

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.277.01, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФГБОУ ВО «БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ» МИНОБРНАУКИ РОССИИ,
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 17 апреля 2024 г. № 9

О присуждении Федукову Александру Григорьевичу, гражданину Российской Федерации ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Обеспечение точности модулей линейного перемещения учетом пространственно-контактных деформаций» по специальности 2.5.5. – «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки» принята к защите «15» февраля 2024 г. (протокол заседания № 6) диссертационным советом 24.2.277.01, созданным на базе ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет» Минобрнауки России, 241035, г. Брянск, бульвар 50 лет Октября, д. 7, приказ о создании диссертационного совета №62/нк от 26.01.2023 г.

Соискатель Федуков Александр Григорьевич, 6 апреля 1991 года рождения, в 2022 году окончил аспирантуру в Федеральном государственном бюджетном учреждении высшего образования «Брянский государственный технический университет» по направлению подготовки 15.06.01. «Машиностроение». Работает заведующим лаборатории кафедры «Металлорежущие станки и инструменты» в ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет» Минобрнауки России. В 2023 г. сдал кандидатский экзамен по специальности 2.5.5. «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки» в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Брянский государственный технический университет» Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре «Металлорежущие станки и инструменты» ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет» Минобрнауки России.

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент Хандожко Александр Владимирович, профессор кафедры «Металлорежущие станки и инструменты» ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет».

Официальные оппоненты:

1. Куц Вадим Васильевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Машиностроительных технологий и оборудования», Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Юго-Западный государственный университет».

2. Крутов Алексей Валентинович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Станки» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»».

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет», г. Воронеж в своем положительном отзыве, подписанном Кирилловым Олегом Николаевичем д.т.н., доцентом, профессором кафедры «Технология машиностроения» и утвержденном Башкировым Алексеем Викторовичем первым проректором по науке и инновациям, доктором технических наук, доцентом кафедры «Конструирования и производства радиоаппаратуры» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет» указала, что диссертационная работа содержит решение актуальной научно-технической задачи, имеет научную новизну и практическую значимость, прошла апробацию и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, соответствует всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, выполнена соискателем самостоятельно, а её автор, Федуков Александр Григорьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.5. – «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки».

Соискатель имеет 22 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 17 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 5 работ, 1 – в издании, индексируемом в международных базах данных «Scopus» и «Web of Science», 1 – патент РФ на изобретение. Работы посвящены обеспечению точности модулей линейного перемещения учетом пространственно-контактных деформаций.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Патент №2792593 Российская Федерация, МПК G01B 7/00 Способ расчета снижения радиальной осевой силы в устройстве линейных перемещений на базе шарико-винтовой пары (ШВП): № 2021126347 заявл. от 07.09.2021; опубл. 22.03.2023/ Федуков А.Г.; заявитель БГТУ.

2. Fedukov A.G. Technological Quality Assurance of Assembling Machine Components Based on Modular Elements, Taking into Account the Contact Stiffness of the Joints / Fedukov A.G., Khandozhko A.V. // International Conference on AviaMechanical Engineering and Transport (AviaENT 2019) pp. 109-116.

3. Федуков А.Г. Обеспечение точности станочных узлов на базе унифицированных модулей с учетом контактной жесткости стыков / Федуков А.Г., Хандожко А.В., Польский Е.А., Щербаков А.Н. // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2019. – № 3 (76). С. 51-59.

4. Федуков А.Г. Влияние контактной жесткости на точность шарико-винтовой пары привода на базе унифицированных модулей / Федуков А.Г., Хандожко А.В. // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2020. – Т. 16. № 1. – С. 149-157.

5. Федуков А.Г. Конструкторско-технологическое обеспечение качества линейных координат станочного оборудования на базе шарико-винтовой пары и направляющих качения / Федуков А.Г. // Научно-технические технологии в машиностроении. – 2020. – № 10 (112). – С. 16-21.

