

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Нгуен Ван Линь  
на тему «Обеспечение технологической надежности автоматической сборки  
нежестких деталей на основе позиционно-силового управления»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 2.5.6 – «Технология машиностроения»

Основной проблемой при достижению высокого качества сборки, является недостаточная развитость теории и технологий автоматизации сборки. Ранее исследования обычно проводились с деталями, которые принимались за абсолютно жесткие. Однако в последние годы в различных механизмах машин все чаще используются нежесткие детали. Необходимость учитывать деформации таких деталей из-за их малой жесткости значительно усложняет процесс автоматической сборки. Также постоянное увеличение точности соединений представляет собой серьезную проблему в автоматической сборке. При автоматизации сборки нежестких цилиндрических соединений с минимальными зазорами могут возникать значительные силы трения, что приводит к заклиниванию.

Для повышения эффективности сборки разрабатываются различные методы снижения сборочных сил. Одним из наиболее перспективных направлений является расширение технологических возможностей роботизированной сборки, которое можно достичь через совместное использование силомоментного очувствления оборудования. Предлагаемый метод существенно повышает технологическую надежность процесса роботизированной сборки и может быть успешно применен при работе с нежесткими деталями с различными зазорами и материалами.

Научная новизна работы заключается в создании математической модели деформации нежестких цилиндрических деталей на этапах сопряжения, в разработке математической модели роботизированной сборки с использованием силомоментного датчика, а также в установлении взаимосвязей между контактными реакциями, параметрами сопряжений и сборочными силами. Кроме того, разработан алгоритм управления промышленным роботом для сборки нежестких цилиндрических деталей, интегрированный с системой

распознавания контактного состояния на основе машины опорных векторов и силомоментного датчика.

Практическая значимость работы состоит в создании экспериментальной установки для роботизированной сборки. Для проведения экспериментальных исследований промышленный робот был дооснащен силомоментным датчиком. В работе предложены рекомендации назначения рациональных технологических режимов роботизированной сборки и программное обеспечение позиционно-силового управления при автоматической сборке соединений типа «нежесткий вал- жесткая втулка».

Степень достоверности полученных результатов подтверждается результатами успешной апробации основных положений работы в рецензируемых научных изданиях, на международных и российских научных конференциях. Достоверность научных результатов обусловлена использованием теоретических основ технологии машиностроения, теории автоматической сборки, методов теоретической механики, теории сопротивления материалов, теории планирования эксперимента, а также использованием современного оборудования при проведении экспериментов.

По содержанию автореферата имеются следующие замечания:

1. С какой целью разработаны математические модели контактных состояний?
2. В алгоритме не пояснено по каким признакам выделяются этапы, какое условие проверяется при разветвлении алгоритма?
3. Непонятно как определялся коэффициент трения экспериментально и зачем это надо было делать?
4. Не приведены сведения о влиянии массы деталей на результаты математического и физического моделирования.

Сделанные замечания носят дискуссионный или уточняющий характер, не снижают научной и практической ценности и общей положительной оценки диссертационной работы.

Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли апробацию на научно-технических конференциях, опубликованы в 20 печатных работах.

Автореферат и опубликованные работы отражают основное содержание диссертации. Научная проблематика и содержание диссертации соответствуют паспорту научной специальности 2.5.6 – «Технология машиностроения».

Из рассмотрения автореферата следует, что диссертация соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г.), а ее автор – Нгуен Ван Линь заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6 «Технология машиностроения».

Заведующий кафедрой

«Технология машиностроения» ДГТУ,

д.т.н., проф.

М.А. Тамаркин

Тамаркин Михаил Аркадьевич, 344000, Россия, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1, тел. р. 2738-725, e-mail: [tehn\\_rostov@mail.ru](mailto:tehn_rostov@mail.ru), Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Донской государственной технической университет, заведующий кафедрой «Технология машиностроения», специальность 05.02.08 «Технология машиностроения».

Подпись М.А.Тамаркина

Ученый секретарь

Ученого совета

25.10.2024



Заверяю

Анисимов В.Н.

## **ОТЗЫВ**

на автореферат диссертации Нгуен Ван Линь  
на тему «Обеспечение технологической надежности автоматической сборки  
нежестких деталей на основе позиционно-силового управления»,  
представленной к защите на соискание ученой степени кандидата  
технических наук по специальности 2.5.6 – Технология машиностроения

Сборочные операции в значительной степени определяют качество готовых изделий, а автоматизация сборочных операций влияет на значения показателей экономичности и производительности машиностроительных производств. В современных механизмах и машинах зачастую используются нежесткие детали, что усложняет задачу автоматической сборки, так как необходимо учитывать возможные деформации таких деталей из-за их малой жесткости. В процессе роботизированной сборки также возникают погрешности в положении деталей, которые могут быть вызваны неточностью движений робота-манипулятора, геометрическими погрешностями деталей или погрешностями в технологической системе. Для корректировки этих погрешностей используются активная или пассивная адаптации, а также их комбинации, при этом теоретические основы роботизированной сборки с активной адаптацией пока не до конца разработаны. В то же время применение позиционно-силового управления промышленным роботом на основе силомоментного оучувствления позволяет исключить возможность заклинивания при наличии погрешностей в положении устанавливаемых нежестких деталей, поэтому тема диссертационного исследования является актуальной.

К научной новизне работы следует отнести:

- разработанную автором математическую модель процесса сборки нежестких цилиндрических деталей на основе расчета деформаций вала и идентификации выходных сигналов с использованием силомоментного датчика;
- разработанную автором математическую модель идентификации контактного состояния при автоматической сборке нежестких цилиндрических деталей на основе модели опорных векторов.

Практическая значимость исследования заключается в следующем:

- спроектирована, изготовлена и применена на практике экспериментальная установка для сборки нежестких деталей;
- разработаны и апробированы рекомендации по назначению технологических режимов установки нежестких валов;
- составлено и отлажено программное обеспечение для автоматической установки нежестких валов на основе позиционно-силового управления.

