

В диссертационный совет 24.2.379.05,
созданный на базе ФГАОУ ВО
«Самарский национальный исследовательский
университет имени академика С.П. Королева»

ОТЗЫВ

официального оппонента

доктора технических наук, доцента **Пантюхина Олега Викторовича**
на диссертационную работу **Назарова Дениса Викторовича** на тему
«Совершенствование модели обеспечения качества изготовления
прецизионных тонкостенных деталей на примере гибких колес волновых
зубчатых передач приводов солнечных батарей космических аппаратов»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.5.22 Управление качеством продукции. Стандартизация.
Организация производства

Актуальность темы диссертации

Класс прецизионных тонкостенных цилиндрических деталей широко используется в конструкциях различных видов техники во многих отраслях машиностроения. Особые требования по качеству предъявляются к деталям этого класса, эксплуатируемым в условиях космического пространства: воздействие радиационных излучений, вакуум, отсутствие возможности ремонта и т. д. Тренд развития современной космической техники состоит в минимизации габаритно-массовых параметров различных механизмов и увеличении времени их безотказной работы. В связи с этим большой интерес представляет использование приводов с волновыми зубчатыми передачами (ВЗП). Основными достоинствами ВЗП являются большая редукция при малой массе, высокий КПД, значительный передаваемый крутящий момент

Входящий №	206 - 8744
Дата	16 НОЯ 2023
Самарский университет	

при распределении усилий на большое число зубьев, высокая кинематическая точность, возможность передачи движения в герметизированное пространство. Эти положительные качества достигаются за счет использования зубчатых колес с очень малым модулем (0,2 – 0,4 мм), так называемых гибких колес.

Гибкие колеса ВЗП работают в условиях циклической деформации, имея относительно небольшую радиальную жесткость. Поэтому для обеспечения заданного в конструкторской документации ресурса работы важно выполнить требование по равномерности толщины обода гибкого колеса и геометрическим размерам зубчатого венца. Проблема заключается в том, что при базировании и закреплении тонкостенной заготовки в технологической оснастке происходит ее деформирование.

Необходимость решения задачи по повышению качества изготовления прецизионных тонкостенных деталей, входящих в конструкцию приводов космических аппаратов, путем создания моделей и адаптированной инженерной методики проектирования технологической оснастки определяет актуальность рассматриваемой диссертационной работы.

Научная новизна диссертации

Научная новизна диссертационной работы связана с постановкой задачи исследования, содержит научные результаты в области управления качеством продукции и организации производства и включает следующее:

1. Структурную модель обеспечения качества механизмов, содержащих прецизионные тонкостенные цилиндрические детали, основанную на применении анализа видов и последствий потенциальных отказов (FMEA).

2. Математическую модель обеспечения качества процесса функционирования рабочей поверхности оправки из материала с эффектом

памяти формы (ЭПФ) при базировании прецизионных тонкостенных цилиндрических деталей с управляемым перемещением закрепления.

3. Численную модель обеспечения качества процесса нарезания зубьев на гибком колесе в условиях базирования с управляемым перемещением закрепления на оправке с рабочей частью из материала с ЭПФ, учитывающую деформации гибкого колеса в процессе нарезания зубьев и перемещения элементов профиля зуба, влияющие на разность шага.

4. Методику проектирования и расчета параметров технологической оснастки для базирования прецизионных тонкостенных цилиндрических деталей с управляемым перемещением закрепления, особенностью которого является возможность управлять напряженно-деформированным состоянием заготовки.

Степень обоснованности научных положений, выводов, сформулированных в диссертации

Степень достоверности и обоснованности результатов, представленных в диссертации, определяется теоретическими и практическими результатами внедрения.

Теоретические исследования базируются на обширном списке литературных источников, а также подтверждаются практическим применением.

Выводы, изложенные в диссертационной работе, основаны на обработке достоверной исходной информации и подтверждаются проверкой выдвинутых положений на практике.

Результаты исследований докладывались и были одобрены на научно-практических конференциях, опубликованы в научных изданиях, рекомендованных ВАК, имеются два патента на изобретения.

Научная ценность работы заключается в совершенствовании подходов к повышению качества изготовления механизмов агрегатов космической

техники на основе разработанных моделей обеспечения качества прецизионных тонкостенных цилиндрических деталей в целом и гибких зубчатых колес в частности, а также инженерной методики проектирования и расчета параметров технологической оснастки для базирования прецизионных тонкостенных цилиндрических деталей.

Практическая значимость работы подтверждена реализованной на предприятии АО «РКЦ «Прогресс» методикой процесса базирования с управляемым перемещением закрепления прецизионных тонкостенных цилиндрических деталей и расчета параметров технологической оснастки, а также введением в технологическую документацию рекомендаций по процессу нарезания и контроля зубьев на гибком колесе с применением технологической оснастки в условиях базирования с управляемым перемещением закрепления. Методика проектирования и расчета параметров технологической оснастки для базирования прецизионных тонкостенных цилиндрических деталей может быть применена на других отечественных предприятиях, в том числе в других отраслях промышленности.

Оценка содержания диссертационной работы и ее оформления

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Общий объем диссертации составляет 172 страницы машинописного текста, включая 72 рисунка, 7 таблиц, список использованных источников из 117 наименований, работа содержит два приложения. В списке использованных источников приводятся публикации автора диссертации, отражающие все результаты исследований и разработок.

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, определены объект, предмет, цель и задачи исследования, изложены научная новизна и практическая значимость работы, основные положения и результаты, выносимые на защиту.

