

В 2018/19 уч.г. на заседаниях семинара

**“Динамика относительного движения”
имени В.В.Белецкого**

(руководители:

проф. Ю.Ф.Голубев, проф. В.Е.Павловский, доц. К.Е.Якимова, доц. Е.В.Мелкумова)
были сделаны следующие доклады:

1.10.2018. **А.В.Савицкий** (науч. рук. **проф. В.Е.Павловский**) (механико-математический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова).

Динамика и алгоритмы управления мультироторным роботом (по материалам кандидатской диссертации).

Представлена мехатронная модель беспилотного мультироторного летательного аппарата. На примере квадрокоптера описано решение обратной задачи динамики для нахождения управляющих воздействий. Изучены такие фигуры высшего пилотажа, как полет по вертикальной окружности, «горка», полёт по винтовой линии и другие. Составлен алфавит базовых траекторий. Описан нейросетевой подход к синтезу управляющих воздействий. Отдельно рассмотрена эффективность его работы на некоторых базовых траекториях. Представлены результаты работы нейросетевого контроллера для случая наличия погрешности позиционного датчика.

15.10.2018, 22.10.2018 **Г.П.Терехов. Исследование динамики, планирование траекторий, управление сферороботами**

Данный доклад посвящается изучению динамики сферических роботов на горизонтальной плоскости, а также построению алгоритмов управления такими аппаратами. Рассмотрен робот, приводимый в движение тремя внутренними маховиками на взаимно-ортогональных осях. Изучена динамика и предложены алгоритмы, реализующие движения по заданным траекториям для различных моделей контактного взаимодействия: модели абсолютно шероховатой плоскости, модели вязкого трения и модели двухпараметрического трения. Рассмотрены конструкции как с центром масс в геометрическом центре шара, так и вне него.

29.10.2018 **Ю.Ф.Голубев, Е.В.Мелкумова Удержание цилиндра двухпальцевым манипулятором**

Исследуется задача об удержании прямого кругового шероховатого цилиндра пальцами рук робота манипулятора. Каждый из пальцев имеет одну точку в контакте с цилиндром. Численно и аналитически получены возможные области расположения точек контакта на цилиндре, для которых существует решение задачи кинестатики при переносе цилиндра двумя пальцами. (О конференции XLVI International Conference “Advanced Problems in Mechanics” June 25-30, 2018, St. Petersburg, Russia), (Yury F. Golubev, Elena V. Melkumova. An Analogy of the Equilibrium of a Two-legged Robot on a Cylinder for the Problem of Transfer by a Manipulator With a Two-nger Grasp of a Cylinder)

12.11.2018 **А.В.Зароднюк.** (науч.рук. к.ф.-м.н. **О.Ю.Черкасов**). **Оптимизация управляемого спуска и обобщенные задачи о брахистохроне (Optimization of the controlled descent and the generalized brachistochrone problems)** (по материалам кандидатской диссертации).

В работе рассматривается движение центра масс твердого тела в сопротивляющейся среде, в однородном поле силы тяжести, при наличии сил вязкого и сухого трения и разгоняющей силы. Работа состоит из трех глав, каждая из которых посвящена исследованию задач определенного типа. Движение происходит в вертикальной плоскости. Исследуется ряд задач максимизации горизонтальной координаты за фиксированное время со свободной и фиксированной конечной высотой, и

взаимосвязанные с ними задачи о брахистохроне. В качестве управляющего воздействия принимается сила реакции опорной кривой (или подъемная сила), вдоль которой происходит движение, также рассматривается случай двух управлений: реакция опорной кривой и сила тяги.

Во всех примерах задач оптимизации управляемого спуска, рассмотренных в данной работе, удается выразить экстремальные управления, как функции переменных, входящих в исходную динамическую систему, иначе говоря, построить синтез экстремального управления. После построения синтеза задача оптимального управления сводится к краевой, исследование которой производится методами теории динамических систем. Это касается случаев как вязкого, так и сухого трения.

Для задач с вязким трением показано, что наклонное прямолинейное равномерное движение является асимптотически магистральным, доказана оптимальность найденных траекторий. Для случая сухого трения аналитически обоснованы предположения, сделанные другими авторами в своих статьях.

Для всех рассмотренных задач проведен качественный анализ, позволяющий наглядно определить свойства оптимальных траекторий, их поведение в зависимости от начальных условий, а также подтвердить или уточнить результаты численных расчетов, полученных другими авторами.