Автореферат обеспечивает возможность достаточно полно оценить содержание диссертации. Задачи и содержание диссертации согласуются с названием диссертации. Результаты и выводы сформулированы ясно и аргументированно. Результаты отражены в достаточном количестве публикаций, в том числе в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

В качестве замечания можно отметить следующее: из автореферата не ясно, с какой дискретностью и скоростью осуществляется на автомате пошаговое перемещение вала в ходе его установки, а также как влияет эта дискретность на скорость получения информации от датчиков и на скорость обработки этой информации для выработки управляющих воздействий.

Указанное замечание в целом не снижает высокий научно-практический уровень представленной работы.

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

Заведующий кафедрой машиностроительных технологий  
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана  
кандидат технических наук, доцент  
Евгений Николаевич Малышев  
28 октября 2024 г.

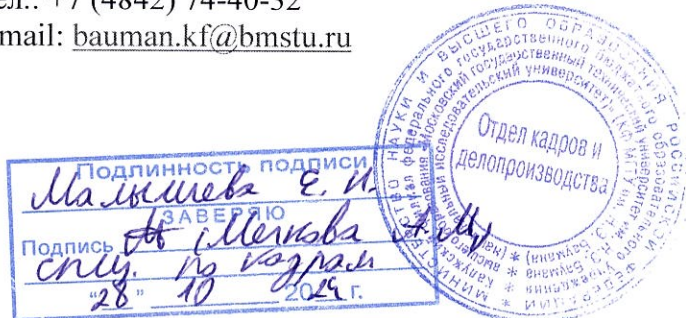
Сведения об организации:

Калужский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»  
(КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана)

248000, Калужская область, г. Калуга, ул. Университетский Городок, соор.1;

Тел.: +7 (4842) 74-40-32

e-mail: [bauman.kf@bmstu.ru](mailto:bauman.kf@bmstu.ru)



**Отзыв**  
**на автореферат по диссертации Нгуен Ван Линь**  
**на тему: «Обеспечение технологической надежности автоматической**  
**сборки нежестких деталей на основе позиционно-силового управления»,**  
**представленной на соискание ученой степени кандидата технических**  
**наук по специальности 2.5.6. Технология машиностроения**

Внедрение процессов роботизированной сборки требует изменения методических подходов к построению технологических процессов. Традиционный подход к проектированию автоматической сборки с монтажом деталей малой жесткости существенно усложняет решение задачи. Поэтому работа, направленная на исследование погрешностей от неточности движений робота-манипулятора, геометрических погрешностей деталей и погрешностей технологической системы в целом, решает актуальную научно-технологическую задачу.

Научная новизна работы состоит в разработке математической модели процесса сборки нежестких цилиндрических деталей и выявлении критериев заклинивания нежесткого цилиндрического вала в процессе сопряжения.

Практическая ценность работы состоит в создании программного обеспечения для автоматической сборки нежестких валов на основе позиционно-силового управления и экспериментальном доказательстве того, что активные адаптивные устройства, основанные на автоматическом управлении с обратной связью от силомоментных датчиков в состоянии решать задачи сборки нежестких элементов.

Результаты диссертационного исследования обсуждались на международных научно-технических конференциях и опубликованы в изданиях, включенных в перечень ВАК РФ, в журналах, индексируемых в базах данных Scopus.

Замечания:

Из автореферата неясно, как автор обосновал гипотезу, что на начальном этапе сборки при одноточечном контакте вала с втулкой, вал

можно рассматривать как консольно заземленный упругий стержень, рассматривались ли критерии потери устойчивости нежесткого стержня при монтаже.

Также неясно, сходимость теории и результатов главы 5 подтверждена только процентом заклинивания в табл.3 и 4 или имеется количественная оценка сходимости.

Несмотря на отмеченные недостатки, в целом выполненное диссертационное исследование содержит выводы и результаты, позволяющие квалифицировать их как решение научной задачи, имеющей значение для развития соответствующей отрасли знаний, соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (пп.9-11,13.14 «Положения о присуждении ученых степеней» утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013 г.), а его автор Нгуен Ван Линь заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6. Технология машиностроения.

Зверовщиков Александр Евгеньевич  
заведующий кафедрой «Технология и оборудование машиностроения»  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Пензенский государственный университет», доктор  
технических наук, профессор  
специальности 2.5.5.,2.5.6. (05.02.08, 05.02.07.)

Адрес: 440017, г. Пенза, ул. Красная, 40.

Тел.: (8412) 20-84-30.

Адрес электронной почты: azwer@mail.ru

Подпись Зверовщикова Александра Евгеньевича заверяю:  
Ученый секретарь ФГБОУ ВО  
«Пензенский государственный университет»,  
кандидат технических наук, доцент



О.С. Дорофеева

29.10.2024

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Нгуен Ван Линь, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук, на тему «Обеспечение технологической надежности автоматической сборки нежестких деталей на основе позиционно-силового управления» по специальности 2.5.6 – «Технология машиностроения»

*Актуальность работы.* Причиной погрешностей, возникающих в процессе роботизированной сборки, являются неточности движений робота-манипулятора, геометрические погрешности деталей и погрешности технологической системы. Корректирование осевых и угловых погрешностей положения деталей может быть достигнуто за счет активной и/или пассивной адаптации. Активная адаптация основана на управлении с обратной связью с применением силомоментных датчиков или технического зрения. Однако теоретические основы роботизированной сборки с активной адаптацией остаются недостаточно разработанными.

Возникновение в процессе роботизированной сборки заклинивания может быть обусловлено значительными силами трения скольжения, возникающими в местах контакта деталей при небольших зазорах, причем деформация нежестких деталей при роботизированной сборке усложняет проблему.

Применение алгоритма управления промышленным роботом на основе силомоментного оучувствления позволяет расширить технологические возможности роботизированной сборки. Применение позиционно-силового управления позволяет исключить возможность заклинивания при наличии погрешностей в положении деталей, что в свою очередь позволяет корректировать положение устанавливаемой детали и предотвращать заклинивание. Разработанный алгоритм существенно повышает технологическую надежность процесса роботизированной сборки.

Диссертационное исследование Нгуен Ван Линь направлено на решение научных и технических вопросов, связанных с обеспечением технологической надежности автоматической сборки нежестких деталей, а именно исключением заклиниваний на основе позиционно-силового управления.

Представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук работа является актуальной и востребованной для современного машиностроения и приборостроения.

*Научная новизна.* Анализ содержания автореферата диссертационной работы выявил основные положения научной новизны представленного исследования:

1. Разработана математическая модель определения величины деформации нежесткого вала на этапах сопряжения на основе идентификации выходных сигналов силомоментного датчика, на основании которой разработан алгоритм позиционно-силового управления при автоматической сборке нежестких деталей;

2. Разработаны математические модели, описывающие контактные состояния при сборке нежестких цилиндрических деталей. Созданный идентификатор положения деталей в процессе автоматической сборки позволяет определять положение нежестких цилиндрических деталей на основе анализа контактных реакций в зоне сопряжения.

*Практическая значимость работы* заключается в разработке рекомендаций по назначению технологических режимов сборки нежестких валов и созданию программного обеспечения для автоматической сборки нежестких валов на основе позиционно-силового управления.



*Достоверность научных результатов* обусловлена использованием методов теоретической механики, теории сопротивления материалов, технологии машиностроения, теории автоматической сборки, использованием современного оборудования при проведении эксперимента.

*Апробация работы.* Основные положения диссертационной работы Нгуен Ван Линь обсуждались на международных научно-технических конференциях и семинаре.

По теме диссертации опубликовано 20 статей в журналах, 9 входят в перечень ВАК, 7 статей в журналах, индексируемых в базах данных Scopus, 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Автореферат диссертации полностью соответствует основному содержанию диссертационной работы.

*Замечания по автореферату:*

1. Учитывает ли система управления автомата для сборки нежестких цилиндрических деталей ситуацию при состоявшемся (фактически произошедшем) заклинении в зоне сборки. Как будет обрабатывать данный случай автомат для сборки нежестких цилиндрических деталей.

2. В автореферате не указано, какие ограничения были приняты при проведении многофакторного эксперимента (ограничения, накладываемые непосредственно на факторы; ограничения, накладываемые на функциональные зависимости факторов).

*Заключение.* На основании вышесказанного, считаю, что диссертационная работа Нгуен Ван Линь выполнена на высоком уровне. Отмеченные выше замечания не снижают качество представленной диссертации.

Диссертационная работа на тему «Обеспечение технологической надежности автоматической сборки нежестких деталей на основе позиционно-силового управления» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, соответствующую Паспорту специальности 2.5.6 – «Технология машиностроения». Диссертация соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней утвержденного Постановлением правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г.), а ее автор Нгуен Ван Линь заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6 – «Технология машиностроения».

Заведующий кафедрой «Конструкторско-технологическая подготовка машиностроительных производств» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова» (ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова»), доктор технических наук, доцент. Специальность 05.02.13 – Машины, агрегаты и процессы (машиностроение)



05.11.2024

Шиляев  
Сергей  
Александрович

Почтовый адрес: 426069, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Студенческая, д. 7.  
Тел. (3412) 77-60-55, (3412) 58-53-58  
e-mail: info@istu.ru, shiljaev@istu.ru

Подпись С.А. Шиляева удостоверяю:  
Ученый секретарь ФГБОУ ВО  
«ИжГТУ имени М.Т. Калашникова»  
доктор педагогических наук, доцент



/ Э.Г. Крылов /

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (ПНИПУ)»

---

614990, Пермский край, г. Пермь,  
Комсомольский проспект, д.29,

тел. 8(342) 212-39-27,

факс 8(342) 219-80-67,

e-mail: rector(a)pstu.ru <http://www.pstu.ru>

Учёному секретарю  
диссертационного Совета 24.2.332.01 на  
базе ФГБОУ ВО "МГТУ"СТАНКИН"  
Сотовой Е.С.

---

127994, ГСП-4, г. Москва, Вадковский  
переулок, д.1

### ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Нгуен Ван Линя «Обеспечение технологической надежности автоматической сборки нежестких деталей на основе позиционно-силового управления» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6 – «Технология машиностроения»

Тема диссертации является безусловно актуальной для современного машиностроения. Трудоемкость сборочных работ может достигать 30-70% от общей трудоемкости изделия в зависимости от типа производства и отрасли. Сборка в технологическом процессе является обычно окончательной операцией, которая определяет качество изделия и значительно влияет на эффективность производства. В последние годы в сложных наукоемких машинах, типа авиадвигателей, для облегчения веса всё чаще применяют нежесткие детали, что усложняет автоматическую сборку из-за необходимости учитывать их деформации. Необходим учет погрешностей положения деталей, вызываемых неточностями движений робота-манипулятора и геометрическими ошибками. Влияние погрешностей можно снизить применением активной или пассивной адаптации. Однако теоретические основы активной адаптации при автоматической сборке пока недостаточно разработаны.

Разработка и применение позиционно-силового управления позволит идентифицировать взаимное положение деталей, а, следовательно, скорректировать положение устанавливаемой детали для исключения заклинивания. Созданный алгоритм позволяет значительно повысить технологическую надежность процесса автоматической сборки. В связи с этим диссертация Нгуен Ван Линя является весьма актуальной и практически значимой работой.

**Научная новизна** выносимых на защиту положений определяется:

- разработкой математических моделей контактных состояний нежестких деталей при автоматической сборке;
- созданием математической модели идентификации контактного состояния с использованием машины опорных векторов;
- разработкой алгоритма позиционно-силового управления при автоматической сборке на основе силомоментного оцувствления.

**Практическая ценность** результатов состоит в технологических рекомендациях выполнения операции и назначении рациональных технологических режимов, а также в разработке программного обеспечения позиционно-силового управления при

автоматической сборке соединений типа «нежесткий вал- жесткая втулка» с использованием силомоментного датчика.

Работа прошла широкую апробацию. По теме исследований опубликовано 20 статей в журналах, 9 из которых в журналах, рекомендованных ВАК, свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, 7 статей в журналах, индексируемых в наукометрической базе Scopus.

Замечания по автореферату:

1. Из автореферата остается неясным - какова может быть максимальная погрешность начального позиционирования, при которой обеспечивается сборка?
2. Остается неясным - какой из варьируемых параметров наиболее значимо влияет на протекание процесса соединения?
3. Что понимает автор под неправильной классификацией состояния?
4. К сожалению при анализе работ не рассмотрены работы проф. Дальского А.М. по сборке высокоточных машин и соединений с возможной деформацией сопрягаемых деталей, влияющих на погрешности сборки.

