

В 2009/10 уч.г. на заседаниях семинара

**“Динамика относительного движения”**

(руководители:

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

были сделаны следующие доклады:

21.09.2009 **Монин И. А.** *Обеспечение опорной и рельефной проходимости самоходных шасси дистанционно управляемых робототехнических комплексов за счёт применения различных типов движителей*

28.09.2009 **Родников А.В.** *Моделирование движения гантелевидного спутника с малым грузом на лее*

5.10.2009 **Голубев Ю.Ф., Мелкумова Е.В.** *Равновесие двуногого робота на шероховатом горизонтальном цилиндре с учетом реакций вдоль его оси.*

12.10.2009 **Голуб С.** *Синтез оптимального по времени управления перевернутым стержнем*

19.10.2009 **Видеоматериалы** *История выведения на орбиту первого спутника и др.*

26.10.2009 **Антонюк П.Н.** *Эмпирический закон Тициуса-Бодде и связанные с ним разностные уравнения, целочисленные последовательности, производящие функции и цепные дроби*

2.11.2009 **Самсонов В.А., Климина Л.А.** *Исследование свойств замкнутой электромеханической модели ветроэнергетической установки*

9.11.2009 **Ткачев С.С.** *Использование вентиляторных двигателей для ориентации полезной нагрузки, подвешенной к воздушному шару*

Воздушные шары уже довольно длительное время используются для проведения разного рода научных исследований [1]. С недавнего времени эксперименты на воздушном шаре стали использоваться в образовательных целях. Ярким примером является европейская образовательная программа BEXUS [2]. В рамках подобных работ приобретаются навыки проведения самих экспериментов, а так же опыт создания автономных управляемых систем. Экспериментальная работа можно сильно варьироваться, однако есть ряд работ, для которых важным является ориентация полезной нагрузки на воздушном шаре (например, дистанционное зондирование Земли). В то же время системы определения и управления ориентацией могут быть сами объектом исследований (например, отработка соответствующих узлов для космического аппарата).

Как правило, для подобного рода объектов в качестве системы ориентации используют маховики [3],[4]. Такие системы, хотя и являясь довольно точными и надёжными, обходятся недёшево. В настоящей работе предлагается в качестве исполнительных органов системы управления ориентацией использовать вентиляторные двигатели. Они просты в эксплуатации и относительно дешёвы, в то же время для небольших высот (конкретные высоты зависят от параметров двигателя) эти двигатели не менее эффективны.

Вентиляторные двигатели могут быть использованы как в качестве самостоятельной системы управления ориентацией, так и для имитации реактивных двигателей космического аппарата. Настоящая работа посвящена разработке системы ориентации, использующей эти двигатели в качестве исполнительных элементов.

Разработан алгоритм управления угловым поворотом полезной нагрузки, подвешенной под воздушным шаром. Система управления, включающая МЭМС-гироскоп, солнечный датчик и два вентиляторных двигателя, позволяет гасить начальные угловые возмущения и разворачивать полезную нагрузку вокруг вертикальной оси на заданный угол. Исследовано влияние изменения плотности воздуха с высотой подъема шара. Проведено численное моделирование углового движения полезной нагрузки. Описан макет системы управления и приведены результаты его испытаний в лабораторных условиях.

1. Jaime Esper. The rocket balloon (Rocketball): applications to science, and education. Proceedings of the 7<sup>th</sup> International symposium of the international academy of astronautics (IAA). Berlin, May 4-8, 2009.
2. <http://www.ssc.se/?id=7114>
3. Marco B. Quadrelli, Jonathan M. Cameron, Viktor Kerzhanovich. Multibody dynamics of parachute and balloon flight systems for planetary exploration. Journal of guidance, control and dynamics. Vol. 27, No. 4, July–August 2004.
4. John E. White, Jerry R. Ertter. Linear-Quadratic-Regulator Pointing Control System for a High-Altitude Balloon Payload. Journal of guidance, control and dynamics. Vol. 13, No. 4, July-August 1990.

