



Российский университет  
дружбы народов (РУДН)

ул. Миклухо-Маклая, д. 6, Москва, Россия, 117198  
ОГРН 1027739189323; ОКПО 02066463; ИНН 7728073720

Телефон: +7495 434 53 00, факс: +7495 433 15 11  
[www.rudn.ru](http://www.rudn.ru); [rudn@rudn.ru](mailto:rudn@rudn.ru)

07 декабрь 2017  
№ 00-32 /1142

Утверждаю  
Первый проректор -  
проректор по научной работе  
ФГАОУ ВО РУДН  
Кираев Н.С.  
2017

## ОТЗЫВ

ведущей организации Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов» на диссертационную работу Абу Махфуз Ахмад Аталлах Салема «Модели и алгоритмы управления технологическим роботом автоматизированного комплекса гидроабразивной резки нефтепроводов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.05 – «Роботы, мехатроника и робототехнические системы»

### Актуальность темы исследований

Актуальность темы диссертации определяется востребованностью применения процесса гидроабразивной резки, в частности - в области эксплуатации нефтепроводов и нефтехранилищ. Периодически возникает необходимость очистки резервуаров нефтехранилищ и труб нефтепроводов, врезки труб, инспекции состояния. Это требует вырезания полостей больших размеров и сложной формы. Горючие отложения на внутренних поверхностях не допускают применения для их резки методов, сопровождающихся пламенем и искрой, таких как абразивная резка и резка

металлическим инструментом, электро- и газорезка, лазерная резка. Здесь весьма эффективно применение процесса гидроабразивной резки, реализуемого с помощью автоматизированного мехатронного/робототехнического технологического комплекса. Комплекс состоит из транспортной системы с расположенным на ней технологическим роботом и силовой энергетической установкой гидроабразивной резки. При построении системы управления технологическим роботом необходимо учитывать факторы недетерминированности, подлежащие парированию: неточность выхода мобильного робота в заданную точку, неопределенность расположения труб нефтепровода относительно технологического робота и не идеальность поверхности резания (деформации, отложения загрязнения, сварные швы и др.).

Таким образом, в связи с необходимостью решения задач управления технологическим роботом автоматизированного технологического комплекса гидроабразивной резки нефтепроводов в этих условиях, диссертацию Абу Махфуз Ахмад Аталах Салема «Модели и алгоритмы управления технологическим роботом автоматизированного комплекса гидроабразивной резки нефтепроводов» можно квалифицировать как научную работу, в которой содержится решение актуальной задачи мехатронными и робототехническими методами.

### **Новизна исследований, их результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

В диссертационной работе получены следующие наиболее значимые научные результаты:

- обоснована и предложена кинематическая схема технологического робота, с использованием измерительной системы в виде дифференциальной вилки;
- предложен обобщенный алгоритм управления мобильным технологическим роботом, основанный на частных составляющих, определяющих особенности выполнения процесса резания на всех его стадиях;
- разработан алгоритм согласования осей и систем координат объекта резания (трубы) и технологического робота;

- введен комплексный показатель перпендикулярности оси струи к поверхности резания и расстояния до нее и разработан алгоритм его стабилизации при движении по технологической траектории;
- разработаны математические и компьютерные модели ТР и задатчиков движения рабочих траекторий. Проведено компьютерное моделирование и исследованы алгоритмы межкоординатной коррекции, основанной на представлении многокоординатной системы в виде вложенных контуров.

### **Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций**

Достоверность и обоснованность научных положений и результатов работы подтверждается проведенными исследованиями, а также теоретической базой работы, основанной на фундаментальных работах ведущих отечественных и зарубежных ученых в области мехатроники, робототехники, теории и систем автоматического управления.

### **Значимость для науки и производства полученных автором результатов**

Научная значимость полученных результатов заключается в предложении обобщенного алгоритма управления, основанного на частных составляющих алгоритмов, определяющих особенности выполнения роботом процесса гидорезания на всех его стадиях и проведении исследований алгоритмов межкоординатной коррекции, основанной на представлении многокоординатной системы в виде вложенных контуров, а также в разработке математических и компьютерных моделей для исследования процессов управления технологическим роботом.

