

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.059.05

на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук (ИМАШ РАН) по диссертации на соискание ученой степени доктора наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 17.10.2017г. № 15

О присуждении Серкову Николаю Алексеевичу, гражданину РФ, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация на тему «Точность многокоординатных машин с ЧПУ: теория, эксперимент, практика» по специальностям: 05.02.18 – Теория механизмов и машин и 05.11.15 – Метрология и метрологическое обеспечение, принята к защите 25 апреля 2017 г. , протокол № 9 от 25/04/2017 года, диссертационным советом Д 002.059.05 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук (ИМАШ РАН), почтовый адрес: 101990, Москва, Малый Харитоньевский пер., д. 4, созданным приказом Минобрнауки России от 22.06.2016 г. № 743/нк.

Соискатель Серков Николай Алексеевич, 1943 года рождения, диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук защитил в 1972 году в диссертационном совете Государственного НИИ машиноведения диссертацию на тему «Исследование адаптивных способов коррекции программ для повышения точности обработки технологически нежестких деталей» по специальности «Теория механизмов, машин и автоматических линий».

Серков Николай Алексеевич работает ведущим научным сотрудником в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук (ИМАШ РАН).

Диссертация выполнена в Лаборатории вибротехнических систем ИМАШ РАН.

Научный консультант – доктор технических наук Крупенин Виталий Львович, ИМАШ РАН, лаборатория вибротехнических систем, главный научный сотрудник.

Официальные оппоненты:

Жога Виктор Викторович, доктор физико-математических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Волгоградский технический университет» (ФГБОУ ВО «ВолгГТУ»), кафедра «Теоретическая механика», профессор,

Лысенко Валерий Григорьевич, доктор технических наук, Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы (ФГУП ВНИИМС). г. Москва, начальник отдела метрологического обеспечения измерений геометрических параметров,

Утенков Владимир Михайлович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», заведующий кафедрой МТ1 («Металлорежущие станки»)

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный технологический университет» (ФГБОУ ВО «КубГТУ»), г. Краснодар, в положительном заключении, подписанном доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Наземного транспорта и механики», доктором технических наук, профессором Бережным Сергеем Борисовичем и утвержденном проректором по научной работе КубГТУ, доктором технических наук, профессором Подгорным Сергеем Александровичем, **указала**, что диссертационная работа Серкова Николая Алексеевича является законченной научно-квалификационной работой, в которой представлены результаты решения научной проблемы обеспечения точности многокоординатных машин с ЧПУ, имеющие важное значение для создания и эксплуатации инновационного технологического оборудования с ЧПУ, а также, что представленная работа соответствует требованиям ВАК Российской Федерации, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук (п. 9 Положе-

ния ВАК), специальностям 05.02.18– Теория механизмов и машин и 05.11.15 – Метрология и метрологическое обеспечение, а ее автор, Серков Николай Алексеевич, - заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по данным специальностям.

В отзыве ведущей организации отмечено, что основные научные положения и практические приложения, разработанные в диссертации, рекомендуются для использования в курсах «Теории механизмов и машин» и «Метрология и взаимозаменяемость в машиностроении».

В качестве замечаний в отзыве ведущей организации отмечено следующее: 1. В работе не рассмотрен случай, когда первичные отклонения являются функцией нескольких управляемых координат (раздел 6.2.1.5). 2. В диссертации не доказана возможность использования предложенных методов и устройств для измерения отклонений непересечения осей поворота ИО машины для других компоновок пяти координатных машин. 3. Нет подробного сравнения предложенного метода определения динамической податливости и широко используемого метода с динамическим молотком. 4. Нет оценки необходимой динамической податливости НС машины. 5. На графике рис. 1.3, б) диссертации вместо «мм» указаны «мкм».

**Замечания по диссертационной работе официального оппонента
д.ф.-м.н. Жоги В. В.**

1. Из материалов диссертации (глава III) ясно, что при разработке математической и имитационной моделей первичные отклонения подвижных узлов машины рассматриваются в функции одной управляемой координаты. Для некоторых подвижных узлов, как показывают экспериментальные исследования (раздел 6.2.1.5), первичные отклонения зависят от значений нескольких управляемых координат и должны рассматриваться в виде функции двух или трёх управляемых координат. Из материалов диссертации (глава II и III) не ясно: как это возможно учитывать в разработанных моделях? В разделе 6.2.1.5 отмечается лишь, что в этом случае необходимо развитие системы коррекции.

