

В 2016/17 уч.г. на заседаниях семинара

“Динамика относительного движения”

(руководители:

чл.-корр. РАН, проф. В.В. Белецкий, проф. Ю.Ф. Голубев, проф. В.Е. Павловский, доц. К.Е. Якимова, доц. Е.В. Мелкумова)

были сделаны следующие доклады:

19.09.2016 **Г.П.Терехов** (аспирант кафедры теоретической механики и мехатроники МГУ, **научный руководитель профессор В.Е.Павловский**). *О динамике шаров с гиростатами (по материалам кандидатской диссертации)*

В данной работе изучается вопрос управления сферическим роботом с внутренними гиростатическими механизмами, в частности приведены три различные конструкции таких аппаратов. Разобраны, как случаи абсолютно шероховатой плоскости, так и плоскости с трением. В качестве модели трения использована двухпараметрическая модель трения, предложенная А.В.Карапетяном. Построены управления, реализующие движения по алфавитным (базовым) траекториям-движениям робота. Для прямолинейного движения в рамках двухпараметрической модели трения также проведен анализ сил и моментов в зависимости от одного параметра, кроме того, изучен вопрос свободной динамики такого робота (по сути шара Чаплыгина) в этом случае. Предложена также модель для робота в котором центр масс не совпадает с геометрическим центром конструкции. Для этой модели в неголономной постановке предложены модифицированные алгоритмы управления вдоль базовых траекторий. В случае использования модели двухпараметрического трения найдены управления для движения по заданному отрезку.

3.10.2016 **В.И.Никонов** (**научные руководители профессор А.А.Буров, профессор А.В.Карапетян**) *О движении малых небесных тел с нерегулярным распределением масс (по материалам кандидатской диссертации)*

Современный этап развития изучения космоса охарактеризован проектированием и реализацией миссий к малым небесным телам. Для выполнения соответствующих расчётов в космический аппарат должна быть заложена модель гравитационного потенциала целевого небесного объекта. Эта модель, с одной стороны, должна достаточно точно описывать характеристики гравитационного поля, и, с другой стороны, быть достаточно простой для обеспечения работы бортового вычислителя в реальном времени.

Если для двойных небесных тел, таких, как например астероиды (90)Antiope, (216)Kleopatra, (243)Ida, (762)Pulcova, (4179)Toutatis, (4769)Castalia, притяжение с определённой степенью точности удаётся представить как притяжение гантелеобразного тела, то для тел с более сложным распределением масс вопрос о представлении притяжения в виде, приемлемом как для численного, так и для аналитического описания движения остаётся в общем случае открытым. Так, группой английских ученых из университета Сурей (Department of Mathematics, University of Surrey, Guildford, Surrey, United Kingdom) под руководством профессора Марка Робертса (Mark Roberts) для проектирования методов управления космическим аппаратом в окрестности равномерно вращающегося астероида было предложено использовать модель "трёх вписанных шаров".

Если центры всех трёх шаров располагаются на одной прямой, то модель является подходящей для представления вытянутого тела. В случае, когда два несоприкасающихся шара одинаковые, имеется очевидное сходство с моделью однородного эллипсоида,

поскольку существуют оси симметрии, задающие две из трёх главных осей тела.

Если центры шаров не располагаются на одной прямой, то можно моделировать более сложные формы тел, учитывающие асимметрию в распределении масс. Динамика такого рода систем оказывается достаточно сложной. Она является основным объектом исследования предлагаемого доклада

20.02.17 **Н.К.Галустян , С.Л.Зенкевич.** (МГТУ им. Н.Э.Баумана) *Децентрализованное управление группой квадрокоптеров. (по материалам кандидатской диссертации Н.К.Галустяна, научный руководитель проф. С.Л.Зенкевич)*

Представляется способ управления мультиагентной системой, состоящей из автономных квадрокоптеров, разработанный на основе модифицированного алгоритма Рейнольдса и апробированный с помощью компьютерного моделирования.

27.02.17 **А.В.Родников.** *О динамике космической станции, связанной двумя тросами с прецессирующим астероидом.*

Изучается движение космической станции, соединенной двумя тросами с полюсами динамически симметричного прецессирующего астероида. В зависимости от геометрических и гравитационных параметров системы строятся фазовые портреты движения, дополненные областями схода со связей.