#### 16.11.2009 **Козлов А.В.** *Определение ориентации подвижных объектов с использованием фазовых спутниковых навигационных измерений*

Работа посвящена методам оценивания в спутниковой навигации, применяемым для определения ориентации подвижных объектов. Действующие в настоящее время спутниковые навигационные системы могут использоваться не только для определения положения и скорости объектов относительно Земли, но и для определения ориентации объектов в пространстве. Определение ориентации возможно при установке на подвижный объект нескольких антенн, принимающих радиосигналы от навигационных спутников, с последующей оценкой положения антенн друг относительно друга. Максимальной точности позволяет достичь слежение за фазой радиосигнала, излучаемого навигационными спутниками. Особенностью таких измерений является наличие неизвестных постоянных составляющих (целого числа длин волн).

Одно из существенных аппаратных отличий систем определения ориентации – необходимость обработки одним спутниковым навигационным приемником сигналов от нескольких антенн (традиционно приемники рассчитаны на подключение одной антенны). Соответствующие системы в настоящее время разрабатываются, также имеются серийные образцы (например, фирмы Javad), однако алгоритмы обработки измерений не публикуются, подробных описаний результатов не приводится.

Информационные особенности рассматриваемой задачи с точки зрения оценивания – это плохая обусловленность и отсутствие динамической модели. При этом в каждый момент времени количество неизвестных больше количества измерений.

Одним из традиционно используемых методов оценки является метод наименьших квадратов. С учетом особенностей модели фазовых измерений разработана рекуррентная процедура, реализующая метод наименьших квадратов в рассматриваемой задаче. Данная процедура является новой.

Для уточнения решения используются геометрические параметры расположения антенн друг относительно друга, известные с высокой точностью. Связь таких параметров с оцениваемыми величинами нелинейна. Также используется свойство целочисленности неопределенной составляющей фазовых измерений.

Приводятся результаты обработки навигационных измерений, полученных в ходе полевых съемок с использованием высокоточной измерительной аппаратуры.

23.11.2009 **В.Г.Вильке.** *Устойчивость прямолинейного движения и периодические движения железнодорожной колесной пары*

Исследуется качение железнодорожной колесной пары без проскальзывания по рельсам при учете гипотезы увода. Колесная пара представляется двумя конусами, имеющими общее основание, а рельсы – двумя круговыми цилиндрами с параллельными осями. Определяются кинематические характеристики невозмущенного качения колесной пары, когда ее центр масс движется по прямой, и возмущенного движения, когда центр масс колесной пары описывает синусоидальную траекторию. Для исследуемых движений найдены реакции связей с точностью до малых второго порядка значений возмущенных переменных. При учете упругих свойств материала в зоне контакта использована гипотеза увода, применен метод усреднения по быстрым переменным и найдена на основе усредненных уравнений величина критической скорости, выше которой прямолинейное качение колесной пары становится неустойчивым. В последнем случае исследован периодический режим, содержащий два интервала времени, когда происходит контакт реборд колес с рельсами. В рамках модели сухого трения в точке контакта реборды и рельса найдена сила реакции, работа силы сухого трения и момент активных сил, необходимый для поддержания периодического режима. Из формул, полученных аналитическими методами, определяются границы областей устойчивости, параметры периодического режима и величина момента сил сопротивления в зависимости от параметров задачи.

30.11.2009 **Меркурьев И.В., Ву Тхе Чунг Зыап (МЭИ)** *Динамика микромеханических гироскопов двойного вращения и с дисковым резонатором*

7.12.2009 **Кочян А.Г.** (Самарский государственный аэрокосмический университет им.акад.С.П.Королева) *Программы и алгоритмы управления движением гиперзвукового летательного аппарата на участке разгона – набора высоты (по материалам канд. диссерт., науч.рук. проф. Балакин В. Л.)*