2. В автореферате (стр. 15) и в диссертации (стр. 66) в рубрикации 3) имеется опечатка вместо $\alpha_2 = 0$, $a_2 = \Theta_{zx}$ следует читать $\alpha_2 = \Theta_{zx}$, $a_2 = 0$.

3. Как пожелание диссертанту в дальнейшей работе, можно указать на необходимость развития теории точности машин с позиции вычисления (расчёта) траектории движения подвижных узлов машины, исходя из значений координат мгновенного центра скоростей и текущего угла поворота. Для реализации такого подхода в практике обеспечения точности движения ИО машины необходимы дальнейшие работы по созданию средств измерения значений координат положения мгновенного центра скоростей и текущего значения угла поворота в функции управляемых координат.

4. Наличие слов «паразитов» в тексте диссертации, например, «была» разработана, не украшают, грамотный, в целом, стиль изложения.

Замечания по диссертационной работе официального оппонента д.т.н. Утенкова В. М.

1. В работе недостаточно уделено внимания обоснованию выбора критерия и числа контрольных точек при проведении коррекции квазипараллельными процессами при 5 координатной обработке (глава III).

2. В работе не рассмотрен вопрос универсальности использования предложенного метода и устройства для измерения отклонений пересечения осей поворота столов.

3. Представляется, что ввод исходных данных в программы имитационного моделирования может быть сделан более компактно.

4. В тексте диссертации на рис. 1.3, а) по ординате должно быть указано «Плотность вероятности» вместо знака б).

5. В качестве пожелания диссертанту для дальнейших работ можно указать на необходимость развития работ по определению подходов к оценке: какая же должна быть динамическая податливость НС машины (станка)?

Замечания по диссертационной работе официального оппонента д.т.н. Лысенко В. Г.

К работе имеется ряд замечаний:

1. В выводах главы V, стр. 171 не отмечена острая необходимость в создании оперативных и информативных методов и измерительных средств экспериментальной оценки объёмной точности многокоординатных машин с ЧПУ, как в частности, образцов-изделий, так и измерительных установок. Здесь, воз-

можно, нужно объединение усилий организаций нескольких ведомств (РАН РФ, ГОССТАНДАРТ России, Минобрнауки России).

2. Не отмечено, отдельно, что принцип повышения точности, основанный на сочетании конструкторско-технологических методов уменьшения случайной составляющей отклонений с цифровой коррекцией систематической части применим не только к многокоординатным машинам с ЧПУ, но и к измерительным средствам (характерный пример: Углоизмерительный стол ОПТРО-УИС-041, ООО «Оптротех»).

3. Остался открытым вопрос назначения нормы – «допустимая величина коррекции». Пока есть чисто статистический подход.

4. На стр. 106 диссертации сделана описка:

вместо для критерия Δ : $\max M = 0,0255$ мм, $\text{mean } M = 0,0108$ мм,
 $\text{srd } M (\sigma) = 0,0034$ мм

нужно читать:

для критерия Δ : $\max \Delta = 0,0255$ мм, $\text{mean } \Delta = 0,0108$ мм, $\text{srd } \Delta (\sigma_{\Delta}) = 0,0034$ мм.

5. В качестве дальнейшего развития теории точности машин (пожелание диссертанту) можно указать направление: «Измерение траектории движения подвижных узлов машины, исходя из значений координат мгновенного центра скоростей (поворота) и текущего угла поворота». Для реализации такого подхода в практике обеспечения точности движения ИО машины необходимы дальнейшие работы по созданию средств измерения значений координат положения мгновенного центра скоростей и текущего значения угла поворота в функции управляемых координат. Нужен прибор и методика.

