

Технология управления движением
робототехнических систем с учетом
желаемых сил взаимодействия с внешней
средой или объектом манипулирования



Мотивация разработки новой технологии

Возможность использования робота манипулятора при автоматизации операции на производстве определяется различными характеристиками, но следующие являются критическими

1. может ли робот обеспечить ТОЧНОСТЬ прохода рабочего инструмента, требуемого в операции

2. может ли робот обеспечить УПРАВЛЕНИЕ СИЛОЙ при контакте рабочего инструмента с поверхностью или объектом, если такой нажим, захват, удержание требуются по сценарию

Не соответствие спецификаций исключает использование устройства вне зависимости от его стоимости

Мотивация разработки новой технологии

Важно! большинство многофункциональных манипуляторов не позволяют обрабатывать заданное по сценарию движение с точностью менее 1 мм.

Важно! примеры использования многофункциональных манипуляторов в контактных операциях (сверление, сборка, полировка) единичны. Стоимость таких рабочих ячеек многократно превосходит стоимость оборудования

Такое состояние технологий на рынке подтверждается:

- технической документацией, пресс-релизами ведущих производителей робототехнического оборудования (ABB Robotics, KUKA, Fanuc)
- независимыми сравнительными тестами оборудования, проведенными компаниями с целью использования манипуляторов при автоматизации производств (Airbus, Nikon, Boeing, Electroimpact и др.)



HEPHESTOS

Hard Material Small-Batch Industrial Machining Robot



The HEPHESTOS project is funded by European Community's Seventh Framework Programme (FP7/2007-2013) Project FP7-ICT-314739

Project Start: September 2012
 Duration: 38 months
 EU Grand ID: FP7-ICT-314739
 Coordinator: Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.



© HEPHESTOS 2014
www.hephestosproject.eu

Попытки решить задачу за счет подбора комплектующих не увенчалась успехом.



Objective

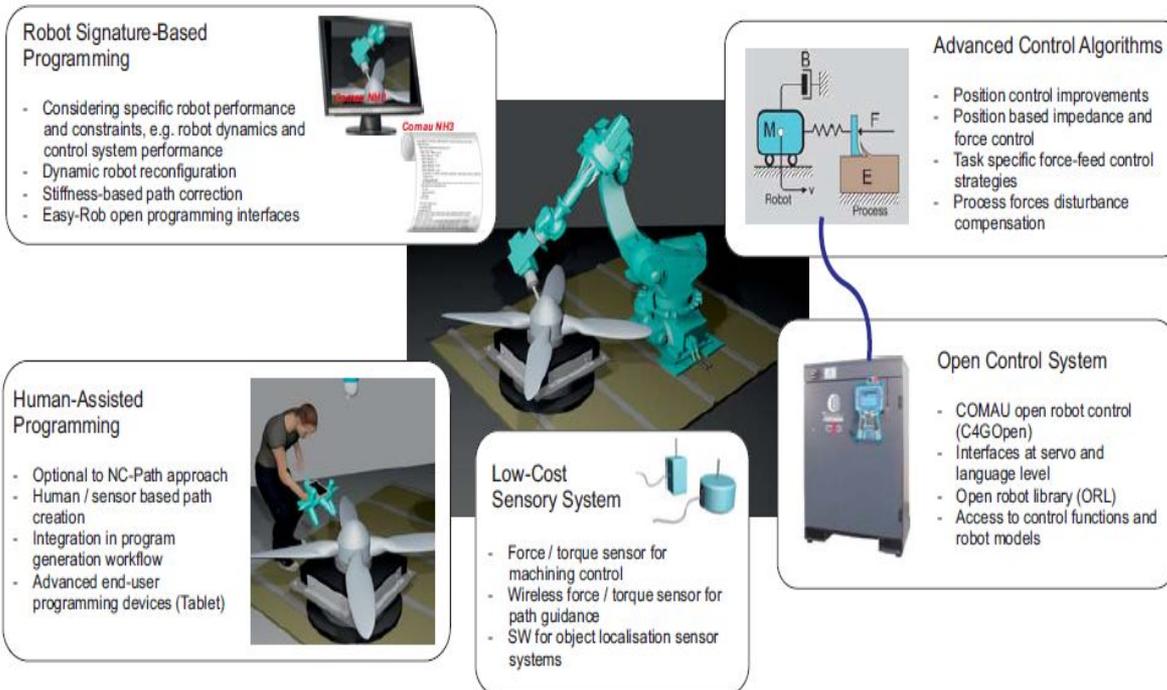
The main objective of the HEPHESTOS project is to develop novel technologies for the robotic hard material removal that will provide standard industrial robots with advanced techniques in machining planning, programming and real-time control.

