

XIV Международная конференция
«Устойчивость и колебания нелинейных систем
управления» (конференция Пятницкого)

АННОТАЦИИ ДОКЛАДОВ

Пленарные доклады

**Input-to-State Stability of systems with Complex
Dynamics**

D. Angeli

Imperial College, London, UK
d.angeli@imperial.ac.uk

The Input-to-State Stability framework allows studying several systems' theoretic concepts such as robust stability and stabilization, but also detectability and minimum-phase properties, for nonlinear systems subject to input disturbances. The original, simplest notion applies to systems defined on Euclidean space and globally asymptotically stable at the origin. We present recent extensions that allow much richer dynamical behaviors, such as oscillations, multi-stability, and systems defined on manifolds. Two approaches will be discussed and characterized, involving almost global stability notions or global attractivity. Remarkably the latest developments seem to allow a systematic extension of the tools developed for the classical case.

Lyapunov Functions of Discontinuous Systems

Yu. Orlov

El Centro de Investigaci?n Cient?fica y de Educaci?n Superior de Ensenada, Baja
California, Mexico
yorlov@cicese.mx

The primary concern of the talk is a systematic construction of Lipschitz continuous (possibly, non-differentiable) Lyapunov functions of discontinuous systems with the focus on variable structure systems. To begin with, basic paradigms such as Filippov and Aizerman-Pyatnitskiy solution concepts as well as the equivalent control method are recalled with special attention to peculiar sliding and Zeno motions. Constructive Lyapunov functions are then introduced in terms of the augmented state vector which is composed not only of the original state components

but also of their fractional degrees. An explicit sufficient condition of such a Lyapunov function to possess a negative definite time derivative, computed along the system trajectories, is derived thereby ensuring the asymptotic stability of the underlying discontinuous system. Once the system is verified to be homogeneous of a negative degree, its finite time stability is additionally established. Arsenal of the proposed stability tools of discontinuous systems is illustrated with simple benchmark applications.

Исследование нелинейных систем методом локализации

А. П. Крищенко

МГТУ им. Н. Э. Баумана, ИСА ФИЦ ИУ РАН, Москва, Россия
apkri@bmstu.ru

Для качественного анализа нелинейных систем предлагается использовать метод локализации инвариантных компактов. С помощью этого метода строится конечное семейство вложенных локализирующих множеств, которому соответствует разбиение фазового пространства на непересекающиеся подмножества. Вне наименьшего локализирующего множества указывается качественное поведение любой траектории. Находятся множества, имеющие непустое пересечение с любым инвариантным компактом системы. Приведены иллюстрирующие примеры.

О дорожной карте в теории управления. Математические задачи

А. Б. Куржанский

МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия
kurzhans@mail.ru

Доклад посвящён общему принципу двойственности в задачах синтеза управлений и гарантированного оценивания при входных воздействиях, простирающихся от аналитических функций до обобщённых импульсов высоких порядков. Указаны соответствующие классы математических задач.

Управление плазмой в токамаках

Ю. В. Митришкин

МГУ им. М. В. Ломоносова, ИПУ РАН, Москва, Россия
yvm@mail.ru

Магнитное и кинетическое управление плазмой в токамаках – одна из центральных фундаментальных проблем теоретического и экспериментального изучения термоядерного синтеза и проекта перехода к термоядерной энергетике. В ИПУ РАН накоплен опыт работы по применению систем управления плазмой для различных термоядерных установок в компьютерном моделировании и в физических экспериментах. Начало работ связано с применением систем управления для подавления желобковой неустойчивости плазмы в экспериментах на открытой магнитной ловушке Огра-3 в ИАЭ им. И.В. Курчатова. Затем работы были перенесены на токамаки, что привело к разработке цикла систем различных классов, внедрённых в практику физического эксперимента токамаков ТО-1, Т-7, Т-10, ТВД (ИАЭ им. И.В. Курчатова), Туман-3 (ФТИ им. А.Ф. Иоффе). Далее были выполнены работы по разработке и моделированию систем управления плазмой для проектов токамаков Т-14 (ГНЦ РФ ТРИНИТИ), Т-15 (НИЦ «Курчатовский институт»), ИТЭР (Франция), а также для действующего сферического токамака Глобус-М (ФТИ им. А.Ф. Иоффе). Обзор по управлению плазмой в токамаках дается в журнале «Проблемы управления», 2018, №1-2.

В докладе показываются действующие токамаки с вытянутым по вертикали поперечным сечением с наиболее продвинутыми системами управления плазмой, а также приводятся результаты по разработке систем управления плазмой в проектах токамаков ИТЭР, Т-15 и токамаке Глобус-М.

Оптимальное управление движением системы двух тел

Ф. Л. Черноусько

ИПМех им. А.Ю. Ишлинского РАН, Москва, Россия,
МФТИ, Долгопрудный, Московская область, Россия
chern@ipmnet.ru

Рассмотрен процесс управления плоским движением системы двух взаимодействующих тел, состоящей из твердого тела и материальной точки. Поставлены две задачи оптимального быстрогодействия для этой системы и получены их явные аналитические решения.

Секционные доклады

Системы с переключениями режимов на многообразиях

Т. А. Аверина¹, К. А. Рыбаков²

ИВМиМГ СО РАН, НГУ, Новосибирск, Россия¹

МАИ, Москва, Россия²

rkoffice@mail.ru (Рыбаков К.А.)

В работе предлагается расширение класса стохастических динамических систем, траектории которых находятся на заданном многообразии, на стохастические системы с переключениями режимов, а именно системы с переменной и случайной структурой. Рассматриваются вопросы описания и анализа таких систем.

Управление движениями неоднородного стержня с граничной нагрузкой

Л. Д. Акуленко, А. А. Гавриков

ИПМех РАН им. А.Ю. Ишлинского, Москва, Россия

gavrikov@ipmnet.ru (Гавриков А.А.)

Рассматривается гибридная колебательная система, состоящая из неоднородного стержня, совершающего поперечные колебания, и инерционной нагрузки на конце стержня. Считается, что к системе приложено распределенное управление. Требуется переместить систему из начального состояния движения в заданное без возбуждения внутренних колебаний. Предлагается, после частичного успокоения высших мод колебаний на начальном этапе, реализовать данное движение тела как целого с помощью медленных финитных функций управления.

К вопросу о трехосной стабилизации твердого тела при эволюции диссипативного момента

А. Ю. Александров, А. А. Тихонов

СПбГУ, Санкт-Петербург, Россия

a.tikhonov@spbu.ru (Тихонов А.А.)