Несмотря на отмеченные замечания, в целом диссертация Нгуен Ван Линь представляет собой законченную квалификационную научно-исследовательскую работу, выполненную на высоком уровне.

Из рассмотрения автореферата следует, что диссертация соответствует требованиям, предъявляемым кандидатским диссертациям (пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г.), а ее автор – Нгуен Ван Линь заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6 «Технология машиностроения».

Макаров Владимир Фёдорович



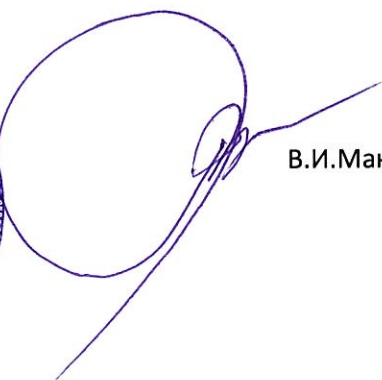
06.11.2024

Доктор технических наук, профессор ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», зам. заведующего кафедрой «Инновационные технологии машиностроения». Специальность 05.03.01 -Процессы механической и физико-технической обработки, станки и инструмент.  
Адрес: 614990, Россия, г. Пермь, Комсомольский пр., 29. Тел.: (342) 2198236, адрес электронной почты [makarow@pstu.ru](mailto:makarow@pstu.ru)

Подпись доктора технических наук,  
профессора Макарова В.Ф.

Заверяю:

Ученый секретарь Ученого совета ПНИПУ  
кандидат исторических наук, доцент



В.И.Макаревич.

В диссертационный совет  
24.2.332.01  
ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»»  
Ученому секретарю диссертационного совета  
Сотовой Е.С.  
127994, ГСП-4, г. Москва,  
Вадковский переулок, д. 1.

## О Т З Ы В

на автореферат диссертации **Нгуен Ван Линь** «Обеспечение технологической надежности автоматической сборки нежестких деталей на основе позиционно-силового управления», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6 – Технология машиностроения.

### **Актуальность диссертационной работы.**

Сборка является заключительным этапом производства и, следовательно, определяет качество изделий. Исследования собираемости при автоматической сборке обычно выполнялись на деталях, которые считались абсолютно жесткими. Однако в последние годы в различных машинах и механизмах используется все больше нежестких деталей. Необходимость учета деформаций детали, вследствие ее малой жесткости, существенно усложняет решение задачи автоматической сборки.

В процессе роботизированной сборки возникают осевые и угловые погрешности положения деталей. Причиной этих погрешностей являются неточности движений робота-манипулятора, геометрические погрешности деталей и погрешности технологической системы. Совмещение, необходимое для корректирования этих погрешностей, известное как относительная ориентация, может быть достигнуто за счет активной или пассивной адаптации, либо за счет их комбинации. Активная адаптация основана на управлении с обратной связью с применением силомоментных датчиков или технического зрения. Однако теоретические основы роботизированной сборки с активной адаптацией пока остаются недостаточно разработанными.

Возникновение заклинивания может быть обусловлено значительными силами трения скольжения, возникающими в местах контакта деталей при небольших зазорах, причем деформация нежестких деталей при роботизированной сборке усложняет проблему. Применение алгоритма управления промышленным роботом на основе силомоментного оцувствления является неотъемлемым элементом для расширения технологических возможностей роботизированной сборки. Применение позиционно-силового управления позволяет исключить возможность заклинивания при наличии погрешностей в положении деталей, что в свою очередь позволяет корректировать положение устанавливаемой детали и предотвращать заклинивание. Разработанный алгоритм существенно повышает технологическую надежность процесса роботизированной сборки.

**Объектом исследования** являются соединения нежестких цилиндрических валов с жесткими втулками в машиностроении.

**Научная новизна исследования** заключается в:

- 1) математических моделях процесса сборки нежестких цилиндрических деталей на основе расчета деформаций вала и идентификации выходных сигналов с использованием силомоментного датчика;
- 2) идентификаторе положения нежесткого цилиндрического вала в процессе сопряжения;
- 3) математической модели машины опорных векторов для определения текущего контактного состояния в процессе сборки;
- 4) алгоритме корректировки траектории нежесткого вала с использованием позиционно-силового управления;
- 5) экспериментальных взаимосвязях параметров процесса, сборочной силы и момента.

**Практическая значимость** заключается в:

- создании экспериментальной установки для сборки нежестких деталей;
- разработке рекомендаций по назначению технологических режимов сборки нежестких валов;
- созданию программного обеспечения для автоматической сборки нежестких валов на основе позиционно-силового управления.

**Достоверность и обоснованность научных результатов** обусловлена использованием методов теоретической механики, теории сопротивления материалов, технологии машиностроения, теории автоматической сборки, использованием современного оборудования при проведении эксперимента.

Основные положения диссертационной работы обсуждались на международных научно-технических конференциях и семинаре: Международный научный Симпозиуме «Фундаментальные основы физики, химии и механики наукоёмких технологических систем формообразования и сборки изделий», (тема доклада: Модель поведения нежесткой детали при роботизированной сборке) Сентябрь 2022 г.; Национальная научно-техническая конференция «Автоматизация: проблемы, идеи, решения (АПИР-27)», (тема доклада: Анализ методов идентификации положения нежесткого вала во втулке при роботизированной сборке) Ноябрь 2022 г.; Международная научно-техническая конференция «Пром-Инжиниринг» (тема доклада: Determination of the friction coefficient using a force torque sensor during the robotic assembly of a non-rigid shaft with a rigid sleeve) Май 2023 г.; Международная научно-техническая конференция «СМИС-2023. Технологии управления качеством», (тема доклада: Определение значений деформации нежестких валов при одноточечном контакте в условиях роботизированной сборки с использованием силомоментного датчика) Май 2023 г.; VIII международный научно-технический семинар «Современные технологии сборки», (тема доклада: Математическая модель значений деформации нежесткого вала при роботизированной сборке на основе активной адаптации) Октябрь 2023 г..

