

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.332.01,
созданного на базе Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования «Московский
государственный технологический университет «СТАНКИН» Министерства
науки и высшего образования Российской Федерации, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 26 декабря 2023 г. № 21

О присуждении Пимушкину Ярославу Игоревичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени **кандидата технических наук**.

Диссертация на тему «Разработка метода повышения объёмной точности многокоординатного металлорежущего оборудования на основе цифровой коррекции перемещений рабочих органов» по специальности 2.5.5 – «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки» принята к защите 26 октября 2023 г., протокол № 15, диссертационным советом 24.2.332.01, созданным на базе ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 127994, ГСП-4, г. Москва, Вадковский переулок, д. 3а, приказом от 01.04.2013 г. № 156/нк.

Соискатель, Пимушкин Ярослав Игоревич, 1992 года рождения, в 2015 году с отличием окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН» Минобрнауки России по специальности «Информационно-измерительная техника и технологии» с присвоением квалификации ИНЖЕНЕР.

В 2019 году окончил очное отделение аспирантуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН» Минобрнауки РФ по направлению «Управление в технических

системах» с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь». В 2023 году прикреплен к аспирантуре ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН» для сдачи кандидатского экзамена по научной специальности «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки». Справка об обучении в аспирантуре с указанием сведений о сдаче кандидатских экзаменов, выдана в сентябре 2023 года ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН».

В период подготовки диссертации Пимушкин Ярослав Игоревич с сентября 2017 года по настоящее время работает в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН» в должности преподавателя кафедры измерительных информационных систем и технологий (с сентября 2017 г. по август 2020 г.), а затем старшего преподавателя той же кафедры (с сентября 2020 г. по настоящее время).

Работа выполнена на кафедре высокоэффективных технологий обработки федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», г. Москва.

Научный руководитель – Стебулянин Михаил Михайлович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры высокоэффективных технологий обработки федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», г. Москва.

Официальные оппоненты:

Серков Николай Алексеевич, доктор технических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник отдела «Механики машин и управления машинами» федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук, г. Москва,

Сальников Владимир Сергеевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Электро- и нанотехнологии» федерального государственного

бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тульский государственный университет», г. Тула,
дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта», г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном Куликовым Михаилом Юрьевичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Технология транспортного машиностроения и ремонта подвижного состава», и Омаровым Асифом Юсифовичем, кандидатом технических наук, доцентом, секретарем заседания кафедры «Технология транспортного машиностроения и ремонта подвижного состава», и утвержденном Розенбергом Игорем Наумовичем, научным руководителем РУТ (МИИТ), доктором технических наук, профессором, членом-корреспондентом РАН, указала, что диссертация Пимушкина Ярослава Игоревича является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения и разработки по повышению точности многокоординатных металлорежущих станков, имеющие существенное значение для развития страны.

Результаты работы целесообразно использовать на производственных предприятиях при проектировании и наладки сложного технологического оборудования по методике предварительной калибровки многокоординатных металлорежущих станков с помощью лазерного трекера с последующей цифровой коррекцией перемещений инструмента квазидифференциальным методом, разработанной автором.

Диссертация соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (п.п. 9-11, 13, 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» № 842 от 24 сентября 2013 г.), а её автор – Пимушкин Ярослав Игоревич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.5 Технология и оборудование механической и физико-технической обработки (технические науки).

Соискатель имеет 12 опубликованных работ по теме диссертации (общий объём – 77 с., авторских – 40 с.), из них 1 статья (общий объём – 8 с., авторских –

5 с.) в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, и 3 публикации (общий объём – 13 с., авторских – 6 с.) в наукометрических базах данных Web of Science и Scopus.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. **Пимушкин, Я.И.** Сравнительный анализ подходов коррекции объёмной точности машин с порталной кинематикой / **Я.И. Пимушкин**, М.М. Стебулянин, М.А. Харьков // Вестник МГТУ «СТАНКИН». – 2023. – № 3(66). – С. 95-102.

2. Teleshevskii, V.I. Accuracy Improvement of Multi-Axis Systems Based on Laser Correction of Volumetric Geometric Errors / V.I. Teleshevskii, V.A. Sokolov, **Y.I. Pimushkin** // Journal of Physics: Conference Series – 2018. – № 998(1). – 012034.

3. Teleshevskii, V.I. On the problem of laser error correction of multi-axis influence of loading on laser accuracy correction of multi-axis systems / V.I. Teleshevskii, V.A. Sokolov, **Y.I. Pimushkin** // Journal of Physics: Conference Series – 2019. – № 1260(3). – 032038.

4. Teleshevskii, V.I. Null-Point Migration of a Multicoordinate System under a Static Load / V.I. Teleshevskii, **Y.I. Pimushkin**, V.A. Sokolov // Russian Engineering Research. – 2019. – № 39(12). – P. 1077–1079.

