



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИМАШ РАН

д.т.н., проф. Глазунов В. А.  
2016 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук

Диссертация «Точность многокоординатных машин с ЧПУ: теория, эксперимент, практика» выполнена в ИМАШ РАН.

В период подготовки диссертации соискатель, к.т.н. Серков Николай Алексеевич, работал в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Института машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук в отделе «Механика машин и управление машинами», ведущим научным сотрудником в лаборатории вибротехнических систем.

Научный консультант – д.т.н. Крупенин Виталий Львович работает в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Института машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук в отделе «Механика машин и управление машинами» главным научным сотрудником в лаборатории вибротехнических систем.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

В диссертации разработаны теоретические и экспериментальные положения, совокупность которых можно квалифицировать как новое крупное научное достижение.

**Актуальность темы.** В настоящее время остро стоит задача обновления оборудования в машиностроении. Среди приоритетных направлений развития машиностроения, обеспечивающих развитие инновационных технологий, следует выделить оснащение машиностроительного производства прецизионным многокоординатным оборудованием с высокой степенью концентрации технологических операций, выполняемых по программе от систем ЧПУ. Исполнительные органы многокоординатной машины с ЧПУ в процессе работы движутся по сложным пространственным траекториям. Требования к точности и скорости движения по сложным пространственным траекториям постоянно возрастают.



Точность позиционирования современного прецизионного 5 координатного станка по одной координате должна быть на уровне 2-3 микрон. Ещё более высокие требования по точности предъявляются к измерительным машинам, астрономическим приборам и высокоточному вооружению. Постоянно повышаются требования к точности отработки траектории современным технологическим роботом. В целом, это определяет актуальность исследований, направленных на развитие теоретических и экспериментальных исследований обеспечения точности многокоординатных машин с ЧПУ.

**Целью работы** является разработка методов и средств анализа и синтеза точности прецизионных многокоординатных машин с ЧПУ.

**Научная новизна работы** заключается:

- во введении понятия механизма «управляемый по программе ползун/шарнир», выходное звено которого движется с 6 первичными отклонениями, описываемыми в функции управляемой координаты;
- в методике построения модели образования интегральных отклонений ИО многокоординатной машины с НС последовательной структуры с кинематическими парами, приводящимися к парам с одной степенью свободы;
- в установлении правила измерений первичных отклонений механизмов;
- в разработанных математической и имитационной модели образования отклонений ИО многокоординатной машины;
- в разработанной методике анализа точности многокоординатной машины с ЧПУ методом имитационного моделирования;
- в синтезе алгоритма определения корректирующих поправок для модифицированного способа коррекции первичных отклонений квазипараллельными вычислительными процессами;
- в разработанном методе и созданном устройстве для измерения отклонений пересечения осей поворота ИО;
- в динамической модели НС многокоординатной машины с ЧПУ и методике определения динамической податливости НС;
- в методике калибровки и диагностики точности многокоординатной машины при её сборке.

**Личный вклад автора.** Формирование общей идеи, постановка научной проблемы, способы решения, основные научные результаты полностью принадлежат автору. Реализация результатов и экспериментальные исследования выполнены на предприятии ОАО НИАТ в рамках научно-исследовательских работ Центра коллективного пользования при ИМАШ РАН «Исследование и диагностика точности и жесткости многокоординатных машин».

**Достоверность полученных результатов** диссертации подтверждается:

- применением фундаментальных положений механики,
- проведением измерений первичных и интегральных отклонений механизмов на современном измерительном оборудовании и современном многокоординатном технологическом оборудовании с ЧПУ,



- сопоставлением результатов проведенного имитационного моделирования с рядом известных частных решений,
- использованием информации о различных методах и средствах измерений из достоверных литературных источников.

**Практическая ценность работы заключается в том, что:**

- создана имитационная модель вычисления отклонений исполнительных органов по первичным отклонениям звеньев механизмов для 5 координатных машин последовательной структуры, архитектура построения которой может быть положена в основу блока полной коррекции в создаваемых системах ЧПУ, а также, с помощью которой могут проводиться исследования точности многокоординатной машины, определяться баланс точности и выявляться резервы её повышения;

- предложен модифицированный способ коррекции первичных отклонений квазипараллельными вычислительными процессами на основе созданной имитационной модели;

- проведенная систематизация методов и средств измерений, первичных и интегральных отклонений многокоординатных машин с ЧПУ существенно облегчает выбор измерительных средств для проведения испытаний машин на точность;

- разработанные метод и устройство для измерения отклонений пересечения осей поворота в многокоординатных машинах с ЧПУ позволяют существенно повысить точность юстировки и уменьшить трудоёмкость сборочных работ;

- выявленные связи дефектов изготовления станка мод. МС - 300 с первичными отклонениями механизмов позволяют определить скрытые дефекты и причины их возникновения на стадии отладки машины (используется при изготовлении многокоординатных станков и другого технологического оборудования в ОАО НИАТ).

**На защиту выносятся:**

- принцип повышения точности, заключающийся в сочетании конструктивных и технологических методов уменьшения случайной составляющей отклонений и цифровой коррекции, направленной на компенсацию систематической составляющей;

- методика построения (синтеза) математической и имитационной модели образования отклонений ИО многокоординатной машины с ЧПУ;

- метод анализа точности многокоординатных машин с ЧПУ на основе имитационного моделирования отклонений воспроизведения пространственной траектории;

- методика синтеза алгоритма определения корректирующих поправок для модифицированного способа коррекции первичных отклонений квазипараллельными вычислительными процессами;



- правило проведения измерений первичных отклонений и систематизация средств измерения первичных и интегральных отклонений;
- метод и устройство для измерения отклонений пересечения осей поворота для 5 координатных машин с ЧПУ;
- результаты экспериментальных исследований влияния силовых и температурных деформаций НС станка мод. МС - 300 на первичные отклонения и мероприятия по их уменьшению;
- динамическая модель НС многокоординатной машины с ЧПУ и методика определения динамической податливости НС;
- элементы калибровки и диагностики точности многокоординатной машины, базирующихся на выявленных устойчивых связях дефектов изготовления машины с первичными и интегральными отклонениями механизмов (отклонениями позиционирования).

**Публикации.** Основные результаты, изложенные в диссертации, опубликованы в 56 печатных работах. Из них 27 статей в журналах, указанных в перечне ВАК России, 3 авторских свидетельства и 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Диссертация «Точность многокоординатных машин с ЧПУ: теория, эксперимент, практика» Серкова Николая Алексеевича **является законченной научно-исследовательской работой**, посвященной решению актуальной научно-технической задачи, и рекомендуется к защите на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.02.18 – «Теория механизмов и машин».

Заключение принято на заседании Научно-технического совета Отдела «Механики машин и управления машинами» ИМАШ РАН.

Присутствовало на заседании 14 чел. Результаты голосования: «за» - 14 чел., «против» - 0 чел., «воздержались» - 0 чел., протокол № 26/16 от 11. 10. 2016 г.

Зам. Председателя НТС к.т.н.

А. К. Алёшин

Уч. секретарь НТС к.т.н.

Г. В. Ращоян