Рассматривается задача о трехосной ориентации твердого тела под действием восстанавливающего и диссипативного моментов. Предполагается, что диссипативный момент эволюционирует со вре-

менем. Рассматриваются случаи неограниченно растущей и стремящейся к нулю диссипации. Определяются условия, при которых можно гарантировать асимптотическую устойчивость программного движения тела, несмотря на эволюцию диссипативного момента.

Построение функционалов Ляпунова-Красовского для одного класса нелинейных разностных систем с запаздыванием

А. Ю. Александров¹, Я. Чэнь²

СПбГУ, Санкт-Петербург, Россия¹

Пекинский технологический университет²

Рассматриваются нелинейные системы разностных уравнений с запаздыванием и секторными нелинейностями. Предложены новые конструкции функционалов Ляпунова-Красовского, с помощью которых получены условия, гарантирующие асимптотическую устойчивость и предельную ограниченность решений изучаемых систем при любой величине запаздывания.

Оптимальное управление одномерными конструкциями при продольном периодическом возбуждении

И. М. Алесова

СПбГУ, Санкт-Петербург, Россия

alesovaim@mail.ru

Рассматривается гашение колебаний одномерной конструкции под действием переменного периодического натяжения, возникающего при предохранительном (аварийном) торможении шахтного каната. Решается задача наибольшего быстродействия управления объектом, описываемым уравнением Матье, в условиях ограниченного продольного управляющего воздействия. Предлагается численный метод для расчета моментов переключения кусочно-постоянного управления в условиях устойчивого режима колебаний конструкции. Представлены численные примеры гашения колебаний скиповой подъемной установки при различном числе ступеней управления и различном направлении одностороннего управляющего воздействия.

Задача управления эволюционными системами с неполной информацией

Б. И. Ананьев

ИММ УрО РАН, Екатеринбург, Россия
abi@imm.uran.ru

Рассматриваются управляемые эволюционные системы в гильбертовом пространстве, допускающие интегральное представление решения с помощью сильно непрерывной полугруппы с инфинитезимальным замкнутым генератором. Фазовое состояние системы недоступно для измерения, но по ходу процесса проводятся измерения, поступающие непрерывно или дискретно по времени. В системах управления и наблюдения присутствуют интегрально ограниченные помехи. По данным измерения в гильбертовом пространстве состояний строятся информационные множества, содержащие истинное состояние системы. Первоначальная цель управления состоит в минимизации терминального функционала от информационного множества в конечный момент времени. Предлагается несколько постановок задачи, основанных на разделении процессов управления и наблюдения по времени и поиске оптимальных моментов перехода от наблюдения к управлению. Подход применяется к системам с отклонением времени запаздывающего и нейтрального типов, к параболическим и гиперболическим системам в частных производных.

Приведение тележки с осцилляторами в заданное положение в присутствии возмущений

И. М. Ананьевский, Т. А. Ишханян

ИПМех РАН, Москва, Россия
anan@ipmnet.ru (Ананьевский И.М.)

Исследуется задача управления движущейся по горизонтальной прямой под действием ограниченной управляющей силы и малого неизвестного возмущения тележкой с прикрепленными к ней двумя линейными осцилляторами. Наблюдается только координата тележки, фазовые состояния осцилляторов считаются не доступными измерениям. Предложен закон управления, который останавливает тележку в заданном терминальном положении за конечное время и удерживает ее там.

Бифуркации решений дифференциальных уравнений с импульсным воздействием

О. В. Анашкин

КФУ им. В. И. Вернадского, Симферополь, Россия
oanashkin@yandex.ru

Решения дифференциальных уравнений с импульсным воздействием (импульсных систем) демонстрируют существенно более сложное поведение по сравнению с решениями обыкновенных дифференциальных уравнений. Эта сложность обусловлена разрывами интегральных кривых в моменты импульсных воздействий. В докладе рассматриваются бифуркации интегральных кривых, приводящие к рождению или исчезновению периодических решений.

О стабилизации движений механической системы с циклическими координатами

А. С. Андреев

УлГУ, Ульяновск, Россия
asa5208@mail.ru

Рассматриваются механические системы, имеющие циклические координаты. Такие системы допускают существование установившихся и неустановившихся движений (стационарных и обобщенных стационарных), в которых позиционные координаты постоянны, а циклические изменяются во времени по линейному или нелинейному законам. Решаются задачи о полной и частичной стабилизации таких движений только при измерении обобщенных координат (всех или позиционных). Приводятся решения различных задач о стабилизации движений твердого тела, манипуляционных роботов.

Нелинейные регуляторы в задаче о стабилизации программного движения мобильного робота

А. С. Андреев, Е. А. Сутыркина, Л. В. Федорова

УлГУ, Ульяновск, Россия
katherine.kudashova@yandex.ru (Сутыркина Е.А.)

Задача об управлении мобильным колесным роботом является одной из актуальных задач прикладного значения. В докладе проводится анализ известных результатов об управлении таким роботом в динамической постановке. Излагаются результаты по построению

различных типов нелинейных непрерывных и дискретных регуляторов, обеспечивающих стабилизацию программного движения робота при неточных значениях его массо-инерционных характеристик и неполном измерении фазовых переменных.

Синтез субоптимальных анизотропийных регуляторов для линейных дискретных систем с ограниченными по норме неопределенностями

О. Г. Андрианова^{1,3}, А. А. Белов^{2,1}

ИПУ РАН, Москва, Россия¹

Ун-т ИТМО, Санкт-Петербург, Россия²

НИУ ВШЭ, Москва, Россия³

andrianovaog@gmail.com (Андрианова О.Г.)

Решается задача синтеза субоптимального анизотропийного управления для линейных дискретных стационарных систем с ограниченными по норме неопределенностями. Построены законы управления по состоянию и выходу, гарантирующие заданный уровень подавления влияния случайных внешних возмущений.

Декомпозиционный синтез инвариантных систем с нелинейными локальными связями

А. С. Антипов, С. А. Краснова

ИПУ РАН, Москва, Россия

skrasnova@list.ru (Краснова С.А.)

Для нелинейного объекта управления, модель которого содержит внешние, несогласованные возмущения и представима в блочной форме вход-выход с устойчивой внутренней динамикой, разработана декомпозиционная процедура синтеза обратной связи, обеспечивающей стабилизацию выходных переменных с заданной точностью. Данный подход, в котором локальные связи и управления формируются в виде гладких, ограниченных S -образных сигма-функций, не требует параметрической определенности модели объекта управления, ввода динамических моделей внешних возмущений и обеспечивает в процессе управления выполнение ограничений на переменные состояния.