6.03.17 **Е.Ю.Колесниченко.** (ИПМ им.М.В.Келдыша РАН, РГГУ, УНЦ «Интеллектуальная робототехника») *Кинематика и динамика мобильных роботов омни-движения.*

Рассматриваются два типа роботов на роликонесущих колесах: один на шести механум-колесах (угол роликов к плоскости колеса 45 градусов) и один на трех омни-колесах (угол роликов 90 градусов). Изучается кинематика и динамика таких роботов при условии отсутствия проскальзывания. Аппарат на омни-колесах рассматривается в общем виде разностороннего треугольника, в частности рассматривался прямоугольный треугольник. У шестиколесного аппарата колеса расположены в два ряда вдоль корпуса, изучены различные варианты таких компоновок. Для роботов получены явные формулы моментов, которые нужно приложить к колесам для движения вдоль заданной траектории. Рассмотрено два частных случая движения: поступательное и движение по касательной к траектории.

20.03.17 **А.Ю.Шамин** (механико-математический факультет МГУ, кафедра теоретической механики и мехатроники). *Задача управления движением робота-буера с гибридным приводом (Гибридная песчаная робо-яхта), по материалам кандидатской диссертации.*

Получены уравнения движения трехколесного робота-буера с гибридным приводом (управление производится моментами силы на вилку переднего колеса, моментами сил на 2 задних колеса, а также парусом).

Найдены примеры управления для движения робота по прямой, параллельной направлению ветра. Составлена задача оптимального быстрогодействия для достижения заданной точки пространства за наименьшее время.

Численно задача решена при различных значениях модуля скорости ветра, и при нескольких случаях ограничений на управляющие моменты. Получены уравнения траектории робота, управляющие моменты. Получено, что на этапе разгона работают и аэродинамические силы, действующие на буер и моменты сил двигателей задних колес. После набора скорости аэродинамические силы вносят меньший вклад в управление движения и буер движется в основном на дифференциальном приводе.

Рассмотрены задачи прихода в конечную точку с остановкой робота и без остановки.

27.03.17 **М.Д.Ковалев** (механико-математический факультет МГУ, кафедра дискретной математики). *Геометрия и статика шарнирно-рычажных и напряжённосвязанных конструкций.*

Напряжённосвязанными называются конструкции, составленные из распорок и тросов, сохраняющие форму при наличии внутренних напряжений. В англоязычной литературе их называют "tensegrity frameworks". Подобные конструкции всё шире начинают использоваться в архитектуре и строительстве. В докладе рассматриваются геометрические свойства таких конструкций и традиционных шарнирно-рычажных механизмов и ферм: возможность единственной реализации, число различных сборок, геометрическая устойчивость. А также их статические свойства. Будет приведён ряд результатов, и поставлены достаточно общие нерешённые вопросы.

3.04.17 **А.В.Мустафина** *Устойчивость положений относительного равновесия систем с деформируемыми элементами* (по материалам кандидатской диссертации, научный руководитель - **проф. В.М.Морозов**)

Рассматривается устойчивость положений относительного равновесия твёрдого тела на вращающемся гибком стержне и механической системы, состоящей из двух твёрдых тел, соединённых упругим массивным стержнем. Центр масс системы движется по круговой орбите. Достаточные условия устойчивости получены на основе метода, разработанного В.В.Румянцевым, сводящего задачу об устойчивости к условиям минимума функционала изменённой потенциальной энергии системы. Исследованы три различных положения относительного равновесия.

10.04.17 В рамках молодежной конференции «Ломоносов»

1. **Рязанов В.В.** Аспирант **Научный руководитель – Асланов В.В.** (Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет), Самарская область, Россия)
Определение сил, действующих на пассивный спутник, от внешнего ионного потока

2. **Подопросветов А.В.** Студент (специалист) **Научный руководитель – Павловский В.Е.** Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Механико-математический факультет, Кафедра теоретической механики и мехатроники, Москва, Россия

Динамическая модель манипулятора МанГо с нейроподобным управлением

17.04.17 **П.А.Кручинин** (Мехмат МГУ) *Учет сухого трения в моделях качения деформируемого колеса*

При моделировании движения автомобиля обычно учитывают зависимость главного вектора и главного момента контактных сил (стабилизирующего момента), приведённых к центру отпечатка контакта, от величины относительного проскальзывания. Вектор относительного проскальзывания равен отношению абсолютной скорости центра контактного отпечатка к модулю скорости точек периферии колеса во вращательном движении. Моментом «трения верчения», порожденным вращением колеса вокруг вертикальной оси, исследованию которого в современной российской литературе уделяется большое внимание, традиционно пренебрегают.

В докладе рассмотрено описание типовых экспериментальных зависимостей для контактных сил, действующих при качении деформируемого колеса, с помощью щеточной (brush) модели.