Достоверность также подтверждается корректным применением известных положений фундаментальных наук, использованием проверенных методов исследования, репрезентативных выборок экспериментальных данных, воспроизводимостью результатов производственного эксперимента, согласованности построенной математической модели с реальными данными эксперимента, проведенного с использованием современных лицензионных средств измерений и программного обеспечения.

Наряду с несомненными достоинствами, представленной в автореферате работы, хочется отметить следующие **замечания по автореферату**:

1) из автореферата не совсем понятно с какой частотой срабатывают разные этапы управления (этап 1, этап 2 и этап 3 на рис. 3 автореферата)? Как на это влияют параметры сборки и материал детали?

2) в автореферате не достаточно полно представлено описание планирования эксперимента (гл. 5), в частности, не приводятся план эксперимента, интервалы варьирования факторов, интерпретация параметров регрессии. Не ясно, где именно в процессе управления будут использованы полученные экспериментальные модели (30)-(33).

## Заключение.

Диссертация на тему «Обеспечение технологической надежности автоматической сборки нежестких деталей на основе позиционно-силового управления» является логически завершённой научной квалификационной работой, отвечающей требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (утверждено постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор **Нгуен Ван Линь** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6 – Технология машиностроения.

Заведующий кафедрой

«Технология машиностроения»,

ФГБОУ ВО «Брянский государственный

технический университет»,

канд. техн. наук, доцент



Польский

Евгений Александрович

Доцент кафедры

«Технология машиностроения»,

ФГБОУ ВО «Брянский государственный

технический университет»,

кандидат техн. наук



Филькин

Дмитрий Михайлович

241035. г. Брянск, бульвар 50 лет Октября, д. 7.

e-mail: polski.eugene@hotmail.com; тел.: +7 909-243-65-95

Наименование научной специальности, по которой защищена кандидатская диссертация: 05.02.08 – Технология машиностроения.



## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Нгуен Ван Линь**  
на тему «**Обеспечение технологической надежности автоматической сборки  
нежестких деталей на основе позиционно-силового управления**»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 2.5.6 – «Технология машиностроения»

Работа Нгуен Ван Линь посвящена актуальной, в современном производстве, теме – технологическому обеспечению надежности автоматической сборки нежестких деталей. В контексте автоматизации сборочных операций промышленный робот уверенно занимает лидирующие позиции среди перспективных технических средств автоматизации. На современном этапе автоматизации в различных механизмах машин все чаще используются нежесткие детали. Необходимость учитывать деформации таких деталей из-за их малой жесткости значительно усложняет процесс автоматической сборки.

Поставленная автором в исследовании цель (исключение заклинивания при использовании алгоритма, роботизированного на основе позиционно-силового управления в процессе сборки нежестких деталей) согласно результатам исследований достигнута. Полученные при выполнении исследований результаты позволяют избежать заклинивания нежестких деталей при автоматической сборке.

Автором диссертации построены модели определения величины деформации нежестких деталей на этапах сопряжения, создана математическая модель для идентификации положения нежесткой цилиндрической детали, установлены экспериментальные взаимосвязи контактных реакций, параметров сопряжений и сборочных сил, а также разработан алгоритм позиционно-силового управления с использованием силомоментного датчика.

По результатам эксперимента автором получены уравнения регрессии компонентов силы и момента, действующих на устанавливаемую деталь в процессе сборки.

По теме диссертации опубликовано 20 статей, из которых 9 в журналах, рекомендованных ВАК, 7 статей в журналах, индексируемых в базах данных Scopus. Получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Достоверность научных результатов обусловлена использованием современных теоретических основ технологии машиностроения, теории автоматической сборки, методов теоретической механики и теории сопротивления материалов, теории планирования эксперимента, а также использованием современного оборудования при проведении эксперимента.

Диссертация соответствует заявленной специальности 2.5.6 – Технология машиностроения.



По автореферату можно отметить следующие замечания:

1. Сведения о результатах диссертационного исследования, приведенные в автореферате диссертации, позволяют определить, что предложенный вариант автоматизации сборки пригоден для реализации соединения деталей с зазором. Однако, не указан интервал изменения зазора. Судя по рис.14, он изменяется от нуля до 0,14 мм. Так ли это? И возможна ли система сборки хотя бы с небольшим натягом?

2. Следовало бы уточнить название работы, т. к. «...обеспечение...надежности...» должно быть оценено показателями надежности. В работе надежность не оценивается. Более правильным было бы название диссертационной работы в следующем виде: «Технологическое обеспечение автоматической сборки .....» и далее по тексту.

3. В автореферате имеется достаточно много грамматических и орфографических ошибок, что затрудняет понимание некоторых определений.

4. Превышен объем содержания автореферата.

Указанные замечания не снижают научной и практической ценности работы.

В целом диссертационная работа соответствует требованиям п. 9-11, 13 и 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемых к кандидатским диссертациям. Автор работы, Нгуен Ван Линь, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6 – Технология машиностроения.

Профессор кафедры «Инновационное машиностроение»,  
ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный  
технический университет имени П. А. Соловьева»,  
доктор технических наук, профессор

Безъязычный  
Вячеслав Феоктистович

Дата подписания отзыва: « 11 » 11 2024 г.  
152934, Ярославская область, г. Рыбинск, ул. Пушкина, 53  
тел.: +7 (4855) 23-97-22; e-mail: [technology@rsatu.ru](mailto:technology@rsatu.ru)

Специальность, по которой защищена докторская диссертация: 05.02.08 – Технология машиностроения.

