

В диссертационный совет 24.2.332.01
при ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»,
127994, Москва, ГСП-4, Вадковский пер., д. 1

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Нгуен Ван Линь

**«Обеспечение технологической надежности автоматической сборки
нежестких деталей на основе позиционно-силового управления»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.5.6 – Технология машиностроения**

Актуальность темы диссертационной работы

В машиностроении широко распространена операция установки жесткой детали во втулку. В исследованиях, как правило, изучались детали, которые предполагались абсолютно жесткими. Однако в конструкциях машин в последние годы все больше применяются гибкие и нежесткие детали. Необходимость учета деформации упругого вала вследствие ее малой жесткости существенно усложняет решение задачи автоматической сборки. В процессе соединения деталей в окружающей среде работа неизбежно возникают неопределенности, которые ведут к ошибкам при выполнении точных манипуляций. Точное движение, необходимое для корректирования этих погрешностей, может быть достигнуто путем реализации метода с активной адаптационной связью на основе применения силомоментных датчиков.

Применение алгоритма управления промышленным роботом на основе силомоментного датчика необходимо для расширения технологических возможностей роботизированной сборки. Использование силомоментного датчика позволяет определить величину деформации нежесткого вала при сборке. Реализация процессов на основе позиционно-силового управления позволит исключить вероятность заклинивания при наличии погрешностей в положении нежестких деталей. Применение позиционно-силового управления даст возможность идентифицировать положение нежесткого вала и жесткой втулки, а, следовательно, скорректировать положение устанавливаемой детали, что позволит избежать явления заклинивания. Предлагаемый алгоритм управления промышленным роботом значительно повышает технологическую надежность процесса роботизированной сборки.

Краткое содержание диссертации

Основной текст диссертационной работы состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений.

В первой главе проанализированы известные решения при автоматической сборке нежестких деталей в машиностроении и возможные пути повышения технологической надежности процесса с использованием промышленных роботов.

На основании выполненного анализа известных научных работ сформулированы цель и задачи диссертационного исследования.

Во второй главе представлены математические модели для определения характера деформации детали на основе идентификации выходных сигналов силомоментного датчика. Разработаны математические модели роботизированной сборки с использованием силомоментного датчика, определяющие условия контактного взаимодействия деталей на разных этапах процесса роботизированной сборки. Основой построения математической модели явились уравнения в квазистатической постановке относительно инерциальной системы координат. Полученные аналитические решения позволяют определить условия возникновения заклинивания упругого вала при двухточечном контакте в процессе сопряжения нежесткого вала с жесткой втулкой. Полученные значения прогибов и углов поворота позволяют корректировать движение выходного звена робота при выполнении операции сборки.

В третьей главе представлен алгоритм управления процессом сопряжения типа «нежесткий вал–жесткая втулка» при роботизированной сборке с силомоментным очувствлением. Предложен метод машинного обучения для распознавания контактного состояния нежесткого вала, сопрягаемого с жесткой втулкой при роботизированной сборке на основе машины опорных векторов (SVM). Кроме того, на основе разработанных моделей проводится создание алгоритмического и программного обеспечения для реализации процесса сборки.

В четвертой главе приведена экспериментальная установка и представлены результаты физических экспериментов. Проанализированы результаты исследования взаимосвязей между контактными реакциями, параметрами сопряжений, значениями деформаций нежесткого вала и сборочными силами в зоне сопряжения собираемых деталей с помощью среды MATLAB. Полученные результаты подтвердили, что идентификация положения нежесткого вала позволит корректировать движение выходного звена робота при выполнении операции.

В пятой главе приведены результаты многофакторного эксперимента. В качестве входных параметров были выбраны: скорость перемещения робота; зазор в соединении; толщина стенки вала; модуль упругости вала. В качестве целевой функции были приняты компоненты сборочной силы и момента, измеряемые силомоментным датчиком.

