

**ПРОБЛЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

© 2019 Н. А. Коростелева

*Открытое акционерное общество «Воронежский завод полупроводниковых приборов-сборка» (г. Воронеж, Россия)*

*Статья посвящена рассмотрению особенностей моделирования роботов. Приведены примеры актуальных задач в данной области.*

*Ключевые слова: робот, моделирование, кинематика, управление.*

Задачи, связанные с исследованиями особенностей динамики в движениях мобильных роботов [1] и проведением построения моделей, связанных с управлением ими, являются весьма актуальными.

Это обусловлено тем, что возрастают требования по тому, какая точность функционирования подобных систем. Важно составлять схемы управления, которые будут вести к гладким динамическим движениям, учитывать влияние податливости колесных механизмов на движение робототехнических механизмов.

В существующих условиях мобильные робототехнические механизмы являются весьма распространенными.

Их применяют в условиях исследовательских организаций, ведутся работы по созданию и модернизации на разных производственных компаниях, чтобы обеспечить практические решения широкого круга соответствующих задач [2, 3]. Например, переносятся тяжелые объекты, обеспечивается исполнение задач, когда сложные условия, осуществляется информационный поиск. Могут быть включены комплексы образовательных программ, проведены соревнования. С точки зрения обычного применения людей роботы могут быть использованы как в быту, так и в играх. Но, даже если мы говорим о серьезных научных исследованиях, нельзя говорить о том, что возможности их управления полным образом исследованы.

Объяснить это можно тем, что есть разные схемы кинематического формирования аппаратуры, условия при которых перемещается робот весьма разные. Еще требуется учитывать то, каким образом соотносятся строгие математические модели [4, 5] и ре-

альные параметры движений. Какая кинематика роботов – определяет большое число общепринятых подходов по управлению колесными механическими системами. Могут возникать динамические разрывы на базе полученных при этом решений [6]. Это может, например, относиться к угловым скоростям колесных конструкций механической системы.

Многими авторами указывается, что большое число применяемых на практике аппаратов характеризуется упругими колесными системами. Могут рассматриваться аппараты с колесами, имеющими малую и значительную упругость. Тогда говорят о колесах с низким давлением. Такие системы могут применяться в планетоходах ил вездеходах. Еще их применяют и в конструкциях, предназначенных для осуществления движений по твердым поверхностям. В некоторых странах можно увидеть, что развиваются колесные аппараты, характеризующиеся повышенной проходимостью, чтобы были перемещения и исполнялись работ в лесных условиях. Для космических исследований весьма актуальными можно считать вопросы, относящиеся к разработкам перспективных, более эффективных, типов планетоходов, чтобы осуществлять разработки по планетам. Для того, чтобы исследовать схемы управления подобными аппаратами требуется, чтобы были учтены характеристики упругости колесных систем. Тогда, например, можно разработать численную параметризованную модель упругих колес и соответствующих систем.

Исследователями было продемонстрировано, что для шагающих роботов характерной является относительно сложная конструкция, весьма низка скорость перемещения. Но, при этом высоки энергозатраты. Хотя робототехнические системы могут преодолевать препятствия, осуществлять

---

Коростелева Наталья Александровна – Открытое акционерное общество «Воронежский завод полупроводниковых приборов-сборка», специалист, kor671steler@yandex.ru.

движения по грунтам, имеющим низкий коэффициент трения. Грунты могут быть рыхлыми, движение идет в песке, пыли и др. Колесные мобильные робототехнические системы имеют отличия от шагающих роботов. У них простая конструкция и весьма высокая скорость, хотя при этом низкие энергозатраты. Но движение их может осуществляться лишь по поверхностям, которые не будут иметь существенные препятствия. При движениях по песку или на мягких поверхностях они будут застревать. Некоторые исследователи пытались создавать комбинированные робототехнические системы, в которых будет сочетание некоторых достоинств шагающих механизмов и колесных конструкций внутри одних конструкций. Большей частью, подобные робототехнические системы будут представлять собой шагающие механизмы. На их концах ног устанавливаются колесные системы. Подобные конструкции могут функционировать в виде шагающих машин или колесных машин. Это определяется видами поверхностей, по которым будет идти движение робота. Важно понимать, что подобные механизмы будут характеризоваться еще большей сложностью конструкций и систем управления, если сравнивать с традиционными шагающими машинами.

Кинематическая схема является нелинейной, что характерно для большого числа робототехнических систем. Тогда можно говорить о разных максимальных значениях скоростей и ускорений. Понятно, что полным образом вытянутые «руки» робототехнических систем будут способны к удержанию нагрузок, которые меньше, если сравнивать со случаями, когда они будут согнуты.

Исходя из вышесказанного, можно говорить об актуальных задачах, например, таких.

1. Проведение планирования расположения роботов. Требуется осуществлять совмещение зон, в которых робот обслуживается [7, 8] и того рабочего пространства, внутри которого осуществляется выполнение соответствующей операции. К любому требуемому положению при необходимости ориентации должны быть доставлены требуемые инструменты или другие объекты.