О возможности применения квадратичных функций Ляпунова при исследовании устойчивости систем с запаздыванием

О. Г. Антоновская

ННГАСУ, Н. Новгород, Россия

Рассматривается вопрос о возможности применения квадратичных функций Ляпунова в задачах исследования устойчивости систем с запаздыванием. Выбираются квадратичные функции Ляпунова, удовлетворяющие ограничениям на первую производную в силу некоторой системы без запаздывания.

Многофазная фильтрация в анизотропных пористых средах

А. В. Ахметзянов¹, А. Г. Кушнер^{1,2}, В. В. Лычагин^{1,3}

ИПУ РАН, Москва, Россия¹

МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия²

Университет Тромсе, Тромсе, Норвегия³

kushnera@mail.ru (Кушнер А.Г.)

Предложено дифференциально-геометрическое описание моделей многофазной фильтрации в анизотропных пористых средах. Введено понятие метрики анизотропии. Построено обобщение модели Бакли–Леверетта для анизотропных сред.

Многокритериальное оптимальное управление: новые задачи и решения

Д. В. Баландин¹, М. М. Коган²

ННГУ им. Н. И. Лобачевского, Н. Новгород, Россия¹

ННГАСУ, Н. Новгород, Россия²

Рассмотрены новые многокритериальные задачи управления, в том числе для неопределенных систем, критериями в которых являются обобщенные H_2 -нормы или их верхние границы. Обобщенная H_2 -норма характеризует максимальный по времени отклик системы в ответ на L_2 -возмущения. Получены необходимые условия оптимальности по Парето. Показано, что синтез оптимальных по Парето управлений может быть осуществлен в терминах линейных матричных неравенств на основе оптимизации свертки Гермейера. В качестве приложений рассмотрены многокритериальные с новыми типами критериев задачи виброизоляции и гашения колебаний механических систем, а также задачи управления ротором в элек-

тромагнитных подшипниках.

Оптимальные по Парето управления движением ротора в электромагнитных подшипниках

Д. В. Баландин¹, Р. С. Бирюков², М. М. Коган²

ННГУ им. Н. И. Лобачевского, Н. Новгород, Россия¹

ННГАСУ, Н. Новгород, Россия²

biryukovrs@gmail.com (Бирюков Р.С.)

Рассматривается задача оптимальной стабилизации вертикального жесткого ротора, вращающегося в двух электромагнитных подшипниках. Для количественной оценки переходных процессов используются два показателя: максимальное отклонение ротора от равновесного положения и максимальное значение силы тока в обмотках электромагнитов. Поставлена двухкритериальная задача оптимальной по Парето стабилизации ротора, критериями в которой являются обобщенные \mathcal{H}_2 -нормы, связанные с указанными выше показателями. С использованием аппарата линейных матричных неравенств синтезируются оптимальные по Парето законы управления как в виде линейной обратной связи по состоянию, так и децентрализованные законы управления, определяемые смещениями ротора в каждом из электромагнитных подшипников. Приводится сравнение полученных оптимальных по Парето критериев для централизованных и децентрализованных законов управления.

Уклонение от группы преследователей в линейных дробно-дифференциальных играх

А. С. Банников

Удмуртский ГУ, Ижевск, Россия

asbannikov@gmail.com

Рассматривается задача уклонения убегающего от группы преследователей в конечномерном евклидовом пространстве. Движение описывается линейной системой дробного порядка. В начальный момент времени заданы начальные условия. Управления игроков ограничены одним и тем же выпуклым компактом. Убегающий дополнительно стеснен фазовыми ограничениями – выпуклым многогранным множеством с непустой внутренностью. В терминах начальных позиций и параметров игры получены достаточные условия разрешимости задачи уклонения.

Решение задачи естественной стабилизации колебания слабосвязанных систем

И. Н. Барабанов, В. Н. Тхай

ИПУ РАН, Москва, Россия
ivbar@ipu.ru (Барабанов И.Н.)

Рассматривается автономная модель, содержащая связанные подсистемы – системы обыкновенных дифференциальных уравнений. Решается задача естественной стабилизации колебания, заключающаяся в нахождении условий на связи, гарантирующих одновременно существование и асимптотическую устойчивость колебания. Предполагается, что каждая подсистема содержит семейство периодических решений, на котором период зависит от одного параметра.

Управление, мотивированное интересами: структура, аксиоматика, устойчивость, методы

В. В. Баранов

ИМАШ РАН, Москва, Россия
baranov.37@mail.ru)

Рассматривается управление реализацией интересов и развитием в системах со структурой субъекты, объекты интересов, среда. Динамика определяется процессами деградации потенциала объекта и среды с обрывающимися траекториями. Эгоцентризм субъектов порождает конфликты интересов. Их разрешение устойчивым компромиссом является необходимым условием устойчивости процесса. Формируется аксиоматика, методология и методы управления в структуре марковских процессов коллективных решений. Рассматриваются применения в системах с иерархической структурой интересов.

Об управляемости и наблюдаемости поэтапно меняющихся линейных нестационарных динамических систем

В. Р. Барсегян

Ереванский ГУ, Институт механики НАН Армении, Ереван, Армения

Рассматриваются вопросы управляемости и наблюдаемости поэтапно меняющихся линейных нестационарных систем. Получены необходимые и достаточные условия вполне управляемости и наблю-

даемости этих систем, сравнимые с известными условиями для обычных систем. Сами условия выражены через интегральные матрицы управляемости и наблюдаемости поэтапно меняющихся систем.

Порождающие решения семейств периодических орбит со специфической симметрией задачи Хилла

А. Б. Батхин^{1,2}

ИПМ им. М. В. Келдыша, Москва, Россия¹
МФТИ, Долгопрудный, Россия²
batkhin@me.com

С помощью нормализации функции Гамильтона вычисляются порождающие решения возмущённой задачи Кеплера, обладающие специфической симметрией. Описываются условия, при которых эти решения могут быть продолжены до семейств периодических орбит плоской круговой задачи Хилла.

Синтез методом разделения движений регулятора для инвертора фотоэлектрической системы

И. А. Белова, Г. С. Зиновьев, В. Д. Юркевич

Новосибирский ГТУ, Новосибирск, Россия
yurkev@ac.cs.nstu.ru (Юркевич В.Д.)

