



Утверждаю

Проректор по научной

деятельности

ФГАОУ ВО «СевГУ»

д-р физ.-мат. наук, профессор

М.П. Евстигнеев

« 01 » 11 2024 г.

## ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

на диссертационную работу Нгуен Ван Линь по теме

«ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ

АВТОМАТИЧЕСКОЙ СБОРКИ НЕЖЕСТКИХ ДЕТАЛЕЙ НА ОСНОВЕ

ПОЗИЦИОННО-СИЛОВОГО УПРАВЛЕНИЯ»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук в

диссертационный совет 24.2.332.01 по научной специальности

2.5.6 Технология машиностроения

### 1. Актуальность темы диссертации.

Сборка изделий - ответственный этап изготовления изделий. От сборки в значительной степени зависит качество и долговечность работы изделий. В настоящее время процент автоматизации деталей с применением станков с ЧПУ составляет до 70% от общего объема работ, в то время как автоматизация сборочных работ с применением автоматов и роботов не превышает 20%.

В современных машинах все чаще используются гибкие и нежесткие детали. Необходимость учёта деформации упругого вала, обусловленную его малой жесткостью, значительно усложняет задачу автоматической сборки.

Роботы представляют собой идеальное решение для сборочных операций и широко используются для высокоэффективного промышленного производства. При роботизированной сборке требуется высокая точность совмещения соединяемых деталей, что обусловлено возникновением относительных смещений и перекосов осей в процессе подвода нежестких деталей, а также точностью их изготовления, базирования и деформации. В настоящее время для совмещения осей соединяемых деталей применяются методы активной и пассивной адаптации, а также их комбинация.

В диссертационной работе рассматривается алгоритм управления промышленным роботом путём силомоментного оцувствления, что существенно расширяет технологические возможности сборки, позволяет уменьшить вероятность заклинивания, идентифицировать положение нежесткого вала и жесткой втулки. Разработанный алгоритм позиционно-силового управления

существенно повышает технологическую надёжность автоматической сборки.

## **2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

В первой главе автором проведен подробный обзор и анализ результатов патентных разработок, литературных источников и научных исследований в области автоматизированной и роботизированной сборки нежестких деталей с зазором. Дан анализ существующих подходов решения поставленной задачи с учетом повышения технологической надежности процесса сборки. Сформулированы цель и задачи исследований.

Во второй главе решалась задача определения условий контактного взаимодействия деталей на основных этапах процесса сопряжения:

- разработана математическая модель деформации нежестких цилиндрических деталей на этапах сопряжения;
- синтезированы математические модели этапов автоматического сопряжения в квазистатической постановке, которые позволяют определить положение точки контакта;
- определены условия заклинивания при сопряжении нежесткого вала и жесткой втулки.

В третьей главе представлена структурная схема алгоритма на основе позиционно-силового управления с системой распознавания контактного состояния на основе машины опорных векторов (SVM). Схема алгоритма включает в себя три основных блока: блок идентификатора; блок расчета положения деталей и блок привода сборочного автомата. Автомат запрограммирован на пошаговое перемещение соединяемой детали. Сигнал рассогласования между программной траекторией и корректирующим воздействием, подаваемый контроллером, приводит вал к требуемому положению. На основании математических зависимостей решена задача сборки соединения типа «нежесткий вал-жесткая втулка».

Четвертая глава посвящена экспериментальному подтверждению работоспособности предложенного способа управления доориентацией цилиндрической детали в процессе сборки на основе использования силомоментного датчика и алгоритма позиционно-силового управления процессом сопряжения нежестких деталей. Автором разработана экспериментальная установка для проведения исследований на основе промышленного робота ABB IRB-140T и шестиосевого силомоментного датчика FTN-AXIA 80. Экспериментально подтверждены следующие теоретические положения диссертационной работы:

- изменение зависимости силы трения взаимодействующих поверхностей от глубины перемещения нежесткого вала и втулки;
- определения величины деформации нежесткого вала на этапах сопряжения на основе идентификации выходных сигналов силомоментного

датчика;

- идентификация контактного состояния соединяемых деталей в процессе сборки на основе машины опорных векторов;

- условия заклинивания нежестких цилиндрических деталей при автоматической сборке;

- идентификация положения нежесткого вала в процессе роботизированной сборки на основе позиционно-силового управления.

Автор дал оценку степени совпадения теоретических и экспериментальных данных.

В пятой главе проведен дробно-факторный эксперимент.

В результате обработки данных эксперимента были найдены зависимости сил и моментов взаимодействия соединяемых деталей при роботизированной сборке:

- при обработке результатов эксперимента были найдены зависимости сил и моментов от исследуемых факторов процесса автоматической сборки;

- проведены эксперименты на промышленном изделии, в качестве которого был выбран датчик уровня масла Mercedes Benz на основе применения алгоритма позиционно-силового управления процессом роботизированной сборки.

