

Наименование института: **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук
(ИПМех РАН)**

**Отчет по дополнительной референтной группе 23 Компьютерные науки, включая
информационные и телекоммуникационные технологии, робототехнику**

Дата формирования отчета: **19.05.2017**

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАУЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Инфраструктура научной организации

- 1. Профиль деятельности согласно перечню, утвержденному протоколом заседания Межведомственной комиссии по оценке результативности деятельности научных организаций, выполняющих научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы гражданского назначения от 19 января 2016 г. № ДЛ-2/14пр**

«Генерация знаний». Организация преимущественно ориентирована на получение новых знаний. Характеризуется высоким уровнем публикационной активности, в т.ч. в ведущих мировых журналах. Исследования и разработки, связанные с получением прикладных результатов и их практическим применением, занимают незначительную часть, что отражается в относительно невысоких показателях по созданию РИД и небольших объемах доходов от оказания научно-технических услуг. (1)

- 2. Информация о структурных подразделениях научной организации**

Лаборатория робототехники и мехатроники («Динамика и управление движением мобильных робототехнических и мехатронных систем»)

- 3. Научно-исследовательская инфраструктура**

Информация не предоставлена

- 4. Общая площадь опытных полей, закрепленных за учреждением. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»**

Информация не предоставлена

- 5. Количество длительных стационарных опытов, проведенных организацией за период с 2013 по 2015 год. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»**

Информация не предоставлена



6. Показатели деятельности организаций по хранению и приумножению предметной базы научных исследований

Информация не предоставлена

7. Значение деятельности организации для социально-экономического развития соответствующего региона

Информация не предоставлена

8. Стратегическое развитие научной организации

Информация не предоставлена

Интеграция в мировое научное сообщество

9. Участие в крупных международных консорциумах (например - CERN, ОИЯИ, FAIR, DESY, МКС и другие) в период с 2013 по 2015 год

Информация не предоставлена

10. Включение полевых опытов организации в российские и международные исследовательские сети. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»

Информация не предоставлена

11. Наличие зарубежных грантов, международных исследовательских программ или проектов за период с 2013 по 2015 год

1. Международный Российско-Тайваньский проект РФФИ 11-01-92002 - ННС) «Интеллектуальный миниатюрный робот вертикального перемещения с мультисенсорной системой управления» (2011-2013 г.г.)

Зарубежный партнер: Национальный Тайваньский научно-технологический университет (National Taiwan University of Science and Technology), г. Тайпей.

Зарубежный научный фонд, финансирующий проект: Национальный научный совет Тайваня (National Science Council)

Основные результаты: Разработана конструктивная схема колесного робота вертикального перемещения с вакуумной системой фиксации на поверхности перемещения и скользящим уплотнением, препятствующим проникновению атмосферного воздуха в вакуумную полость робота. Создана математическая модель робота, позволяющая исследовать его динамику и процесс управления движением. На основе этой модели предложены алгоритмы управления приводами колес и вакуумным насосом, обеспечивающие постоянный контакт робота с поверхностью перемещения, наклоненной под произвольным углом к горизонту, и заданный режим движения без проскальзывания колес. Определены оптимальные параметры робота, при которых его удержание на поверхности произволь-



ного наклона происходит при минимальной степени разреженности воздуха в вакуумной камере. Создан экспериментальный макет транспортной системы робота, на котором отработывались и корректировались режимы управления, рассчитанные на основе математической модели. Разработана сенсорная система робота, позволяющая получать информацию о параметрах функционирования робота, на основании которой организуется управление с обратной связью, обеспечивающее реализацию заданного движения робота при неполной информации о внешней среде.

2. Международный Российско-Китайский проект РФФИ 14-01-91153 – ГФЕН «Динамика, управление движением и оптимизация мобильных систем с вибрационным возбуждением» (2014-2015 г.г.)

Зарубежный партнер: Университет Тонгжи (Tongji University), Шанхай, КНР.