В докладе рассматривается проблема синтеза регулятора для инвертора фотоэлектрической системы, выполняющий преобразование постоянного напряжения с выхода фотоэлектрического модуля (солнечной батареи) в переменное напряжение на выходе преобразователя. Данный инвертор является примером динамической системы с широтно-импульсным модулятором (ШИМ) в канале управления. Предлагается методика синтеза регулятора для инвертора напряжения на основе применения метода разделения движений, позволяющая обеспечить высокую точность формирования заданных параметров переменного напряжения на выходе преобразователя в условиях действия таких возмущающих факторов, как нестабильность величины входного напряжения и изменение величины сопротивления нагрузки инвертора. При синтезе регулятора используется эквивалентная непрерывная модель усредненного поведения процессов в инверторе, которая получена методом доопределения Филиппова А.Ф. при высокой частоте коммутации ШИМ. В основе методики синтеза регулятора лежит преднамеренное формирование разномем-

повых процессов в замкнутой системе. Метод сингулярных возмущений применяется для анализа свойств процессов в системе управления.

Задача выбора собственных чисел по заданной степени устойчивости

Н. В. Берсенев, В. А. Уткин

ИПУ РАН, Москва, Россия
nick.e-note@ya.ru (Берсенев Н.В.)

Задача модального управления, состоящая в назначении заданных корней замкнутой линейной системы с помощью выбора обратной связи, давно известна, достаточно полно изучена и широко используется в теории и практике управления. При этом задача выбора спектра замкнутой системы до сих пор остаётся открытой темой для исследования. В данной работе ставится задача минимизации ресурсов управления в задаче модального управления при заданной степени устойчивости замкнутой системы. В основе предлагаемого подхода к решению описанной выше задачи лежат процедуры блочного подхода в управлении и использование унитарных преобразований, сохраняющих норму матрицы обратной связи.

О движениях носителя с подвижным грузом по горизонтальной плоскости

Г. Г. Бильченко

КНИТУ-КАИ им. А. Н. Туполева, Казань, Россия
ggbil40@gmail.com

Рассматривается движение системы, состоящей из носителя и груза. Носитель движется из состояния покоя поступательно по негладкой горизонтальной плоскости по прямолинейной траектории. Применяется модель сухого кулонова трения. Груз перемещается по заданному закону в криволинейном канале, располагающемся в вертикальной плоскости, проходящей через траекторию носителя. Изучается влияние параметров системы и среды на движение носителя. Приводятся результаты вычислительных экспериментов.

Смешанные и комбинированные обратные задачи управления тепломассообменом и трением на проницаемых поверхностях ГЛА

Г. Г. Бильченко, Н. Г. Бильченко

КНИТУ-КАИ им. А. Н. Туполева, Казань, Россия
ggbil2@gmail.com (Бильченко Г.Г.)

Рассматриваются задачи математического моделирования эффективного управления тепломассообменом и трением в ламинарном пограничном слое на проницаемых цилиндрических и сферических поверхностях гиперзвуковых летательных аппаратов. Приводятся постановки смешанных и комбинированных обратных задач. Обсуждаются результаты вычислительных экспериментов.

Новый подход к анализу линейных систем управления

В. А. Бойченко

ИПУ РАН, Москва, Россия
victor@ipu.ru

В работе рассматривается интегральная характеристика входного сигнала – σ -энтропия. В качестве критерия качества используется σ -энтропийная норма системы, которая определяется как индуцированная норма на множестве входных сигналов, σ -энтропия которых не превышает заданного значения s .

Наихудшие возмущения при фиксированном упреждающем управлении для задачи противоударной изоляции

Н. Н. Болотник, В. А. Корнеев

ИПМех РАН, Москва, Россия
bolotnik@ipmnet.ru

Изучаются возможности защиты объекта, расположенного на подвижном основании, от ударных воздействий с помощью активного изолятора с упреждающим управлением при неизвестных возмущениях заданной длительности. Для оптимальных управлений, полученных ранее для заданных возмущений, находятся наихудшие возмущения и соответствующие значения максимального смещения объекта относительно основания.

Минимизация переключений в задачах оптимального управления гибридными непрерывно-дискретными системами

А. С. Бортакровский

Московский авиационный институт, Москва, Россия
asbortakov@mail.ru

Рассматривается оптимальное управление системой, непрерывное изменение состояния которой описывается дифференциальными уравнениями, а мгновенные скачкообразные изменения состояния (переключения) – рекуррентными уравнениями. Моменты переключений, а также их количество заранее не заданы. Решается задача нахождения наименьшего количества переключений, при котором значение показателя качества управления не хуже допустимого.

С-ядро в двухшаговой сетевой игре с попарным взаимодействием

М. А. Булгакова, Л. А. Петросян

СПбГУ, Санкт-Петербург, Россия
mari_bulgakova@mail.ru (Булгакова М.А.)

В работе рассматривается кооперативная двухшаговая сетевая игра с попарным взаимодействием. На первом шаге формируется сеть, на втором — игроки играют в биматричные игры с соседями по сети, образовавшейся на первом шаге. Определена характеристическая функция для двухшаговой игры, а так же для одношаговой подыгры на образовавшейся в результате первого шага сети. В качестве решения рассматривается С-ядро. В работе доказано, что в обоих случаях: для двухшаговой игры и одношаговой подыгры характеристическая функция является выпуклой. Это гарантирует непустоту С-ядра в обоих случаях, а так же, принадлежность вектора Шепли С-ядру.

Системы-хамелеоны автоматического управления

И. М. Буркин, О. И. Кузнецова

Тульский ГУ, Тула, Россия
i-burkin@yandex.ru (Буркин И.М.)

Сегодня хорошо известно, что динамические системы можно подразделить на системы с самовозбуждающимися и системы со

скрытыми аттракторами. Самовозбуждающийся аттрактор имеет область притяжения, которая примыкает к неустойчивым состояниям равновесия системы, в то время как скрытые аттракторы имеют области притяжения, не пересекающиеся с малыми окрестностями ни одного из состояний равновесия. Недавно исследователями были обнаружены так называемые "системы-хамелеоны". Эти системы были так названы потому, что они демонстрируют самовозбуждающиеся или скрытые колебания в зависимости от значений входящих в них параметров. В докладе предлагается простой алгоритм синтеза однопараметрических систем-хамелеонов автоматического управления. Отслеживается эволюция ляпуновских показателей и размерности Каплана-Йорке аттракторов таких систем при изменении параметра.

