

4. *Жарковский Б.И.* Приборы автоматического контроля и регулирования (устройство и ремонт) : учеб. для ПТУ. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1989. – 336 с.

5. Электронный ресурс: <http://www.radio-sib.ru/?tov=125> (дата обращения 20.02.2013).

6. Электронный ресурс: <http://www.solbat.ru> (дата обращения 28.02.2013).

*Лемн Ю.Д., Казанцева О.Е., Теленова Т.П.  
ФГАОУ ВПО «Российский государственный  
профессионально-педагогический университет», Екатеринбург*

## **РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ КООРДИНАТНО- ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ**

С развитием и внедрением в процесс производства систем автоматизированного проектирования становятся актуальными вопросы их применения при измерении и контроле различных объектов производственной деятельности. Особенно это важно для отделов метрологии, сертификации и лицензирования предприятий.

На предприятиях метрологическая служба может быть оснащена высокоточной координатно-измерительной машиной (КИМ). На сегодняшний день существуют координатно-измерительные машины различных типов, которые реализуют методы измерений, в зависимости от используемого программного обеспечения [1, 2]. Поэтому выбор координатных измерительных систем является неотъемлемой частью технологии производства и должен прорабатываться на этапах проектирования и разработки технологических процессов с привлечением специалистов по координатным измерениям.

В современных координатно-измерительных машинах имеется возможность полностью автоматизировать как процесс измерения координат отдельных точек, так и процесс обработки результатов этих измерений. КИМ вполне можно отнести к средствам автоматизации контроля размеров. Основное назначение КИМ – измерение отклонений расположения поверхностей, хотя на них можно измерять практически все нормируемые в машиностроении геометрические параметры (кроме шероховатости).

Конструктивная схема КИМ состоит из механической части, осуществляющей измерительные перемещения, и электронно-вычислительной части с программно-математическим обеспечением.

Суть измерений с помощью координатно-измерительной машины заключается в снятии точек при контакте щупа с поверхностью детали. При касании (контакте) наконечника датчика контакта с точкой на измеряемой поверхности датчик выдает команду для считывания значений координат X, Y, Z.

При этом возможны два способа измерения:

- метод прямых непосредственных измерений (вручную);
- метод с использованием САД-модели.

В условиях мелкосерийного и опытного производства при эксплуатации координатно-измерительной машины применяется, как правило, метод прямых непосредственных измерений. Однако, при внедрении детали в серийное производство, где требуется высокая скорость работы и отсутствует возможность производить постоянные измерения, актуальной становится проблема использования систем автоматизированного проектирования и разработки математической модели по САД-модели.

Рассмотрим оба метода измерений с использованием координатно-измерительной машины INFINITE.

Портативный координатно-измерительный манипулятор серии INFINITE представлен на рисунке 1. Манипулятор, производства компании CimCore сертифицирован Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии, зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений и допущен к применению в РФ. Имеет следующую структуру:

1. Подставка для системы крепления;
2. Встроенная LI-ION аккумуляторная батарея обеспечивает автономную работу манипулятора;
3. Беспроводное соединение с компьютером посредством Wi – Fi обеспечивает высокую мобильность;
4. Электроника нового поколения со встроенными функциями диагностики (ЧИП компьютера);
5. Измерительные датчики, изготовленные по спецификации CimCore;
6. Новый несъемный противовес, который облегчает работу с манипулятором;
7. Неограниченное вращение основных осей (шарнир);
8. Плечо манипулятора;

## 9. Быстросменные, автоматические распознаваемые щупы.

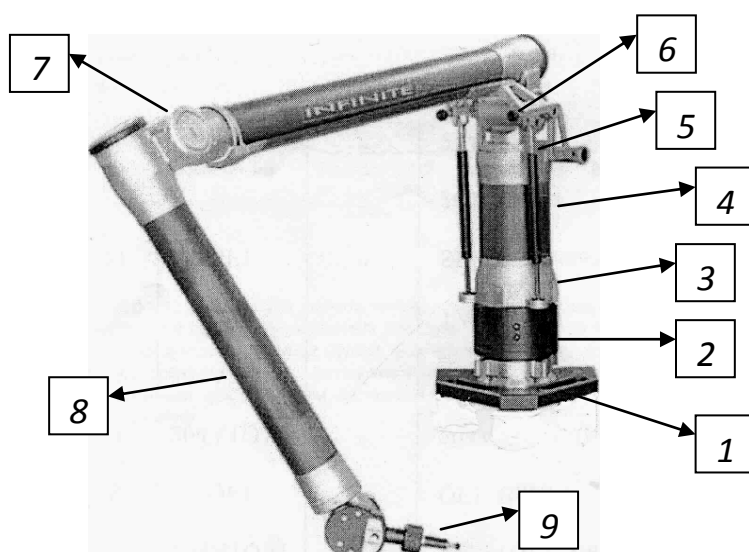


Рис. 1. Портативный координатно-измерительный манипулятор

При использовании метода прямых непосредственных измерений в программе PowerINSPECT (поставляется вместе с КИМ) задаются отдельные элементы детали для определения их параметров или размеров. Затем с помощью координатно-измерительной машины снимаются точки заданных элементов на детали, и после этого в программе PowerINSPECT создается математическая модель измеренного элемента. Получив математические модели нескольких элементов, можно с помощью специальных функций программы определять расстояния между измеряемыми объектами, а так же такие характеристики как соосность, перпендикулярность, параллельность. Эти характеристики часто необходимы при определении точных размеров детали.