Теоретические и практические результаты диссертационной работы Серкова Н. А. докладывались на 18 международных и российских научно-технических конференциях, и симпозиумах. Основные положения диссертации изложены в 38 научных трудах, в том числе, в двух монографиях (одна в соавторстве), 18 статьях, входящих в перечень ВАК РФ, нашли отражение в трех авторских свидетельствах СССР, одном патенте РФ и одном свидетельстве о государственной регистрации программы для ЭВМ, а также в других публикациях (список научных трудов Серкова Н. А. содержит 122 работы). Всё это го-

ворит о существенном личном вкладе соискателя в развитие теории и практики обеспечения точности многокоординатных машин с ЧПУ.

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:

1. Серков Н. А. Точность многокоординатных машин с ЧПУ: Теоретические и экспериментальные основы. -М.: ЛЕНАНД, 2015. - 304 с. (14,3 п.л.)
2. Pas' O.V. and Serkov N.A. Influence of the Gap and the Friction on Trajectory Reproduction Accuracy in a Multiaxis Machine with CNC//JVE International Ltd. Vibroengineering PROCEDIA. Oct. 2016, Vol. 8,pp. 483-488. (0,6 п.л./0,3 п.л.)
3. Пась О.В., Серков Н.А. Влияние зазора в приводах на точность воспроизведения траектории в многокоординатной машине с ЧПУ// Проблемы машиностроения и надежности машин. 2015. № 5. С.3-10. (0,5 п.л./0,25 п.л.)
4. Серков Н.А., Шлесберг И.С., Мерзляков А. А., Никуличев И. В. Экспериментальные исследования статической жесткости 5 координатного станка с глобусным столом// Проблемы машиностроения и надежности машин. 2013. № 6. С.90-95. (0,6 п.л./0,2 п.л.)
5. Никуличев И.В., Шлесберг И.С., Серков Н.А. Исследование жесткости станков с ЧПУ по отклику на силовое воздействие // «Научное обозрение» - 2013. – № 1. - С. 124 – 129. (0,8 п.л./0,3 п.л.)
6. Никуличев И.В., Серков Н.А., Коваленко А.В., Шлесберг И.С. Влияние охлаждения на точность позиционирования многокоординатного станка МС-300 // Авиационная промышленность - 2013. - № 1. - С. 33-38. (0,7 п.л./0,25 п.л.)
7. Серков Н.А. Методы и средства измерения интегрального отклонения взаимного положения рабочих органов многокоординатных станков с ЧПУ // Проблемы машиностроения и автоматизации - 2012. - № 4. - С. 112-124. (1 п.л.)
8. Никуличев И.В., Серков Н.А. Влияние системы охлаждения на точность позиционирования многоцелевого станка модели МС-300М // Вестник МГТУ «Станкин» - 2012 (22). - № 3. -С. 77-82. (0,6 п.л./0,3)
9. Серков Н.А., Никуличев И.В. Методы и средства измерения первичных отклонений звеньев механизмов несущей системы многокоординатных станков с ЧПУ // Проблемы машиностроения и автоматизации - 2012. - № 2. - С. 43-51. (0,9 п.л./0,6 п.л.)

10. Серков Н.А. Модель отклонения взаимного положения исполнительных органов многокоординатного станка // Проблемы машиностроения и надежности машин -2011. - № 3. - С. 68-78. (0,7 п.л.)

11. Серков Н.А. Первичные отклонения звеньев механизмов с поступательными и вращательными парами // Проблемы машиностроения и надежности машин. - 2011. - № 2. - С. 15-21. (0,5 п.л.)

12. Серков Н.А. Основные направления повышения точности металлорежущих станков // Проблемы машиностроения и автоматизации - 2010. - № 2. - С. 26-35. (0,8 п.л.)

13. Вайнштейн И.В., Серков Н.А., Сироткин Р.О., Мерзляков А.А. Экспериментальные исследования жесткости 5-ти координатного станка с параллельной кинематикой // СТИН - 2009. - № 1. - С.6-11. (0,5 п.л./0,15 п.л.)

14. Мерзляков А.А., Серков Н.А., Сироткин Р.О. Экспериментальные исследования динамических свойств станка с параллельной кинематикой // Проблемы машиностроения и надёжности машин – 2008. - № 1. - С.98-102. (0,6 п.л/0,3 п.л.)