Системы-хамелеоны автоматического управления

О. А. Виноградова

МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва, Россия
vinogradova-oa@yandex.ru

Изучается движение цилиндра по гармонически колеблющейся плоскости с трением скольжения и трением качения. Построены алгоритмы поиска периодических движений цилиндра для задачи в приближенной и в точной постановке. Получены периодические движения цилиндра для различных значений параметров системы.

О стабилизации установившихся движений двухзвенного манипулятора

В. А. Гаджиян, Е. В. Щербакова

УлГУ, Ульяновск, Россия
vita1ka@inbox.ru (Гаджиян В.А.)

В докладе излагаются результаты решения задачи о стабилизации положений и установившихся вращательных движений двухзвенного манипулятора в нелинейной постановке с использованием нелинейных ПИ- и ПИД-регуляторов.

О двух задачах оптимального скалярного управления гармоническим осциллятором

А. А. Галяев, П. В. Лысенко

ИПУ РАН, Москва, Россия
galaev@ipu.ru (Галяев А.А.)

Найдено аналитическое решение задачи оптимального по энергии управления гармоническим осциллятором. Проведено сравнение полученного решения с решением задачи быстродействия при успокоении осциллятора. Представлены результаты моделирования поведения полной энергии осциллятора от заданного времени управления и фазовых координат от текущего времени.

Моделирование динамики катамарана с ветродвигателем

М. А. Гарбуз, А. П. Голуб, Л. А. Климина

НИИ механики МГУ, Москва, Россия
misha-garbuz@yandex.ru (Гарбуз М.А.)

Рассматривается задача о движении катамарана против ветра за счёт энергии ветра. На корпусе катамарана установлены два винта: воздушный винт, который приводится в движение ветром, и гребной винт. Винты соединены валом, передающим вращение от пропеллера к гребному винту. Для системы построена математическая модель, выписаны уравнения движения. Собран лабораторный макет устройства. Создан экспериментальный стенд для лабораторных испытаний макета. Эксперименты с макетом подтвердили существование режима движения катамарана строго против ветра за счёт энергии потока ветра.

Динамика системы связанных моделей нейронов через мемристивное устройство

*С. А. Герасимова, А. Н. Михайлов, Д. В. Гусейнов, А. И. Белов,
Д. С. Королев, О. Н. Горшков*

ННГУ им. Н.И. Лобачевского, Н. Новгород, Россия
gerasimova@neuro.nnov.ru (Герасимова С.А.)

Представлена математическая модель синаптически связанных с помощью мемристивного устройства искусственных нейронов. Воздействие на принимающий нейрон осуществляется через мемристив-

ное устройство, демонстрирующее адаптивное поведение. Установлено, что предложенный канал связи обеспечивает вынужденную синхронизацию, параметры зависят от чувствительности мемристивного устройства.

Управление движением квадрокоптера в горизонтальной плоскости

Т. В. Глазков, А. Е. Голубев

МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия
t.glazkov@bk.ru (Глазков Т.В.)

Рассматривается задача отслеживания программного изменения положения квадрокоптера в горизонтальной плоскости без использования линеаризации уравнений движения в окрестности нулевых углов Крылова. Для синтеза управления применяется метод линеаризации обратной связью. Предложена стратегия управления плоским движением с ограничением на ориентацию аппарата по одному из углов Крылова.

Обеспечение устойчивости движения космического робота при манипуляционном функционировании

В. М. Глузов, В. Ю. Рутковский

ИПУ РАН, Москва, Россия
vglum@ipu.ru (Глузов В.М.)

Рассматривается функционирование космического манипуляционного робота (КМР) в режиме свободного дрейфа, при котором задача управления манипулятором решается в классе систем с обратной связью с использованием измерений отклонения конечной точки манипулятора (схвата) от цели. Анализ математической модели плоского движения при манипуляционном функционировании свободнолетающего КМР, состоящего из несущего тела и шарнирно присоединенного к нему трёхзвенного манипулятора, показал, что существующая переменность коэффициентов модели, обусловленная их зависимостью от углового положения корпуса и шарнирных углов звеньев манипулятора, может привести к неустойчивости движения по регулируемым координатам. Определяется область устойчивости на плоскости в координатах шарнирных углов звеньев манипулятора, что позволяет выделить диапазоны шарнирных углов, при кото-

рых движение КМР становится неустойчивым. Данное обстоятельство учитывается при синтезе алгоритмов управления. Разработана структура адаптивной системы управления КМР, которая содержит подсистему обеспечения устойчивости и алгоритмы адаптивной коррекции коэффициентов закона управления.

Рациональное сочетание аэродинамического и реактивного управлений летательным аппаратом

В. М. Глумов¹, А. М. Пучков², А. С. Соловьев²

ИПУ РАН, Москва, Россия¹
ФГУП МОКБ "Марс", Москва, Россия²
vglum@ipu.ru (Глумов В.М.)

Рассматривается задача смешанного управления беспилотным летательным аппаратом с аэродинамическими и реактивными органами управления. Сформулированы основные критерии формирования смешанного управления и приводится обобщенная оценка эффективности функционирования канала реактивного управления при решении задачи демпфирования колебательных процессов, обусловленных нелинейными характеристиками в канале аэродинамического управления.

О влиянии жесткости крепления на динамику двузвенного аэродинамического маятника

А. П. Голуб¹, S. S. Hwang², C. H. Lin²

НИИ механики МГУ, Москва, Россия¹
CHUST, Таоюань, Тайвань²
holub.imech@gmail.com (Голуб А.П.)

Рассматривается задача о колебаниях двузвенного упруго закрепленного аэродинамического маятника. Анализируется влияние жесткости крепления на характеристики колебаний. Результаты численного моделирования сопоставляются с экспериментальными данными, полученными при продувках маятника в аэродинамической трубе НИИ механики МГУ.

Транспортировка инсектоморфным роботом груза на плоту через небольшую водную преграду

Ю. Ф. Голубев, В. В. Корянов

ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, Москва, Россия
korianov@keldysh.ru (Корянов В.В.)

Конструктивно построено и отработано средствами программно-го комплекса “Универсальный механизм” движение инсектоморфного робота, позволяющее осуществить транспортировку груза на прямоугольном плоту при переправе робота на другой берег небольшой водной преграды. Рассматривается простейший случай, когда робот отталкивается от берега.

Удержание цилиндра двухпальцевым манипулятором

Ю. Ф. Голубев¹, Е. В. Мелкумова²

ИПМ им. М. В. Келдыша РАН, Москва, Россия¹
МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия²
elena_v_m@mail.ru (Мелкумова Е.В.)