Approach

- Use of conventional low cost robotics system and affordable sensing technology.
- Combine specific machining processes to achieve performance and product quality.
- Extensive use of modelling and advanced model-based control.
- Use of open integration environment for planning, programming and control

Expected Results

- SW Libraries for planning, programming and robot control.
- Low-cost sensor systems for machining and human integrated task programming.
- Integrated demonstration systems of flexible robotic machining cells.
- Cost-efficient solution in robot machining for small-batch production.



Какие задачи требуют новых решений?

При всей близости конструктивных решений, производители робототехнического оборудования отличаются ПО. А именно

- планировщиками движений по сценарию работы устройства
- системами управления роботом, для отработки найденных траектории

Важно!

- большинство современных планировщиков движения для робототехнических комплексов организованы на базе следующей идеи: результирующая траектория формируется из элементарных кусков с последующим сглаживанием мест их соединений.
- присутствие динамических ограничений не позволяет разбивать движение на элементарные и требуются новые подходы. А пока на рынке отсутствует ПО позволяющее планировать движения, где по сценарию требуется, например, учет сил взаимодействия (между схватом и объектом) и учет динамики объекта манипулирования (если объект может перемещаться в руке или обладает внутренней степенью свободы).
- системы управления не могут обеспечить точность, требуемую для выполнения роботом контактных операций

Команда предлагает новые решения

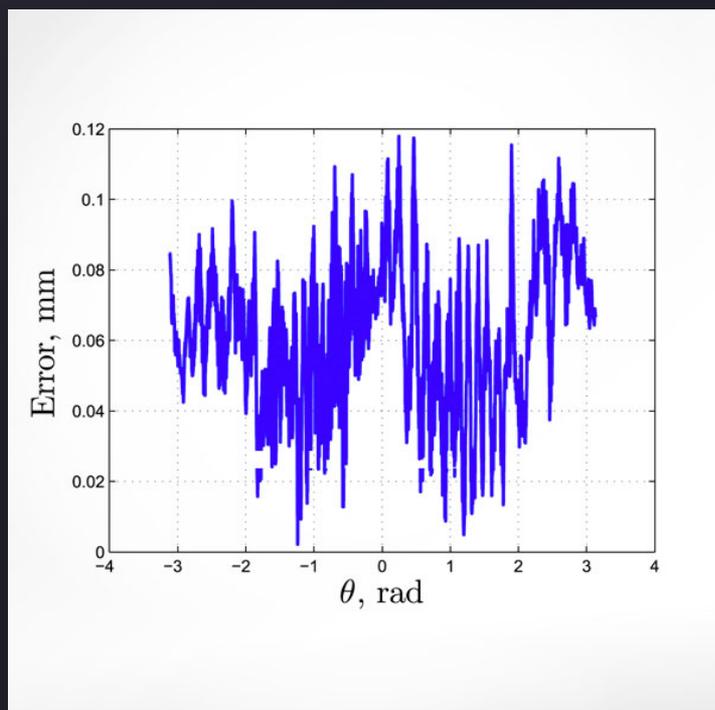
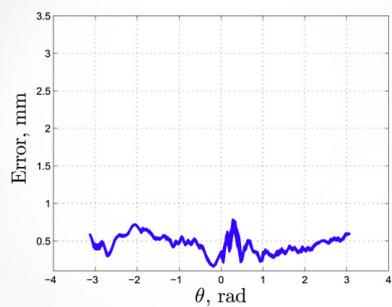
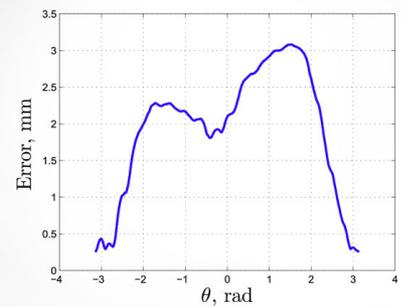
Компания разработала оригинальные идеи (know-how) учета ограничений при поиске, компактном представлении движений и их стабилизации. В частности, получены