6. Федуков А.Г. Метод проектирования модулей линейных перемещений на базе унифицированных модулей / Федуков А.Г. // Транспортное машиностроение. – 2022. – № 12 (12). – С. 26-35.

7. Федуков А.Г. Анализ контактного сближения в плоских стыках специального оборудования при использовании унифицированных модулей/ Федуков А.Г. // Транспортное машиностроение. – 2023. – № 1 (13). – С. 4-13.

На диссертацию и автореферат поступило 11 отзывов. Все отзывы положительные, при этом содержат следующие замечания:

1. **Лебедев Валерий Александрович**, к.т.н., профессор, и.о. зав. кафедрой «Технология машиностроения», **Лесняк Сергей Васильевич**, к.т.н., доцент, доцент кафедры «Металлорежущие станки и инструменты», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» (г. Ростов-на-Дону).

Замечания:

1) На стр. 9 отмечается: «Радиальная сила достигает своих максимальных значений в крайних положениях», однако в каких не указывается.

2) Из автореферата не понятно, какие же все-таки факторы вызывают контактную деформацию. Ни слова не сказано о выделяемой теплоте в процессе работы станка и вибрациях в отдельных частях станка, которые влияют на непосредственно контактные деформации.

2. **Реченко Денис Сергеевич**, доктор технических наук, доцент, проректор по научной работе государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Альметьевский государственный нефтяной институт» (Республика Татарстан, г. Альметьевск).

Замечания:

1) В заключении п. 4 утверждается о существенном расхождении расчетных и экспериментальных результатов пространственно-контактных деформаций, однако из автореферата не ясно, с какой погрешностью фиксировались значения при проведении эксперимента.

2) На графике пространственно-контактных деформаций (рисунок 5, б) представлена кривая, полученная по зависимости 2, но не понятно, с чем связан ступенчатый вид этой кривой.

3) В работе предложена методика оценки влияния пространственно-контактных деформаций на точность, но из автореферата сложно понять новизну данной методики.

4) Не везде представлены размерности зависимостей, так, например, в зависимостях 1 и (стр. 10), что затрудняет понимание.

3. **Семенов Александр Николаевич**, д.т.н. профессор, профессор кафедры «Технология авиационных двигателей и общего машиностроения», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева (ФГБОУ ВО РГАТУ имени П.А. Соловьева).

Замечания:

1) Отсутствие формул 4, 5, 6 в тексте автореферата.

2) Формальное изображение графиков на рис. 4, в которых отсутствуют величины сил, которые прикладываются для определения пространственно-контактных деформаций стыка «рельс - базовая плита».

4. **Логинов Николай Юрьевич**, к.т.н., доцент, зав. каф. «Оборудование и технологии машиностроительного производства», **Левашкин Денис Геннадьевич**, к.т.н., доцент каф. «Оборудование и технологии машиностроительного производства», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Голыяттинский государственный университет».

Замечания:

1) Исходя из материалов автореферата, не ясно, каким образом осуществляется выбор мощности двигателя привода. Также не ясно, для чего определяли допустимый момент на стенде, если в выражении (3, с. 11) автореферата уже приведена используемая эмпирическая зависимость моментов.

2) В четвертой главе (с. 12) представлены результаты экспериментальных исследований плоских стыков. Показано, что для каждой детали, входящей в плоский стык, выполнена комплексная оценка системы «рельс - базовая плита». Однако на рисунке 2, с. 9, приведена конструкция стенда, где присутствует проставка (описание с. 10). Как было учтано влияние пространственно-контактных

деформаций в плоских стыках проставки с другими элементами модуля? Особенно это представляется важным при исследовании влияния угла прогиба ходового винта с гайкой на возникновение контактных напряжений в системе «рельс-базовая плита».

5. **Михайлов Александр Николаевич**, профессор, д.т.н., заведующий кафедры «Технология машиностроения» Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донецкий национальный технический университет».

Замечания:

1) В автореферате присутствует ссылка на формулу, однако сама формула отсутствует.