Подпись Безъязычного Вячеслава Феоктистовича заверяю:

Ученый секретарь Ученого совета Рыбинского  
государственного авиационного технического  
университета имени П.А. Соловьева,  
кандидат технических наук, доцент



Волков  
Сергей Александрович

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **НГУЕН ВАН ЛИНЬ**  
**«ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ  
СБОРКИ НЕЖЕСТКИХ ДЕТАЛЕЙ НА ОСНОВЕ ПОЗИЦИОННО-СИЛОВОГО  
УПРАВЛЕНИЯ»**, представленной на соискание ученой степени кандидата техниче-  
ских наук по специальности 2.5.6 – Технология машиностроения  
(технические науки)

В процессах сборки нежестких деталей возникают деформации, существенно усложняющие решение задачи автоматизации. Корректировка возникающих осевых и угловых погрешностей, известная как относительная ориентация, может быть достигнута за счет активной или пассивной адаптации, либо за счет их комбинации. Известно, что активная адаптация основана на управлении с обратной связью с применением силомоментных датчиков или технического зрения. Однако теоретические основы роботизированной сборки с активной адаптацией пока остаются недостаточно разработанными. Применение позиционно-силового управления позволяет исключить возможность заклинивания при наличии погрешностей в положении деталей, что в свою очередь позволяет корректировать положение устанавливаемой детали и предотвращать заклинивание. Поэтому работу **НГУЕН ВАН ЛИНЬ**, направленную на обеспечение технологической надежности операции роботизированной сборки нежестких цилиндрических деталей на основе обратной связи и алгоритма корректировки программных траекторий, следует считать актуальной.

Автором выполнен серьезный анализ научно-технической литературы, посвященной существующим научным подходам к вопросам автоматической и роботизированной сборки нежестких деталей и задачам повышения технологической надежности процесса автоматической сборки.

Это позволило сформулировать **цель и научные задачи работы.**

Автором самостоятельно получены **новые научные результаты:**

1. Математические модели процесса сборки нежестких цилиндрических деталей на основе расчета деформаций вала и идентификации выходных сигналов с использованием силомоментного датчика.
2. Идентификатор положения нежесткого цилиндрического вала в процессе сопряжения.
3. Математическая модель машины опорных векторов для определения текущего контактного состояния в процессе сборки.
4. Алгоритм корректировки траектории нежесткого вала с использованием позиционно-силового управления.
5. Экспериментальные взаимосвязи параметров процесса, сборочной силы и момента.

**Не вызывает сомнений практическая ценность работы, заключающаяся в:**

- создании экспериментальной установки для сборки нежестких деталей;
- разработке рекомендаций по назначению технологических режимов сборки нежестких валов;
- создании программного обеспечения для автоматической сборки нежестких валов на основе позиционно-силового управления.

**Работа прошла широкую апробацию.** Материалы диссертационного исследования неоднократно докладывались и обсуждались на международных и всероссийских конференциях и научных семинарах профильной кафедры.

Диссертация полностью соответствует паспорту научной специальности. Работа соответствует паспорту научной специальности 2.5.6 «Технология машиностроения»: п. 3 «Математическое моделирование технологических процессов и методов изготовления деталей и сборки изделий машиностроения»; п. 8 «Проблемы управления технологическими

процессами в машиностроении».

По теме диссертации опубликовано 20 статей в журналах, 9 входят в перечень ВАК, 7 статей в журналах, индексируемых в базах данных Scopus, 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, что подтверждает высокое качество проведенного исследования.

**К замечаниям по автореферату можно отнести:**

1. Предметом исследования является «Разработка операции ...», далее по тексту. Предмет – это разработка операции?
2. Следует пояснить, что такое «физический эксперимент».

Несмотря на отмеченные замечания, в целом выполненное диссертационное исследование отвечает п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г., а его автор **НГУЕН ВАН ЛИНЬ** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности по специальности 2.5.6 – **Технология машиностроения (технические науки)**.

Профессор кафедры технологии  
машиностроения Кузбасского государственного  
технического университета имени Т.Ф. Горбачева  
доктор технических наук

Блюменштейн Валерий Юрьевич,  
650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28, каб. 3109.  
E-mail: [Blumenstein@rambler.ru](mailto:Blumenstein@rambler.ru),  
тел. +7 (3842) 39-63-75; +7-903-941-27-18  
Специальность научных работников:  
05.02.08 – Технология машиностроения  
(технические науки)



В.Ю. Блюменштейн

Подпись Блюменштейн В.Ю.  
**ЗАВЕРЯЮ**  
участник секретарь совета  
М.М. Кооперер  
« 12 » 11 2024г.

В диссертационный совет Д 24.2.332.01  
на базе ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»  
127994, ГСП-4, г. Москва,  
Вадковский переулок, д.1

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Нгуен Ван Линь  
**«Обеспечение технологической надежности автоматической сборки  
нежестких деталей на основе позиционно-силового управления»**,  
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по  
специальности 2.5.6 - «Технология машиностроения»

Задачи обеспечения точности сборки соединений, а, следовательно, и качества изделий на заключительной стадии их изготовления, являются чрезвычайно важными для современного машиностроения. Особую значимость данные вопросы приобретают при автоматической сборке нежестких деталей. В связи с этим диссертационная работа Нгуен Ван Линь, посвященная обеспечению технологической надежности автоматической сборки цилиндрических соединений на основе использования алгоритма позиционно-силового управления сборочным роботом, является актуальной, представляет как научный, так и практический интерес.

Диссертация обладает научной новизной, которая включает:

- математические модели процесса сборки нежестких цилиндрических деталей на основе расчета деформаций вала и идентификации выходных сигналов;
- идентификатор положения нежесткого цилиндрического вала в процессе сопряжения;
- математическую модель машины опорных векторов для определения текущего контактного состояния в процессе сборки;
- алгоритм корректировки траектории нежесткого вала с использованием позиционно-силового управления;
- экспериментальные взаимосвязи параметров процесса, сборочной силы и момента.

Практическая ценность работы заключается в создании экспериментальной установки для сборки соединений с нежесткими деталями, разработке рекомендаций по назначению технологических режимов сборки нежестких валов, а также создании программного обеспечения для автоматической сборки нежестких валов на основе позиционно-силового управления.

Выносимые автором на защиту научные положения подтверждены результатами выполненных теоретических и экспериментальными исследованиями. Достоверность научных результатов, выводов и рекомендаций обоснована использованием современного оборудования и методов испытания,

подтверждается применением сертифицированных программ, хорошей сходимостью полученных результатов расчета и эксперимента.

Работа прошла должную апробацию. Основные положения диссертационной работы докладывались на международных научно-технических конференциях.