В результате статистической обработки результатов эксперимента были найдены зависимости сил и моментов от исследуемых факторов процесса автоматической роботизированной сборки. На основе проведенных экспериментов доказано расширение области сборки, исключены заклинивания нежестких деталей.

Проведенные эксперименты доказали, что применение разработанного алгоритма управления позволяет повысить технологическую надежность сборочного процесса. Полученные результаты показали, что использование алгоритма управления позволяет исключить возникновение заклинивания при роботизированной сборке. Проведенная апробация разработанного алгоритмического и программного обеспечения на промышленном изделии подтверждает его эффективность для практического применения.

Новизна научных положений, выводов и рекомендаций

Научная новизна положений и результатов диссертации Нгуен Ван Линь заключается в следующем:

- предложены технические и технологические решения, направленные на повышение уровня технологической надежности автоматической сборки путем исключения заклиниваний нежестких цилиндрических деталей на основе применения силомоментного оцувствления;

- разработана математическая модель определения величины деформации нежесткого вала на этапах сопряжения на основе идентификации выходных сигналов силомоментного датчика;

- разработана математическая модель автоматической сборки, которая аналитически решает задачу в квазистатической постановке при применении силомоментного датчика;

- построена математическая модель идентификации контактного состояния при автоматической сборке нежестких цилиндрических деталей на основе машины опорных векторов;

- установлены экспериментально взаимосвязи режимов сборки, сборочных сил и моментов, на основе которых получены уравнения регрессии, позво-

ляющие анализировать влияние изменения указанных параметров на безотказность процесса автоматической сборки;

- доказано, что технологическая надежность автоматических сборочных операций может быть существенно повышена на основе применения силомоментного очувствления.

Соответствие содержания диссертации паспорту научной специальности

Диссертационная работа по поставленным цели, задачам исследования и содержанию полностью соответствует формуле научной специальности 2.5.6 – Технология машиностроения (данная специальность призвана разработать теорию технологического обеспечения и повышения качества изделий машиностроения с наименьшей себестоимостью их выпуска). Изучение связей (механических, физических, размерных, временных, информационных, экономических и организационных) осуществляется с целью совершенствования существующих и создания новых технологических процессов и методов обработки, и сборки изделий машиностроения требуемого качества с минимальными затратами труда, материальных и энергетических ресурсов). Область исследований соответствует п.3 паспорта – «Математическое моделирование технологических процессов и методов изготовления деталей и сборки изделий машиностроения», п. 8 паспорта – «Проблемы управления технологическими процессами в машиностроении».

Теоретическая значимость диссертационной работы

Теоретическая значимость диссертации заключается в построении математической модели процесса автоматической сборки нежестких цилиндрических деталей, определении их деформации и идентификации контактных состояний при применении алгоритма позиционно-силового управления.

Практическая значимость диссертационной работы

На основе результатов диссертационной работы разработаны практические рекомендации по назначению рациональных технологических режимов процесса автоматической сборки нежестких цилиндрических деталей, обеспечивающих исключение заклинивания собираемых деталей и значительное снижение сборочных сил.

Результаты диссертационного исследования используются в учебном процессе Московского политехнического университета при обучении студентов направления подготовки 15.04.01 «Машиностроение», профиль «Комплексные высокоэффективные технологии машиностроения» в форме лекций и практических работ по теме «Теоретические и технологические основы автоматической

сборки» и учебном процессе университета «Чан Дай Нгхиа», г. Хошимин (Вьетнам) при проведении лабораторных и практических занятий со студентами по направлению 7510201 «Машиностроение», специальность «Технология машиностроения».

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, обеспечивается достаточным объемом анализируемой информации по различным аспектам автоматической сборки нежестких цилиндрических деталей в машиностроении с использованием промышленных роботов, корректным использованием методов математического и компьютерного моделирования с помощью пакета прикладных программ MATLAB. Результаты теоретических исследований прошли экспериментальную проверку с применением современного оборудования, приборов и программного обеспечения.