15. Вайнштейн И.В., Серков Н.А., Сироткин Р.О. Экспериментальное исследование статической жёсткости 5-ти координатного фрезерного станка с параллельной кинематикой // Проблемы машиностроения и надёжности машин – 2007. - № 5. - С.102-109. (0,6 п.л/0,3 п.л.)

16. Вайнштейн И.В., Серков Н.А., Сироткин Р.О. Станки для высокоскоростной обработки деталей и перспективы их развития в машиностроении // Авиационная промышленность - 2006. - № 3. - С. 49-55. (0,625 п.л/0,3 п.л.)

17. Sirotkin, R., Serkov N.: Experimental Researches of Accuracy, Rigidity and dynamic Properties – 5-axis Machining Centre Hexamech-1/The 5th Chemnitz Parallel Kinematic Seminar 2006, April 25-26/Conference Proceedings. - Zwickau: Verlag Wissenschaftliche Scripten. – 2006. pp. 813-827. (1 п.л/0,5 п.л.)

18. Гапшис В.-А.А., Каспарайтис А.Ю., Модестов М.Б., Серков Н.А., Раманаускас В.-З.А., Чудов В.А. Координатные измерительные машины и их применение / - М.: Машиностроение - 1988. – 328 с. (20 п.л/3 п.л.)

19. Серков Н.А., Пан Е.И. Об одном методе коррекции пространственной конфигурации трубки // Машиноведение - 1985. - №4. С. 42-48. (0,5 п.л/0,4 п.л.)

20. Саламандра Б.Л., Серков Н.А. К оценке эффективности систем повышения точности обработки на металлорежущих станках // Машиноведение - 1972. - №5. С. 23-30. (0,5 п.л/0,3 п.л.)

21. Кобринский А.Е., Левковский Е.И., Серков Н.А. Классификация систем управления станками по информационным признакам // Станки и инструмент - 1971. - № 1. – С. 1-4. (0,7 п.л/0,3 п.л.)

Авторские свидетельства и патенты

1. Кобринский А.Е., Серков Н.А., Постонен У.М. Устройство коррекции траектории движения режущего инструмента // А.С. СССР №312679. - Б.И. - № 26. – 1971.

2. Серков Н.А., Постонен У.М. Устройство коррекции траектории движения режущего инструмента // А.С. СССР 319388 Б.И. N26,1971.

3. Серков Н.А., Пан Е.И. Способ гибки трубок по эталону и стапелю на станках с ЧПУ // А.С. СССР №1250350 - Б.И. - № 30. – 1986.

4. Серков Н. А., Шлесберг И. С. «Программа для расчета суммарного отклонения взаимного расположения исполнительных органов 5 координатного станка с поворотными столами» // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013616802, дата регистрации 22 июля 2013.

5. Базров Б.М., Алехнович В.И., Серков Н.А. Устройство для измерения нестабильности положения оси вращения детали в сечении, перпендикулярном оси вращения. Патент на полезную модель № 165776, опубликовано: 10.11.2016, Патентообладатель: ИМАШ РАН.

На автореферат Серкова Н. А. поступило 10 (десять) поло-

жительных отзывов:

1. От научного руководителя ФГБУН Института проблем машиноведения Российской академии наук, г. Санкт-Петербург, член-корреспондента РАН, профессора, д.т.н. Индейцева Д. А. В отзыве рецензент усмотрел в названии диссертации «полную и безоговорочную законченность исследований в области точных работ машин с ЧПУ». «Представляется не совсем удачным в указа-

нии новизны работы таких оборотов речи как «во введении понятия...». Рецензент отмечает, что «Безусловно главным этой работы является отработка методики на экспериментах реальных станков с ЧПУ. Это указывает на хорошую практическую значимость исследования и, судя по автореферату, предложенная динамическая модель НС найдет своё достойное место в машиностроительной тематике».

2. От заведующего кафедрой «Theoretical Mechanics and Strength of Materials (Теоретическая механика и сопротивление материалов)», д.т.н., профессора Janis VIĀA, Рижский технический университет, г. Рига, Латвия. **Замечаний нет.** Отмечено, что «несомненно, заслуживает внимания выявление принципа повышения точности, заключающегося в сочетании конструкторско-технологических методов уменьшения случайной составляющей отклонений с цифровой коррекцией систематической части».