- Новый метод поиска и представления вынужденных движений, совместимых с динамическими ограничениями
- Новый метод управления движением с учетом динамических ограничений
- Новые численные методы определения обратной связи

Отличительными достоинствами подхода являются возможности

- увеличения в разы точности регулирования ухода от номинального движения, что позволит обеспечить использование роботов в таких новых приложениях как первичная обработка металлов, сборка из материалов разной жесткости
- оптимизация работы устройства по времени и энергетическим затратам, что сформирует новый сервис по оптимизации затрат робототехнических ячеек на производстве.

В обоих случаях рынок новых услуг глобальный.

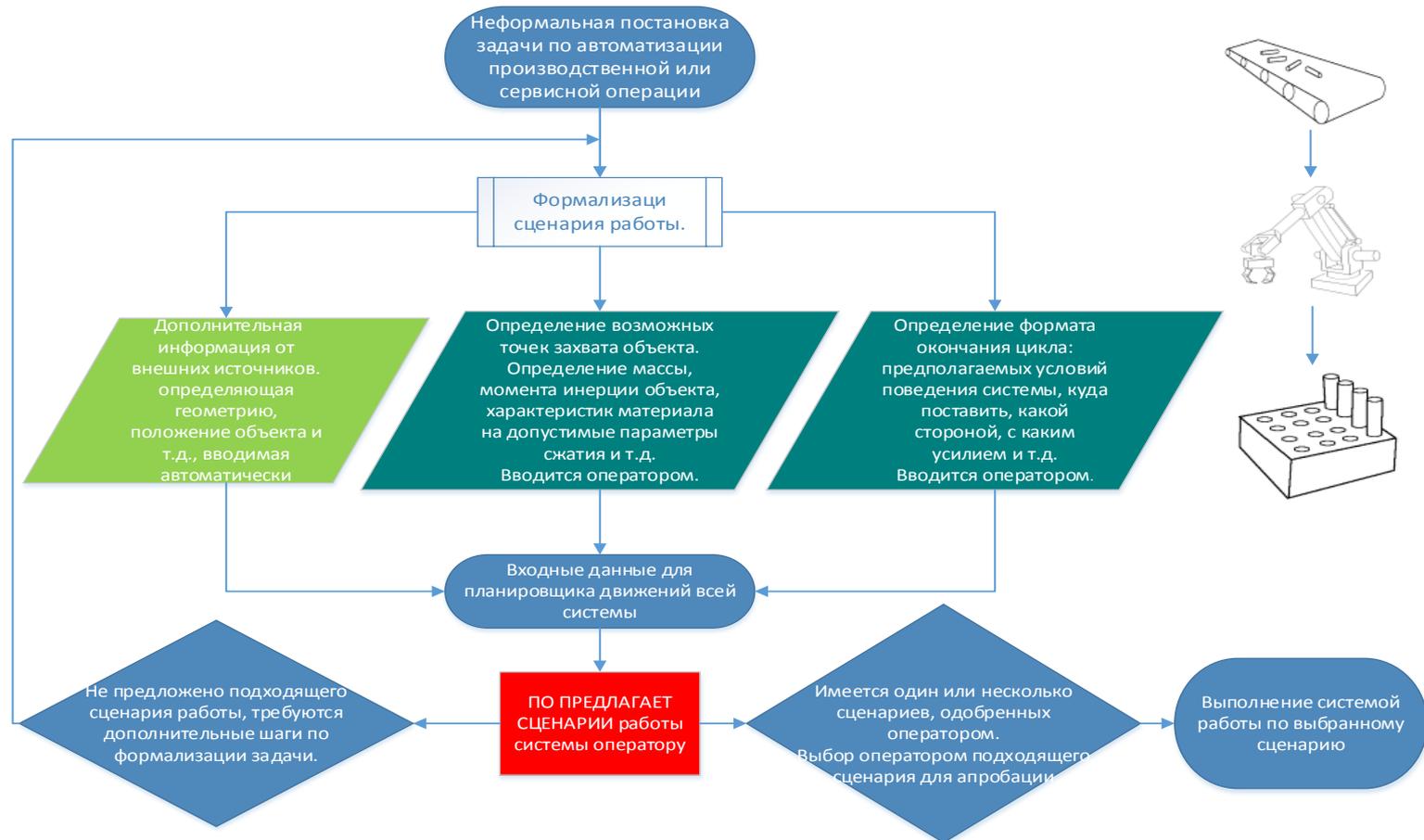


РОБОТИЗИРОВАННАЯ ЯЧЕЙКА ДЛЯ
РАЗМЕРНОЙ ПОЛИРОВКИ ТУРБИНЫХ
ЛОПАТОК

Области применения технологии

- Технология позволит использовать многофункциональные роботы манипуляторы при автоматизации ручного труда в контактных и бесконтактных операциях
 - при сборочных, разборочных и крепежных работах;
 - при первичной обработке отливок как из податливых так и упругих материалов;
 - при обработке крупногабаритных деталей.
- Технология даст возможность просчета и конструирования роботов со специальными заранее заданными и уникальными возможностями и характеристиками;
- Технология позволит определить и проанализировать функциональные возможности имеющегося робототехнического оборудования при его использовании в новых операциях или модификации условий работы.

