

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.332.01,**  
созданного на базе Федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования «Московский  
государственный технологический университет «СТАНКИН»  
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации,  
**ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ**  
**КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 17 декабря 2024 г. № 21

О присуждении Нгуен Ван Линь, гражданину Социалистической Республики Вьетнам, ученой степени **кандидата технических наук.**

Диссертация 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» принята к защите 10 октября 2024 г, протокол № 15, диссертационным советом 24.2.332.01, созданным на базе ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 127994, ГСП-4, г. Москва, Вадковский переулок, д. 3а, приказом от 01.04.2013 г. № 156/нк.

Соискатель Нгуен Ван Линь, 1989 года рождения, в 2019 году окончил Военно-техническую академию, г. Ханой, Министерства образования и обучения Социалистической республики Вьетнама по специальности «Технология машиностроения» с присвоением квалификации МАГИСТР.

С 2021 года по настоящее время соискатель Нгуен Ван Линь является аспирантом, обучающимся в очной аспирантуре по направлению 15.06.01 «Машиностроение» по профилю «Технология машиностроения» на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет» Минобрнауки России, г. Москва. Справка об обучении в аспирантуре с указанием сведений о

сдаче кандидатских экзаменов выдана в апреле 2024 года ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет».

Диссертация выполнена на кафедре «Технологии и оборудование машиностроения» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, г. Москва.

Научный руководитель – **Вартанов Михаил Владимирович**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Технологии и оборудование машиностроения» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, г. Москва.

Официальные оппоненты:

**Симаков Александр Леонидович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Приборостроение» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ковровская государственная технологическая академия имени В.А. Дегтярева», г. Ковров,

**Пантюхина Елена Викторовна**, доктор технических наук, доцент, доцент кафедры «Промышленная автоматика и робототехника» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тульский государственный университет», г. Тула,

дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** – федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, в своем положительном отзыве, подписанном Филиповичем Олегом Викторовичем, кандидатом технических наук, доцентом, доцентом кафедры «Приборостроение и транспорт», и Рошупкиным Станиславом Ивановичем, кандидатом технических наук, доцентом, заведующим кафедрой «Приборостроение и транспорт», и утвержденном Евстигнеевым Максимом Павловичем, доктором физико-математических наук, профессором, проректором по научной деятельности, указала, что диссертационная работа

Нгуена Вана 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 автоматической сборки нежестких деталей, внедрение которой в производство позволит повысить технологическую надежность процессов.

Диссертационная работа соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (пп. 9–11, 13, 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ № 842 от 24 сентября 2013 г.), а её автор, Нгуен Ван Линь, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6 – «Технология машиностроения».

Соискатель имеет 20 научных работ (общий объем – 177 с., авторских – 105 с.), из них 8 статей в журналах, рекомендованных ВАК РФ (общий объем – 88 с., авторских – 56 с.), 7 статей в журналах, индексируемых в наукометрических базах Scopus (общий объем – 54 с., авторских – 30 с.); получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ (общий объем – 12 с., авторских – 6 с.).

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Вартанов, М.В. Оценка эффективности стратегий поиска при роботизированной сборке/ М.В. Вартанов, **Нгуен Ван Линь**, Нгуен Ван Зунг // Журнал «Станкоинструмент». – 2022. – № 3(28). – С. 46–57.

2. Вартанов, М.В. Анализ условий заклинивания нежестких цилиндрических деталей при роботизированной сборке на основе применения силомоментного датчика / М.В. Вартанов, Е.А. Коган, **Нгуен Ван Линь** // Вестник МГТУ «СТАНКИН». – 2023. – № 4(67). – С. 80–92.

3. Вартанов, М.В. Анализ степени деформации нежестких цилиндрических деталей при роботизированной сборке с использованием силомоментного датчика / М.В. Вартанов, Е.А. Коган, **Нгуен Ван Линь** // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 3. – С. 3–9.

4. Вартанов, М.В. Диаграмма заклинивания нежестких цилиндрических деталей при роботизированной сборке на основе применения позиционно силового управления / М.В. Вартанов, Е.А. Коган, **Нгуен Ван Линь**, Дао Ван Луу // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 11. – С. 656–664.