5. **Пимушкин, Я.И.** Коррекция объёмной точности порталной системы с помощью лазерного трекера / **Я.И. Пимушкин**, М.М. Стебулянин // Вестник МГТУ «СТАНКИН». – 2023. – № 1(64). – С. 80-86.

6. Стебулянин, М.М. Решение уравнения Родрига в задачах моделирования объёмной геометрической точности многокоординатных технологических и измерительных систем / М.М. Стебулянин, **Я.И. Пимушкин** // Вестник МГТУ «СТАНКИН». – 2021. – № 3(58). – С. 49-55.

7. Телешевский, В.И. Влияние нагрузок на лазерную коррекцию объёмной точности многокоординатных технологических и измерительных системы / В.И. Телешевский, В.А. Соколов, **Я.И. Пимушкин** // Вестник МГТУ «СТАНКИН». – 2020. – № 2(53). – С. 8-13.

8. Телешевский, В.И. Лазерное исследование миграции «нулевой точки» многокоординатных систем под воздействием статической нагрузки / В.И. Телешевский, В.А. Соколов, **Я.И. Пимушкин** // СТИН. – 2019. – № 7. – С. 25-28.

9. Телешевский, В.И. Повышение точности многокоординатных технологических и измерительных систем на основе лазерной коррекции объёмных геометрических погрешностей / В.И. Телешевский, В.А. Соколов, Я.И. Пимушкин // Вестник МГТУ «СТАНКИН». – 2018. – № 4. – С. 99-104

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный технический университет» (г. Омск). Отзыв подписали доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Металлорежущие станки и инструменты» Попов Андрей Юрьевич и старший преподаватель кафедры «Металлорежущие станки и инструменты» Блохин Дмитрий Андреевич.

2. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (научно-исследовательский институт)» (г. Челябинск). Отзыв подписали доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология автоматизированного машиностроения» Гузеев Виктор Иванович и кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология автоматизированного машиностроения» Батуев Виктор Викторович.

3. Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Альметьевский государственный нефтяной институт» (г. Альметьевск). Отзыв подписал доктор технических наук, доцент, проректор по научной работе Реченко Денис Сергеевич.

4. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Севастопольский государственный университет» (г. Севастополь). Отзыв подписали доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология машиностроения» Братан Сергей Михайлович и кандидат технических наук, доцент кафедры «Цифровое проектирование» Стреляная Юлия Олеговна.

5. Волжский политехнический институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный технический университет» (г. Волжский). Отзыв подписал доктор технических наук, профессор кафедры

«Технология и оборудование машиностроительных производств» Багайсков Юрий Сергеевич.

6. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта» (г. Москва). Отзыв подписал доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Физика» Антипенко Виталий Сафронович.

7. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук (г. Москва). Отзыв подписал доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Алешин Александр Константинович.

8. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (г. Москва). Отзыв подписал кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Робототехнические системы и мехатроника» Воротников Сергей Анатольевич.

9. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (г. Москва). Отзыв подписала доктор технических наук, доцент, профессор кафедры 1203 «Технологии производства приборов и информационных систем управления летательных аппаратов» Андрианова Наталья Николаевна.

10. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (г. Москва). Отзыв подписал кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Цифровые технологии и информационные системы» Ванцов Сергей Васильевич.

Все отзывы положительные, но имеются замечания:

1. Кроме измерения точности заданных перемещений интерес представляет причина отклонений. Как можно определить эти причины на основе разработанных процедур?

2. Можно ли, осуществить процедуру составления таблиц параметрических погрешностей, используя цифровые линейки по осям? Какая точность измерения необходима?

3. С чем связана значительная разница между оптимальным шагом при построении сетки тангенциальных направлений и шагом при построении модели движения?

4. В обзоре не отражена (в процентом или числовом значении) доля геометрической систематической в суммарной погрешности станка(ов).

5. Многокоординатной обработкой называют обработку, при которой задействованы дополнительные координаты (поворотные оси) помимо декартовых, поэтому не до конца ясно, почему рассматривается 3х-координатная обработка.

6. В части автореферата, не отражено или неявно отражено влияние поворотных осей шпинделя или поворотного (глобусного) стола на значение систематической погрешности.

7. В работе рассмотрен вопрос повышения объемной точности узлов, однако больший интерес вызывает повышение объемной точности изготавливаемой детали. Как технологические мероприятия, предложенные в работе, влияют на точность детали?

8. Различные режимы обработки, размеры и масса заготовки, режущий инструмент и т.д. обеспечат различную объемную точность и точность обработки. Из автореферата не ясно как различные виды погрешностей учитывались при корректировке?