Процесс измерений рассмотренным выше методом занимает много времени из-за необходимости проведения всех этих операций при измерении каждой детали, что делает невозможным контроль крупносерийного производства деталей.

Процесс создания CAD-модели детали заключался в её построении с помощью двумерных геометрических примитивов AutoCAD, таких как точка, линия, дуга окружности или прямоугольника, преобразование получившейся двумерной модели в трехмерную 3D-модель с помощью функции выдавливания. Для разработки CAD-модели используют необходимую техническую документацию на деталь. PowerINSPECT, после загрузки в него

CAD-модели, преобразует ее в математическую модель программы (рис. 2), используя информацию только о точках и их координатах по всем осям.

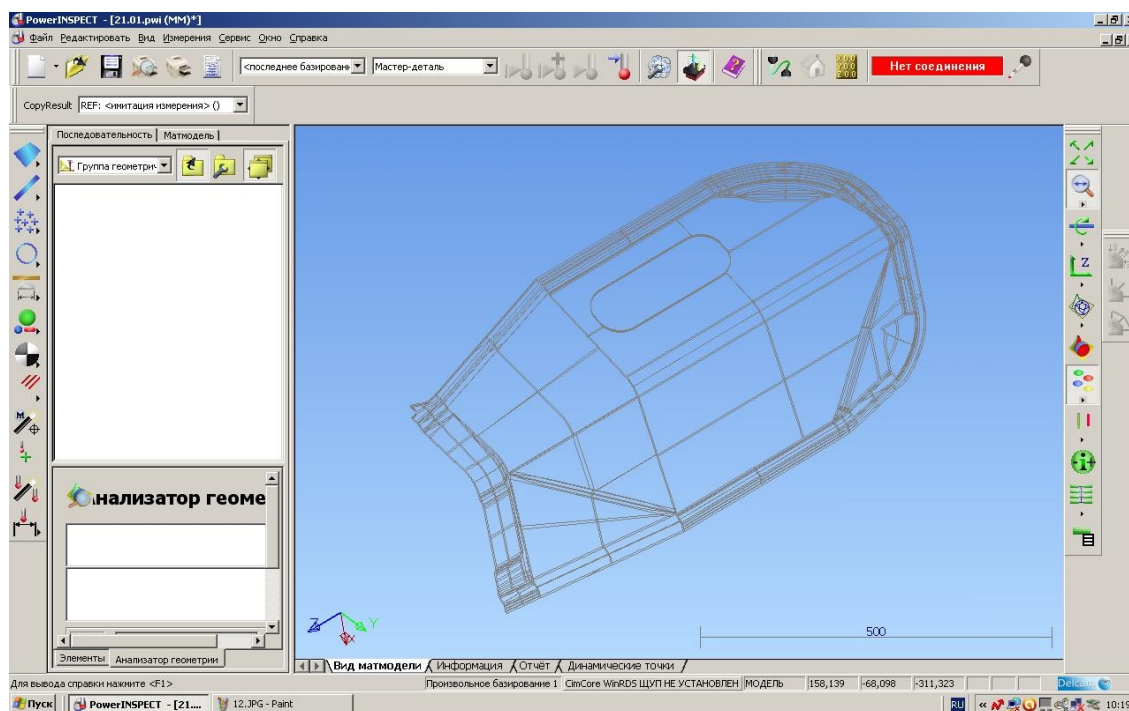


Рис. 2. Математическая модель детали в PowerINSPECT, построенная по CAD-модели

Затем PowerINSPECT выполняет совмещение систем координат реальной детали и ее математической модели. Для этого используется произвольное базирование в 6 точках математической модели. С помощью координатно-измерительной машины заданные точки снимаются с поверхности детали и сравниваются с соответствующими координатами этих точек на матмодели.

В конце измерений формируется отчет, который кроме табличной части, позволяющей оперировать точными значениями в конкретных точках (указано конкретное значение координат  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  и отклонение точки для каждой координаты), отображает более наглядную графическую информацию. Отчет о результатах измерений генерируется автоматически в различных форматах и может быть настроен в соответствии с действующими на предприятии правилами. Результаты измерений передаются заказчику для принятия им решения о пригодности или непригодности детали.

Пример экранной формы математической модели детали, построенной по CAD-модели с точками, выходящими за поля допуска в положительную или отрицательную сторону, представлен на рисунке 3. В случае не совпадения точек они изображены на матмодели красным при отклонении в

положительную сторону, и синим – при отклонении в отрицательную сторону. Соответственно они отображаются в меню слева.