В первой главе проведена классификация тонкостенных деталей и выявлен типовой представитель класса с наихудшими в технологическом плане показателями по ряду критериев – гибкие зубчатые колеса ВЗП, проблема при изготовлении которых заключается в высоких затратах на обеспечение качества. Применяв статистические методы управления качеством, были установлены основные проблемы при изготовлении гибких колес и ВЗП в целом.

Проведенный анализ факторов, влияющих на точность установки и закрепления заготовки в приспособлении и конструктивных решений в технологической оснастке, позволил автору сформулировать задачу по созданию комплекса конструктивных и технологических мероприятий, направленных на повышение качества ВЗП.

Во второй главе проводится разработка структурной модели обеспечения качества прецизионных тонкостенных цилиндрических деталей на основе анализа видов и последствий потенциальных отказов (FMEA) с применением комплексного подхода к обеспечению качества, включающего конструктивные, математические и технологические методы управления качеством, а также методы системы менеджмента качества.

Проведенная процедура DFMEA выявила потенциальные отказы конструкции, причины и последствия их возникновения. Установленные приоритеты действий позволили разработать мероприятия, направленные на предупреждение причин возникновения отказов в конструкции ВЗП: оптимизация конструкции ВЗП и оценка влияния точности профиля на величину бокового зазора в профильном соединении.

В третьей главе представлена оценка рисков, проведен анализ видов и последствий потенциальных несоответствий процесса механической обработки гибкого колеса ВЗП на основе методологии PFMEA. Проведенный анализ значимости последствий отказов, возникающих в процессе механической обработки гибких колес, выявил, что наиболее значимыми

являются отказы операции «Зубофрезерная» по причине элемента функционирования «Оправка».

Для повышения качества процесса базирования и закрепления тонкостенной заготовки на финишных операциях механической обработки получены математическая и численная модели термосилового взаимодействия силового элемента из сплава с ЭПФ в форме втулки с обрабатываемой заготовкой гибкого зубчатого колеса. Наряду с этим проведено численное моделирование процесса нарезания зубчатого венца гибкого колеса при базировании на оправке с рабочей частью из материала с ЭПФ с использованием программного обеспечения ANSYS.

В четвертой главе представлена методика проектирования технологической оправки с рабочей частью из материала с эффектом памяти формы, разработан технологический процесс ее изготовления, составлен план управления процессами изготовления и контроля характеристик гибкого колеса ВЗП.

Для экспериментальных исследований в лабораторных условиях рабочей части оправки из материала с ЭПФ разработано и изготовлено специальное испытательное оборудование, проведена отработка процесса базирования заготовки прецизионной тонкостенной детали в оправке в условиях производства АО «РКЦ «Прогресс». Рассчитан показатель экономической эффективности внедрения результатов исследования.

В заключении представлены основные научно-практические результаты, полученные в ходе теоретических и экспериментальных исследований, которые демонстрируют высокое качество выполнения диссертационной работы. Оформление диссертации соответствует предъявляемым требованиям.

Оценка степени завершенности диссертации, соответствия публикаций, автореферата основным положениям диссертации

Представленная Д.В. Назаровым диссертационная работа является законченной научно-квалификационной работой. Основные положения диссертационного исследования опубликованы в 20 научных статьях, из которых 7 научных статей опубликованы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России; имеются 2 патента на изобретение. В опубликованных работах изложены основные результаты как теоретических исследований, так и практического применения.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации. Материалы исследований доложены и одобрены на научно-практических конференциях.

Соответствие содержания диссертационной работы паспорту специальности

Области исследований рассматриваемой диссертационной работы соответствуют паспорту специальности 2.5.22. Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства по следующим пунктам:

- п. 1. Методы анализа, синтеза и оптимизации, математические и информационные модели состояния и динамики процессов управления качеством и организации производства;

- п. 3. Научные основы и совершенствование методов стандартизации и менеджмента качества (контроль, управление, обеспечение, повышение, планирование качества) объектов и услуг на различных стадиях жизненного цикла продукции.

Замечания по диссертационной работе

1. В диссертационной работе не обозначен диапазон параметров (диаметр, толщина стенки, марка материала) номенклатуры прецизионных тонкостенных цилиндрических деталей, для которых возможно успешное применение разработанной технологической оснастки для базирования с управляемым перемещением закрепления.

2. В диссертационной работе не приведены степени точности и величина биения посадочной поверхности втулки из материала с ЭПФ, хотя эти величины существенно влияют на формирование точности при прецизионной обработке.

3. В диссертационной работе применяется в физическом смысле понятный, но неудачно выбранный термин «базирование с управляемым перемещением закрепления».

Указанные замечания не снижают значимости рассматриваемой диссертации Д.В. Назарова, выполненной на высоком научно-техническом уровне.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней

Диссертация Д.В. Назарова является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной самостоятельно на высоком уровне. Полученные результаты полностью соответствуют целям и задачам исследования.

Диссертационная работа «Совершенствование модели обеспечения качества изготовления прецизионных тонкостенных деталей на примере гибких колес волновых зубчатых передач приводов солнечных батарей космических аппаратов» соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Назаров Денис Викторович,

заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.22. Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства.

Официальный оппонент:

доктор технических наук,

профессор кафедры «Промышленная автоматика

и робототехника»

ФГБОУ ВО «Тульский

государственный университет»  Пантюхин Олег Викторович

07 ноября 2023 г.

Докторская диссертация защищена по специальности

05.02.23 – Стандартизация и управление качеством продукции

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный университет»,

300012, Тульская область, г. Тула, проспект Ленина, д. 92.

Телефон: +7 (4872) 35-25-06.

Электронная почта: olegpantyukhin@mail.ru