В целом работа изложена грамотным техническим языком, каждая глава содержит результаты исследований автора и сопровождается выводами. Оформление работы соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

### **3. Достоверность и новизна полученных результатов**

Достоверность и обоснованность основных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы определяется:

- использованием методов теоретической механики, теории сопротивления материалов, линейной алгебры, аналитической геометрии, вычислительной математики;

- проведением многофакторного эксперимента;

- использованием программных средств Matlab и RobotStudio.

### **4. Значимость результатов исследований для науки и практики**

Ценность результатов исследований для науки заключается в том, что разработаны математические деформации нежестких цилиндрических деталей на этапах сопряжения. Разработанные математические модели контактных состояний в процессе сопряжения позволили адекватно отобразить положение вала и втулки и исключить явление заклинивания. Идентифицировано контактное состояние поверхностей, позволяющее разработать алгоритм позиционно-силового управления с целью повышения технологической надежности сборочного процесса.

Практическая ценность работы заключается: в создании

экспериментальной установки с использованием силомоментного очувствления; в технологических рекомендациях при выполнении операций и назначении рациональных технологических режимов; в разработке программного обеспечения для позиционно-силового управления роботизированной сборкой цилиндрических соединений типа «нежесткий вал- жесткая втулка» с зазором на основе силомоментного датчика.

## **5. Общая оценка диссертационной работы**

5.1. Диссертационная работа представляет собой завершенный труд. Состоит из пяти глав, приложения, списка литературы. Работа содержит 188 страниц, включает 64 рисунков, 34 таблиц и 110 наименований литературных источников.

Стиль изложения работы технически грамотный. Материал изложен в логической последовательности, разделы работы взаимосвязаны, работа хорошо иллюстрирована. Оформление соответствует принятому стандарту.

### **5.2. Полнота публикаций результатов исследований.**

Основные результаты работы прошли апробацию на многих научно-технических конференциях и семинарах. Опубликовано 20 работ, в том числе 9 работ в ведущих рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 7 статей, опубликованы в изданиях, включенных в базу данных Scopus, получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

### **5.3. Оценка содержания автореферата.**

В автореферате кратко изложены основные научные результаты диссертации, включая выводы. Содержание автореферата полностью отражает результаты диссертации и соответствует требованиям ВАК РФ.

## **6. Замечания по работе**

1. Из работы неясно функционирование алгоритма при неправильной классификации контактной ситуации.

2. В работе не раскрыта опасность возникновения неорганизованной смены баз.

3. В машине опорных векторов не раскрыто условие назначения веса векторов.

4. Остается неясным вопрос почему не рассматривалось условие контакта вала в торец?

5. В работе автор не разделил понятия «заклинивания» и «заедания».

Указанные замечания не снижают ценности работы и не влияют на ее общую положительную оценку.

## **7. Заключение**

На основании вышеизложенного считаем, что диссертационная работа Нгуен Ван Линя по теоретическому обоснованию процесса автоматической



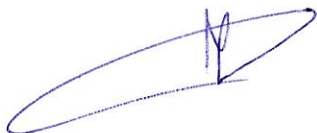
сборки нежестких деталей и практической ценности является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основе выполненных исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как решение важной научно - технической задачи - разработки технологии роботизированной сборки нежестких деталей, внедрение которого в производство повысит технологическую надежность процессов.

Диссертационная работа соответствует требованиям к кандидатским диссертациям (п.п.9-11,13,14) «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г., а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6 Технология машиностроения.

Диссертационная работа и отзыв обсуждены на заседании кафедры «Приборостроение и транспорт» ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», протокол №3 от 28.10.2024г.

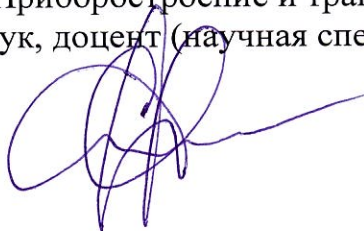
Отзыв составил:

доцент кафедры «Приборостроение и транспорт» ФГАОУ ВО «СевГУ»,  
кандидат технических наук, доцент (научная специальность 2.3.3)



Филипович Олег Викторович

Заведующий кафедрой «Приборостроение и транспорт» ФГАОУ ВО «СевГУ»,  
кандидат технических наук, доцент (научная специальность 2.5.6)



Рощупкин Станислав Иванович

Данные о ведущей организации:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Севастопольский государственный университет»

Адрес: 299053, г. Севастополь, ул. Университетская, д.33.

Телефон: +7(8692)435-019

Адрес электронной почты: [info@sevsu.ru](mailto:info@sevsu.ru)

Официальный сайт: <https://www.sevsu.ru>