

В диссертационный совет Д 212.125.07,
созданный на базе ФГБОУ ВО «Московский
авиационный институт (национальный
исследовательский университет) (МАИ)
125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора, профессора
кафедры «Проектирование механизмов и деталей машин»
ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»

Крюкова Владимира Алексеевича

на диссертационную работу Горюнова Романа Владимировича
«Обеспечение требуемой кинематической точности механических передач
многодвигательных электроприводов при длительном воздействии
атмосферной коррозии», представленную на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности 05.02.02 – Машиноведение,
системы приводов и детали машин

1. Актуальность темы диссертационной работы.

Ряд объективных и субъективных причин в развитии нашей страны привел к нарушению нормального последовательного процесса проектирования, создания и функционирования отдельных уникальных объектов, важной частью которых является высокоточный привод. В диссертации рассматривается опорно-поворотное устройство с многодвигательным приводом, являющимся составной частью радиолокационной станции. Объект фактически не был закончен и введен в эксплуатацию, в течение длительного времени подвергался воздействию внешних факторов, в том числе, коррозии. Осмотры и регламентные работы на объекте не выполнялись. Это привело к тому, что при работе привод не сможет обеспечить требуемую точность отработки входного сигнала. Использование существующего задела, при условии обеспечения требуемой кинематической точности привода, позволит значительно сократить затраты по сравнению с постройкой новой станции. Поэтому научная задача, заключающаяся в исследовании влияния длительного коррозионного воздействия на детали привода при отсутствии необходимых регламентных работ, и обеспечении возможности дальнейшей эксплуатации объекта исследования в течение длительного времени является актуальной.

Отдел документационного
обеспечения МАИ

«31» 05 2022

2. Общая оценка содержания и оформления работы.

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения и списка литературы из 99 наименований. Общий объем диссертации составляет 152 страницы, включая 79 рисунков и 5 таблиц.

Во *введении* (стр. 5-17) автором представлена общая характеристика работы, дана общая характеристика объекта исследования и особенностей его эксплуатации, обоснована актуальность темы диссертации, поставлены цель и сформулированы задачи диссертации, отражены научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов. Представлены сведения об апробации работы и публикациях.

В *первой главе* (стр. 18-35) соискатель рассматривает известные методы расчёта параметров, характеризующих кинематическую точность зубчатых механических передач, определяет и обосновывает используемые коэффициенты коррозионной потери металла. В результате анализа и обобщения рассмотренных материалов на основе известной зависимости предлагает уточненную функциональную зависимость для расчета суммарной погрешности зубчатой передачи, отличающуюся учетом длительного воздействие атмосферной коррозии при отсутствии постоянного мониторинга системы. Предлагает способ использования программной среды Adams MSC для расчета параметров кинематической точности зубчатых передач с учетом длительного воздействия атмосферной коррозии.

Во *второй главе* (стр. 36-43) проведён обзор методов экспериментального определения параметров кинематической точности механических передач, описана методика и порядок проведения эксперимента, представлены результаты экспериментальных исследований в кинематической цепи объекта исследования после продолжительного атмосферного воздействия. В результате получено значение кинематической точности, которое соответствует результатам расчёта, приведённым в первой главе.

В *третьей главе* (стр. 44-62) на основе сравнительного анализа различных способов восстановления точности механических передач электроприводов автор делает вывод о перспективности использования в многодвигательных приводах устройства компенсации зазора в системе управления. В результате рассмотрения особенностей работы известных устройств компенсации зазора, соискатель предлагает новый способ компенсации зазора в многодвигательном электроприводе введением запаздывания в сигнал динамической ошибки и предлагает схему устройства для реализации этого способа на основе системы с перекрестными связями.

Четвёртая глава (стр. 63-83) посвящена описанию предложенного соискателем устройства компенсации зазора с перекрестными связями. Для компенсации зазора вводится запаздывание в сигнал управления одного из каналов электропривода. Объясняется принцип работы устройства. Выполнено моделирование работы системы управления и электропривода в программе MATLAB в разных режимах. Установлена зависимость параметров устройства компенсации зазора от величины люфта. Приведены рекоменда-

ции по выбору значений постоянной времени. Установлено влияние режима работы системы на плавность работы и коэффициент полезного действия.

В *пятой главе* (стр. 84-102) описывается моделирование электропривода с люфтом как без специализированных устройств компенсации зазора в разных режимах наведения, так и с устройством компенсации зазора на основе введения сигнала смещения и устройства компенсации зазора с перекрестными связями. Для сравнения выполнено моделирование идеализированного электропривода без люфта. Сравнение результатов моделирования позволило выработать рекомендации по применению соответствующих устройств в исследуемом опорно-поворотном устройстве.

В *шестой главе* (стр. 103-141) рассмотрены особенности применения предложенного способа компенсации зазора в системах с тремя каналами. Подробно исследовано влияние неидентичности величин зазоров в передачах и параметров электродвигателей в различных каналах на работу системы. На основе проведенных автором исследований выработаны рекомендации по восстановлению параметров точности крупногабаритного опорно-поворотного устройства после продолжительного атмосферного воздействия и предложена методика расчёта параметров устройства компенсации зазора с перекрестными связями

Каждая глава диссертации заканчивается параграфом, озаглавленным «Выводы по главе», который отражает основное содержание конкретной главы.