26.11.2018 **В.М. Буданов, Ю.Д. Селюцкий, А.М. Формальский, А.В. Утешев.** ***Сферический робот***

Корпус разрабатываемого в НИИ механики МГУ сферического робота представляет собой сферу, сделанную из плексигласа. Внутри сферы находится платформа, которая своими краями опирается на внутреннюю поверхность сферического корпуса и может скользить по нему. В центре платформы сделан круглый вырез, в котором смонтирована вилка. Ось вращения вилки перпендикулярна платформе. Внутри вилки располагается колесо, которое опирается на внутреннюю поверхность сферического корпуса. На вилке смонтирован маршевый привод, который вращает колесо вокруг его оси. Привод, смонтированный на платформе, поворачивает вилку колеса, меняя направление его качения внутри сферы, а, тем самым, и направление качения сферы по опоре.

Управляя электроприводами, можно заставить колесо катиться в том или ином направлении по внутренней поверхности сферы, а значит и сферы по опорной поверхности.

Во время доклада показан прототип робота, оснащенный системой дистанционного управления (по Bluetooth). Продемонстрировано его качение по опорной поверхности. Кроме того, обсуждались способы его совершенствования.

3.12.2018 **А.А.Зленко** (Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), кафедра высшей математики). ***Силовая Функция Двух Твердых Тел в Переменных Делоне-Андуайе.***

Получено два новых разложения силовой функции двух твердых небесных тел конечных размеров и произвольных форм в переменных Делоне-Андуайе с любой степенью точности в виде частичной суммы сходящегося восьмимерного тригонометрического ряда. Данные разложения силовой функции содержат произведения выражений от импульсов и постоянных Стокса на тригонометрические синусы и косинусы, аргументами которых являются линейные комбинации угловых переменных Делоне и Андуайе. Первое разложение позволяет учесть различное число гармоник каждого из двух тел. Второе разложение позволяет учесть все члены с точностью до некоторого фиксированного порядка, определяемого величиной, обратной степени большой полуоси их орбиты. Эти представления силовой функции можно применять в канонических уравнениях движения в задачах небесной механики и астродинамики.

10.12.2018 **С.С.Ефимов** (МФТИ), **Д.А.Притыкин** (Сколтех), **В.В.Сидоренко** (ИПМ им. М.В.Келдыша РАН). *Долговременная эволюция вращательного движения крупногабаритных объектов космического мусора на солнечно-синхронных орбитах: циклы Кассини и хаотическая стабилизация*

Космический мусор становится серьезной проблемой для деятельности в ближнем космосе. Прогнозы указывают на ухудшение ситуации в том случае, если не будут приняты меры по освобождению космического пространства хотя бы от наиболее крупных и наиболее опасных объектов мусора. Для формирования стратегии захвата крупногабаритных объектов и планирования дальнейших динамических операций необходимо иметь представление о типичных параметрах движения этих объектов относительно центра масс. Одними из первоочередных кандидатов на сведение являются объекты космического мусора на солнечно-синхронных орбитах (ССО), так как плотность мусора в области этих орбит имеет наибольшее значение.

В докладе будут представлены результаты математического моделирования вращательного движения крупногабаритных объектов на ССО. Используемая модель вращательного движения учитывает эволюцию орбиты, влияние гравитационного момента и моментов магнитных сил, действующих на индуцируемые геомагнитным полем вихревые токи и собственный магнитный момент объекта. Также принимается во внимание диссипация энергии при перемещении остатков топлива и относительных смещениях деформируемых элементов конструкции.

Как оказалось, эволюция вращательного движения в рамках данной модели может быть разделена на три этапа:

- 1) Быстрый переход к плоскому вращению, обусловленный внутренней диссипацией
- 2) Долговременная эволюция, во время которой угловая скорость экспоненциально убывает, а ось вращения движется по медленно меняющимся периодическим траекториям – циклам Кассини
- 3) Хаотическая стабилизация – относительно короткий этап нерегулярного движения, заканчивающийся одним из нескольких возможных стационарных режимов.

Проведена классификация сценариев долговременной эволюции и классификация финальных стационарных режимов. Обсуждается сравнение с данными наблюдений.

18.02.2019 **Е.В.Мелкумова**. *Обсуждение фильма Юрия Сальникова: "Спутник: Ступень во Вселенную" (доклад не состоялся по техническим причинам)*

Из анонса: 3 ноября в 18:00 в Белом зале Дома кино состоится показ документального фильма Юрия Сальникова «Спутник: Ступень во Вселенную». Фильм посвящен памяти первооткрывателей космической эры на планете Земля. С приветственным словом обратится Герой Российской Федерации, испытатель Московского института медико-биологических проблем Сергей Нефедов. После просмотра автор фильма и руководители Федерации космонавтики России ответят на вопросы зрителей.