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.

Оценка числа почти периодических решений обыкновенных дифференциальных уравнений

Г. Г. Иванов, Г. В. Алферов, П. А. Горюченко

СПбГУ, Санкт-Петербург, Россия
alferovgv@gmail.com (Алферов Г.В.)

Одной из проблем использования космических манипуляционных роботов является обеспечение их автономного функционирования в недетерминированных средах с динамическими или стационарными препятствиями. Для решения этих задач используют режимы с переключениями, учитывая информацию о числе периодических и почти периодических решений дифференциальных уравнений первого порядка. В работе рассмотрены вопросы существования и устойчивости почти периодических решений обыкновенных дифференциаль-

ных уравнений и проведена оценка числа этих решений.

О нелинейных колебаниях одной распределенной системы

А. В. Грезина, А. Г. Панасенко

ННГУ им. Н. И. Лобачевского, Н. Новгород, Россия
aleksandra-grezina@yandex.ru (Грезина А.В.)

Описывается математическая модель поперечных автоколебаний одной распределенной системы (борштанги, предназначенной для растачивания глубоких отверстий). Приводятся полученные в результате исследований аналитические выражения амплитуд автоколебаний и условия, при которых возможны мягкий и жесткий режимы возбуждения автоколебаний, а также результаты численных экспериментов при различных значениях геометрических и технологических параметров математической модели.

Об одном классе обратных задач управления

М. И. Гусев

ИММ им. Н.Н.Красовского УрО РАН, Екатеринбург, Россия
gmi@imm.uran.ru

В докладе рассматривается задача описания множества достижимости для нелинейной управляемой системы при условии, что значения интегрального функционала от управления и траектории системы ограничены сверху заданным числом. Данная задача может трактоваться как обратная задача для задачи оптимального управления. Доказывается, что любое допустимое управление, которое переводит траекторию системы на границу множества достижимости, является локальным решением некоторой задачи оптимального управления с заданным интегральным функционалом (прямой задачи), при условии полной управляемости линеаризованной системы.

Лабораторная установка для изучения нелинейных аэроупругих колебаний

М. Н. Деменков¹, М. Калуж²

ИПУ РАН, Москва, Россия¹
Словацкий технолог. ун-т, Братислава, Словакия²
britain.scientist@yandex.ru (Деменков М.Н.)

В докладе описывается учебная установка для изучения аэро-

упругих колебаний, собранная из доступных робототехнику-любителю деталей, таких как микроконтроллер Ардуино, вентилятор и гибкий тензорезистор, меняющий свое сопротивление при изгибе, к которому присоединена пластиковая пластина, играющая роль крыла. Установка позволяет осуществлять сбор и анализ данных на компьютере.

Невыпуклые квазидифференцируемые кусочно-линейные функции Ляпунова

М. Н. Деменков

ИПУ РАН, Москва, Россия
britain.scientist@yandex.ru

В докладе рассматривается анализ устойчивости кусочно-аффинных динамических систем на основе метода негладких и невыпуклых функций Ляпунова, множество уровня которых представляет собой многогранник и является звездным. Производная по направлению такой функции вычисляется с помощью ее разложения на разность двух выпуклых полиэдральных функций.

Управление траекторным движением квадрокоптера при транспортировке груза на подвесе

А. С. Димова

НГУ, Новосибирск, Россия
salat77@mail.ru

Рассматривается задача управления траекторным движением квадрокоптера с подвесом, представляющим из себя шарнирно-закрепленный невесомый стержень с грузом на конце. С помощью уравнений Лагранжа второго рода получены уравнения движения для двумерной модели. При движении квадрокоптера колебания подвеса приводят к неустойчивости, поэтому возникает необходимость включения в закон регулирования величины угла отклонения подвеса от вертикали. Предложен регулятор, построенный на основе метода структурного синтеза. Эффективность алгоритма подтверждается результатами моделирования.

Дискретное автономное операторное уравнение Риккати в задаче оптимальной стабилизации периодической линейной системы с последствием

Ю. Ф. Долгий

ИММ УрО РАН им. Н.Н. Красовского, Екатеринбург, Россия
yurii.dolgii@urfu.ru

Изучается задача оптимальной стабилизации периодической линейной системы с последствием. Допустимые управления формируются по принципу обратной связи в функциональном пространстве состояний. Предполагается кусочно-постоянная периодическая зависимость управлений от времени. Точки разрыва не зависят от выбора состояний и совпадают с периодами системы. Эквивалентная дискретная задача стабилизации с квадратичным критерием качества автономна. Получено представление решения дискретного автономного операторного уравнения Риккати.

О реализации тактильной обратной связи с помощью пьезоэлектрического привода

М. З. Досаев¹, Ю. Д. Селюцкий¹, F.-C. Su², C.-H. Yeh²

НИИ механики МГУ, Москва, Россия¹
National Cheng Kung University, Tainan, Taiwan²
dosayev@imec.msu.ru (Досаев М.З.)

Отсутствие тактильной обратной связи при лапароскопических операциях зачастую приводит к повышению сложности и времени проведения операции. В данной работе рассматривается система, обеспечивающая такую связь на базе пьезоэлектрического привода. Для описания привода используется феноменологическая модель, параметры которой определяются на основе проведенных экспериментов. Показано, что система позволяет различать объекты с разной жесткостью.

О получении условий стационарности в задаче оптимального управления для траектории с гладким выходом на фазовую границу на отрезке

А. В. Дмитриук, И. А. Самыловский

МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия
ivan.samylovskiy@cosmos.msu.ru (Самыловский И.А.)

Доклад посвящен получению полной системы условий стационарности в форме Дубовицкого-Миллота для задачи с фазовыми ограничениями с помощью дифференцирования фазового ограничения вдоль участка выхода на границу и сведения его к смешанному. Рассматривается задача с гладким выходом траектории, для которой производится варьирование исследуемой траектории в два этапа для получения условия знакоопределенности множителя при фазовом ограничении и скачков соответствующей сопряженной переменной.

Стабилизация многосвязной динамической системы с использованием кусочно-постоянного управления

*О. В. Дружинина^{1,2}, В. Н. Шенников³, Е. В. Шенникова³,
Е. А. Каледина³, О. Н. Масина⁴*

ФИЦ ИУ РАН, Москва, Россия¹

ИПУ РАН, Москва, Россия²

Мордовский ГУ им. Н.П. Огарёва, Саранск, Россия³

Елецкий ГУ им. И.А. Бунина, Елец, Россия⁴

ovdruz@mail.ru (Дружинина О.В.)