В *заключении* (стр. 142-143) приведены основные результаты исследований.

Текст диссертации и автореферата написан технически грамотным языком, стиль изложения – научный и корректный, хотя по оформлению работы имеется ряд замечаний (см. ниже).

Содержание автореферата соответствует тексту диссертации и в пределах нормируемого объема автореферата достаточно полно его отражает.

Результаты работы опубликованы в 8 научных работах, достаточно полно отражающих результаты исследований: 3 публикации в научных изданиях, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук ВАК РФ; 1 патент на изобретение. Число публикаций соответствует требованиям п. 13 «Положения о присуждении ученых степеней».

Выступления автора на научных симпозиумах и Международных научно-технических конференциях свидетельствует о достаточной апробации результатов работы.

3. Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, обеспечивается представительным объемом анализируемой информации по различным аспектам рассматриваемой задачи, использованием современного программного обеспечения, подтверждается результатами натурного эксперимента на объекте исследования и патентом на изобретение.

4. Новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Научная новизна работы заключается в разработке способа компенсации зазоров в зубчатых передачах многодвигательных передач, отличающегося учетом длительного времени нахождения под действием атмосферной коррозии.

5. Теоретическая значимость работы связана с расширением области знаний в машиноведении, в частности, влияния коррозионных процессов на характер изменения параметров механических передач и использования особенностей многопоточных передач для компенсации увеличенных зазоров в передачах.

6. Практическая значимость работы заключается в возможности прогнозирования кинематической точности зубчатых механических передач во времени, что позволяет планировать проведение регламентных работ. Способ и устройство компенсации зазоров могут быть использованы в любом многодвигательном электроприводе с зазорами, а предложенная методика позволяет сократить время настройки и ввода в эксплуатацию электропривода.

7. Основные замечания по диссертации и автореферату.

1. Отсутствует четкая формулировка поставленной научной задачи.
2. В параграфе 4.2 автор описывает построение имитационной модели в системе MATLAB/Simulink. Исходная расчетная схема системы при этом не описана.

3. На стр. 45 автор приводит диаграммы распределения кинематической погрешности по ступеням передачи и вызывающих их причинам. Как определялось это распределение не указано.

4 Параграф 3.3 («Технико-экономическая оценка восстановления наращиванием слоя материала»), на мой взгляд, не имеет отношения к теме диссертации. Его результаты в дальнейшем не используются.

5. Имеется ряд редакторских замечаний:

– хотя список использованной литературы можно оформлять по порядку ссылок, для больших списков рациональнее оформлять его по алфавиту.

Указания на источники, начиная с № 56 по списку литературы, в тексте диссертации отсутствуют;

- автор употребляет термин «точность» (например, стр. 21). В действительности здесь это суммарная погрешность кинематической цепи – параметр, который используется для оценки точности воспроизведения выходной координаты;

- по формуле (3.1) рассчитывается не момент, развиваемый двигателем, а необходимый минимальный момент;

- автор использует жаргонизм «паразитная инерционная нагрузка» (стр. 52);

- используются нестандартные обозначения передаточных отношений;

- в автореферате при расшифровке обозначений в формуле (2) указано, что q – число передач в кинематической цепи, а в формуле (3) q – максимальный радиальный зазор в опорах. Суммирование в формуле (3) в этом случае не имеет смысла

Приведенные замечания и высказанные соображения не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы и могут быть учтены автором при проведении дальнейших исследований.

8. Заключение.

Диссертация Горюнова Р.В. «Обеспечение требуемой кинематической точности механических передач многодвигательных электроприводов при длительном воздействии атмосферной коррозии», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.02 – Машиноведение, системы приводов и детали машин, является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена научная задача, заключающаяся в исследовании влияния длительного коррозионного воздействия на детали привода при отсутствии необходимых регламентных работ, и обеспечении возможности дальнейшей эксплуатации объекта исследования в течение длительного времени. Предложенное автором решение имеет значение для развития машиноведения.

Диссертация соответствует паспорту специальности 05.02.02: п. 1) Теория и методы исследования процессов, влияющих на техническое состояние объектов машиностроения, способы управления этими процессами; п. 2) Теория и методы проектирования машин и механизмов, систем приводов, узлов и деталей машин; п. 4) Методы исследования и оценки технического состояния объектов машиностроения, в том числе на основе компьютерного моделирования, и «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (ред. от 11.09.2021), п. 9-11, 13-14.

Принимая во внимание вышеизложенное, достоинства и отмеченные недостатки диссертации, считаю, что представленная диссертация соответст-

вует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а её автор, Горюнов Роман Владимирович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.02 – Машиноведение, системы приводов и детали машин.

Официальный оппонент,
доктор технических наук,
профессор, профессор кафедры
«Проектирование механизмов и деталей машин»
ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»

В.А. Крюков

29.05.2022 г.

Крюков Владимир Алексеевич, профессор кафедры «Проектирование механизмов и деталей машин» ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», доктор технических наук (специальности 05.02.09 – Технологии и машины обработки давлением; 05.02.18 – Теория механизмов и машин), профессор по кафедре проектирования механизмов и деталей машин.

Адрес: 300012, г. Тула, пр. Ленина, 92.

Телефон: 8-(4872)-25-46-39.

Электронная почта: pmdm@tsu.tula.ru; va.kryukov@gmail.com



С отзывом ознакомлен *С.С. Куницын* 31.05.22.