

**Т.Р. Абляз, С.С. Плюснина**

**T.R. Ablyaz, S.S. Plyusnina**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет  
Perm National Research Polytechnic University

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

### **COMPARATIVE ANALYSIS OF THE CURRENT COORDINATE-MEASURING MACHINES**

Рассмотрено несколько видов координатно-измерительных машин, созданных известными фирмами-производителями. Такие машины используются в условиях современного производства для решения сложных измерительных задач – проводят высокоточные измерения, при этом используются как контактные, так и бесконтактные измерительные технологии. Применение КИМ в производстве позволяет обеспечить необходимый уровень качества выпускаемой продукции, а также значительно сократить производственные издержки и затраты на технологическую подготовку производства новой продукции. В ходе анализа выявлены основные характеристики рассматриваемых машин, а также их технические возможности.

**Ключевые слова:** контроль, координатные измерительные машины, методы измерений, качество продукции, измерительные технологии, технические характеристики.

In this work coordinate – several types of coordinate measuring machines, created by well-known manufactures. These machines are used in modern production solutions for complex measuring tasks – conduct accurate measurements, using both contact and noncontact measurement technology. Application of CMM in manufacturing can provide the required level of product quality, as well as significantly reduce the production costs and the costs of technological preparation of production of new products. In the course of the analysis identified the main characteristics of these machines, as their technical capabilities.

**Keywords:** control, coordinate measuring machines, methods of measurement, quality of products, measurement technology, technical characteristics.

Целью данной работы является анализ тенденций в развитии современных координатно-измерительных машин на примере фирм Carl Zeiss, Galika, и «ЛАПИК».

В настоящее время развитие измерительной техники связано с появлением и широким использованием все более сложных измерительных процедур (алгоритмов измерений), требующих соответствующего усложнения организации функционирования измерительных средств. Именно этим обу-

словлено возрастание роли устройств для измерения физических, геометрических характеристик объекта, которые становится неотъемлемой составляющей рационального обеспечения современных измерений [1–3].

Совершенствование измерительной техники является важной частью ускорения и эффективного использования научно-технического прогресса в любом виде производства. С развитием науки и техники появляются новые области и возможности для ее практического применения.

Одним из наиболее популярных производителей координатно-измерительного оборудования в России является фирма «ЛАПИК» (<http://www.lapic.com>). Данная компания с 1978 г. специализируется на производстве координатно-измерительных машин, а также технологического оборудования. При анализе продукции данного производителя выявлены следующие характеристики оборудования:

- возможность измерения деталей с внутренними полостями и «затененными» поверхностями;

- возможность измерения прецизионных мелкоструктурных поверхностей, в том числе контроль зубчатых колес с модулем 0,2, контроль резьб (внутренних и внешних) с шагом от 0,1;

- обеспечение высокой производительности измерений, в том числе за счет исключения ряда дополнительных устройств;

- упрощение условий эксплуатации и снижение себестоимости измерений в несколько раз.

Основным достижением данного производителя является производство шестиосевых координатно-измерительных машин:

- КИМ-500Н – КИМ-1200Н – нормальной точности,

- КИМ-500 – КИМ-1400/3000 – повышенной точности,

- КИМ-500С – КИМ-1200С – особо высокой точности.

Отличительной особенностью шестиосевых КИМ является шестистержневая конструкция, позволяющая уменьшить массу подвижных частей и увеличить быстродействие всего устройства. Шестистержневая конструкция положительным образом сказывается на точности позиционирования инструмента, так как накопление погрешности на последовательных механических звеньях отсутствует. Точность и повторяемость измерений находятся на уровне 1 мкм и менее.

КИМ, производимые компанией «ЛАПИК», оснащаются управляемым щупом, которым без лишних калибровок производится контроль базовых и рабочих поверхностей деталей. Производительность при точечном измерении детали достигает 8 точек/с с сохранением точности измерения и до 200 точек/с при сканировании. У порталных машин производительность при точечном измерении детали составляет 0,5 точек/с.

Конструкция модели КИМ-500 обеспечивает шесть степеней свободы рабочего органа, шесть одновременно и согласовано управляемых осей перемещения. Измерительная система отделена от силовой, что обеспечивает долговременную стабильность характеристик в повышении точности измерений (рис. 1).