Практическая значимость заключается в повышении эффективности автоматизированного комплекса гидроабразивной резки трубопроводов и нефтехранилищ нефтепроводов для выполнения ремонтных и профилактических работ за счет разработки моделей и алгоритмов управления технологическим роботом в условиях не полной определенности расположения труб нефтепроводов и не идеальности поверхности резания, обусловленной деформациями, сварными швами, загрязнениями и др. Значимость по-

лученных результатов работы подтверждается актом их использования в ООО «ГРОТ», одной из ведущих организаций по гидроабразивной резке в РФ.

В настоящее время теоретические материалы диссертации используются в учебном процессе по направлению подготовки «Мехатроника и робототехника» во Владимирском государственном университете им. А.Г. и Н.Г. Столетовых.

**Рекомендации по использованию результатов и выводов  
диссертационной работы**

Результаты диссертационной работы Абу Махфуз Ахмад Аталлах Салема рекомендуются к использованию в научно-исследовательских и проектно-конструкторских организациях при решении задач автоматизации и роботизации процесса гидорезания нефтепроводов и нефтехранилищ, а также иных горючих и взрывоопасных объектов и предметов и, в том числе: ООО «Грот», АО ВНИИ «Сигнал», АО «Ковровский электромеханический завод» и др.

**Рекомендации по использованию результатов диссертации  
в учебных курсах**

Результаты диссертационной работы, а именно: анализ кинематики технологического робота, алгоритмы управления технологическим роботом в условиях неопределенности расположения объекта и неидеальности его рабочей поверхности, а также математические и компьютерные модели целесообразно использовать в учебных курсах по направлению «Мехатроника и робототехника».

**Замечания по диссертации**

По представленной диссертации Абу Махфуз Ахмад Аталлах Салема могут быть сделаны следующие замечания:

1. Проверка числа степеней при помощи Сомова-Малышева (стр. 32) не является необходимой, т.к. в работе рассматривается 6-степенной робот с последовательной кинематикой (стр. 31).

2. Применение аппарата углов Эйлера для процесса согласования осей (стр. 53) накладывает определенные рамки – необходимость задания четкой последовательности «обхода углов». Вероятно более универсальным, в данном случае, было бы применение аппарата кватернионов.

3. На рисунке 5.25 (стр.117) графики ошибок положения исполнительных приводов манипулятора приведены одним цветом. В силу многократного пересечения и наложения линий затрудняется понимание графиков в целом.

4. В работе имеются незначительные недостатки редакционного характера, а изложение материала порой стилистически не корректно.

### **Заключение по диссертации**

Рассмотрение диссертации и знакомство с научными публикациями автора позволяет сформулировать следующие выводы:

1. Диссертация Абу Махфуз Ахмад Аталлах Салема «Модели и алгоритмы управления технологическим роботом автоматизированного комплекса гидроабразивной резки нефтепроводов» представляет собой законченную научно-исследовательскую работу. Работа содержит в себе научно обоснованные технические решения задач роботизации процесса гидроабразивной резки, что имеет существенное значение для соответствующей сферы, и соответствует, на наш взгляд, пункту 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней».

2. Диссертация написана Абу Махфуз Ахмад Аталлах Салемом самостоятельно, обладает внутренним единством, а также содержит новые научные результаты и положения, которые свидетельствуют о личном вкладе соискателя в науку, что соответствует пункту 10 «Положения о порядке присуждения ученых степеней».

3. Основные научные положения исследования опубликованы соискателем в семи печатных работах в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ, а также в шестнадцати работах в прочих научно-технических изданиях, что соответствует пунктам 11 и 13 «Положения о порядке присуждения ученых степеней».

4. Область исследования и совокупность рассмотренных вопросов соответствует специальности 05.02.05 – «Роботы, мехатроника и робототехнические системы».

Таким образом, диссертационная работа отвечает требованиям, предъявляемым ВАК РФ, а её автор Абу Махфуз Ахмад Аталах Салем заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.02.05 – «Роботы, мехатроника и робототехнические системы».

Отзыв рассмотрен, обсужден и одобрен на заседании секции управления и мехатроники департамента механики и мехатроники инженерной академии ФГАОУ ВО РУДН 6 декабря 2017 года, протокол № 4.

Председатель секции управления и мехатроники департамента механики и мехатроники

Дивеев А.И.

Профессор департамента механики и мехатроники, д.т.н., профессор

Пупков К.А.

Директор департамента механики и мехатроники, директор инженерной академии, д.т.н., профессор



Разумный Ю.Н.