5. Вартанов, М.В. Научноёмкие технологии в сборочном производстве / М.В. Вартанов, **Нгуен Ван Линь** // Научноёмкие технологии в машиностроении. – 2023. – № 10(148). – С. 39–48.

6. Вартанов, М.В. Распознавание состояний контакта нежестких цилиндрических деталей при роботизированной сборке на основе машины опорных векторов / М.В. Вартанов, **Нгуен Ван Линь** // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2024. – № 1. – С. 3–10.

7. **Нгуен Ван Линь**. Повышение технологической надежности роботизированной сборки цилиндрических нежестких деталей на основе разработки алгоритма управления роботом / **Нгуен Ван Линь** // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 2. – С. 451–459.

8. Вартанов, М.В. Адаптивное оборудование и технологическая оснастка для автоматической сборки / М.В. Вартанов, **Нгуен Ван Линь** // Научноёмкие технологии в машиностроении. – 2024. – № 6(156). – С. 36–48.

9. Vartanov, M.V. Determination of the Friction Coefficient Using a Force Torque Sensor During the Robotic Assembly of a Non-rigid Shaft with a Rigid Sleeve / M.V. Vartanov, **Van Linh Nguyen** // Proceedings of the 9th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2023). Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. – 2023. – P. 521–529.

10. Nguyen Van Dung. Identify the Position of the Shaft and Hole Using a Force-Torque Sensor in Three-Point Contact Assembly Operations / Van Dung Nguyen, M.V. Vartanov, **Van Linh Nguyen** // 2022 International Ural Conference on Electrical Power Engineering (UralCon). – 2022. – P. 295–300.

11. Vartanov, M.V. Mathematical Model of the Coupling Process of the “Shaft-Sleeve” Connection Using an Active Adaptation Tool for Three-Point Contact / M.V. Vartanov, Van Dung Nguyen, **Van Linh Nguyen** // Proceedings of the 8th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2022). Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. – 2022. – P. 674–683.

12. Kogan, E.A. Deformation of Flexible Parts in Robotic Assembly / E.A. Kogan, M.V. Vartanov, **Van Linh Nguyen** // Russian Engineering Research. – 2023. – V. 43(3). – P. 386–389.

13. Vartanov, M.V. Evaluating the Use of Support Vector Machine Models for Contact State Identification of Non-Rigid Cylindrical Parts During Robotic Assembly / M.V. Vartanov, **Van Linh Nguyen**, E.A. Kogan // 2024 International Russian Smart Industry Conference (SmartIndustryCon). – 2024. – P. 1–6.

14. Vartanov, M.V. Analysis of Deformability of Non-Rigid Cylindrical Parts during Robotic Assembly Using a Force Torque Sensor / M.V. Vartanov, E.A. Kogan, **Van Linh Nguyen** // 2024 International Russian Smart Industry Conference (SmartIndustryCon). – 2024. – P. 7–12.

15. Vartanov, M.V. Intelligent control algorithm for industrial robots when performing the assembly operation of cylindrical non-rigid parts / M.V. Vartanov, **Van Linh Nguyen**, E.A. Kogan, Van Luu Dao // Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering. – 2024. – V. 46(9). – Art. No 524.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» (г. Ростов-на-Дону). Отзыв подписал доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология машиностроения» Тамаркин Михаил Аркадьевич.

2. Калужский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (г. Калуга). Отзыв подписал кандидат

технических наук, доцент, заведующий кафедрой машиностроительных технологий Малышев Евгений Николаевич.

3. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный университет» (г. Пенза). Отзыв подписал доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология и оборудование машиностроения» Зверовщиков Александр Евгеньевич.

4. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова» (г. Ижевск). Отзыв подписал доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Конструкторско-технологическая подготовка машиностроительных производств» Шиляев Сергей Александрович.

5. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (г. Пермь). Отзыв подписал доктор технических наук, профессор, заместитель заведующего кафедрой «Инновационные технологии машиностроения» Макаров Владимир Федорович.

6. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Брянский государственный технический университет» (г. Брянск). Отзыв подписали кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Технология машиностроения» Польский Евгений Александрович и кандидат технических наук, доцент, доцент той же кафедры Филькин Дмитрий Михайлович.

7. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева» (г. Рыбинск). Отзыв подписал доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Инновационное машиностроение» Безъязычный Вячеслав Феоктистович.

8. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кузбасский государственный технический университет

имени Т.Ф. Горбачева» (г. Кемерово). Отзыв подписал доктор технических наук, профессор кафедры технологии машиностроения Блюменштейн Валерий Юрьевич.

9. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (г. Москва). Отзыв подписала доктор технических наук, профессор, профессор кафедры горного оборудования, транспорта и машиностроения Мнацаканян Виктория Умедовна.

10. Акционерное общество «Научно-производственное объединение «Центральный научно-исследовательский институт технологии машиностроения» (г. Москва). Отзыв подписал кандидат технических наук, доцент, научный руководитель института металлургии и машиностроения Клауч Дмитрий Николаевич.

11. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук (г. Москва). Отзыв подписал доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией теории модульной технологии Базров Борис Мухтарбекович.

12. Общество с ограниченной ответственностью «Инновационные технологии металлообработки» (г. Балашиха). Отзыв подписал кандидат технических наук, генеральный директор Морозов Дмитрий Александрович.

Все отзывы положительные, но имеются 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.

5. Из автореферата неясно, 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.

6. Из автореферата неясно, как автор обосновал гипотезу, что на начальном этапе сборки при одноточечном контакте вала с втулкой вал можно рассматривать как консольно защемленный упругий стержень, рассматривались ли критерии потери устойчивости нежесткого стержня при монтаже.

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

8. Учитывает ли система управления автомата для сборки нежестких цилиндрических деталей ситуацию при состоявшемся (фактически произошедшем) заклинивании в зоне сборки. Как будет отрабатывать данный случай автомат для сборки нежестких цилиндрических деталей?

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

10. Из автореферата остается неясным, какова может быть максимальная погрешность начального позиционирования, при которой обеспечивается сборка?

11. Остается неясным, какой из варьируемых параметров наиболее значимо влияет на протекание процесса соединения?

12. Что понимает автор под неправильной классификацией состояния?

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

14. В автореферате недостаточно полно представлено описание планирования эксперимента (гл. 5), в частности, не приводятся план эксперимента, интервалы



варьирования факторов, интерпретация параметров регрессии. Неясно, где именно в процессе управления будут использованы полученные экспериментальные модели (30)-(33).

15. 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? Возможна ли система сборки хотя бы с небольшим натягом?

16. 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.

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

18. Из автореферата неясно, как была построена диаграмма заклинивания.

19. Неясно, с какой целью определялись условия раскрытия схвата?

Остальные замечания связаны либо с неточностью формулировок, либо носят редакционный или рекомендательный характер и будут учтены в дальнейшей работе (ПНИПУ, РГАТУ имени П.А. Соловьёва, КузГТУ, АО «НПО «ЦНИИТМАШ», ИМАШ РАН, ООО «Инновационные технологии металлообработки»).

Выбор официальных оппонентов обосновывается их высоким профессионализмом в области технологии машиностроения и автоматической сборки, научных публикаций в данном направлении исследований, а ведущей организации – способностью оценить научную новизну и практическую ценность диссертации.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**разработана** совокупность математических моделей контактных состояний при автоматической сборке нежесткого вала и жесткой втулки, которые аналитически описывают процесс сопряжения в квазистатической постановке на основе оценки силомоментным датчиком сил и моментов из зоны сопряжения,

**предложены** технические и технологические решения, направленные на повышение уровня технологической надежности автоматической сборки путем исключения заклиниваний нежестких цилиндрических деталей на основе применения позиционно-силового управления,

**доказано** расширение области сборки без заклиниваний нежестких деталей на основе результатов проведенных экспериментов с оценкой вероятности заклиниваний при жестком базировании собираемых деталей и при использовании позиционно-силового управления.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

**применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован** метод преобразования однородных координат для оценки текущего положения устанавливаемой нежесткой цилиндрической детали по информации о силах и моментах с силомоментного датчика;

**изложены** результаты математического моделирования процесса в условиях варьирования скорости перемещения, зазора в соединении, толщины стенки вала и модуля упругости материала вала;