На основе условий стабилизации многосвязных динамических систем исследована задача стабилизации перемещения схвата манипулятора по заданной траектории в пространстве. Манипуляционная система представлена в виде многосвязной непрерывно-дискретной системы, для которой построено стабилизирующее управление и определен предельный шаг квантования. Разработан алгоритм численного решения задачи стабилизации и выполнена серия компьютерных экспериментов.

Стабилизация многосвязной динамической системы с использованием кусочно-постоянного управления

А. В. Егоров

СПбГУ, Санкт-Петербург, Россия
alexey3.1416@gmail.com

В работе представлен критерий экспоненциальной устойчивости для линейных стационарных систем запаздывающего типа. Критерий является обобщением известной из теории обыкновенных дифференциальных уравнений теоремы Ляпунова, где утверждается, что система экспоненциально устойчива тогда и только тогда, когда соответствующая ей матрица Ляпунова положительно определена. Для систем с запаздыванием матрица Ляпунова является функциональной матрицей, заданной на некотором отрезке. В представленной работе для случая одного запаздывания показано, как на основе значений матрицы Ляпунова в конечном наборе точек можно построить матрицу, которая положительно определена, если система экспоненциально устойчива, и наоборот.

Управление детерминированной системой обслуживания при установлении стационарного режима

А. Н. Елфимов, В. В. Карелин

СПбГУ, Санкт Петербург, Россия
elfpro@list.ru (Елфимов А.Н.)

В работе рассматривается детерминированная система обслуживания, с тремя потоками требований, работающая в стационарном режиме. Характеристики системы обслуживания являются стабильными и не зависят от времени. Основная цель работы - найти такой режим работы системы, при котором общая длина очереди будет минимальной. Решение задачи минимизации длины очереди основано на геометрической интерпретации множества длительностей обслуживания заявок,обеспечивающих стационарный режим.

Об устойчивости разрывных решений нелинейных систем с импульсным воздействием и запаздыванием

Н. И. Желонкина, А. Н. Сесекин

ИММ УрО РАН, Екатеринбург, Россия

УрФУ, Екатеринбург, Россия

sesekin@list.ru (Сесекин А.Н.)

Исследуется свойство устойчивости и асимптотической устойчивости для нелинейных систем с импульсным воздействием и запаздыванием. Получены достаточные условия устойчивости и асимптотической устойчивости.

Негладкая оптимизация обтекания тел в гидродинамике

Д. С. Завалицин

ИММ им. Н. Н. Красовского УрО РАН, Екатеринбург, Россия

dzaval@mail.ru

Ставится задача оптимизации энергозатрат на преодоление сопротивления жидкости при поступательном движении твердого тела из одного фазового состояния в другое за заданное время. Получены необходимые условия оптимальности, порождающие перемещение тела, сопровождающееся в общей ситуации неустановившимся движением жидкости. Построение такого перемещения связано с решением некоторой двухточечной граничной задачи для системы из уравнений Навье–Стокса и имеющей аналогичную структуру сопряженной системы. Такая задача не может быть решена аналитически и поэтому вопрос о структуре оптимального управления при нестационарном обтекании остается открытым даже в случае твердых тел простой формы. Гипотеза квазистационарного обтекания позволяет на предварительном этапе исследований использовать соответствующую аналитическую технику и провести анализ таких задач на качественном уровне.

Равномерная глобальная асимптотическая стабилизация билинейных неоднородных периодических систем с дискретным временем

В. А. Зайцев

Удмуртский ГУ, Ижевск, Россия
verba@udm.ru

Для билинейной неоднородной системы с периодическими коэффициентами с дискретным временем получены новые достаточные условия равномерной глобальной асимптотической стабилизации нулевого положения равновесия посредством обратной связи по состоянию.

О назначении спектра посредством статической обратной связи по выходу для линейных систем с непрерывным и дискретным временем с запаздываниями по состоянию

В. А. Зайцев, И. Г. Ким

Удмуртский ГУ, Ижевск, Россия
verba@udm.ru (Зайцев В.А.)

Для линейных стационарных управляемых систем с непрерывным или дискретным временем с несколькими несоизмеримыми запаздываниями в состоянии исследуется задача назначения спектра посредством линейной статической обратной связи по выходу с запаздываниями. Получены достаточные условия разрешимости задачи назначения произвольного спектра.

Особенности управления движением космического аппарата в фотогравитационных полях

А. С. Зимовщиков¹, В. С. Королев², Е. Н. Поляхова²

Вымпелком, Москва, Россия¹
СПбГУ, Санкт Петербург, Россия²
winter z@mail.ru (Зимовщиков А.С.)

В рамках общей классификации фотогравитационных задач рассматриваются особенности управления солнечным парусом космического аппарата (КА), которая учитывает поступательное и вращательное движение всей конструкции. Чтобы управлять движением КА, необходимо менять размеры, свойства или ориентацию элемен-

тов паруса относительно потока солнечных лучей. Для гелиоцентрических полетов можно учитывать только центральное фотогравитационное поле Солнца и дополнительную силу светового давления его лучей на парус. Величина и направление вектора будут создавать нужное управление. Уравнения движения с учетом возмущений могут быть представлены в различном виде на основе моделей задачи двух тел.

Идентификация динамики движения квадрокоптера

Ю. Н. Золотухин¹, К. Ю. Котов¹, А. М. Свитова^{1,2}, М. А. Соболев¹

ИАиЭ СО РАН, Новосибирск, Россия¹

НГУ, Новосибирск, Россия²

miraina@yandex.ru (Свитова А.М.)

В работе рассматривается проблема идентификации динамической модели квадрокоптера, представленной рекуррентной нейронной сетью Элмана. Показана сходимость алгоритма настройки сети с помощью расширенного фильтра Калмана при использовании входных тестовых сигналов гармонического вида.

О периодических решения в одной лагранжевой системе с дискретной симметрией лагранжиана

О. Э. Зубелевич

МГУ им М.В. Ломоносова, Москва, Россия

ozubel@yandex.ru

Рассматривается натуральная лагранжева система с двумя степенями свободы на некомпактном конфигурационном многообразии, у которой лагранжиан имеет дискретную симметрию. Доказывается существование периодических решений

Робастная стабилизация по выходу некоторого класса непрерывных и импульсных неопределённых систем

И. Е. Зубер, А. Х. Гелиг

СПбГУ, Санкт-Петербург, Россия

agelig@yandex.ru (Гелиг А.Х.)

