 7 - 5 \cdot 3 - 4 \cdot 0 - 3 \cdot 6 - 2 \cdot 0 - 1 \cdot 0 = 9.$$

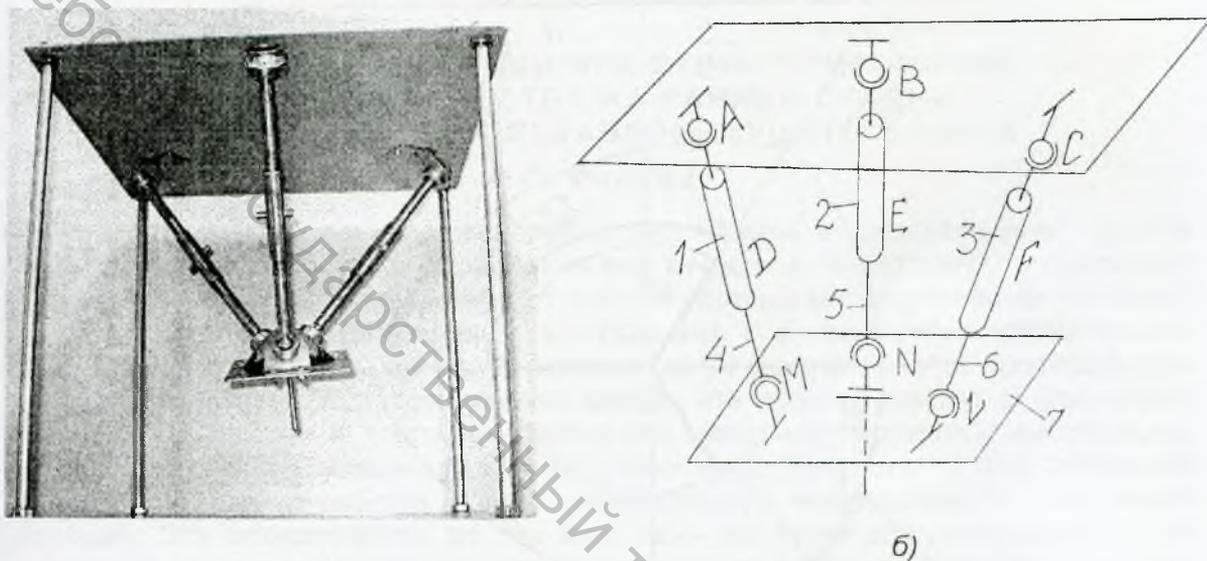


Рисунок 4 - Экспериментальный стенд и его кинематическая структура:
1, 2, 3 – гайки, 4, 5, 6 – винты

Однако если путем наложения дополнительных связей кинематические пары 3-го класса заменить, например, на две 5-го и четыре 4-го класса, то можно получить пространственный механизм с одной степенью подвижности

$$W = 6 \cdot 7 - 5 \cdot 5 - 4 \cdot 4 - 3 \cdot 0 - 2 \cdot 0 - 1 \cdot 0 = 1.$$

Аналогичным образом, для обеспечения ИО трех степеней свободы можно использовать такую комбинацию кинематических пар:

$$W = 6 \cdot 7 - 5 \cdot 5 - 4 \cdot 2 - 3 \cdot 2 - 2 \cdot 0 - 1 \cdot 0 = 3.$$

Приняв в качестве обобщенных I -координат [7] длины штанг, было локализовано и исследовано рабочее пространство станка (рис. 5).

В своей дальнейшей работе авторы планируют на основе общей теории винтов [8], используя функцию формообразования – т.е. «аналитическую зависимость, связывающую перемещение звеньев формообразующей системы с траекторией движения кромки инструмента» [9], решить обратную задачу кинематики для программирования обработки заданных нерегулярных поверхностей.

*При участии студ. Гобергруппа С.И.

