

Ученому секретарю  
Диссертационного совета 24.2.277.01  
ФГБОУ ВО «Брянский государственный  
технический университет».  
д.т.н., профессору,  
Киричеку А.В.

## **ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

на диссертационную работу **Федукова Александра Григорьевича** на тему  
«Обеспечение точности модулей линейного перемещения учетом  
пространственно-контактных деформаций», представленную на соискание ученой  
степени кандидата технических наук по специальности 2.5.5 – «Технология и  
оборудование механической и физико-технической обработки»

### **1. Актуальность темы диссертации**

Разработка и производство отечественного станочного оборудования, не уступающего главным мировым производителям, является одной из важнейших задач обеспечения экономического и технологического суверенитета нашей страны. В настоящее время в мире основной тенденцией конструирования металлообрабатывающего оборудования стал модульный принцип. Использование большого количества серийно выпускаемых комплектующих высокого качества сместило проблематику конструирования оборудования в сторону оценки их взаимодействия с элементами несущей системы станка. Таким образом качество проектирования стыков и решения контактных задач на ранних этапах разработки становится еще более значимым в создании станков высокой точности.

Основополагающие исследования, посвященные контактными деформациям в стыках станков, изложены в работах следующих ученых: К.В. Вотинова, И.Г. Горячевой, И.Т. Гусева, Н.Б. Демкина, Ю.Н. Дроздова, И.В. Крагельского, З.М. Левиной, Д.М. Решетова, Э.В. Рыжова, А.П. Соколовского, А.Г. Суслова, Г.Е. Чихладзе, В.В. Шелофаста и др.

Дальнейшее развитие методики расчета получили в работах А.С. Иванова, В.В. Измайлова, М.М. Ермолаева, С.К. Руднева М.Г. Косова. Как правило, авторы использовали теоретический подход, учитывая физико-механические свойства контактирующих поверхностей.

Ввиду популярности модульного принципа конструирования и появления конструктивно нового модульного исполнения направляющих качения вида «танкетка - рельс» с различным количеством и ориентацией дорожек качения (4, или 6), высокими эксплуатационными характеристиками и большим разнообразием типоразмеров и исполнений задача оценки контактных деформаций между модулями линейного перемещения и сопрягаемыми элементами несущей системы станка является актуальной и достойной диссертационного исследования.

## **2. Научная новизна и теоретическая значимость исследования**

Научной новизной исследования является:

- зависимости для определения величин пространственно-контактных деформаций в плоских стыках модуля линейных перемещений с учетом масштабного фактора для рельсовых направляющих длиной от 125 мм до 650 мм;
- взаимосвязь и вид связи между допуском замыкающего звена модуля линейного перемещения и дополнительным моментом холостого хода возникающего в ШВП и точностью позиционирования;
- зависимости для расчета допустимого значения допуска замыкающего звена по требуемым силовым и точностным характеристикам.

Теоретическая значимость работы заключается в:

- установлении влияния пространственно-контактных деформаций деталей модуля линейных перемещений на базе унифицированных модулей на их точность и силовые характеристики;
- получении уточненных зависимостей для оценки таких деформаций и их влияния на силовые характеристики модулей линейных перемещений;
- алгоритме для расчета номинальных значений и предельных отклонений размеров, определяющих точность и силовые характеристики модулей линейных перемещений.

## **3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций.**

Достоверность результатов выполненных экспериментальных исследований подтверждается применением автором известных методик проведения и обработки экспериментальных данных, использованием современного контрольно-измерительного оборудования. Теоретические исследования проводились основе фундаментальных положений технологии машиностроения,

теории размерных цепей, теории контактных взаимодействий твердых тел и современных методик проектирования металлорежущего оборудования.

Работа содержит 8 основных выводов и результатов. Первый вывод о факторах, влияющих на пространственно-контактные деформации, подтверждается содержанием первой главы. Выводы со второго по четвертый основаны на результатах экспериментальных исследований, приведенных в четвертой главе. Остальные выводы и результаты подтверждаются проведенным автором сопоставлением результатов вычисления контактных деформаций по теоретическим и экспериментальным зависимостям, приведенным в пятой главе.

#### **4. Практическая значимость работы**

Практическая значимость диссертации заключается в:

- разработке уточненных методик проектировании модулей линейных перемещений на базе унифицированных модулей учетом пространственно-контактных деформаций стыков;
- в определении поправочных коэффициентов для зависимостей расчета пространственно-контактных деформаций,
- в разработке рекомендаций по обеспечению исполнительных размеров сопрягаемых деталей, определяющих качество линейных модулей;
- в разработке методики оценки силовых характеристик модуля линейных перемещений в т.ч. величины дополнительного крутящего момента холостого хода.

#### **5. Оценка содержания и соответствия диссертации и автореферата установленным требованиям**

На отзыв представлена диссертационная работа и автореферат. Общий объем диссертации 141 страниц, включая 82 рисунка и 45 таблиц. Работа состоит из введения, пяти глав, общих выводов, заключения, списка литературы из 95 источников и 2 приложений. Автореферат содержит краткое изложение работы, достаточно полно отражающее основное ее содержание. Автореферат и диссертация соответствуют требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011. Основное содержание и результаты диссертационной работы опубликованы в 17 печатных работах, в том числе 5 в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК и 1 статья в издании, индексируемая в международной базе данных Scopus и Web of Science, получен 1 патент.