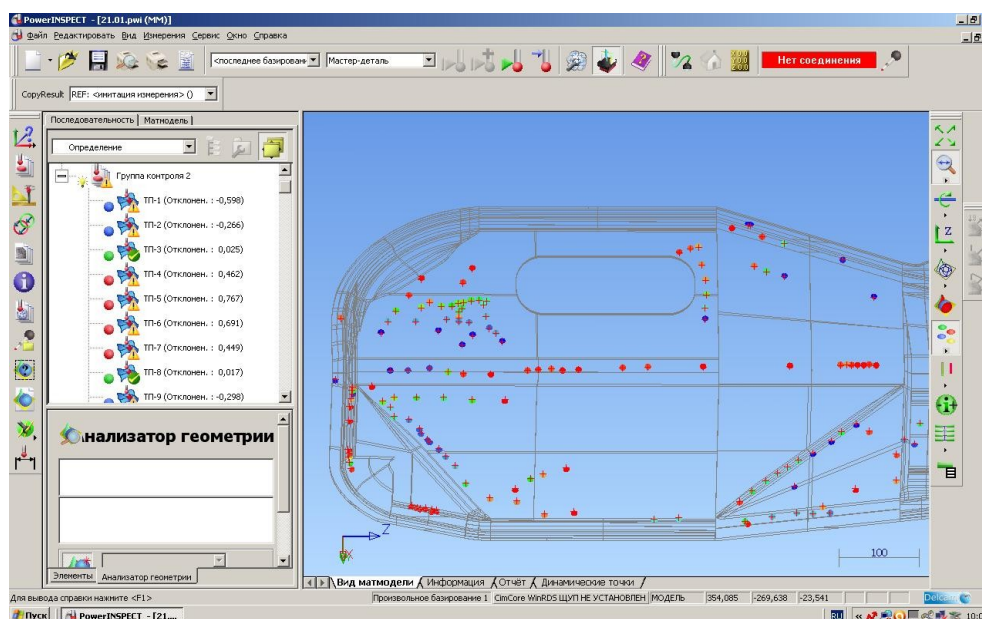


Рис. 3. Математическая модель детали с несовпадающими снятыми точками

Таким образом, метод измерений по CAD-модели позволяет ускорить процесс контроля за счет того, что CAD-модель создается один раз для контролируемой детали, и при крупносерийном производстве остается лишь снять заданные точки, сравнить и вывести результаты измерений в отчет.

В результате выполнения выпускной квалификационной работы была разработана методика построения математической модели заданной детали с применением системы автоматизированного проектирования AutoCAD и координатно-измерительной машины INFINITE в отделе метрологии сертификации и лицензирования ОАО «Уралтрансмаш». Методика была апробирована, проведены корректирующие мероприятия. На данный момент методика признана эффективной и по результатам согласования находится на этапе внедрения.

### *Литература*

1. *Гапшис А.А.* Координатные измерительные машины и их применение [Текст] / А.А. Гапшис, А.Ю. Каспарайтис, М.Б. Модестова – М.: Машиностроение, 1988. – 328 с.

2. *Зубарев Ю.М.* Автоматизация координатных измерений [Текст] : учеб. пособие / Ю.М. Зубарев, С.В. Косаревский, Н.Н. Ревин – СПб.: Изд-во ПИМаш, 2011. – 160 с.

*Масальских Г. Г., Корневская О. С.,  
Пичугина И. А., Мешков В. В.  
ФГАОУ ВПО «Российский государственный  
профессионально-педагогический университет», Екатеринбург*

## **РАЗВЕРТЫВАНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ**

В настоящее время многие организации, учебные заведения пришли к выводу о необходимости внедрения дистанционного обучения (ДО) [1]. В числе преимуществ данной формы обучения – снижение затрат в целом на организацию учебного процесса, привлечение дополнительного контингента обучаемых, расширение рынка образовательных услуг за счет исключения проблем обучающихся, связанных с отрывом от работы, производства, в связи с удаленностью места жительства, возможность организации непрерывного обучения, соблюдение единого образовательного стандарта вне зависимости от территориальной рассредоточенности организации.

Современные условия ведения бизнеса диктуют необходимость автоматизации многих бизнес процессов для сокращения расходов и увеличения темпов развития компании. На помощь в этих вопросах приходит бурно развивающаяся ИТ индустрия, предлагающая разнообразные программные продукты и готовые решения. На российском рынке существует огромное количество ИТ компаний, которые занимаются продажей или разработкой программного обеспечения. Основной целью таких компаний является привлечение как можно большего числа клиентов и охват как можно более широкой аудитории спроса. При этом спрос на конкретный программный продукт или готовое программно-аппаратное решение давно уже перестал напрямую зависеть от цены предложения и его функциональности. Как показывает практический опыт, при переходе на новое программное обеспечение компания несет потери связанные с обучением данному программному обеспечению сотрудников своей компании. Особенно это заметно там, где штат персонала измеряется тысячами сотрудников, например в крупных российских или региональных компаниях. По этой причине многие продавцы программного обеспечения начинают заботиться о возможности