

Морфологический анализ конструкций станков с параллельной кинематикой

В. С. Загребин, А. С. Коньков

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), г. Москва, Россия

Аннотация. Актуальность тематики статьи обусловлена потребностью машиностроения в создании оборудования для высокоскоростной обработки, обладающего низкой инертностью подвижных узлов, простотой и высокой степенью унификации конструкции.

Конечной целью работы является поиск новых конструкций станков с параллельной кинематикой, позволяющих повысить эффективность их эксплуатации. Задача – систематизация существующих конструкций таких станков с использованием метода морфологического анализа.

Проведен анализ отечественных и зарубежных станков с параллельной кинематикой, определены морфологические признаки – параметры конструкции таких станков и выявлены значения этих параметров. Разработана морфологическая таблица станков с параллельной кинематикой, с помощью которой можно однозначно идентифицировать каждый конкретный станок.

Область применения результатов – поиск инновационных конструкций рассматриваемых станков и в учебном процессе вузов.

Ключевые слова машиностроение, механическая обработка, станки, параллельная кинематика, механизмы параллельной структуры, морфологический анализ

Актуальность тематики статьи обусловлена потребностью машиностроения в создании оборудования для высокоскоростной обработки, обладающим низкой инертностью подвижных узлов, простотой и высокой степенью унификации конструкции. Станки с параллельной кинематикой – вполне конкурентоспособное решение указанного назначения.

Такие станки впервые начали разрабатываться в СССР в Новосибирском электротехническом институте с 1976 года, первые станки появились и в СССР и за рубежом в 1987 году [1, 3]. В настоящее время станки с параллельной кинематикой выпускаются в Австрии, Великобритании, Германии, Испании, Италии, КНР, России, США, Турции, Швеции, Франции, Южной Корее, Японии и др.

На рис. 1 в качестве примера показана схема одного из наиболее распространенных станков с параллельной кинематикой – гексапода. Такие станки состоят из неподвижного основания 1, подвижной платформы 2, на которой размещается шпиндельный узел 3, и связывающих их нескольких (в данном случае 6-ти) приводных телескопических раздвижных штанг 4 (независимых кинематических цепей), соединенных с основанием 1 и платформой 2 при помощи шарниров 5 и 6 соответственно [1]. Перемещение платформы 2 по любой из

трех линейных X, Y, Z и трех поворотных осей A, B, C осуществляется путем согласованного изменения длин штанг 4 с помощью устройства ЧПУ.

В станках со штангами постоянной длины последние шарнирно закреплены на подвижных каретках, которые перемещаются по направляющим.

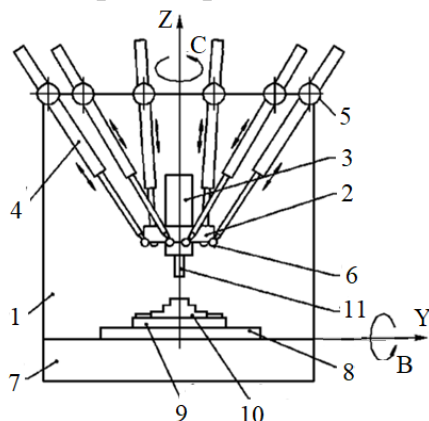


Рис. 1. Схема гексапода: 1 – основание; 2 – подвижная платформа; 3 – шпиндельный узел; 4 – штанги; 5 – шарнир основания; 6 – шарнир платформы; 7 – станина; 8 – стол; 9 – приспособление; 10 – заготовка; 11 – инструмент

В гексапode (см. рис. 1) обработка заготовки 10, закрепленной на этом станке в приспособлении 9, установленном на столе 8 на станине 7 ведется инструментом 11 шпиндельного узла 3 по программе устройства ЧПУ.

Для систематизации и идентификации станков с параллельной кинематикой по опыту работ [8, 9] использован метод морфологического анализа [6]. Разработана матрица этих станков (см. табл. 1), составленная по результатам анализа библиографических источников [1-5, 7]. В разработанной матрице каждый из таких станков описан в виде определенного набора параметров A – Y (табл. 1) – характерных морфологических признаков и значений этих параметров (в конкретных вариантах реализации).

Разработанная морфологическая матрица является компактным и легко развиваемым (актуализируемым) инструментом представления и обобщения конструкций станков с параллельной кинематикой.