Пример использования know-how: создание библиотек движения и управление манипуляционными работами для коммерческих схватов



РЫНОК

- Мировой рынок оборудования, автоматизации, инсталляционных и сервисных услуг в робототехнике растет уверенными темпами, достигнув US\$35 миллиардов в 2016 г.
- При этом новые (emerging) технологии выстраивают заново экономически обоснованные области применения роботов в тех секторах производства и сервисных услуг, где операции на текущий момент выполнялись вручную.
- Доля заказов на ПО, поддержку и интеграционные работы в робототехнике достигает 80%, и лишь пятая часть затрат непосредственно тратится на оборудование.
- Лишь 15% операций автоматизировано на рынке промышленного производства США. В основном это бесконтактные операции, такие как сварка, покраска на автосборочных линиях, где стоимость настройки и обслуживания роботов покрывается за счет объемов работ.
- Операции, где требуется точность менее 1 мм или требуется учет взаимодействия с внешней средой или объектом манипулирования выполняются в ручную или на специализированных устройствах, созданных под одну операцию.

Потенциальные потребители приложений проекта

- производители робототехнического оборудования (ABB Robotics, KUKA, FANUC, Schunk, Robotiq, Nachi, Motorman);
- сборочные предприятия в электронной и электротехнической промышленности;
- компании-разработчики беспилотных транспортных средств
- компании (включая средние и малые предприятия), занимающиеся металлообработкой и отливкой изделий;
- системные интеграторы (более 1000 компаний по всему миру)
- МЧС и МО
- Образовательные и исследовательские учреждения.