Зарубежный научный фонд, финансирующий проект: Государственный фонд естественных наук Китая (National Natural Science Foundation of China)

Основные результаты: Разработана математическая модель многозвенной локомоционной системы, передвигающейся прямолинейно в вязкой среде с квадратичным сопротивлением. Изучена динамика системы при периодическом изменении ее конфигурации. Оптимизированы параметры системы и законы управления системой с целью достижения максимальной скорости передвижения. Изучено движение по шероховатой плоскости механизма треугольной конфигурации, управляемого изменением длин сторон треугольника. Построены и оптимизированы алгоритмы приведения механизма в заданное положение на плоскости в случае медленного (квазистатического) движения вершин треугольника. Решена задача оптимального управления перемещением системы взаимодействующих тел вдоль горизонтальной шероховатой прямой при отсутствии ограничений на силы взаимодействия между телами. Цель управления – перемещение системы на максимальное расстояние за заданное время при условии, что в начальном и терминальном положениях взаимные расположения тел системы одинаковы, а скорости всех тел равны нулю. В случае трех взаимодействующих тел при ограничениях на силы взаимодействия построено управление, близкое к оптимальному. Изучена модель капсульного мобильного робота, состоящего из корпуса и внутреннего тела, перемещающегося относительно корпуса вдоль прямолинейной направляющей и соединенного с корпусом пружиной. Движение системы возбуждается силой, действующей между корпусом и внутренним телом и изменяющейся в широтно-импульсном периодическом режиме. Исследуется движение робота вдоль прямой на шероховатой горизонтальной плоскости. Изучена зависимость средней скорости движения робота в стационарном режиме от параметров возбуждения и показано, что скорость и направление движения робота зависят от периода и коэффициента заполнения широтно-импульсного сигнала возбуждения. Обнаружен эффект изменения направления движения робота при изменении периода возбуждения, связанный с явлением резонанса.



3. Международный Российско-Германский проект РФФИ 15-51-12381-ННИО «Движение механических систем по жестким поверхностям с трением» (2015-2016 г.г.).

Зарубежный партнер: Технический университет г. Ильменау (Ilmenau University of Technology), Ильменау, Германия.

Зарубежный научный фонд, финансирующий проект: Немецкое научно-исследовательское общество (Deutsche Forschungsgemeinschaft)

Основные результаты: Решен ряд фундаментальных проблем динамики и управления движением искусственных локомоционных систем в виде цепочки тел, перемещающихся без внешних движителей по поверхностям с трением за счет управляемого изменения расстояния между телами. Для сред с различными характеристиками трения получены условия, при которых возможно движение системы с периодически изменяющейся скоростью при периодическом изменении конфигурации системы и ненулевым перемещением за период. Построены и оптимизированы законы управления, реализующие такое движение. Исследовано движение червеобразных локомоционных систем с сосредоточенными и распределенными массами в среде с линейным законом сопротивления при волновом возбуждении движения.

НАУЧНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ОРГАНИЗАЦИИ

Наиболее значимые результаты фундаментальных исследований

12. Научные направления исследований, проводимых организацией, и их наиболее значимые результаты, полученные в период с 2013 по 2015 год

Направление III.21 ПФНИ ГАН на 2013-2020 г.г.

Общая механика, навигационные системы, динамика космических тел, транспортных средств и управляемых аппаратов, механика живых систем.

Тема: Динамика и управление движением мобильных робототехнических и мехатронных систем.

1. Предложена новая конструктивная схема робота, способного перемещаться по поверхностям произвольного наклона, включая стены и потолки. Робот состоит из корпуса изменяемой длины и двух ног, связанных с корпусом вращательными шарнирами с двумя степенями свободы. За счет изменения длины корпуса робот совершает поступательные маршевые движения в заданном направлении; изменение направления движения осуществляется вращением корпуса с помощью шарниров опорной ноги. Изменение длины корпуса осуществляется пневматическими приводами, а вращение ног – электрическими приводами. Для фиксации робота на поверхности движения стопы ног снабжены вакуумными устройствами сцепления с поверхностью со скользящими уплотнениями. Такая конструкция ног позволяет роботу перемещаться по относительно ровным поверхностям



без отрыва стоп. Робот может перемещаться по сложным поверхностям с переменным наклоном, в частности, он может переходить с пола на стену, со стены на потолок и т.п.

Разработаны принципы и алгоритмы супервизорного управления мобильным технологическим роботом вертикального перемещения с пневматическими приводами. Робот состоит из шагающего транспортного модуля с пневматическими фиксаторами на стопах и манипулятора и предназначен для выполнения разнообразных технологических операций на вертикальных поверхностях. Создан и испытан экспериментальный образец системы управления таким роботом на основе предложенных принципов.

