

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
МОСКОВСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
АКАДЕМИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ НАУК  
АССОЦИАЦИЯ МЕЖДУНАРОДНЫХ ОТДЕЛОВ  
ТЕХНИЧЕСКИХ УНИВЕРСИТЕТОВ СТРАН  
ЦЕНТРАЛЬНОЙ И ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЫ (АМО)

---

# РАДИОЭЛЕКТРОНИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭНЕРГЕТИКА

---

ДВАДЦАТЬ ПЕРВАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
СТУДЕНТОВ И АСПИРАНТОВ

26-27 февраля 2015 г.  
МОСКВА

## ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

ТОМ  
**4**



МОСКВА

Издательский дом МЭИ

2015

УДК 621.3+621.37[(043.2)]

Р 154

**РАДИОЭЛЕКТРОНИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭНЕРГЕТИКА:** Двадцать первая Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов: Тез. докл. В 4 т. Т. 4. М.: Издательский дом МЭИ, 2015. — 303 с.

ISBN 978-5-383-00921-5

ISBN 978-5-383-00925-3 (Том 4)

Помещенные в четвертом томе сборника тезисы докладов студентов и аспирантов российских и зарубежных вузов освещают основные направления теплоэнергетики, энергомашиностроения и электроэнергетики.

Сборник предназначен для студентов, аспирантов, преподавателей вузов и инженеров, интересующихся указанными выше направлениями науки и техники.

Тезисы печатаются с авторских оригиналов методом прямого репродуцирования. В отдельных случаях в авторские оригиналы внесены изменения технического характера. Как правило, сохранена авторская редакция.

---

## ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

**Н.Д. Рогалев** — ректор МЭИ, председатель Оргкомитета  
**В.К. Драгунов** — проректор по научной работе, сопредседатель  
**Т.А. Степанова** — проректор по учебной работе, сопредседатель  
**Е.В. Бычкова** — научный сотрудник кафедры АЭП, ответственный секретарь  
**С.А. Цырук** — пом. проректора по научной работе  
**А.Е. Тарасов** — начальник УМС  
**С.А. Грузков** — директор ИЭТ  
**И.Н. Мирошникова** — директор ИРЭ  
**А.В. Дедов** — директор ИТАЭ  
**П.А. Бутырин** — директор ИЭЭ  
**В.П. Лунин** — директор АВТИ  
**С.А. Серков** — директор ЭнМИ  
**С.В. Захаров** — директор ИПЭЭф  
**А.Ю. Невский** — и.о. директора ИнЭИ  
**А.С. Федулов** — директор филиала в г. Смоленске  
**П.В. Шамигулов** — директор филиала в г. Волжском  
**С.А. Абдулкеримов** — директор филиала в г. Душанбе  
**Н.И. Файрушин** — директор Энергетического колледжа (филиал МЭИ)  
в г. Конаково  
**Сакал Петер** — профессор Института организации производства,  
менеджмента и качества (г. Трнава, Словакия)

ISBN 978-5-383-00921-5

ISBN 978-5-383-00925-3 (Том 4)

© Авторы, 2015

© ЗАО «Издательский дом МЭИ», 2015

**Направление**

**ЭНЕРГОМАШИНОСТРОЕНИЕ**

Научный руководитель направления —

директор ЭнМИ,

к.т.н., профессор С.А. Серков

## **КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МАРСОХОДА ТИПА «SPIRIT»**

Данная работа посвящена исследованию и компьютерному моделированию движения шестиколесного мобильного робота типа «Спирит». Это первый марсоход из двух запущенных США в рамках проекта Mars Exploration Rover. Его близнец «Оппортуни» был доставлен тремя неделями позже в другой район Марса. Главной целью научной миссии обоих роверов – поиск и исследование камней и почв, которые могут содержать данные о прошлой деятельности воды на Марсе [3]. Поэтому исследование кинематики ровера подобного типа является актуальной задачей. Рассматриваемый в данной работе робот – это механическая система, обладающая 37 степенями свободы, из них 18 степеней подвижности имеет ходовая система, манипулятор с буровым устройством – 8, панорамная камера и антенны – 6, панели солнечной батареи – 5 [1]. Для выполнения поставленной перед аппаратом задачи он оснащен горным инструментом бурения, позволяющим создавать углубления в камне диаметром 45 мм и глубиной 5 мм. Блок с названным инструментом расположен на манипуляторе и весит 720 г, в нем находится и спектрометр, позволяющий проводить исследование минералогии железосодержащих пород. Марсоход работал гораздо дольше, чем запланированные 90 суток (марсианских солнечных суток). Благодаря очистке солнечных батарей естественным ветром Марса выработка электроэнергии значительно повысилась, из-за чего «Спирит» продолжал эффективно функционировать долгое время, в конечном итоге значительно превысив запланированный срок службы. «Спирит» проехал 7,73 км вместо запланированных 600 м, что позволило сделать более обширные анализы геологических пород Марса [3]. Компьютерное моделирование (как движения марсохода, так и его манипулятора с бурильным устройством) осуществлено при помощи программного комплекса UM, и включает решение ряда прямых и обратных задач кинематики на различных фазах движения ровера и его манипулятора [2].

### **Литература**

1. **Корецкий А.В., Осадченко Н.В.** Компьютерное моделирование кинематики манипуляционных роботов. М.: Издательство МЭИ, 2000.
2. **Погорелов Д.Ю.** Введение в моделирование динамики систем тел. Брянск: Брянский гос. техн. ун-т, 1997.
3. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Mars\\_Exploration\\_Rover](https://ru.wikipedia.org/wiki/Mars_Exploration_Rover).

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |     |
|---|-----|
| НАПРАВЛЕНИЕ – ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА .....   | 3   |
| Секция 43. Котельные установки и охрана окружающей среды .....                        | 5   |
| Секция 44. Технология воды и топлива на ТЭС и АЭС.....                                | 26  |
| Секция 45. Схемы и режимы работы тепловых электрических станций .....                 | 49  |
| Секция 46. Контроль, автоматизация и управление в энергетике .....                    | 73  |
| НАПРАВЛЕНИЕ – ЭНЕРГОМАШИНОСТРОЕНИЕ .....  | 103 |
| Секция 47. Энергетические установки двигатели .....                                   | 105 |
| Секция 48. Проблемы технологии, надежности и конструирования .....                    | 138 |
| Секция 49. Робототехнические и мехатронные системы .....                              | 150 |
| НАПРАВЛЕНИЕ – ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА .....   | 169 |
| Секция 50. Электроэнергетические системы .....  | 171 |
| Секция 51. Электроснабжение .....   | 199 |
| Секция 52. Электрические станции .....  | 226 |
| Секция 53. Возобновляемые источники энергии .....                                     | 245 |
| Секция 54. Электрофизика и системы управления<br>электроэнергетических объектов ..... | 271 |

*Научное издание*

**РАДИОЭЛЕКТРОНИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА  
И ЭНЕРГЕТИКА**

**Двадцать первая Международная научно-техническая  
конференция студентов и аспирантов**

Тезисы докладов

В 4 томах

Том 4

Корректоры *Г.Ф. Раджабова, В.В. Сомова*

Компьютерная верстка и подготовка

оригинал-макета *Л.В. Софейчук*

---

Подписано в печать 26.01.2015

Формат бумаги 60×84/16

Печать офсетная

Усл. п.л. 17,67

Тираж 300 экз.

Заказ 114

---

ЗАО «Издательский дом МЭИ», 111250, Москва, Красноказарменная ул., д. 14а  
Отпечатано в ППП «Типография «Наука», 121099, Москва, Шубинский пер., д. 6