Материалы диссертации отражены в 20 научных трудах, из которых 9 опубликованы в рецензируемых научных изданиях, рекомендуемых ВАК Минобрнауки РФ, и 7 статей изданы в журналах, индексируемых в международной базе данных научного цитирования Scopus; автором получено свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.

По автореферату имеется замечание. На стр.14 автореферата отмечается, что сборочная сила зависит от глубины сопряжения деталей и коэффициента трения, при этом не уточняется, учитывались ли данные факторы при планировании и проведении экспериментальных исследований, условия и результаты которых представлены на стр. 18 –19.

Вместе с тем, данное замечание никак не снижает научную и практическую ценность диссертационной работы.

Диссертация «Обеспечение технологической надежности автоматической сборки нежестких деталей на основе позиционно-силового управления» соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г.), а ее автор – Нгуен Ван Линь, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6 – «Технология машиностроения».

Профессор кафедры горного оборудования, транспорта и машиностроения федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», профессор, д.т.н.

Мнацакянн Виктория Умедовна

Адрес организации: 119049, г. Москва, Ленинский проспект, дом 4, стр. 1  
тел.: +7(499) 230-94-40  
e-mail: mnatsakanyan.vu@misis.ru



Подпись Мнацакянн В. У.  
Веряю  
И.м. начальника  
Отдела кадров Кузнецова А.Е.  
« 19 » 11 2024. г.

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы **Нгуен Ван Линь**  
на тему: **«Обеспечение технологической надежности автоматической сборки нежестких деталей на основе позиционно-силового управления»**,  
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6 — «Технология машиностроения»

В настоящей работе предлагается техническое решение для повышения технологической надежности автоматической сборки нежестких деталей на основе применения силомоментного очувствления с целью устранения заклиниваний и снижения сборочных сил. Применение алгоритма управления промышленным роботом на основе силомоментного очувствления является неотъемлемым элементом расширения технологических возможностей процесса сопряжения. Комбинированное позиционно-силовое управление предотвращает заклинивание при возможных погрешностях положения деталей. Такой подход также помогает определять деформации и корректировать положение деталей, повышая технологическую надежность процесса. Технологическая надежность и производительность – важные научные и технические аспекты автоматизированной сборки. Исследования в этой области создают условия для повышения уровня автоматизации сборочных операций на промышленных предприятиях. Сборочные работы остаются малопродуктивными, трудоемкими и дорогостоящими, повышая стоимость выпускаемых изделий и снижая качество. Выполненное исследование по повышению технологической надежности процесса автоматической сборки является актуальным и своевременным.

Научную ценность имеют разработка математической модели контактных состояний нежестких деталей и создание математической модели деформации деталей на этапах сопряжения при роботизированной сборке и установление взаимосвязей контактных реакций, параметров сопряжений и сборочных сил. В

работе разработан алгоритм управления промышленным роботом на основе позиционно-силового управления с использованием силомоментного датчика.

Практическая значимость работы состоит в технологических рекомендациях выполнения операции и назначения рациональных технологических режимов. В работе приведена методика проведения моделирования технологических операций при роботизированной сборке нежестких цилиндрических деталей и процесса в целом на основе использования статистических методов планирования эксперимента с целью обоснования выбора рациональных технологических режимов процесса.

Результаты диссертационной работы, представленные на защиту, были апробированы на научно-технических конференциях и опубликованы в 20 печатных трудах, среди которых 9 статей размещены в ведущих рецензируемых журналах, входящих в список ВАК, а 7 статей – в журналах, которые включены в международную наукометрическую базу Scopus. Также имеется свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Проведенный анализ публикаций автора показал, что все основные результаты диссертационного исследования получены им лично.

Достоверность результатов исследований определяется тем, что полученные в работе теоретические результаты подтверждены экспериментально.

По содержанию автореферата имеются следующие замечания:

1. Из автореферата неясно, каким образом будет протекать процесс в случае увеличения массы собираемых деталей.

2. Не указана величина погрешности силомоментного датчика FTN-AXIA80 SI-500-20 EtherNet, в связи с чем возникают некоторые сомнения в точности полученных экспериментальных результатов.

Замечания к автореферату не снижают научно-практической значимости проведенных исследований.

Работа прошла широкую апробацию на научно-технических конференциях и семинарах.

Основные этапы работы, выводы и результаты представлены в автореферате и достаточно полно отражают суть исследований.

Из рассмотрения автореферата следует, что диссертация Нгуен Ван Линь соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г.), а ее автор – Нгуен Ван Линь заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6 — «Технология машиностроения».

Научный руководитель института  
металлургии и машиностроения  
кандидат технических наук  
доцент



Клауч Дмитрий Николаевич

20.11.2024

Адрес: 115088 г. Москва, ул. Шарикоподшипниковская, д. 4

тел: 8 (495) 675-85-03

E-mail: DNklauch@cniitmash.com

Подпись Клауча Д.Н заверяю.

Заместитель генерального  
Директора по управлению  
персоналом



Колосова Ольга Владимировна



## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Нгуен Ван Линь  
на тему: «Обеспечение технологической надежности автоматической сборки  
нежестких деталей на основе позиционно-силового управления»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 2.5.6 – «Технология машиностроения»

В диссертационной работе автор рассматривал важную и актуальную тему повышения технологической надежности процесса автоматической сборки нежестких цилиндрических деталей. Необходимость учитывать деформации таких деталей из-за их малой жесткости значительно усложняет процесс автоматической сборки. Для решения этой задачи автор использовал метод активной адаптации. Известно, что технологическая надежность автоматических сборочных операций может быть существенно повышена на основе применения силомоментного датчика. Это перспективное направление в контексте того, что использование устройств технического зрения может ухудшиться в нескольких ситуациях, таких как переменная освещенность, загрязненность помещений, препятствия манипулируемым деталям, ограничения скорости обработки и другие причины. Среди них выделяются еще не до конца исследованные методы активной адаптивной сборки на основе позиционно-силового управления. Следовательно, актуальна целесообразность разработки, исследования и внедрения методов повышения технологической надежности роботизированной сборки нежестких цилиндрических деталей на основе позиционно-силового управления с использованием силомоментного датчика.