**раскрыты** с помощью физических экспериментов взаимосвязи режимов сборки, контактных реакций и физико-механических свойств деталей, на основе которых получены уравнения регрессии, позволяющие анализировать влияние изменения варьируемых параметров на технологическую надежность операции автоматической сборки нежестких деталей;

**изучено** влияние варьируемых параметров (скорость перемещения робота; зазор в соединении; толщина стенки вала; модуль упругости вала) на составляющие сборочной силы и момента в процессе сборки;

**проведена модернизация** экспериментальной установки за счет дооснащения её силомоментным датчиком с целью изучения сборочных сил и моментов в зоне сопряжения.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**

**разработаны и внедрены** результаты диссертационного исследования в учебный процесс Московского политехнического университета для подготовки магистрантов по направлению 15.04.01 «Машиностроение», профиль «Комплексные высокоэффективные технологии машиностроения» и учебный процесс университета «Чан Дай Нгхиа», г. Хошимин (Вьетнам), при проведении лабораторных и практических занятий со студентами по направлению 7510201 «Машиностроение» специальность «Технология машиностроения»;

**определены** рациональные технологические режимы сборки с использованием моделей этапов сборки, при которых полностью исключается вероятность заклинивания и значительно снижаются сборочные силы и моменты;

**создана** экспериментальная установка для автоматической сборки с применением алгоритма позиционно-силового управления с дооснащением промышленного робота силомоментным датчиком на выходном звене робота;

**представлены** практические рекомендации по назначению рациональных технологических режимов процесса автоматической сборки нежестких цилиндрических деталей в области технологически эффективных зон, что обеспечит исключение заклинивания собираемых деталей и значительное снижение сборочных сил и моментов.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**для экспериментальных работ** использовано современное оборудование и сертифицированные средства измерения, имеющие действующие свидетельства о поверке, а результаты исследований воспроизводимы при различных технологических режимах;

**теория** построена на известных научных положениях технологии машиностроения, теории сопротивления материалов, теоретической и

аналитической механики, линейной алгебры и аналитической геометрии, вычислительной математики, теории планирования эксперимента, программной среды MATLAB и RobotStudio;

**идея базируется** на том, что автоматические сборочные системы, дооснащенные средствами активной адаптации, обеспечивают технологическую надежность операции в сравнении со сборкой без коррекции программных траекторий;

**использованы** методы теории планирования многофакторного эксперимента и статистической обработки экспериментальных данных при проведении экспериментальных исследований;

**установлено** качественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике.

**Личный вклад соискателя состоит** в формулировании цели и задач исследования, в выборе и обосновании использованных методов и средств исследования, в проведении аналитического обзора научно-технической информации по теме исследования в отечественной и зарубежной литературе, в построении математических моделей процесса сопряжения в квазистатической постановке, в разработке математической модели деформации нежестких цилиндрических деталей на этапах сопряжения, в построении математической модели идентификации контактного состояния при автоматической сборке нежестких цилиндрических деталей на основе машины опорных векторов, проведении математического моделирования процесса роботизированной сборки, в создании установки и проведении физического эксперимента, определении зон надежного протекания роботизированной сборки, в непосредственном участии в проведении экспериментальных исследований, формулировке выводов и положений, выносимых на защиту, а также апробации теоретических и практических исследований и подготовке публикаций по выполненной работе.

В ходе защиты диссертации не были высказаны существенные критические замечания.

Соискатель Нгуен Ван Линь ответил на заданные ему в ходе заседания вопросы, привел собственную аргументацию.

На заседании 17 декабря 2024 года диссертационный совет принял решение за новые научно-обоснованные технические, технологические решения и разработки, направленные на повышение технологической надежности автоматической сборки нежестких цилиндрических деталей типа «нежесткий вал – жёсткая втулка» на основе существенного снижения сил и моментов за счет корректировки программных траекторий с использованием позиционно-силового управления, что имеет существенное значение для развития соответствующей отрасли, присудить Нгуен Ван Линь ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 8 докторов наук по специальности 2.5.6, участвовавших в заседании, из 29 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: «за» – 20, «против» – 0, «недействительных бюллетеней» – 0.

Председатель  
диссертационного совета

Сергей Николаевич Григорьев

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Екатерина Сергеевна Сотова

«17» декабря 2024 г.