Научные положения и выводы диссертации не противоречат основополагающим принципам технологии машиностроения.

Достоверность результатов работы

Достоверность выдвинутых автором диссертации научных положений, выводов и результатов подтверждается внутренней непротиворечивостью и соответствием положениям технологии машиностроения, корректным использованием методов теоретической механики, теории сопротивления материалов, основам технологии машиностроения, линейной алгебры и аналитической геометрии, вычислительной математики, теории планирования эксперимента, программной среде MATLAB и RobotStudio.

Выводы по работе (стр. 139) в целом отражают результаты научных исследований по теме диссертации.

Замечания по диссертационной работе

1. В работе не раскрыто функционирование алгоритма при неправильной классификации контактного состояния.

2. Не приведены сведения о влиянии массы деталей на результаты математического и физического моделирования.

3. Необходимо было определить величины допустимых линейных и угловых погрешностей, при которых возможна реализация предлагаемого метода.

4. Не указана величина погрешности силомоментного датчика Schunk IT AXIA 80, в связи с чем возникают некоторые сомнения в полученных экспериментальных результатах.

5. Не описана ситуация работы алгоритма при потере устойчивости детали.
6. Автор не раскрывает отличия явлений заклинивания и заедания.
7. Автор не аргументирует необходимость оценки погрешности формы деталей.

Высказанные замечания не являются значимыми, так как не затрагивают основных научных положений и практических результатов диссертации. Представленная на отзыв рукопись характеризуется полнотой изложения, название работы полностью соответствует ее содержанию. Автореферат отражает содержание диссертационной работы и позволяет сделать обоснованный вывод о качестве проведенных исследований и полученных новых научных результатах.

Заключение

Диссертация Нгуен Ван Линь на тему «Обеспечение технологической надежности автоматической сборки нежестких деталей на основе позиционно-силового управления» является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной задачи повышения технологической надежности автоматической сборки нежестких цилиндрических деталей путем исключения их заклинивания на основе применения силомоментного датчика, имеющей большое значение для развития знаний в области автоматической сборки цилиндрических сопряжений в машиностроении.

Поставленная цель исследования достигнута, задачи для её достижения решены. Работа выполнена на высоком научном и методическом уровне с использованием современных инструментальных средств и методик, а основные выводы достаточно обоснованы и подтверждены результатами теоретических и экспериментальных исследований. В целом, полученные результаты имеют научную новизну и практическую ценность. Личный вклад автора работы достаточно значим.

Диссертация в соответствии с п. 9-11, п. 13 и п. 14 Положения о присуждении ученых степеней содержит список работ, опубликованных автором по теме диссертации. Основные результаты исследований Нгуен Ван Линь опубликованы в 20 работах, из которых 9 статей опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 7 статей – в изданиях, включенных в базу данных Scopus. Имеется свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Результаты исследований, изложенные в диссертации, представлялись автором на международных и всероссийских научно-технических конференциях в 2022–2024 гг. Апробация работы представляется вполне достаточной.

Диссертационная работа, представленная Нгуен Ван Линь, по своему содержанию, объему, актуальности, научной и практической значимости полностью отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям и определенным п. 9 Положения о порядке присуждения учёных степеней, а ее автор – Нгуен Ван Линь – заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6 – Технология машиностроения.

Официальный оппонент, доктор технических наук, доцент, доцент кафедры «Промышленная автоматика и робототехника» ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», г. Тула
специальность: 2.5.21. Машины, агрегаты и технологические процессы

Пантюхина Елена Викторовна



Почтовый адрес: 300012, г. Тула, просп. Ленина, д. 92
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный университет».
Тел. :+7 919 077 87 96
E-mail: e.v.pant@mail.ru

Подпись д-ра техн. наук, доцента Е.В. Пантюхиной заверяю.

Ученый секретарь Ученого совета ТулГУ

Л.И. Лосева

