

В 2013/14 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:

28.10.13 **А.С.Кулешов, В.В.Рыбин.** *Об управляемости в одной задаче А.Ю. Ишлинского (к 100-летию со дня рождения)*

В 1965 года А.Ю. Ишлинский привёл пример неголономной механической системы малой размерности, которая не является системой Чаплыгина. Рассматриваемая система состоит из трёх одинаковых шероховатых однородных цилиндров, два из которых катаются без проскальзывания по неподвижной шероховатой плоскости, а третий - катается по первым двум цилиндрам, также без проскальзывания. В докладе рассматриваются вопросы управляемости данной системы. При помощи теоремы Чжоу - Рашевского доказана полная управляемость системы Ишлинского. Отмечено, что доказательство полной управляемости представляет собой довольно сложную и трудоёмкую задачу.

11.11.2013 **А.В.Родников.** *Компланарные точки либрации Обобщенной ограниченной круговой задачи трех тел в случае комплексно сопряженных масс притягивающих центров.*

25.11.2013. **проф. В.Е.Павловский, А.Ю.Шамин.** *Моделирование и управление роботом-буером.*

2.12.2013. **А.В.Леонард** (ВолгГТУ, Волгоград) *Шагающий робот "Циклон": кинематика, динамика, управление.*

9.12.2013 **А.Ю.Кирков** *Искусственный язык коммуникации роботов*

17.03.2014 **А.С.Ширяев** *Об общем методе выбора трансверсальных координат для вынужденного движения механической системы с ограничениями*

Доклад предлагает к обсуждению метод планирования движения, совмещенный с процедурой выбора трансверсальных к движению координат и их линеаризации. Последнее позволяет применить известные алгоритмы синтеза обратной связи для орбитальной стабилизации или проанализировать поведение замкнутой системы в окрестности номинального движения. Приводятся многочисленные примеры и результаты экспериментов по формированию движения неполноприводных систем (маятников), анализу движений человека, перекатыванию диска по подвижной поверхности

В 2014/15 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:

10.11.2014 **проф. Ю.Ф.Голубев, А.Вондрухов** *Оптимальные траектории в задаче о брахистохроне с разгоняющей силой*

Исследована задача о брахистохроне при действии разгоняющей силы тяги. В качестве управления принята нормальная составляющая реакции опоры. Стандартная задача о минимизации времени перехода между двумя заданными точками решена с применением метода Охоцимского-Понтрягина исследования дифференциала функционала. Получены

условия оптимальности и формула для оптимального управления, не содержащая сопряженных переменных. В случае отсутствия сухого трения получена система дифференциальных уравнений, решение которой позволяет получить оптимальные траектории, и доказаны некоторые свойства таких траекторий. В случае постоянной силы тяги в отсутствие трения доказано свойство автомодельности решений

24.11.2014 И.Ю.Полехин (науч.рук. проф. Е.И.Кугушев) О механических системах с неавтономными возмущениями

В докладе представлены результаты, касающиеся динамики неавтономных механических систем. Для голономных и неголономных систем с неавтономным возмущением, которое не предполагается малым, формулируются и доказываются утверждения о качественном поведении решений. В частности, особое внимание уделяется задачам, в которых показывается существование движений без падений при наличии сильных неавтономных возмущений.

Также рассмотрен ряд систем с малым и быстроубывающим неавтономным возмущением, для которых приводится достаточное условие на скорость убывания возмущения, при котором функции первых интегралов невозмущенной системы слабо изменяются вдоль возмущенных решений

15.12.2014 С.П. Трофимов (ИПМ им. М.В.Келдыша РАН) УВОД МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ С НИЗКИХ ОКОЛОЗЕМНЫХ ОРБИТ С ПОМОЩЬЮ СОЛНЕЧНОГО ПАРУСА