3. От профессора кафедры «Измерительных информационных систем и технологий» ФГБОУ ВО» МГТУ «СТАНКИН», д.т.н., профессора Телешевского В. И. В отзыве **имеются замечания:** 1) остался открытым вопрос выбора критерия и числа контрольных точек при коррекции объёмных погрешностей на основе квазипараллельных вычислений; 2) неполно раскрыты возможности многофункциональных лазерных измерительных систем, в частности, лазертрекеров; 3) в работе имеются излишние сведения учебного характера (пп. 4.2-4.3, стр. 111-115). В отзыве отмечено, что материалы диссертации, опубликованные в монографии Серкова Н. А. «Точность многокоординатных машин с ЧПУ: Теоретические и экспериментальные основы. -М.: ЛЕНАНД, 2015. – 304 с.», активно используется в учебном процессе Московского Государственного Технологического Университета «Станкин» при работе с магистрантами и аспирантами на кафедре «Измерительных информационных систем и технологий».

4. От 1-го зам. генерального директора ОАО «Национальный институт авиационных технологий», д.т.н., профессора Плихунова В. В. и начальника научно-исследовательского сектора 1303, к.т.н. Никуличева И.В. В отзыве **сделаны замечания:** 1. В автореферате не рассмотрены вопросы автоматизации

внесения результатов измерений первичных отклонений в систему ЧПУ. 2. В автореферате не рассмотрен вопрос использования предложенного метода и устройства измерения отклонений пересечения осей поворота для других компоновок 5 координатных машин. 3. В автореферате (стр. 18, рис.7) указано, что можно корректировать квазипараллельными процессами 14 параметров, хотя, на сегодняшний день, можно уже 16. В отзыве отмечено, что «Автор уделил основное внимание созданию методов и средств анализа и синтеза точности несущих систем многокоординатных машин с ЧПУ, в частности, 5 координатных многоцелевых станков с ЧПУ».

5. От Д.т.н., профессора кафедры мехатроники Университета ИТМО (С.-Петербург) Мусалимова В. М. В **отзыве имеются замечания**: 1. В тексте имеется незначительное количество нарушений общепринятой терминологии: измерять колебания (стр.22); баланс точности (разве есть закон сохранения точности?). 2. Из автореферата неясно, что автор понимает под имитационным моделированием? Методика предусматривает построение стохастической модели, или это что-то другое? 3. Как учтено трение и частотной составляющей системы, влияющие на динамическую точность.

6. От директора Республиканского института инновационных технологий Белорусского национального технического университета, г. Минск, д.т.н., профессора Соломахо В. Л. **В качестве замечания отмечено**, что в автореферате не освещен вопрос универсальности предложенного метода и устройства измерения отклонений пересечения осей поворота столов.

7. От генерального директора АО «НИИИзмерения» Ковальского М. Г. и зав. сектором, к.т.н. Этингофа М. И. **В качестве замечания отмечено**, что «Однако следует отметить отсутствие в работе методов или способов решения вопроса прослеживаемости и неопределенности результатов измерения сложных деталей, имеющих много параметров, кривых, закруглений. Но это слишком общая задача и пока не ясно может ли она быть решена при координатных измерениях».

8. От доцента кафедры «Промышленная информатика» МГУ «МИРЭА» г. Москва к.т.н., доцента Чижикова Валерия Ивановича. **В качестве замечания**

отмечено, что «используемый автором квазистатический режим при использовании кинематических и динамических возмущений на систему не дает объективную картину о демпфирующих свойствах несущей механической системе станка с ЧПУ».

9. От профессионального инженера Онтарио, Канада, доктора технических наук, профессора Нерубенко Георгия Петровича. Замечаний в отзыве нет. Есть пожелание – «и хотелось бы порекомендовать автору опубликовать диссертацию в качестве монографии, как это делается на Западе».