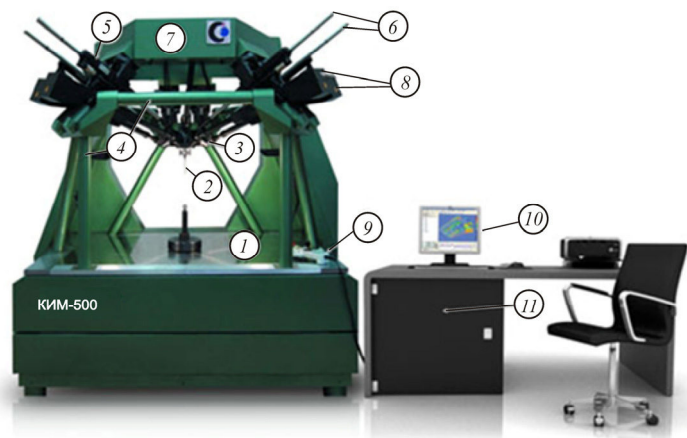


Рис. 1. Схема конструкции КИМ-500: 1 – стол; 2 – инструмент (измерительный щуп или шпindelь); 3 – каретка с 6 шарнирами; 4 – измерительная рама; 5 – электроприводы, 6 шт.; 6 – стержни переменной длины (ШВП, 6 шт.); 7 – силовая рама; 8 – лазерные интерферометры, 6 шт.; 9 – пульт управления; 10 – ЭВМ оператора; 11 – промышленная ЭВМ, встроенная в стол оператора

КИМ имеет оригинальный корпус, смоделированный по специальной программе. Геометрия октаэдра обеспечивает жесткость рамы КИМ, в 5 раз превышающую жесткость традиционных машин.

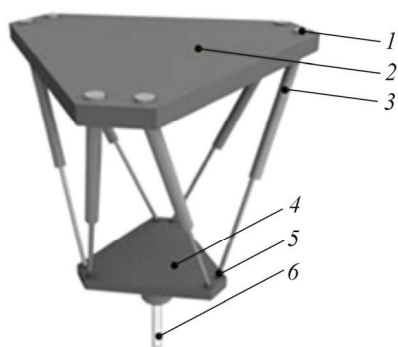


Рис. 2. Кинематическая схема измерительной машины: 1 – шарниры; 2 – неподвижная рама; 3 – стержни переменной длины; 4 – каретка; 5 – шарниры; 6 – инструмент

Кинематическая схема измерительной машины представляет собой параллельную структуру в виде перевернутой пирамиды. В основании пирамиды располагаются сферические шарниры, которые служат точками отсчета для следящей системы (рис. 2).

Следящая система состоит из излучателя и 6 лазерных интерферометров с дискретностью отсчета перемещений 0,05 мкм, определяющих расстояние между соответствующим сферическим шарниром на неподвижной раме и элементом, расположенным на каретке. Оптическая схема излучателя когерентного света обеспечивает

деление светового потока от лазера на 6 равнозначных каналов; световая энергия передается от излучателя к интерферометрам по 6 одномодовым оптоволоконным линиям. Каретка перемещается с помощью 6 мехатронных приводов. Штанги приводов работают только на растяжение-сжатие, деформация изгиба отсутствует. Конструктивно лазерные интерферометры отделены от исполнительных приводов. Это обстоятельство исключает прямое воздействие деформаций и нагрузок в приводах на следящую систему.

Основные характеристики и показатели рассмотренных типов КИМ представлены ниже:

<b>Диапазоны измерений, размеры</b>	
Максимальное перемещение по осям:	
X, мм	500
Y, мм	450
Z, мм	350
Габаритные размеры:	
Длина, мм	1850
Ширина, мм	1680
Высота, мм	2575
Масса, кг	3800
Допустимый вес детали, кг	250
<b>Точность измерения</b>	
Погрешность измерения формы, мкм:	
КИМ-500С особо высокой точности	$0,5 + L/500$
КИМ-500 повышенной точности	$1,1 + L/380$
КИМ-500Н нормальной точности	$3,5 + L/120$ , где $L$ – длина детали, мм
Погрешность локальных измерений формы для КИМ-500, мкм	$0,5 + L/50^1$

В ходе анализа шестиосевых КИМ можно выделить следующие преимущества: высокая надежность оборудования, мобильность, контроль мелких структур, долговременная стабильность характеристик прочности, легкость в эксплуатации. Особо важных, влияющих на качество работы недостатков, выявлено не было.

Несмотря на преимущества «ЛАПИК», на современных машиностроительных предприятиях всего мира широко используются порталные КИМ. Одним из представителей таких машин являются машины фирмы Carl Zeiss.

Данный концерн существует с 1846 г., он был создан Карлом Цейссом (Германия) как мастерская точной механики и оптики. С развитием производства компания Carl Zeiss ориентировалась на изготовление высокоточной измерительной техники для промышленных предприятий, оборудования



Рис. 3. Координатно-измерительная машина ACCURA

в высокотехнологичных областях практической медицины, исследовательской науки, инновационной индустрии во всем мире.

Рассмотрим продукцию фирмы Carl Zeiss портальной измерительной машины ACCURA. Отличительной особенностью измерительной машины ACCURA является высокая точность всех измерений с использованием мультисенсорной техники на базе технологии MASS (рис. 3, <http://corporate.zeiss.com>).