2. Предложен алгоритм управления роботизированным экзоскелетом руки человека, предназначенным для усиления его физических возможностей при манипулировании тяжелыми грузами. Задающее управляющее воздействие осуществляется рукой оператора, выполняющей естественное движение по переносу груза. Параметры движения регистрируются датчиками, и на основании этой информации формируются управляющие сигналы для двигателей плечевого и локтевого суставов экзоскелета с целью воспроизведения желаемого движения при умеренных усилиях со стороны оператора. В контур обратной связи системы управления включены датчики, регистрирующие биоэлектрические потенциалы, информирующие о мышечных усилиях оператора. Проведено компьютерное моделирование системы обработки информационных сигналов, на основании которых формируются управляющие воздействия. Отработаны алгоритмы управления приводом локтевого сустава экзоскелета, учитывающие информацию о биоэлектрических потенциалах. Моделирование свидетельствует об эффективности предложенного алгоритма при манипулировании тяжелыми грузами с высокой точностью позиционирования.

1. Градецкий В.Г., Фомин Л.Ф. Динамические процессы в системах создания вакуума миниатюрных мобильных роботах // Мехатроника, автоматизация, управление. 2013. №9. С. 10-15.

2. Kryukova A., Sukhanov A., Gradetsky V., Ermolov I., Knyazkov M., Semenov E. Motion control algorithms for exoskeleton equipped with pneumatic drives // Proc. CLAWAR 2013 Conference, World Scientific Publ. Co. P. 27-34.

3. Ермолов И.Л., Градецкий В.Г., Князьков М.М., Семёнов Е.А., Суханов А.Н., Кинематическая модель экзоскелета руки человека и определение ошибки позиционирования // Мехатроника, автоматизация, управление. 2014. №5. С. 37-41.

4. Градецкий В.Г., Князьков М.М., Крюкова А.А., Семёнов Е.А., Суханов А.Н., Фомин Л.Ф. Динамика вакуумных контактных устройств мобильных роботов // Мехатроника, автоматизация, управление. 2014. №9. С. 17-23.

5. Градецкий В.Г., Князьков М.М., Семенов Е.А., Суханов А.Н. Движение мобильного робота по горизонтальным, наклонным и вертикальным поверхностям при наличии возмущений и подвижны



13. Защищенные диссертационные работы, подготовленные период с 2013 по 2015 год на основе полевой опытной работы учреждения. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства».

Информация не предоставлена

14. Перечень наиболее значимых публикаций и монографий, подготовленных сотрудниками научной организации за период с 2013 по 2015 год

1. Градецкий В.Г., Фомин Л.Ф. Динамические процессы в системах создания вакуума миниатюрных мобильных роботах // Мехатроника, автоматизация, управление. 2013. №9. С. 10-15. [РИНЦ] Импакт-фактор журнала: 0.355
2. Bolotnik N., Pivovarov M., Zeidis I., Zimmermann K. The undulatory motion of a chain of particles in a resistive medium in the case of a smooth excitation mode // ZAMM. 2013. Vol. 93. No. 12. P. 895-913. DOI: 10.1002/zamm.201200124 [Web of Science, РИНЦ] Импакт-фактор журнала: 1.293
3. Ермолов И.Л., Градецкий В.Г., Князьков М.М., Семёнов Е.А., Суханов А.Н., Кинематическая модель экзоскелета руки человека и определение ошибки позиционирования // Мехатроника, автоматизация, управление. 2014. № 5. С. 37-41. [РИНЦ] Импакт-фактор журнала: 0.355
4. Градецкий В.Г., Князьков М.М., Крюкова А.А., Семёнов Е.А., Суханов А.Н., Фомин Л.Ф. Динамика вакуумных контактных устройств мобильных роботов // Мехатроника, автоматизация, управление. 2014. № 9. С. 17-23. [РИНЦ] Импакт-фактор журнала: 0.355
5. Градецкий В.Г., Князьков М.М., Семенов Е.А., Суханов А.Н. Движение мобильного робота по горизонтальным, наклонным и вертикальным поверхностям при наличии возмущений и подвижных препятствий // Мехатроника, автоматизация, управление. 2015. Т. 16. №3. С. 166-173. DOI: 10.17587/mau.16.166-173 [РИНЦ] Импакт-фактор журнала: 0.355
5. Чашухин В.Г. Исследование анизотропии скользящих упоров мобильного робота // Изв. РАН. МТТ. 2014. № 2. С. 43-50. [Web of Science, РИНЦ] Импакт-фактор журнала: 0.659
7. Болотник Н.Н., Градецкий В.Г., Козлов Д.В., Смирнов И.П., Чашухин В.Г. Физические характеристики чувствительных элементов датчиков обратной связи, совмещенных с термомеханическими актюаторами, для систем управления микроперемещением объектов // Изв. РАН. Теория и системы управления 2015. № 1. С. 144-155. DOI: 10.7868/80002338815010035 [Web of Science, РИНЦ] Импакт-фактор журнала: 0.659
8. Борисенко И.Н., Фигурина Т.Ю., Черноусько Ф.Л. О квазистатических движениях системы трех тел на плоскости // Прикладная математика и механика. 2014 Том 78. Вып. 3. С. 316-327. [Web of Science, РИНЦ] Импакт-фактор журнала: 0.815