Конкуренция

- Большинство коммерческого ПО (например, разработки KineoCam(Siemens)) применимо лишь для формирования медленных бесконтактных движений в приложениях, где можно упрощать сценарий работы робота и допускать уход по точности при появлении сил взаимодействия
- Интегрированные ПО (ABB Robotics FC RobotWare for Machining and Assembly) производителя оборудования по стоимости сравнимы с роботом, приводят к медленным движениям, не гарантируют одновременную точность регулирования движением менее 1 мм и отслеживание переменного профиля сил в контакте, и потому не применимы для автоматизации во многих приложениях
- Интегрированное ПО (Adaptive Robot Control on ABB, Nikon) разработанное под одну операцию (автоматическое сверление податливой дюралюминиевой поверхности в авиапромышленности) предполагает взамен датчика по силе наличие и использование внешнего высокоточного позиционера (~0.05-0.2 мм TCP). Стоимость решения (~300 KEuro) и недостатки системы управления (средний уход в эксперименте ~0.2 мм TCP) не позволяют использовать know-how в других приложениях.

Развитие проекта

- 2005 год - сформулирован новый принцип поиска и планирования вынужденных движений управляемых механических систем при динамических ограничениях
- 2007 год - изобретен новый способ синтеза обратной связи для высокоточного управления движением
- 2007-2012 годы - проделаны изыскательские работы по реализации метода и разработке тестовых версий ПО для определения движений по сценарию как подсистем, узлов мехатронного комплекса, так и робота в целом
- 2007-2012 годы - проделаны изыскательские работы по численным методам реализации тестовых версий ПО для определения регуляторов по сценарию как подсистем, узлов мехатронного комплекса, так и робота в целом
- 2007 -2013 годы - проведены серии тестовых экспериментов по высокоточному управлению движением простейших роботов в бесконтактных операциях
- 2015 год - подготовлен и продемонстрирован мехатронный комплекс (Робот «Бабочка», ICRA-2015, Сиэтл, США), иллюстрирующий работу последнего звена руки робота с объектом манипулирования при неудерживающей связи.
- 2016 год – прототип технологии продемонстрирован на выставке AUTOMATICA 2016 (июль, Мюнхен, Германия)
- 2017 год – опубликованы результаты экспериментов на промышленных манипуляторах. Демонстрация прототипа технологии на IFAC 2017 (июль, Тулуза, Франция)

Команда



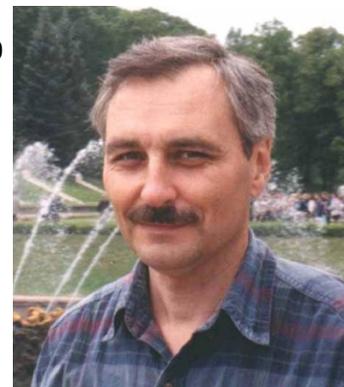
Усатов-Ширяев Роман Станиславович
генеральный директор



Ширяев Антон Станиславович
Научный консультант. Автор более 140
печатных работ по теории управления
механическими системами.



Фрейдович Леонид Борисович
Научный консультант. Автор более 70
печатных работ по управлению
нелинейными системами, анализу
нелинейных систем, управлению
роботами, робототехнике,
управлению неполноприводными
механическими системами,
планированию движений в ведущих
международных журналах и трудах
конференций в области теории
управления и робототехники



Гусев Сергей Владимирович
Научный консультант. Автор более 80
печатных работ по теории управления и
обработки сигналов, математической
теории систем, управлению
механическими системами, автор мат.
обеспечения для первого
отечественного робота с искусственным
интеллектом,



Контакты

- ГК Роботикум
- Санкт-Петербург
- www.robotics-spb.ru
- E-mail:
r.usatov-shiriaev@robotics-spb.ru
- Тел: +7 921 403-9712