2. Осуществление планирования того, как идут перемещения. Важно, чтобы траектория перемещения объектов была выбрана. Это относится и к рабочим инструментам. Требуется отслеживать соответствие требо-

ваниям технологических процессов, и возможностей робототехнических систем. Необходимо учитывать и характеристики траекторий движения, а также законы, по которым изменяются скорости и ускорения объектов.

3. Осуществление планирования механических сил и моментов сил. Соответствующие процессы должны быть согласованными с требованиями возможностей роботов. Оказывают влияние и энергетические характеристики [9, 10].

4. Осуществление анализа по характеристикам динамической точности. Чтобы решение подобной задачи было достигнуто, может потребоваться, чтобы была учтена динамика робототехнических систем. Это связано с тем, что точность движений по траекториям определяется развиваемыми скоростями. Когда весьма большие значения скоростей, тогда значения точностей, определяющих перемещение по траекториям, могут быть весьма неудовлетворительными. Также, процессы программирования робототехнических систем без учета их динамических характеристик могут вести к тому, что появится эффект, относящийся к перекрестным связям. Будет взаимное динамическое влияние по звеньям в манипуляторах. Это ведет к несоответствию движения объектов указанным законам. Проведение анализа особенностей такого влияния особенно важно для робототехнических систем, которые способны к развитию значительных скоростей. Еще интерес представляют исследования для робототехнических систем при больших грузоподъемностях, при этом динамические эффекты связаны с большими массами компонентов конструкции.

Проводить решение указанных задач можно за счет того, что осуществляется предварительный анализ. Его цель заключается в том, что определяются требования к промышленным роботам, которые выполняют соответствующие циклы рабочих операций. Проведенный анализ дает возможности для рекомендаций по тому, чтобы сделать выбор одного из действующих роботов. Также может быть сделано техническое задание, чтобы разработать специализированный образец.

5. Проведение идентификации по кинематическим и динамическим характеристикам систем роботов. Есть проблемы, в которых нет достаточной точности в определении характеристик систем с точки зрения практического применения. Должны быть

обеспечены требуемые характеристики радиоуправляющих устройств [11, 12]. Некоторые характеристики, применяемые при решении динамических задач, вообще являются неизвестными. Поэтому по каждому промышленным системам, которые будут устанавливаться на производственных предприятиях, требуется проводить решение задачи, связанной с идентификацией.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Андраханов, С. В. Учебно-исследовательская САПР мехатронно-модульных роботов / С. В. Андраханов, Я. Е. Львович, А. П. Преображенский // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2013. – Т. 9. – № 3-1. – С. 24-27.
2. Львович, Я. Е. Принятие решений в экспертно-виртуальной среде / Я. Е. Львович, И. Я. Львович. – Воронеж, Издательство «Научная книга». – 2010. – 139 с.
3. Чопоров, О. Н. Методы анализа значимости показателей при классификационном и прогностическом моделировании / О. Н. Чопоров, А. Н. Чупеев, С. Ю. Брегеда // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2008. – Т. 4. – № 9. – С. 92-94.
4. Львович, Я. Е. Многоальтернативная оптимизация: теория и приложения / Я. Е. Львович. – Воронеж, Издательство: «Кварта». – 2006. – 415 с.
5. Львович, Я. Е. Интеграция процедур многоальтернативной оптимизации и метода роя частиц / Я. Е. Львович, С. В. Андраханов // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2010. – Т. 6. – № 12. – С. 29-31.
6. Андраханов, С. В. Реализация интегрированного алгоритма многоальтернативного выбора и генетического алгоритма / С. В. Андраханов, Я. Е. Львович, А. П. Преображенский // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10-11. – С. 2391-2395.
7. Преображенский, А. П. Возможности обеспечения развития предприятий / А. П. Преображенский // В мире научных открытий. – 2015. – № 10 (70). – С. 196-201.
8. Львович, Я. Е. Адаптивное управление марковскими процессами в конфликтной ситуации / Я. Е. Львович, Ю. П. Преображенский, Р. Ю. Паневин // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2008. – Т. 4. – № 11. – С. 170-171.
9. Преображенский, А. П. Подсистема расчета характеристик электромагнитных волн элементарных отражателей / А. П. Преображенский, Р. П. Юров // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2006. – Т. 2. – № 3. – С. 76-77.
10. Кульнева, Е. Ю. О характеристиках, влияющих на моделирование радиотехнических устройств / Е. Ю. Кульнева, И. А. Гащенко // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – № 5-2. – С. 50.
11. Казаков, Е. Н. Разработка и программная реализации алгоритма оценки уровня сигнала в сети wi-fi / Е. Н. Казаков // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2016. – № 1 (12). – С. 13.
12. Львович, Я. Е. Исследование метода трассировки лучей при проектировании беспроводных систем связи / Я. Е. Львович, И. Я. Львович, А. П. Преображенский, С. О. Головинов // Информационные технологии. – 2011. – № 8. – С. 40-42.

## PROBLEMS OF MODELING ROBOTIC SYSTEM

© 2019 N. A. Korosteleva

*Open joint stock company «Voronezh plant of semiconductor devices-Assembly» (Voronezh, Russia)*

*The paper is devoted to the features of robot modeling. Examples of actual problems in this area are given.*

*Key words: robot, modeling, kinematics, control.*