Научная новизна работы состоит в исследовании создания алгоритма управления промышленным роботом на автоматическую сборочную операцию. Разработана математическая модель деформации нежестких цилиндрических деталей на этапах сопряжения. Разработана математическая модель, описывающая в квазистатической постановке на основе сил и моментов с силомоментного датчика.

Практическая значимость заключается в определении рекомендаций при назначении технологических режимов роботизированной сборки нежестких цилиндрических деталей, позволяющих проводить технологическую операцию без заклиниваний со снижением сборочных сил. В данной работе создана экспериментальная установка для роботизированной сборки с применением алгоритма на основе позиционно-силового управления с дооснащением промышленного робота силомоментным датчиком на выходном звене робота.

Достоверность результатов исследований определяется использованием теории автоматической сборки, методов теоретической механики, теории сопротивления материалов, теории планирования эксперимента, а также использованием современного оборудования при проведении эксперимента.

Основные результаты по теме диссертации изложены в 20 печатных работах, 9 из которых опубликованы в журналах, входящих в перечень изданий, рекомендованных ВАК, 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, 7 статей в изданиях, входящих в базы SCOPUS. Проведенный анализ публикаций автора показал, что все основные результаты диссертационного исследования получены им лично.

По содержанию автореферата имеются следующие замечания:

1. Непонятно, с какой целью разработаны математические модели контактных состояний;

2. Из автореферата неясно, как была построена диаграмма заклинивания;

3. Не раскрыты преимущества аппарата машины опорных векторов.

Вместе с тем, отмеченные недостатки не снижают ценности, научной новизны и практической значимости полученных автором диссертации результатов.

Представленная диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, в которой, на основании выполненных автором исследований, разработаны и изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие отечественного машиностроения, что соответствует критериям пунктов 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 2.5.6. - Технология машиностроения, а ее автор – Нгуен Ван Линь - заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Заведующий лабораторией теории модульной технологии,  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Института машиноведения им. А.А. Благонравова РАН  
д.т.н., профессор

Базров Борис Мухтарбекович

Подпись Б.М. Базрова заверяю:

*специально по поручению С.А. Седмкова & А.*

Почтовый адрес: Россия, 101000, г. Москва, Малый Харитоньевский пер., 4  
Контактный телефон: +7 (499) 135-55-21  
E-mail: modul\_lab@mail.ru



20.11.2024

В диссертационный совет 24.2.332.01  
на базе Ф ГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»  
127994, ГСП-4, г. Москва,  
Вадковский переулок, д. 1

## **ОТЗЫВ**

на автореферат диссертационной работы Нгуен Ван Линь  
на тему «Обеспечение технологической надежности автоматической сборки  
нежестких деталей на основе позиционно-силового управления»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 2.5.6 – «Технология машиностроения»

Основной проблемой при достижению высокого качества сборки, является недостаточная развитость теории и технологий автоматизации сборки. Ранее исследования обычно проводились с деталями, которые принимались за абсолютно жесткие. Однако в последние годы в различных механизмах машин все чаще используются нежесткие детали. Необходимость учитывать деформации таких деталей из-за их малой жесткости значительно усложняет процесс автоматической сборки. Также постоянное увеличение точности соединений представляет собой серьезную проблему в автоматической сборке. При автоматизации сборки нежестких цилиндрических соединений с минимальными зазорами могут возникать значительные силы трения, что приводит к заклиниванию.

Для повышения эффективности сборки разрабатываются различные методы снижения сборочных сил. Одним из наиболее перспективных направлений является расширение технологических возможностей роботизированной сборки, которое можно достичь через совместное использование силомоментного очувствления оборудования. Предлагаемый метод существенно повышает технологическую надежность процесса роботизированной сборки и может быть успешно применен при работе с нежесткими деталями с различными зазорами и материалами.

Научная новизна работы заключается в создании математической модели деформации нежестких цилиндрических деталей на этапах сопряжения, в разработке математической модели роботизированной сборки с использованием силомоментного датчика, а также в установлении взаимосвязей между контактными реакциями, параметрами сопряжений и сборочными силами. Кроме того, разработан алгоритм управления промышленным роботом для сборки нежестких цилиндрических деталей, интегрированный с системой распознавания контактного состояния на основе машины опорных векторов и силомоментного датчика.

Практическая значимость работы состоит в создании экспериментальной установки для роботизированной сборки. Для проведения экспериментальных исследований промышленный робот был дооснащен силомоментным датчиком. В работе предложены рекомендации назначения рациональных технологических режимов роботизированной сборки и программное обеспечение позиционно-силового управления при автоматической сборке соединений типа «нежесткий вал- жесткая втулка».

Степень достоверности полученных результатов подтверждается результатами успешной апробации основных положений работы в рецензируемых научных изданиях, на международных и российских научных конференциях. Достоверность научных результатов обусловлена использованием теоретических основ технологии машиностроения, теории автоматической сборки, методов теоретической механики, теории сопротивления материалов, теории планирования эксперимента, а также использованием современного оборудования при проведении экспериментов.

По содержанию автореферата имеются следующие замечания:

1. В автореферате не раскрыта методика построения диаграммы заклиниваний.
2. Не ясно с какой целью определялись условия раскрытия схвата?
3. Не раскрыты условия выбора факторов управления.

Сделанные замечания носят дискуссионный или уточняющий характер, не снижают научной и практической ценности и общей положительной оценки диссертационной работы.

Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли апробацию на научно-технических конференциях, опубликованы в 20 печатных работах.

Автореферат и опубликованные работы отражают основное содержание диссертации. Научная проблематика и содержание диссертации соответствуют паспорту научной специальности 2.5.6 – «Технология машиностроения».

Из рассмотрения автореферата следует, что диссертация соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г.), а ее автор – Нгуен Ван Линь заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6 «Технология машиностроения».

Генеральный директор  
кандидат технических наук,  
специальность 05.02.18  
«Теория механизмов и машин»



Морозов Дмитрий Александрович

ООО «Иновационные технологии металлообработки»

Адрес: 149910, Московская область, г. Балашиха, ул. Заречная, д.4а, кв.11

Тел.: +7 916 3366720

Адрес электронной почты: [dmitriy\\_am@mail.ru](mailto:dmitriy_am@mail.ru)