Рассматриваются вопросы динамического проектирования гиперзвукового летательного аппарата на участке разгона — набора высоты, связанные с выбором траекторий полета, программ и алгоритмов управления движением гиперзвукового маршевого самолета и гиперзвукового самолета-разгонщика - первой ступени авиационно-космической системы для доставки полезной нагрузки на орбиты спутников Земли

14.12.2009 **Локшин Б.Я, Самсонов В.А.** *Движение одиночной градины*

Рассматривается задача о движении одиночной градины в восходящем потоке переохлажденной воздушной среды. В такой среде капли влаги осаждаются на градине, увеличивая таким образом ее массу, причем увеличение массы происходит при наличии относительного движения присоединяемых частиц. Эта задача дополняет известные задачи теоретической механики, связанные с движением летательных аппаратов с реактивным двигателем, движением болидов с отделением частиц без относительной скорости, с движением цепи (шланга) увеличивающейся длины без относительной скорости присоединяемых звеньев.

При определенных предположениях построена математическая модель в виде системы обыкновенных дифференциальных уравнений. Соответствующие безразмерные уравнения содержат три безразмерные комбинации исходных семи параметров. Анализ решений этих уравнений производится с помощью изучения фазового портрета системы. Показано, что в исходном фазовом пространстве существует притягивающее многообразие  $M$ , к которому стремятся все фазовые траектории. За счет учета оценок реальных значений параметров установлено, что выход на указанное многообразие происходит на очень коротком промежутке, так что движение изображающей точки происходит, в основном, вдоль этого многообразия. Получены приближенные формулы для описания

многообразия  $M$ , построены приближенно все интегралы и функциональные зависимости массы, высоты и скорости от времени (в параметрической форме). Дана механическая интерпретация полученных результатов.

1.03.2010 **Белотелов В.Н.** *Динамика и управление автономным мобильным роботом с двумя соосными колесами*

15.03.2010 **А.М. Формальский** *Математическое моделирование прыжка и управление им*

22.03.2010 **М.А.Вашковьяк** *Эволюция орбит далеких спутников планет-гигантов. Методы исследования и результаты.*

29.03.2010 **А.В.Бондарчук.** *Проект «Московский народный автобус».*

Предлагается к внедрению большой городской автобус с двухэтажной компоновкой салона, с полезным объемом около 100 куб. метров, полезной нагрузкой около 12 тонн, габаритная площадь 25 кв. метров, с условным наименованием «Гипербус – Зубр».

Такая компоновка салона автобуса позволит за счет конструктивных решений уменьшить габаритную длину и площадь более чем на 40% в сравнении с аналогами одноэтажной сочлененной компоновки, снаряженную массу можно снизить на 20...60%, снижение расхода горючего и атмосферного кислорода порядка 25%.

Улучшены параметры безопасности управления, всесезонности, эргономичности.

Для автобуса предлагается применить как варианты авиационные технологии, материалы и комплектующие, вариант с комплектующими от боевой техники сухопутных войск и т.д., электротрансмиссию, рекуперацию энергии торможения, дублирование управляемого переднего моста подруливанием заднего моста.

Следствие этого – повышение эффективности в эксплуатации, ощутимая экономия полезной площади городских территорий по сравнению с аналогами одноэтажной компоновки - габаритная площадь которых около 45 кв. метров на стоянке.

В сравнении с аналогами двухэтажной - двухпалубной компоновки за счет рациональной конструкции снижена на 0,5...0,6 м габаритная высота при сохранении эргономических параметров в проходах салона, при сходных и лучших показателях безопасности.

5.04.2010 **И.А.Смирнов** (науч.рук. **А.В.Влахова**) *Математическое моделирование заноса автомобиля.*

12.04.2010 **А.П.Сейранян, А.А.Майлыбаев.** *Многопараметрические задачи устойчивости (презентация книги)*

19.04.2010 **Ю.Ф.Голубев.** *О брахистохроне с трением*

26.04.2010 **Ю.Ф.Голубев, В.В.Корянов.** *Алгоритм залезания инсектоморфного робота на шар с опорной плоскости*