10. От Заведующего кафедрой технологий производства двигателей ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева», д.т.н., профессора Скуратова Дмитрия Леонидовича и доцента этой же кафедры, д.т.н. Хаймовича Александра Исааковича. Имеются два замечания: 1. В динамической модели для решения задач анализа и синтеза точности (глава 7) не учтена инерционность системы, вызванная рассогласованием и взаимодействием НС каждой координаты на точность при одновременном позиционировании по нескольким координатам. Например, при высокоскоростной фрезерной обработке входной и выходной кромок лопаток турбомашин (очень малые линейные перемещения по координатам и одновременно большие повороты оси инструмента в двух плоскостях) даже на современном оборудовании наблюдаются характерные «рывки» в движении инструмента, влияющие на точность позиционирования. 2. В оформлении автореферата рисунки не сопровождаются подрисуночными подписями.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высоким профессиональным уровнем, специализацией и сферой научных интересов, соответствующих теме и профилю представленного на защиту диссертационного исследования, что подтверждается публикациями в высокорейтинговых научных журналах.

Вопросы задавали: д.т.н. Базров Б.М., д.т.н. Обухов И.В., д.ф.-м.н. Киселев М.И., д.т.н. Банах Л.Я., д.т.н. Балакшин О.Б., д.т.н. Буяновский И.А., Романов А.Н., д.т.н. Пановко Г.Я.

В дискуссии приняли участие: д.т.н. Базров Б.М., д.ф.-м.н. Киселев М.И., д.т.н. Асташев В.К., д.ф.-м.н. Жога В.В., д.т.н., Пановко Г.Я., д.т.н. Крупенин В.Л., д.т.н Тимофеев Г.А.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- **развита** теория точности механизмов применительно к многокоординатным машинам с ЧПУ;

- **разработаны:** 1) методика анализа первичных отклонений звеньев механизмов с поступательными и вращательными парами и выработана процедура их измерения, 2) математическая и имитационная модели образования интегрального отклонения рабочих органов многокоординатной машины с ЧПУ, на основе которых **создана** методика анализа влияния первичных отклонений отдельных подвижных узлов машины на точность позиционирования рабочих органов многокоординатной машины с ЧПУ;

- **предложены:** 1) модифицированный способ коррекции первичных отклонений подвижных узлов многокоординатной машины с ЧПУ и **создана** методика обеспечения точности позиционирования подвижных узлов многокоординатной машины с ЧПУ с использованием имитационного моделирования, 2) динамическая модель НС многокоординатной машины с ЧПУ и **выявлены** основные режимы движения рабочих органов машины, на которых целесообразно проводить испытания с целью оценки статических и динамических свойств несущей системы машины;

- **проведена** систематизация средств измерения первичных отклонений подвижных узлов машины и отклонений рабочих органов многокоординатной машины с ЧПУ и **разработаны** методика и устройство для измерения отклонений пересечения осей поворота столов;

- **доказана** перспективность: 1) использования разработанных методов анализа и синтеза точности многокоординатных машин с ЧПУ при создании инновационного технологического оборудования с ЧПУ, например, 3-D принтеров нового поколения, 2) динамической модель НС многокоординатной машины с ЧПУ в машиностроительной тематике;

- **введены:** 1) новое понятие «условный механизм – управляемый по программе ползун/шарнир», позволившее создать методику декомпозиции несущей системы машины и построения математической модели интегрального отклонения рабочих органов машины в функции первичных отклонений подвижных узлов машины с ЧПУ; 2) новое понятие «баланс точности» (это соотношение между долями вклада первичных отклонений в интегральное отклонение в процентном отношении как аналог матрицы чувствительности), позволяющее проводить анализ точности позиционирования рабочих органов машины при взаимосвязанном движении по управляемым координатам.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

Разработаны основы теории точности многокоординатной машины с ЧПУ, базирующиеся на рассмотрении взаимного влияния трёх групп факторов (первичных отклонений подвижных узлов (изготовление и сборка машины), силовых факторов (сил инерции и рабочих процессов) и тепловых воздействий на интегральное отклонение расположения рабочего органа машины в рабочем пространстве.

Разработаны методики построения математической и имитационной моделей образования интегрального отклонения рабочих органов многокоординатной машины с ЧПУ, на основе которых создана методика анализа баланса точности машины и методика синтеза точности (модифицированный способ коррекции первичных отклонений многокоординатной машины с ЧПУ).

