

Отзыв официального оппонента

о диссертационной работе Абу Махфуз Ахмад Аталах Салем «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

В диссертации А. Махфуз рассматриваются актуальные задачи создания нового перспективного автоматизированного комплекса гидроабразивной резки трубопроводов и нефтехранилищ для выполнения ремонтных и профилактических работ, разработки моделей и алгоритмов управления технологическим роботом в условиях неполной информации о расположении нефтепровода и поверхности резания.

В работе поставлены и решены задачи роботизации процесса гидроабразивной резки трубопроводов, разработки математической модели движения многозвенного манипулятора и алгоритмов управления движением робота для гидроабразивной резки металла по криволинейной траектории, изменяющейся из-за особенностей объектов резания.

Научная новизна работы А. Махфуз связана с получением обоснованной кинематической схемы робота, с разработкой математических моделей движения, алгоритмов управления и согласования осей и систем координат объекта резания и технологического робота. Проведенное компьютерное моделирование процессов резания на всех его стадиях показало адекватность разработанных математических моделей и точность алгоритмов управления роботом при движении рабочего органа резания по криволинейным корректируемым траекториям.

Практическая значимость работы А. Махфуз состоит в повышении эффективности и безопасности процесса гидроабразивной резки металлов трубопроводов и нефтехранилищ. Результаты работы используются в реальном секторе экономики при создании технологических роботов гидроабразивной резки объектов нефтепроводов и нефтехранилищ, а также внедрены в учебном процессе подготовки специалистов по направлению «Мехатроника и робототехника».

По результатам диссертационной работы подана заявка на патент, опубликовано 24 работы, в т.ч. 7 статей в журналах из перечня ВАК, 2 статьи в международных изданиях. По результатам работы подготовлено 14 докладов на международных конференциях.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложения. Объем работы составляет 145 стр., в т. ч. 9 табл., 100 рис., список литературы включает 103 наименований, процитированных в основном тексте работы.

В первой главе проведен анализ объектов резания – труб нефтепроводов и резервуаров нефтехранилищ и процесса гидроабразивной резки, как объекта роботизации, определена структура автоматизированного комплекса гидроабразивной резки и ее особенности и сформулированы задачи управления.

Во второй главе обоснована кинематическая схема робота, имеющая 6 обобщенных координат. Построены рабочие зоны робота и рассчитаны конструкторские параметры робота в программном комплексе SolidWorks. Предложено на выходном звене манипулятора установить два симметрично расположенных индуктивных датчика расстояния до поверхности резания, образующие вместе с объектом контроля дифференциальную схему измерений нормали к поверхности и контроля перемещений.

В третьей главе разработаны алгоритмы адаптивного управления технологическим роботом на основе декомпозиции и позиционно-силового управления с использованием метода оценочной функции. Предложенная межкоординатная коррекция на основе принципа вложенных контуров позволяет парировать отклонения фактического контура поверхности резания трубы от расчетного.

В четвертой главе разработаны математические и компьютерные модели технологического робота для исследования динамики робота и точности алгоритмов межкоординатной коррекции при вырезании типовых профилей в условиях возмущений из-за малой неопределенности профиля. На основе решения прямой и обратной задач кинематики определены программные и корректируемые управляющие воздействия для координатных приводов для заданной траектории движения.

При моделировании использовались модели приводов с двигателями постоянного тока определенной мощности для каждой степени подвижности с учетом уравновешенности звеньев, малости динамического взаимовлияния звеньев и реакции струи гидроабразивной резки. Малые возмущения парируются постоянной составляющей, формируемой в контуре тока электропривода робота.

В пятой главе проведено математическое моделирование процессов управления движением робота и выполнен анализ движений по технологическим траекториям, как при идеальной форме поверхности резания, так и при ее отклонении. Проведенные исследования показали эффективность введения межкоординатной коррекции для повышения точности перемещения рабочего органа при движении по типовым траекториям при наличии малых возмущений поверхности резания.

В заключении приведены основные результаты, полученные в диссертации. Необходимо отметить на комплексный характер работы А. Махфуз, позволяющий в сжатые сроки получить новые теоретические и прикладные результаты, направленные на решение важной народнохозяйственной задачи роботизации технологических процессов гидроабразивной резки.

Предложенная конструктивная схема, математические модели движения и программный комплекс управления робототехнической системы для автоматической диагностики и выполнения операций гидроабразивной резки имеет высокий потенциал для внедрения, что подтверждается поданной заявкой на патент и актами о внедрении.

Следует отметить ряд замечаний по работе:

1. При формировании матрицы перехода из базовой системы координат в систему координат рабочего органа предложено применить углы Эйлера, однако не обсуждаются особые случаи, при которых становится невозможным оценить углы Эйлера по приведенным в тексте формулам.

2. По результатам математического моделирования получены недостаточного гладкие зависимости от времени управляющих сигналов в сочленениях робота, имеющие вид всплесков на рис. 5.26 – зависимостей моментов в приводах манипулятора от времени. Как следствие этого возникают значительные ошибки при дви-

жении звеньев робота и рабочего органа по технологической траектории. Анализ полученных результатов и траекторных ошибок проведен недостаточно подробно. Возможно, указанные погрешности связаны с замечанием об особых случаях вырождения выбранной схемы углов Эйлера.

3. Также имеется ряд редакционных замечаний по тексту диссертации и по терминам, применяемым в работе. Отмечено неполное соответствие обозначений осей систем координат в тексте и на рисунках.

Сделанные замечания не мешают дать высокую оценку работе Абу Махфуз Ахмад Аталаха Салем. В работе предложены новые схемотехнические решения и алгоритмы управления новым перспективным робототехническим комплексом гидроабразивной резки для применения в нефтегазовой отрасли.

Следует отметить, что в работе Абу Махфуз Ахмад Аталах Салем проводятся не только теоретические исследования динамики робота, но и получен значительный материал по математическому моделированию испытаний робота в условиях, близких к реальным, при наличии погрешностей формы обрабатываемого конструкционного материала. Это отражает не только научную, но и высокую практическую значимость диссертации.

Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Все основные результаты работы опубликованы. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Диссертация отвечает требованиям Положения ВАК о порядке присуждения ученых степеней, а ее автор Абу Махфуз Ахмад Аталах Салем заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.05 – Роботы, мехатроника и робототехнические системы.

Официальный оппонент

заведующий кафедрой робототехники, мехатроники, динамики и прочности машин
ФГОУ ВО «НИУ «МЭИ», доктор технических наук И.В.Меркуров

И.В.Меркуьев

Адрес: 111250, г. Москва,
ул. Красноказарменная, дом 14,
НИУ «МЭИ»,
тел. 8(495)-362-77-19,
e-mail: merkuryeviv@ya.ru



3

**ЗАМЕСТИТЕЛЬ НАЧАЛЬНИКА
УПРАВЛЕНИЯ ПО РАБОТЕ С ПЕРСОНАЛОМ**

Л.И.ПОЛЕ
14.12.2011