Авторы: Юрий Сальников, Николай Велигжанин, Надежда Шишова; режиссер Юрий Сальников; главный консультант Федор Юрчихин; операторы: Антон Чуванов, Борис Будинас, Валерий Ахнин; звукооператор Владислав Василенко; редактор и переводчик Лариса Михайлова; продюсер Василий Кузнецов.

Перед показом фильма состоится Церемония памятного гашения карточки, посвящённой 20-летию Международной Космической станции (МКС).

25.02.2019 **А.В.Троицкая** (Науч. рук. д.ф.-м.н., проф. **В.В.Сазонов**). *Периодические колебания механических систем, уравнения движения которых содержат большой параметр* (по материалам кандидатской диссертации)

Работа посвящена строгому доказательству существования периодических движений некоторых механических систем, уравнения движения которых содержат большой параметр. Специфика рассматриваемых движений состоит в том, что их период не зависит от большого параметра, а зависящая от этого параметра высокочастотная составляющая движения мала. Более точно, в случае периодических по времени уравнений движения период фиксирован, в случае автономных уравнений период лежит в определенных, не зависящих от большого параметра пределах. Такие периодические решения существуют не при всех достаточно больших значениях параметра, а только вне малых окрестностей его так называемых резонансных значений. Амплитуды высокочастотных составляющих найденных движений стремятся к нулю, когда большой параметр стремится к бесконечности по множеству разрешенных значений. Вблизи указанных резонансных значений возникает соизмеримость между основной частотой периодического движения и частотой системы, зависящей от большого параметра. Здесь происходит бифуркация найденных движений – возникают движения с высокочастотной составляющей большой амплитуды. В работе рассмотрены три задачи. В первых двух задачах исследуется вращательное движение осесимметричного спутника-гиростата под действием гравитационного момента на круговой орбите. Гиростатический момент считается большим, что позволяет ввести в уравнения вращательного движения спутника большой параметр. Доказывается существование периодических движений оси симметрии спутника в окрестности неизменного направления в абсолютном пространстве, а также движений, периодических в орбитальной системе координат. Первый тип решений является предельным случаем решений второго типа, но доказательства их существования проводятся по-разному. В третьей задаче рассматривается дифференциальное уравнение второго порядка, содержащее большой параметр. Такое уравнение можно интерпретировать как уравнение вынужденных колебаний механической системы с одной степенью свободы в случае, когда собственная частота системы намного больше внешней частоты. Приводится новый способ доказательства существования периодического решения этого уравнения, близкого периодическому решению соответствующего вырожденного уравнения.

11.03.2019 Н.Р.Столяров. *Использование алгоритмов Visual SLAM в задаче навигации мобильного робота или робоавтомобиля*

В работе проведено исследование различных типов камер и алгоритмов визуальной навигации SLAM с целью их дальнейшего использования в задаче навигации мобильного робота или робоавтомобиля. Рассмотрены некоторые проблемы этих алгоритмов и предложено их возможное решение.

25.03.2019 К.А.Низовский. *Адаптивное управление антропоморфным экзоскелетом.*

Работа посвящена созданию алгоритма управлением приводами звеньев ноги антропоморфного экзоскелета. Специфика данной задачи состоит в том, что моменты инерции и массы звеньев ноги человека изначально неизвестны, в связи с чем предлагается построить алгоритм по их определению. Более точно, для получения недостающих значений система выполняет некоторое тестовое движение. На основе его анализа вычисляются предполагаемые значения параметров ноги человека. Далее подстановка полученных значений в уравнения движения позволит получить зависимость моментов, которые вносят электродвигатели от обобщенных координат и их первых производных по времени. Для демонстрации работы алгоритма проводится симуляция в программном комплексе «Универсальный механизм».

Планируется

8.04.2019 **Заседание в рамках конференции «Ломоносов».** Будут представлены доклады:

1. Гречишкин Н.А. (Мехмат МГУ, кафедра теоретической механики и мехатроники) – Глубокое обучение с подкреплением в задаче двуногой ходьбы;
2. Еникеева А.А. (Самарский национальный исследовательский университет) – Влияние движения подъемника на динамику орбитального космического лифта;
3. Еремеева Ю.Д. (Пермский государственный гуманитарно – педагогический университет) – У истоков теоретической механики;
4. Кузнецов В.В. (Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники) – Алгоритмизация математических моделей и имитационное моделирование мехатронных систем параллельной кинематики;
5. Отставнова И.В. (Нижегородский государственный педагогический университет) – Левитация с позиций современной науки;
6. Пикалов Р.С. (Самарский национальный исследовательский университет) – Причаливание космического буксира к объекту космического мусора с помощью тросовой системы;
7. Рязанов В.В. (Самарский национальный исследовательский университет) – Управление движением активного космического аппарата на этапе удаления космического мусора с помощью ионного потока