Лавинообразный рост числа запускаемых на околоземные орбиты малых космических аппаратов (МКА), отмечаемый в мире последние несколько лет, затрагивает пока лишь низкие орбиты с высотой не более 600 км. Одна из основных причин – необходимость соблюдения закрепленного законодательно требования о завершении жизни отработавшего спутника в течение 25 лет. На орбитах выше 700 км сила сопротивления атмосферы слишком мала и не обеспечивает увод спутника в требуемый срок. Выходом может служить установка на борт МКА двигателя малой тяги или солнечного паруса. В представленном докладе приведены результаты исследования динамики совместного углового и орбитального движения МКА с плоским солнечным парусом. В общем случае под действием трех равных по порядку величины моментов (гравитационного, солнечного и аэродинамического) угловое движение паруса – хаотическое. С помощью анализа конечновременных ляпуновских экспонент показывается, что вращение паруса может быть стабилизировано введением малого диссипативного момента. Такой момент реализуется как при использовании миниатюрных маховичных систем, так и посредством токовых катушек. Образующиеся торы квазипериодических вращений паруса не разрушаются в течение всего процесса увода МКА с орбиты. Уводящей силой при этом служит сила светового давления. Полученные результаты сохраняют справедливость при различных уровнях солнечной активности (т.е. при различных профилях плотности земной атмосферы), а также при наличии неизбежных отклонений параметров реального МКА с парусом от используемых в динамической модели номинальных значений

16.03.2015 проф. Ю.Ф.Голубев, Т.В.Ившина, Е.В.Мелкумова Существование заданного движения двуногого робота при опоре о шероховатый цилиндр.

Исследуется задача о существовании заданного движения двуногого шагающего робота при опоре о внешнюю поверхность шероховатого неударяющего прямого кругового цилиндра под действием заданных внешних силы и момента. Управление ведется за счет распределения реакций по точкам опоры робота. Результаты численного исследования показывают, как видоизменяется связная область, где могут находиться точки опоры робота в зависимости от угла наклона равнодействующей силы активных сил и сил инерции к оси цилиндра. Работа продолжает исследования, начатые для наклонного

цилиндра. Эта задача возникла как развитие аналогичных исследований для перемещения шагающего аппарата по горизонтальной плоскости.

В работах Ю.Ф.Голубева, Мелкумовой Е.В. исследовались условия статической устойчивости шагающего робота на идеальной внутренней поверхности горизонтального цилиндра. Затем задача рассматривалась для шероховатого горизонтального цилиндра при условии, что отсутствуют составляющие реакции вдоль оси цилиндра. В дальнейших работах учтены составляющие реакции вдоль оси шероховатого горизонтального цилиндра. Предлагаемая работа продолжает исследования динамики шагающего робота на шероховатом наклонном цилиндре. Исследуются одноопорная и двухопорная фазы движения робота на шероховатом цилиндре. Приводятся результаты численного исследования для робота, опирающегося на две ноги на шероховатом цилиндре.

23.03.2015 **А.С. Кулешов, Г.А. Черняков** (*Кафедра теоретической механики и мехатроники Механико-математического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова*) kuleshov@mech.math.msu.su *ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАДАЧИ О ДВИЖЕНИИ ТЯЖЕЛОГО ТЕЛА ВРАЩЕНИЯ ПО ШЕРОХОВАТОЙ ПЛОСКОСТИ МЕТОДОМ КОВАЧИЧА*

Интегрирование уравнений движения многих механических систем сводится к решению линейного дифференциального уравнения второго порядка с переменными коэффициентами. В 1986 году американский математик Дж.Ковачич предложил алгоритм, позволяющий получить решение линейного дифференциального уравнения второго порядка в случае, если это решение выражается через так называемые лиувиллевы функции. В случае отсутствия у линейного дифференциального уравнения лиувиллевых решений, алгоритм Ковачича также позволяет установить этот факт.