Анализ публикаций позволяет сделать вывод о том, что в них в полной мере отражены наиболее важные идеи диссертации, методы проведения исследования,

полученные результаты и перспективность выбранного направления работы.

Наиболее значимыми результатами исследования являются:

- математические зависимости и методика оценки влияния пространственно-контактных деформаций на точность и силовые характеристики модуля линейных перемещений на базе ШВП и рельсовых перемещений;

- методики оценки силовых характеристик модуля линейных перемещений, в т.ч. величины дополнительного крутящего момента холостого хода;

- алгоритм расчета номинальных значений и предельных допустимых отклонений размеров, определяющих точность и силовые характеристики модулей линейных перемещений на базе ШВП и рельсовых направляющих.

Представленные в диссертации выводы базируются на проведенных лично автором исследованиях и являются новыми и важными в рамках решаемой автором задачи. Оценка заключительных выводов по работе и по каждой главе – положительная и выводы в целом не вызывают возражений, т.к. они объективно в концентрированном виде отражают основные результаты исследования.

## **6. Замечания по диссертации**

В качестве замечаний по представленной работе можно отметить следующее:

1. В п.1.2.1 говорится, что благодаря указанной на рис. 1.2 схеме контакта, направляющая «рельс-танкетка» способна воспринимать силы, приложенные практически во всех направлениях. Стоит уточнить, что модульные направляющие способны воспринимать все моментные и силовые нагрузки, кроме сил, действующих в направлении обеспечения перемещения.

2. В выводе 3 на стр. 35 использован термин «линейная передача», который требует пояснения.

3. На рис.2.5 указаны позиции с 1 по 9, которые не указываются в работе.

4. В п. 2.5.1. при описании схемы измерения пространственно-контактных деформаций плоских стыков не указаны точностные характеристики базовой плиты.

5. На стр. 76 при подстановке  $X=1$  в 3.61 не получается выражение 3.62.

6. В табл. 4.5 приводятся значения микротвердости по Викерсу и Роквеллу. Использование одной шкалы облегчило бы анализ данных.

7. В разделе 4.3. при проведении исследования пространственно-контактных деформаций в плоских стыках модуля линейного перемещения фигурируют 3 серии нагружений, но не понятен способ приложения нагрузки и не указывается

значения нагрузки. Также в этом разделе указано, что эксперименты проводились по методике из п. 2.7.2, однако в указанном пункте обозначена только методика расчета ПКД в неподвижных стыках.

8. На стр. 96 в последнем предложении автор указывает податливость  $\delta$ , измеряемую в мкм, что требует дополнительных пояснений.

9. На рис. 4.7. приведены пространственно-контактных деформации стыка «рельс - базовая плита» при разной длине рельса и методе обработки базовой поверхности, а на рис. 5.1 - график зависимости величины деформаций от площади рельса. В первом случае зависимость убывающая, во втором - постоянная. Это требует пояснений.

10. На рис. 5.10 приведен график радиальной нагрузки винта ШВП при его установке в две плавающие опоры. Схема с двумя плавающими опорами требует дополнительного пояснения.

11. В работе присутствуют опечатки и стилистические неточности, на некоторых чертежах отсутствуют осевые линии, имеются ошибки в обозначении размеров.

Приведенные замечания не носят принципиального характера и не снижают общий уровень проведенных исследований. Проведенная автором работа заслуживает внимания специалистов по конструированию, изготовлению, сборке и наладке металлорежущих станков, значима с теоретической и практической точек зрения.

Большое количество экспериментальных данных о пространственно-контактных деформациях, полученных натурным или расчетным путем, данные о модульных шариковых направляющих могут быть использованы как на ранних этапах проектирования приводов металлорежущих станков, так и при конечно-элементном моделировании несущих систем станка при его доработки или модернизации.

## **7. Общий вывод и заключение**

Диссертационная работа Федуква Александра Григорьевича на соискание ученой степени кандидата наук, несмотря на приведённые в отзыве замечания, является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научно-технической задачи конструкторско-технологического обеспечения и повышения точности линейного перемещения оборудования с использованием унифицированных модулей за счет совершенствования методик проектирования, учета пространственно-контактных деформаций контактирующих протяженных

деталей, имеющей существенное значение для соответствующей отрасли знаний, а именно станкостроения России.

Полученные автором результаты являются новыми, обоснованными и достоверными.

Подводя итог сказанному, можно отметить, что рассмотренная диссертационная работа Федуква Александра Григорьевича на тему «Обеспечение точности модулей линейного перемещения учетом пространственно-контактных деформаций», полностью соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, критериям, установленным в п. 7 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.5 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки.

Официальный оппонент:

кандидат технических наук (Специальность 05.02.07 – «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки»), доцент кафедры «Станки» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»

Крутов Алексей Валентинович.

127055, г. Москва, Вадковский переселок, д. 1

Тел.: 8-(499)-972-94-74, <http://www.stankin.ru>,

8-916-831-36-72, e-mail: [krutovlasha@yandex.ru](mailto:krutovlasha@yandex.ru).