2) В 4 главе необходимо откорректировать график во избежание наложения положения линейных кривых и численных данных на рис. 4.

3) В автореферате имеются описки, не ставятся пробелы между словом и цифрой, например, рис.1, рис.2 и так далее.

6. **Вайнер Леонид Григорьевич**, д.т.н., доцент, профессор высшей школы промышленной инженерии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тихоокеанский государственный университет» (г. Хабаровск).

Замечания:

1) Предметом исследования в диссертационной работе являются *закономерности возникновения пространственно-контактных деформаций*.

Возникают вопросы:

1. Чем пространственно-контактная деформация отличается от классического понятия контактной деформации, если деформация определялась по нормали к поверхностям контактного взаимодействия?

2. В тексте автореферата и в разделе «Заключение» анализ закономерностей возникновения пространственно-контактных деформаций не приведен.

2) Представленный на рис. 1 алгоритм «решения задачи по обеспечению точности модуля линейных перемещений» имеет общий характер и не дает достаточной информации о ходе решения поставленной задачи.

3) В автореферате не приведены сведения о материалах, из которых изготовлены основные детали стенда, и их характеристики; также не представлены параметры модулей, в частности, их типоразмеры.

7. **Макаров Владимир Федорович**, д.т.н., профессор, зам. заведующего кафедрой «Инновационные технологии машиностроения», Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (г. Пермь).

Замечания

1) Не понятно, учитывались ли при расчетах момента холостого хода силы трения, возникающие при движении кареток по направляющим рельсам?

2) В автореферате имеются описки и полиграфические ошибки.

8. **Соловьев Дмитрий Львович**, д.т.н., профессор, профессор кафедры «Технология машиностроения», Муромский институт (филиал), Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» (г. Муром).

Замечания:

1) Не ясно, при каких условиях (значениях R_a , σ , C_0 , E , ε) может использоваться эмпирическая модель для пространственно-контактных деформаций f .(13), что не позволит в полной мере оценить её практическую значимость.

2) Нет пояснения параметров k и φ_i в f . (5), l_p в f .(12) и (13), в результате эти зависимости и проведенные по ним исследования не достаточно понятны.

9. **Теплова Татьяна Борисовна**, д.т.н., проф., научный консультант Общества с ограниченной ответственностью «Фрезарт» (г. Москва).

Замечаний нет

10. **Кисель Антон Геннадьевич**, к.т.н., доцент кафедры «Инжиниринга технологического оборудования», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет».

Замечания:

1) На странице 13 автореферата приведены математические зависимости (12) и (13) для расчета пространственно-контактных деформаций плоских стыков модуля линейного перемещения. Указано, что зависимости имеют хорошую точность в области аппроксимации, но не приведена погрешность вычислений по этим формулам.

11. **Козлов Александр Михайлович**, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Технология машиностроения», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Липецкий государственный технологический университет».

Замечания:

1) На с. 10 автореферата отмечается, что «Задавшись мощностью двигателя привода, можно определить допустимый для данного привода крутящий момент холостого хода». Неясно, учитывал ли автор КПД кинетической цепи?

2) На с. 10 автореферата автор указывает, что «Величина крутящего момента холостого хода определяется потерями на трении в модуле». Из автореферата неясно, учитывал ли автор эффект «петли гистерезиса», т.е. величину крутящего момента на прямом и обратном ходе?

3) В автореферате пропущены формулы 4-6, 10-12, хотя ссылки на них имеются.

4) Пункты заключения только констатируют полученные результаты, но не обобщают их, что снижает практическую значимость работы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их способностью определить научную и практическую ценность диссертации, компетентностью и высокой квалификацией в своей отрасли, наличием публикаций в соответствующей области исследования.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана новая научная идея повышения точности модулей линейного перемещения технологического оборудования за счет расчета их пространственно-контактных деформаций, обогащающая концепцию обеспечения точности металлорежущего оборудования расчетом размерных цепей;

предложен нетрадиционный подход к расчету пространственно-контактных деформаций модулей линейного перемещения при учете масштабного фактора, силовых характеристик, параметров качества поверхностного слоя и точности позиционирования, защищенный патентом №2792593 на способ расчета снижения радиальной осевой силы в устройстве линейных перемещений на базе шарико-винтовой пары (ШВП);

доказана взаимосвязь между допуском замыкающего звена модуля линейного перемещения и дополнительным моментом холостого хода, возникающего в ШВП, точностью позиционирования.