В докладе обсуждается применение алгоритма Ковачича к задаче о движении тяжелого твердого тела, ограниченного поверхностью вращения, по неподвижной абсолютно шероховатой горизонтальной плоскости. В результате получены выводы о существовании решения данной задачи, выражающегося через лиувиллевы функции, в случае, когда катящееся тело представляет собой бесконечно тонкий диск, диск конечной толщины, тор, параболоид вращения, эллипсоид вращения, а также веретенообразное тело

30.03.2015 **проф. В.Е.Павловский, Г.П. Терехов** *УПРАВЛЕНИЕ СФЕРИЧЕСКИМ РОБОТОМ С ТРЕМЯ ВНУТРЕННИМИ РОТОРАМИ*

В докладе рассмотрена задача об управлении шаром, внутри которого находятся три ротора, расположенные на взаимно-ортогональных осях, посредством которых шар приводится в движение.

В случае, если движение предполагается по абсолютно шероховатой плоскости, получены алгоритмы управления (за которое принимаются угловые скорости маховиков) роботом для движений по прямой, окружности, синусоиде и поворота на месте. Для произвольного закона движения получены уравнения, позволяющие найти управления, его реализующие.

Рассмотрены также случаи наличия трения, для которого использовалась двухпараметрическая модель, предложенная А.В.Карапетяном. Определены параметры электродвигателей, приводящих в движение маховики, для которых движение возможно. Для простейших движений найдены управления.

13.04.2015 Заседание в рамках конференции “Ломоносов-2015”:

1.В.С.Красников. Аспирант (walkthrough@mail.ru) (*Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П.Королева*) *Синтез стабилизирующих законов управления для стационарных движений спутника-гиростата со сферической полостью, целиком заполненной жидкостью большой вязкости*

2.П.И.Ноговицын Студент(бакалавр) (petyan1993@yandex.ru) (*Северо-Восточный федеральный университет им. М.К.Аммосова, Якутск*). *Исследование кинематических параметров катящегося биконуса*

27.04.2015 **Панченко А.В.** *Алгоритмы управления многоногими шагающими роботами*

В работе построены и исследованы алгоритмы кинематического управления шагающими аппаратами с различной кинематикой, выполнено моделирование динамики движения и верификация алгоритмов управления.

Рассмотрены три типа аппаратов и проведены их исследования:

- восьминогий аппарат с ортогональными движителями со схемой, близкой к схеме аппарата "Ортоног" [ВолГТУ], отличия заключаются в использовании симметричного модуля движения ортогональной пары ног, названного Н-модулем.
- шестиногий шагающий аппарат с традиционной компоновкой и с инсектоморфной кинематикой ног, рассмотрены сложные движения.
- аппараты с корпусом с изменяемой геометрией – с трехзвенным и мозаичным корпусом, исследована кинематика трёхзвенного и мозаичного корпусов, построены законы преобразования координат ног при поворотах и смещениях корпуса с учётом движений во внутренних шарнирах корпуса, построен алгоритм синтеза движения аппарата с учетом кинематики корпуса.

Показана эффективность новых моделей шагающих аппаратов в сложных условиях движения.

18.05.2015 **А.В. Савицкий** (*мех.-мат. МГУ, кафедра теоретической механики и мехатроники*, аспирант, **науч.рук. проф. В.Е.Павловский**) *МОДЕЛЬ, БАЗОВЫЕ ТРАЕКТОРИИ, НЕЙРОКОНТРОЛЛЕР ДЛЯ МУЛЬТИРОТОРНОГО РОБОТА*

В работе построена теоретико-механическая модель мультироторного робота – квадрокоптера с учетом основных аэродинамических эффектов. Изучены базовые траектории движения, в том числе взлёт-посадка и полет по прямой. Проведено численное моделирование. На основе результатов численного моделирования полета аппарата построен нейросетевой регулятор, представлены результаты его работы для вертикального взлета. Изучена работа регулятора в зависимости от погрешности датчика высоты. Рассмотрена задача плоской стабилизации квадрокоптера посредством нейросетевого контроллера. В результате проведенного эксперимента по моделированию подтверждена возможность стабилизации коптера за конечное время достаточно близко к целевой функции.

Планируется

Каникулы до осени.