Машина позволяет производить измерения методом контактного и лазерного сканирования, в зависимости от установленной измерительной системы. Оборудование предназначено для быстрого проведения измерений с высокой точностью. Возможность реализации любых методов измерений с помощью этого устройства позволяет оптимизировать процесс измерения.

Конструкция КИМ представляет собой жесткий облегченный портал из материалов, нечувствительных к изменениям температуры. Имеются воздушные подшипники на всех осях. Установлены кабели для тактильных, оптических и лазерных датчиков, а также для сканирования, благодаря чему можно сразу работать в мультисенсорном режиме.

Основными достоинствами данного производителя являются высокая точность измерений, надежность и качество работы, высокая конкурентоспособность на внешнем и внутреннем рынке.

Характеристики оборудования Carl Zeiss:

Наименование модели	Диапазон X×Y×Z, мм	Погрешность, мкм
ACCURA 5(7)	700×900×500 (700)	1,6 + L/333
ACCURA 7	900×1200...2400×700	1,6 + L/333
ACCURA 10	1200×1800...4200×1000 1600×2400...4200×1000	X = 1200 2,2 + L/300 X = 1600 3,2 + L/250 3,5 + L/250
ACCURA 14	1600×2400...4200×1400	

*Примечание.* L – измеряемая длина, мм.

Еще одним производителем на рынке современных КИМ является фирма Galika. Данная компания, основанная в 1986 г. с основным офисом в Фолькетсвиле под Цюрихом – это международное предприятие по инжинирингу и оказанию услуг по всем технологиям обработки металла и по обеспечению качества. Как партнер, имеющий эксклюзивные права от ведущих мировых производителей металлообрабатывающих станков, измерительных машин и средств измерения, фирма на сегодняшний день является ведущим предприятием в сфере технологического обслуживания и технологии изготовления с направленностью на страны Центральной и Восточной Европы и бывшего Советского Союза.

Одной новейших разработок инженеров является персональная мобильная координатно-измерительная машина Multi Gage (рис. 4, <http://www.galika.com/>). Данная машина относится к классу переносных машин, рабочая зона около 1200 мм, точность измерений от 5 мкм.

Изучив конструкцию машины, можно утверждать, что благодаря своим малым размерам и высокой мобильности данный прибор подходит для контроля геометрии изделий в условиях производства. Пользователь может установить Multi Gage в любом необходимом месте: в цехе, на суппорте станка, на производственной линии, в измерительной лаборатории. КИМ позволяет с высокой точностью контролировать геометрические размеры элементов (окружностей, плоскостей, цилиндров, конусов и т.д.), их линейно-угловые размеры, отклонение формы (круглость, плоскостность, цилиндричность и т.д.) и взаимного расположения (параллельность, перпендикулярность, concentricity). Среди достоинств этой машины – высокая надежность и мобильность.

При сравнении современных производителей КИМ установлено, что наиболее важным показателем пригодности того или иного измерительного оборудования является его точность. Установлено, что применение консольных КИМ способно выдерживать большие нагрузки и не так сильно реагировать на перепады температур в связи с увеличенной жесткостью конструкции. Однако консольные КИМ не способны обеспечить многосторонних измерений в связи с ограниченностью измерительного пространства и подвижностью измерительной головки. Многоосевые КИМ позволяют оптимизировать процесс производства и существенным образом снизить временные



Рис. 4. Координатно-измерительная машина Multi Gage

затраты на проведение измерений. Однако сложность конструкции не позволяет использовать подобные инструменты в цеховых условиях. Как было установлено из анализа машин производителя Galika, актуальной является задача создания КИМ, способных с высокой точностью измерять производимые детали непосредственно в цехе. Стоит отметить, что точность измерительных машин, пригодных для размещения в цеховых пространствах, значительно ниже, чем точность измерительных машин, располагающихся в изолированных помещениях.

Движение приводов измерительных машин осуществляется за счет пневматических систем. Применение пневматики вместо винтовых пар существенным образом повысило точность перемещения.

Конкретный тип КИМ подбирается исходя из требований, предъявляемых по точности изготавливаемых деталей. Зачастую основополагающим аспектом для выбора конкретного типа измерительного оборудования является его цена.

### **Список литературы**

1. Токарев В.Г. Оптимизация технологических процессов // Главный механик. – 2012. – № 9. – С. 37.
2. Серков Н.А. Измерение пространственно-сложных поверхностей на координатных измерительных машинах // Станки и инструмент. – 1982. – № 11. – С. 20–24.
3. Иванов В.А. Гибкие производственные системы в приборостроении. – М.: Машиностроение, 1988. – 304 с.

Получено 15.02.2013

**Абляз Тимур Ризович** – аспирант, ПНИПУ, МТФ, e-mail: lowrider11-13-11@mail.ru.

**Плюснина Светлана Сергеевна** – студентка, ПНИПУ, МТФ, ТМК-10, e-mail: freshline2005@rambler.ru.