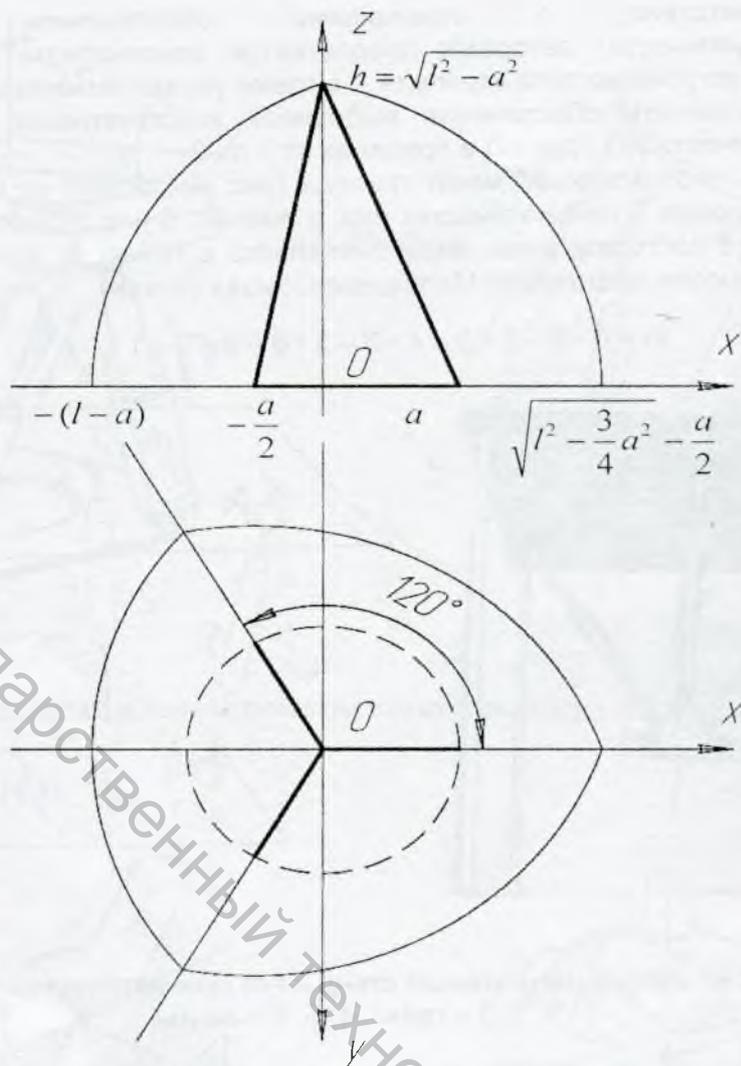


Рисунок 5 - Рабочее пространство станка-трипода без учета размеров инструмента (повернуто в вертикальной плоскости на 180°): l – максимальная длина штанг, a – радиус опорной окружности «пирамиды» трипода

Список использованных источников

1. Свирский Д.Н. Феномен формообразования // Вестник ВГТУ, 2003, вып. 5, с. 63-67.
2. Свирский Д.Н. Прикладные аспекты формокопирования // Вестник ВГТУ, 2004, вып. 6, с. 55-59.
3. Бобров А.Н., Перченков Ю.Г. Автоматизированные станки для объемной обработки. – Л.: Машиностроение, 1979. – 231 с.
4. Дружинский И.А. Сложные поверхности: Математическое описание и технологическое обеспечение: Справочник. – Л.: Машиностроение, 1985. – 263 с.
5. Mianowski K. Application of RNT robot to selected machining processes // Proc. 3rd Int. conf. on Advances in Production Engineering, Part 3. – Warsaw: WUT, 2004. – P. 121-128.
6. Бушуев В.В., Хольшев И.Г. Механизмы параллельной структуры в машиностроении // СТИН, 2001, № 1, с. 3-8.
7. Корендяев А.И. и др. Манипуляционные системы роботов. – М.: Машиностроение, 1989. – 472 с.
8. Решетов Д.Н., Портман В.Т. Точность металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1986. – 336 с.

9. Глазунов В.А. Использование теории винтов в задачах механики манипуляторов // *Машиноведение*, 1989, № 4, с. 5-10.

SUMMARY

The new generation of processing machinery with parallel kinematics on the mechatronic systems basis is studied. Comparing with traditional machine tools for a volumetric machining shows its advantages. The results of physical simulation of kinematics of the machine tool – manipulator and direction of further studies are considered.

УДК 658.512

АНАЛИЗ ИНЦИДЕНЦИЙ ПРИ СТРУКТУРИРОВАНИИ ФУНКЦИИ КАЧЕСТВА НА РАННЕЙ СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО СТАНКА

А.С. Фирсов

Процесс проектирования металлорежущего станка в определенном смысле представляет собой систему управления его качеством. Конструктор анализирует исходные данные, выбирает принцип работы, принимает инженерные решения, вносит необходимые изменения в конструкцию (т.е. выполняет управляющее воздействие), после чего оценивает экономическую эффективность проекта и, при необходимости, производит дополнения на каждом этапе своей работы. В меру своих знаний, способностей и опыта он оценивает выходные параметры конструкции, сравнивая их с требуемыми и/или допускаемыми. Результат этого сравнения используется для выработки нового управляющего воздействия – следующей итерации. Это продолжается до тех пор, пока не будет получена конструкция требуемого качества. Однако результат работы может оказаться бесполезным, если исходные данные на самой ранней стадии проектирования, не отвечают требованиям потенциального потребителя продукции.

Для оценки влияния требований потребителя на принципиальные технические решения через конкретные значения технических характеристик целесообразно применять метод структурирования функции качества. Суть метода заключается в последовательном заполнении матрицы согласования потребительских требований (ПТ) и инженерных характеристик (ИХ) и последующем расчете весовых коэффициентов влияния ПТ на ИХ. Методика структурирования функции качества рассмотрена в статье [1]. При определении ПТ, предъявляемых к металлорежущим станкам на ранней стадии проектирования, набор и значения показателей формируются: 1) на основе требований заказчика; 2) служебного назначения проектируемого оборудования; 3) требований к качеству деталей, изготавливаемых на проектируемом оборудовании; 4) с учетом ряда показателей технического уровня станка (показатели надежности, точности, безопасности и т.д.). В свою очередь технические характеристики представляют собой набор внешних технических характеристик, отражающих общие требования предъявляемые к проектируемому оборудованию в целом (условно являются частью ПТ), и внутренних инженерных характеристик (ИХ). Принятые ИХ отражают набор внутренних функций, которые, иерархически связываясь друг с другом, определяют внутреннюю структуру проектируемого объекта [2]. Поэтому в состав ИХ включают только те технические характеристики, которые в той или иной степени влекут за собой изменения принципиальных технических решений: компоновочной, кинематической, гидравлической схемах, схеме управления станка. В основном ИХ определяются набором рабочих, вспомогательных, установочных и специальных движений необходимых для реализации технологической схемы обработки на проектируемом станке.