введены понятия пространственно-контактных деформаций в плоских стыках модулей линейных перемещений, дополнительного момента холостого хода.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано положение о взаимосвязи пространственно-контактных деформаций в плоских стыках, величины поля допуска замыкающего звена, дополнительного момента холостого хода и точности позиционирования модуля линейных перемещений;

применительно к проблематике диссертации результативно использована теория размерных цепей, теория контактного взаимодействия шероховатых поверхностей, теория упругости, методы проектирования технологического оборудования;

изложены аргументы и доказательства гипотезы повышения точности модулей линейного перемещения технологического оборудования при проектировании узла с учетом его пространственно-контактных деформаций;

раскрыто несоответствие в известных зависимостях по определению точности модулей линейного перемещения и допуска замыкающего звена с реальной точностью позиционирования, предложены экспериментально обоснованные уточняющие коэффициенты к известным зависимостям, учитывающие пространственно-контактные деформации;

изучены степень и характер влияния величин пространственно-контактных деформаций на исполнительные размеры деталей и их допуски.

проведена модернизация алгоритма и методики проектирования модулей линейных перемещений.

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

разработаны и внедрены на предприятии ООО НПО «ГКМП» методики проектирования узлов и деталей специальной техники, изготавливаемой в интересах Росатома, полученные результаты апробированы при изготовлении опытно-промышленного образца установки для реализации аддитивно-субтрактивно-упрочняющей технологии при выполнении НИОКТР по заданию Фонда перспективных исследований, ПАО «Татнефть», ОАО «Совтест»;

определены перспективы и область практического использования уточненных методик проектирования оборудования;

созданы уточнённые методики проектирования модулей линейных перемещений, оценки силовых характеристик, в т.ч. момента холостого хода;

представлены расчетные зависимости и методические рекомендации по назначению допуска замыкающего звена в зависимости от требуемых точностных и силовых характеристик модуля линейного перемещения.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ использовано современное технологическое и измерительное оборудование, современные унифицированные детали для изготовления стенда модуля линейных перемещений;

теория построена на современных машиностроительных научных представлениях о размерных цепях, упругих пространственных деформациях

деталей и контактном взаимодействии шероховатых поверхностей, согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

идея базируется на анализе практики и обобщении опыта проектирования, изготовления и эксплуатации модулей линейных перемещений;

установлено отсутствие противоречий известным результатам, представленным в работах других специалистов в области проектировании узлов в станкостроении;

использованы современные подходы к проведению экспериментальных исследований и обработке экспериментальных данных.

Личный вклад соискателя состоит в:

- непосредственном участии во всех этапах диссертационного исследования;
- выполнении критического анализа состояния исследуемого вопроса, определении цели и задач работы;
- проведении теоретических исследований, создании алгоритма, разработке расчетных схем, уточнении известных зависимостей;
- разработке и изготовлении стенда для проведения экспериментальных исследований, а также проведении экспериментальных исследований по определению пространственно-контактных деформаций;
- получении, обобщении и апробации теоретических и экспериментальных результатов исследований, подготовке публикаций.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания, касающиеся выбора расчетных схем при проектировании модуля линейного перемещения.

Соискатель Федуков А.Г. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы, согласился с замечаниями и привел собственную аргументацию, касающуюся выбора методики проектирования модуля линейного перемещения и обоснования расчетных схем.

На заседании 17 апреля 2024 г. диссертационный совет принял решение за научно-обоснованное решение задачи по обеспечению точности модулей линейных