Предложена классификация средств измерения (СИ) первичных и интегральных отклонений, на основе которой проведена систематизация существующих СИ и выявлена необходимость создания недостающих СИ.

Предложена динамическая модель НС многокоординатной машины с ЧПУ, на основе которой разработана методика анализа её поведения на различных режимах работы.

Предложена методика калибровки и элементы диагностики точности многокоординатной машины при её сборке.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что по результатам работы были получены 3

авторских свидетельства СССР, 1 патент на полезную модель и 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

1. Кобринский А.Е., Серков Н.А., Постонен У.М. Устройство коррекции траектории движения режущего инструмента // А.С. СССР №312679. - Б.И. - № 26. – 1971.

2. Серков Н.А., Постонен У.М. Устройство коррекции траектории движения режущего инструмента // А.С. СССР 319388 Б.И. N26,1971.

3. Серков Н.А., Пан Е.И. Способ гибки трубок по эталону и стапелю на станках с ЧПУ // А.С. СССР №1250350 - Б.И. - № 30. – 1986.

4. Серков Н. А., Шлесберг И. С. «Программа для расчета суммарного отклонения взаимного расположения исполнительных органов 5 координатного станка с поворотными столами» // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013616802, дата регистрации 22 июля 2013.

5. Базров Б.М., Алехнович В.И., Серков Н.А. Устройство для измерения нестабильности положения оси вращения детали в сечении перпендикулярном оси вращения. Патент на полезную модель № 165776, опубликовано: 10.11.2016, Патентообладатель: ИМАШ РАН.

Разработанные методика и устройство для измерения отклонений пересечения осей поворота столов, а также методика калибровки и диагностики точности многокоординатной машины при её сборке использована в ОАО НИАТ при сборке и испытаниях для: 1) 5 координатных станков с ЧПУ мод. «МС-300» и мод. «МС-700», 2) 5 координатной установки лазерного полирования мод. «ТС-300 Лазер», 3) Установок сварки в вакууме с ЧПУ мод. «ЭЛУ-08КП» и «ЭЛУ-08КП-ИР3», 4) несущей системы установки дробеструйного формообразования мод. «УДФ-4», 5) 2 координатной установки для резки (раскроя) материала жидкостью под высоким давлением.

Использование результатов диссертационной работы Серкова Н. А. в ОАО НИАТ позволяет: 1) повысить геометрическую точность 5-координатного станка с ЧПУ в среднем на 50%; 2) сократить затраты и повысить производительность труда при проведении натуральных испытаний многокоординатного технологического оборудования примерно на 40%; 3) сократить время сборки

станка и, в частности, время юстировки 2 координатных поворотных столов более чем в 2 раза.

Материалы диссертации, опубликованные в монографии Серкова Н. А. «Точность многокоординатных машин с ЧПУ: Теоретические и экспериментальные основы. -М.: ЛЕНАНД, 2015. – 304 с.», активно используются в учебном процессе на кафедре «Измерительных информационных систем и технологий» Московского Государственного Технологического Университета «Станкин» при работе с магистрантами и аспирантами, а также использовались в учебном процессе при работе с магистрами на кафедре «Промышленная информатика» по специальности «Автоматизация технологических процессов производств».

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

-для экспериментальных работ: Экспериментальные исследования точности многокоординатных машин с ЧПУ были проведены на современном оборудовании (5-координатные станки с ЧПУ фрезерно-расточной группы мод. МС-300 и мод. МС-700; мод. Гексамех-1 с параллельной структурой, мод. МЦ-1, 3 координатные станки с ЧПУ мод. ФП 17, мод. ФП 27, 3 координатный высокоскоростной станок с вертикальным столом мод. ВСФП-1 и др.) с использованием современного измерительного оборудования (лазерный интерферометр ML 10, уровнемер EMP-832P-50-W2, прибор Ballbar QC 10, контурограф MarSurf XC-10 и др.);

-теоретические исследования проведены с применением фундаментальных положений механики и метрологии;

-основные идеи диссертации базируются на анализе опыта практической работы;

-использованы результаты экспериментальных исследований для подтверждения теоретических результатов, а именно: влияние температурного режима на точность позиционирования планшайбы, влияние дефектов сборки на точность позиционирования корпуса планшайбы и др.