Таблица 1

Морфологическая матрица станков с параллельной кинематикой

Параметры станков (морфологические признаки)		Значения параметров станков с параллельной кинематикой в альтернативных решениях							
		1	2	3	4	5	6	7	8
A	Кинематическая структура	Параллельная	Гибридная (последовательная и параллельная)						

Таблица 1 (Продолжение)

Б	Основа- ние	Призма- тическая стойка (много- гранная)	Пирами- дальная стойка (много- гранная)	Круглая стойка	Клино- видная стойка	Прочие			
В	Станина	Есть	Нет						
Г	Количе- ство штанг	2	3	4	5	6	8	12	Дру- гое
Д	Степени свободы	Линей- ные	Враща- тельные	Универ- сальные					
Е	Устрой- ства из- менения положе- ния плат- формы	Штанги постоян- ной дли- ны (в станках: линапод, биглайд, триглайд, ортог- лайд, гексаг- лайд, , four-pod)	Штанги перемен- ной дли- ны (в станках: бипод, трипод, гексапод)	Паралле- ло- грамный меха- низм (в стан- ках: ротопод, «дель- та»)	V- образное кинама- тическое соедине- ние (в станках "Ножни- цы")	Прочие			
Ж	Шарни- ры	Враща- тельные	Призма- тические	Универ- сальные (кардан- ные)	Сфериче- ские	Меха- ниче- ский вильча- тый шар	Гидроста- тический шарнир с вильчатым шаром	Маг- нит- ный шар- нир с виль- чатым шаром	Про- чие
И	Направ- ляющие	Нет	Поворот- ные	Прямо- линей- ные	Прочие				
К	Количе- ство направ- ляющих	2	3	6	Другое				
Л	Преобра- зование движе- ния плат- формы	Измене- нием ко- ординат опорных шарни- ров	Измене- нием длин штанг	Принуди- тельным вращени- ем шар- нира	Измене- нием угла между эlemen- тами ки- немати- ческой цепи	Гибрид- ное	Прочие		

Таблица 1 (Продолжение)

М	<i>Механизмы преобразования движения</i>	Шариковинтовые	Зубчатые	Волновые зубчатые	Зубчатореечные	Зубчатременные	Планетарные	Тросовые	Прочие
Н	<i>Приводы кинематических цепей</i>	Электродвигатели	Линейные электродвигатели	Шаговые двигатели	Гидромоторы	Гидроцилиндры	Пневмоприводы	Пьезоэлектрические	Прочие
П	<i>Стол</i>	Нет	Неподвижный	Однокоординатный	Крестовый	Поворотный	Наклонный	Глобусный	Прочие
Р	<i>Устройство автоматической смены инструмента</i>	Нет	Есть						
С	<i>Устройство автоматической смены паллет</i>	Нет	Есть						
Т	<i>Поворотная головка</i>	Нет	Есть						
У	<i>Датчики (энкодеры) контроля перемещений</i>	Вращающийся трансформатор	Датчик Renishow	Лазерный доплеровский	Фотоэлектрический	Индуктивный	Прочие		

Область применения результатов данной работы – поиск инновационных конструкций рассматриваемых станков, используя последующие процедуры метода морфологического анализа [6], и в учебном процессе технических вузов.

Научный руководитель В. Н. Юрин – д.т.н., профессор МАИ (НИУ).

Библиографический список

1. Афонин В. Л., Подзоров П. В., Слепцов В. В. Обработывающее оборудование на основе механизмов параллельной структуры. / под общ. ред. В. Л. Афолина. М.: Изд-во МГТУ Станкин, Янус, 2006. 452 с.

2. Каменев С. В. Основы построения станков с параллельной кинематикой: учебное пособие. Оренбург: ОГУ, 2017. 128 с.
3. Кузнецов Ю. Н. Создание станков нового поколения с применением генетико-морфологического подхода (часть 1) // Вісник СевНТУ, 2010, № 110. С. 3-12.
4. Мамаев Ю. А. Динамика движения робота-станка с параллельной кинематикой (гексапода) для окончательной обработки детали: автореф. дис. ... канд. техн. наук, Курск, 2014. 22 с.
5. Рыбак Л. А., Ержуков В. В., Чичварин А. В. Эффективные методы решения задач кинематики и динамики робота-станка параллельной структуры. М.: Физматлит, 2011. 148 с.
6. Ковалев А. П., Моисеева Н. К., Сысун В. В. [и др.]. Справочник по функционально-стоимостному анализу. / под ред. А. П. Ковалева и Б. И. Майданчика. М.: Финансы и статистика, 1988. 431 с.
7. Кун С, Госселин К. Структурный синтез параллельных механизмов. М. : Физматлит, 2012. 275 с.
8. Юрин В. Н. Автоматизация ранних стадий проектирования средств повышения качества станков путем управления их тепловыми деформациями. М.: ВНИИТЭМР, 1991. 72 с.
9. Юрин В. Н. Информационное обеспечение проектирования теплонагруженных деталей и узлов станков // Станки и инструмент, 1992, № 7. С. 12-14.