9. Карманов С.П., Черноусько Ф.Л. Механическая модель плавания с помощью двухзвенных конечностей // Прикладная математика и механика. 2014 Том 78. Вып. 1. С. 3-12. [Web of Science, РИНЦ] Импакт-фактор журнала: 0.815

10. Фигурин Т.Ю. Оптимальное управление системой материальных точек на прямой с сухим трением // Изв. РАН. Теория и системы управления. 2015. № 5. С. 3-9. DOI: 10.7868/S0002338815050054 [Web of Science, РИНЦ] Импакт-фактор журнала: 0.659

15. Гранты на проведение фундаментальных исследований, реализованные при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Российского гуманитарного научного фонда, Российского научного фонда и другие

1. Грант РФФИ № 11-01-00513 «Динамика и оптимизация движений мобильных систем многих тел с изменяемой конфигурацией», (2011-2013 г.г. Объем финансирования (за весь срок выполнения проекта): 1 745 000 руб.

2. Грант РФФИ № 12-08-00374 «Теоретическое и экспериментальное исследование динамических процессов в миниатюрных мобильных роботах с вакуумными контактными устройствами» (2012-2014 г.г.). Объем финансирования (за весь срок выполнения проекта): 1 450 000 руб.

3. Грант РФФИ № 14-01-00061 «Динамика и управление движением локомоционных систем в сопротивляющихся средах» (2014-2016 г.г.). Объем финансирования (за весь срок выполнения проекта): 1 970 000 руб.

4. Грант РФФИ № 14-08-00537 «Роботизированные экзоскелеты конечностей человека: проблемы динамики и управления» (2014-2016 г.г.). Объем финансирования (за весь срок выполнения проекта): 1 675 000 руб.

5. Грант РФФИ № 14-11-00298 «Динамика и управление движением локомоционных систем и роботов» (2014-2016 г.г.). Объем финансирования (за весь срок выполнения проекта): 12 500 000 руб.

6. Грант РФФИ № 14-19-00949 «Разработка научных основ проектирования термомеханических исполнительных компонентов для микроробототехнических систем космического назначения» (2014-2016 г.г.). Объем финансирования (за весь срок выполнения проекта): 15 000 000 руб.

7. Грант РФФИ № 15-08-04117 «Исследование и разработка адаптивных вакуумных устройств сцепления мобильных роботов со сложными поверхностями» (2015-2017 г.г.). Объем финансирования (за весь срок выполнения проекта): 1 520 000 руб.

16. Гранты, реализованные на основе полевой опытной работы организации при поддержке российских и международных научных фондов. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства».

Информация не предоставлена



ИННОВАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ НАУЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Наиболее значимые результаты поисковых и прикладных исследований

17. Поисковые и прикладные проекты, реализованные в рамках федеральных целевых программ, а также при поддержке фондов развития в период с 2013 по 2015 год

Информация не предоставлена

Внедренческий потенциал научной организации

18. Наличие технологической инфраструктуры для прикладных исследований

Информация не предоставлена

19. Перечень наиболее значимых разработок организации, которые были внедрены за период с 2013 по 2015 год

Информация не предоставлена

ЭКСПЕРТНАЯ И ДОГОВОРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ОРГАНИЗАЦИИ

Экспертная деятельность научных организаций

20. Подготовка нормативно-технических документов международного, межгосударственного и национального значения, в том числе стандартов, норм, правил, технических регламентов и иных регулирующих документов, утвержденных федеральными органами исполнительной власти, международными и межгосударственными органами

Информация не предоставлена

Выполнение научно-исследовательских работ и услуг в интересах других организаций

21. Перечень наиболее значимых научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ и услуг, выполненных по договорам за период с 2013 по 2015 год

Информация не предоставлена



Другие показатели, свидетельствующие о лидирующем положении организации в соответствующем научном направлении (представляются по желанию организации в свободной форме)

22. Другие показатели, свидетельствующие о лидирующем положении организации в соответствующем научном направлении, а также информация, которую организация хочет сообщить о себе дополнительно

ИПМех РАН определен головным институтом по разделу "Механика" в КПНИ ФАНО по робототехнике.

ФИО руководителя _____

Сергеев С.И.

Подпись

Суржиков

Дата

19 мая 2017г.