-использован математический аппарат векторной алгебры, фундаментальные законы механики, теории механизмов и машин и ПО компьютерного моделирования в среде MATLAB.

Личный вклад соискателя состоит в формировании общей идеи, постановке научной проблемы, выбранных способах решения, получении основных научных результатов. Реализация результатов и экспериментальные исследования выполнены с непосредственным личным участием на предприятии ОАО НИАТ в рамках научно-исследовательских работ Центра коллективного пользования при ИМАШ РАН «Исследование и диагностика точности и жесткости многокоординатных машин».

Основные результаты работы докладывались и обсуждались на следующих научно-технических конференциях и научно-технических симпозиумах: на семинаре «The 5th Chemnitz Parallel Kinematics Seminar» (Germany, Chemnitz, 2006), на XV Международном Симпозиуме: «Динамика виброударных (сильно нелинейных) систем» (Москва-Звенигород, 2006 г.), на Международной конференции по теории механизмов и механике машин», (г. Краснодар, 2006 г.), на Международной конференции по теории механизмов и механике машин», (г.Астрахань, 2007 г.), на VIII Международной научно-технической конференции по динамике технологических систем (г.Ростов-Дон, 2007 г.), на научной конференции «Ориентированные Фундаментальные исследования РФФИ – Федеральные целевые программы, наукоемкое производство» (Москва, 2007 г.), на научной конференции «Ориентированные фундаментальные исследования – новые модели сотрудничества в инновационных процессах» (Москва, 2008 г.), на международной конференции «Проблемы машиноведения» (Москва, 2008 г.), на XVI Международном Симпозиуме: «Динамика виброударных (сильно нелинейных)» (Москва-Звенигород, 2009 г.), на международной научно-практической конференции «Фундаментальные проблемы и современные технологии в машиностроении» (Москва, 2010 г.), на Десятой сессии международной научной школы, посвященной памяти В.П. Булатова «Фундаментальные и прикладные проблемы надежности и диагностики машин и механизмов», (Санкт-Петербург, 24-28 октября 2011 г.), на II международной научной конфе-

ренции «Фундаментальные исследования и инновационные технологии в машиностроении» (Москва, 2012 г.), на X Международном научно-техническом форуме «ИННОВАЦИЯ, Экология и РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ (ИнЭРТ-2012)» (Ростов н/Д, 2012 г.), на Одиннадцатой сессии международной научной школы, посвященной памяти В.П. Булатова «Фундаментальные и прикладные проблемы надежности и диагностики машин и механизмов», (Санкт-Петербург, 21-25 октября 2013 г.), на международной конференции «МАШИНЫ, ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СОВРЕМЕННОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ», посвященной 75-летию Института машиноведения им. А.А. Благонравова РАН (Москва, 21-22 ноября 2013 г.), на III Международной научной конференции «Фундаментальные исследования и инновационные технологии в машиностроении» FRITME-2014, ИМАШ РАН, Москва, Россия, 13-15 мая 2014 г., на XVIII Международном Симпозиуме «Динамика виброударных (сильно нелинейных) систем» - DYVIS-2015, посвященный 100-летию со дня рождения д.т.н., проф. А.Е. Кобринского (Москва – Бекасово, 17-23 мая 2015 г.), на International Conference VIBROENGINEERING-2016: DYNAMICS OF STRONGLY NONLINEAR SYSTEMS Moscow, Russia, October 4 – 7, 2016.

Личный вклад соискателя также состоит в подготовке публикаций и заявок на изобретения по выполненной работе.

Диссертационный совет отмечает, диссертация Серкова Н. А. является законченной научно-квалификационной работой, в которой представлены результаты решения научной проблемы обеспечения точности многокоординатных машин с ЧПУ, имеющей важное хозяйственное значение для создания и эксплуатации инновационного технологического оборудования с ЧПУ. Диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» (п.п. 9 – 14), утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, которые предъявляются к диссертациям на соискание доктора наук.

На заседании 17 октября 2017 года диссертационный совет принял решение присудить Серкову Н. А. учёную степень доктора технических наук по