Колесо полагается плоским и расположенным вертикально. Считается, что центр колеса движется со скоростью, направленной горизонтально. Колесо при этом вращается вокруг собственной оси вращения и вокруг вертикальной оси. Рассмотрен случай, когда характерное время изменения скоростей движения колеса много больше времени

нахождения точки периферии колеса в области контакта. Внешний контур колеса моделируется набором бесконечно малых щетинок – упругих безынерционных контактных элементов. Эти щетинки касаются опорной поверхности. Опорный конец каждой из щетинок взаимодействует с поверхностью по закону сухого трения. Тогда при качении колеса после вступления в контакт с дорожной поверхностью конец щетинки с координатой неподвижен, и на колесо в плоскости контакта со стороны щетинки действует упругая элементарная сила, пропорциональная горизонтальной деформации щетинки в соответствии с законом Гука. Начиная с некоторой точки упругая сила, которую создавала бы щетинка, если бы её конец оставался неподвижен, превышает максимальное значение силы трения и погонная контактная сила выражается через коэффициент сцепления и парциальную составляющую нормальной реакции опоры. Выражение для контактной силы записывается в результате суммирования (интегрирования) парциальных сил для всех щетинок в области контакта.

Такая модель позволяет получить соотношения для главного вектора и главного момента контактных сил, приближенно описывающие экспериментальные зависимости. Выписаны конечные соотношения для этих сил для строго продольного движения колеса и для случая «чистого увода». В отличие от предшествующих работ обсуждаются условия корректности пренебрежения «трением верчения».

24.04.17 Ю.Ф. Голубев, Е.В. Мелкумова (ИПМ им.М.В.Келдыша, мех-мат МГУ) *Особенности структуры допустимых областей точек опоры двуногого робота на наклонном цилиндре*

Исследуется задача о существовании заданного движения шагающего робота состоящего из корпуса и ног, опирающихся о шероховатый цилиндр, радиуса R , с коэффициентом k сухого трения, в n точках опоры. Предполагается, что ноги робота совершают заданное движение относительно корпуса робота.

Проведено аналитическое и численное исследование, в котором по заданному положению ног и специально введенной точке C , определяется, существует ли решение задачи о распределении реакций, и строятся области существования решений этой задачи. Например, для двух опорной фазы, рассмотрены конфигурации робота симметричные относительно точки C вдоль, и поперек оси цилиндра. Построены области существования решения задачи о распределении реакций на плоскости двух углов, отвечающих проекциям точек опоры на основание цилиндра и трёхмерные области, дополняющие указанную плоскость высотой точки C .

15.05.17 А.П.Новодерова (аспирант 1 г/о). **Научный руководитель: А.В.Влахова.** (МГУ им. М.В. Ломоносова. Механико-математический факультет. Кафедра прикладной механики и управления). *Моделирование заноса аппарата с повернутыми передними колесами.*

В работе рассматривается задача о заносе двухосного четырехколесного аппарата (автомобиля, робота и т.д.) на горизонтальной однородной плоскости, возникающем при блокировке или пробуксовке колес одной из его осей. Исследуются ситуации, когда в ходе такого движения колеса другой оси аппарата сохраняют или теряют сцепление с опорной плоскостью. Изучается начальная стадия заноса аппарата, когда поперечная и угловая скорости его корпуса невелики. Для таких движений силы взаимодействия колес одной оси с опорной плоскостью принимают близкие значения. В рамках сделанных предположений рассматривается двухколесная «велосипедная» модель, которая может быть получена, если заменить передние колеса аппарата одним эквивалентным передним колесом, задние – одним задним, и считать, что аппарат не имеет боковых наклонов. Предполагается, что колесо велосипедной модели, не потерявшее сцепление с опорной плоскостью, взаимодействует с ней без проскальзывания; колесо, потерявшее сцепление с опорной плоскостью вследствие блокировки или пробуксовки, взаимодействует с ней

посредством сухого трения (рассматриваются модели кулонова трения и поликомпонентного сухого трения В.Ф. Журавлева). Для упрощения анализа уравнений применяется аппарат асимптотических методов теории сингулярных возмущений по малым параметрам. Полученные результаты могут быть использованы для оценки выводов, получаемых путем анализа более сложных математических моделей движения колесных аппаратов, а также для создания алгоритмов работы систем активной безопасности, способствующих предотвращению заноса или минимизации его отрицательных последствий.

22.05.2017 **А.М.Толкачев** (аспирант). Научный руководитель: **проф. В.Е.Павловский**. (МГУ им. М.В. Ломоносова. Механико-математический факультет. Кафедра теоретической механики и мехатроники). *Мобильный робот на двух шаровых колесах.*

В работе рассматривается теоретико-механическая модель двухколесного мобильного робота на шаровых колесах. Основная цель работы – исследование динамики и синтез законов управления движением аппарата по заданным (вначале - прямолинейным) траекториям и синтез движения в локальной окрестности заданного положения со стабилизацией вертикального неустойчивого маятника, установленного на платформе аппарата. Модель с маятником является приближенной моделью аппарата с человеком, находящимся (стоящим) на аппарате.

Планируется

Каникулы до осени!