9. В автореферате отсутствует информация о режимах настройки станка и режимах резания используемых в период исследований.

10. В автореферате не описана возможность внесения коррекции на этапе подготовки программы для системы ЧПУ в САМ-системах и целесообразность такой коррекции.

Остальные замечания связаны либо с неточностью формулировок, либо носят редакционный или рекомендательный характер и будут учтены в дальнейшей работе (АГНИ, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»),

ВПИ (филиал) ВолгГТУ, РУТ (МИИТ), ИМАШ РАН, МГТУ им. Н.Э. Баумана, МАИ).

Выбор официальных оппонентов основан на их высоком профессионализме в области технологии и оборудования для механической и физико-технической обработки, научных публикациях в данном направлении исследований, а ведущей организации – способностью оценить научную новизну и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан метод повышения объёмной точности многокоординатного металлорежущего оборудования на основе цифровой коррекции перемещений рабочих органов, который позволяет достичь уровня повышения до 90 %;

предложена концепция траекторий движения в операционном пространстве станка его рабочего органа, учитывающая возможную криволинейность физических осей движения, реализуемого исполнительными приводами;

доказано, что для прецизионных трёхкоординатных обрабатывающих центров достаточно модели объёмной точности 1-ого порядка малости.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы основные положения теории точности металлорежущих станков, методов линейной алгебры и аналитической геометрии, теории конечных поворотов, теории автоматического управления;

изложены результаты теоретического исследования квазидифференциального метода повышения объёмной точности на основе таблиц параметрических погрешностей;

раскрыт алгоритм построения программного модуля реализации квазидифференциального метода повышения точности на основе таблиц параметрических погрешностей;

изучено широкое обобщение известных результатов теории и практики измерений и повышения точности многокоординатных металлорежущих станков.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены в АО «НИИИзмерения» методика предварительной калибровки многокоординатного станка с помощью лазерного трекера с последующей коррекцией перемещения инструмента квазидифференциальным методом в процесс проектирования сложного технологического оборудования;

определены перспективы использования научно-методического подхода соискателя для повышения точности многокоординатного технологического оборудования в технической практике;

приведены результаты экспериментов в области моделирования геометрических погрешностей в рабочем пространстве трёхкоординатного обрабатывающего центра СТАН S500;

создана квадратичная модель объёмной погрешности трёхкоординатного обрабатывающего центра, полученная с помощью теории конечных поворотов на сетке базисных параметрических погрешностей, задаваемых независимым образом в точках каждой физической оси движения.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ достоверность результатов обеспечивается использованием современного станочного и измерительного оборудования, имеющего свидетельство об утверждении типа и поверенного в установленном порядке, корректной обработкой результатов эксперимента на основе методов математической статистики и линейной алгебры;

теория построена на известных положениях науки в области тематики диссертации и согласуется с опубликованными ранее экспериментальными данными;

идея базируется на преимуществах результатов современных разработок в области повышения точности многокоординатного технологического и измерительного оборудования;

использована известная методика сбора и обработки информации, основанная на усреднении результатов многочисленных экспериментов, методы линейной алгебры и аналитической геометрии, теория конечных поворотов, теория автоматического управления с проверкой их адекватности по результатам экспериментов, проведенных автором;

установлено, что разработанные по результатам исследований решения в области методов повышения объемной точности трёхкоординатных обрабатывающих центров, имеют экспериментальное подтверждение, что свидетельствует о их корректности и обеспечивает возможность практического использования при технологической подготовке производства.

Личный вклад соискателя состоит в формулировании цели и задач исследования, выборе и обосновании использованных методов и средств исследования, в проведении обзора научно-технической информации по теме исследования в российской и зарубежной литературе, в разработке математических моделей, в проведении теоретических и экспериментальных исследований, в обработке, обобщении и анализе полученных результатов, формулировке выводов и положений, выносимых на защиту, а также в апробации теоретических и экспериментальных исследований и подготовке публикаций по выполненной работе.

В ходе защиты диссертации не были высказаны принципиальные критические замечания.

Соискатель Пимушкин Ярослав Игоревич ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы, привел собственную аргументацию и согласился с некоторыми замечаниями.

На заседании 26 декабря 2023 года диссертационный совет принял решение за научно-обоснованные технические, технологические и иные решения и разработки, направленные на повышение объёмной точности многокоординатного металлорежущего оборудования на основе цифровой коррекции перемещений рабочих органов, имеющие существенное значение для развития станкостроительной отрасли страны, присудить Пимушкину Ярославу Игоревичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 8 докторов наук по специальности 2.5.5, участвовавших в заседании, из 28 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: «за» – 19, «против» – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета



Сергей Николаевич Григорьев

Ученый секретарь
диссертационного совета

Екатерина Сергеевна Сотова

«26» декабря 2023 г.