Рассматривается неопределённая система n -го порядка, у которой наблюдаются l координат ($l < n$) и имеется l управлений. С по-

мощью построения наблюдателя и квадратичной функции Ляпунова методом *backstepping* синтезируется робастное непрерывное либо импульсное управление, при котором система становится глобально асимптотически устойчивой.

Метод точечных отображений при исследовании сильно нелинейных (виброударных) систем с неаналитической поверхностью Пуанкаре

Л. А. Игумнов, В. С. Метрикин, И. В. Никифорова

ННГУ им. Н. И. Лобачевского, Н. Новгород, Россия
tsii@list.ru (Никифорова И.В.)

Исследуется динамика новых типов многоимпульсных виброударных механизмов с учетом свойств обрабатываемой среды, математические модели которых представляют собой существенно нелинейные системы с переменной структурой. Динамический анализ модели проводится методом точечных отображений двумерной неаналитической поверхности Пуанкаре самой в себя. Изучение динамики сложных периодических и стохастических режимов движения осуществлено с использованием численных экспериментов на ПЭВМ с помощью программного комплекса, разработанного в среде Borland C++ Builder 6, что дало возможность описать по бифуркационным диаграммам возможные качественные перестройки режимов движения механизмов.

Стабилизация при неопределенных возмущениях манипулятора с тремя звеньями с нежестким соединением

М. А. Исанькин¹, А. И. Маликов^{1,2}

КНИТУ-КАИ, Казань, Россия¹
ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия²
maksimis.reg@mail.ru (Исанькин М.А.)

Манипулятор с тремя звеньями с нежестким соединением имеет привод только для первого звена. Решается задача синтеза управления в виде обратной связи по состоянию наблюдателя, обеспечивающего стабилизацию заданного положения при действии неопределенных ограниченных возмущений и учете ограничений на управление.

Асимптотический метод решения сингулярно возмущенной линейно-квадратичной задачи оптимального управления

А. И. Калинин, Л. И. Лавринович

БГУ, Минск, Беларусь
lavrinovich@bsu.by (Лавринович Л.И.)

Рассматривается задача минимизации интегрального квадратичного функционала на траекториях линейной сингулярно возмущенной системы, в которой на правый конец траекторий наложены линейные ограничения. Строятся асимптотические приближения к оптимальному программному управлению и оптимальной обратной связи в этой задаче. Основное достоинство предложенных алгоритмов состоит в том, что при их применении исходная задача оптимального управления распадается на две невозмущенные задачи меньшей размерности.

Об устойчивости дифференциальных уравнений третьего порядка

Б. С. Калитин

БГУ, Минск, Беларусь
kalitine@yandex.by

В работе исследуется задача устойчивости равновесия нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений методом знакопостоянных функций Ляпунова. Выделены типы уравнений третьего порядка, для которых выбор знакопостоянной функции не представляет сложностей. Для таких уравнений получены достаточные условия свойств устойчивости и асимптотической устойчивости (локальной и глобальной). Показано, что использование знакоположительных функций может дать преимущества по сравнению с классическим методом применения определительно положительных функций Ляпунова.

Критерий Цыпкина и другие условия устойчивости дискретных систем с переключениями

В. А. Каменецкий

ИПУ РАН, Москва, Россия
vlakam@ipu.ru

Рассматриваются системы с переключениями между линейными автономными дискретными подсистемами. Понятие связанной системы с переключениями, предложенное для систем с непрерывным временем, распространяется на системы с дискретным временем. Для таких систем предлагаются необходимые и достаточные частотные условия существования общей квадратичной функции Ляпунова, обеспечивающей устойчивость системы при произвольных переключениях. Более детально в работе рассмотрены случаи переключения между двумя и между тремя линейными подсистемами. Приведен пример.

Новые критерии устойчивости положений равновесия для систем дискретного времени

А. Н. Канатников

МГТУ им. Н. Э. Баумана, ИСА ФИЦ ИУ РАН, Москва, Россия
skipper@bmstu.ru

Исследование устойчивости положений равновесия динамических систем опирается на анализ системы линейного приближения или на построение функции Ляпунова. Однако первый метод неприменим в вырожденном случае, а второй требует построения функции специального вида, что не всегда возможно. В то же время метод функций Ляпунова в своей основе опирается на понятие инвариантного множества. Поэтому возникает идея проводить анализ устойчивости положения равновесия путем непосредственной проверки инвариантности некоторых множеств в фазовом пространстве. В настоящей работе устанавливаются критерии устойчивости и асимптотической устойчивости положений равновесия автономных дискретных систем в терминах инвариантных множеств и предлагаются методы проверки условий этих критериев.

Устойчивость и стабилизация стационарных движений одной модели моноцикла

А. С. Карчевский

НИИ механики МГУ, Москва, Россия
r4fiky@gmail.com

Рассматривается одноколёсный робот достаточно сложной специальной конструкции, призванной моделировать движения человека на одноколёсном велосипеде. Схожие системы уже изучались ранее, однако отличие выбранной модели существенно влияет на поведение системы. Состояние данной системы с неголономными связями (выражающими условие непроскальзывания) описывается восьмью обобщёнными координатами. Составлены уравнения движения системы в форме Чаплыгина. Найдено многообразие стационарных движений, среди которых выделяются движения, отсутствовавшие в ранее рассмотренных моделях. Получены необходимые условия устойчивости стационарных движений, зависящие от параметров системы. Исследованы возможности их стабилизации при помощи тех или иных управляющих воздействий и построены алгоритмы оптимальной стабилизации.

Навигация в поле точечного магнитного диполя по измерениям параметров градиента поля

Е. В. Каршаков, А. К. Волковщуккий, Б. В. Павлов

ИПУ РАН, Москва, Россия
karshak@mail.ru (Каршаков Е.В.)

Рассматривается задача навигации подвижного объекта по измерениям тензорного магнитного градиентометра в поле точечного магнитного диполя. Предложенный в работе нелинейный алгоритм решения обратной задачи - задачи определения параметров источника по измерениям параметров поля, - позволяет определить положение относительно пары дипольных источников переменного магнитного поля.

Роль диссипативной функции при построении уравнений движения с заданными свойствами

И. Е. Каспирович

РУДН, Москва, Россия
kaspирович.ivan@gmail.com

Рассматривается обратная задача динамики – задача построения уравнений движения по заданным свойствам. Используется метод стабилизации связей. Анализируется, как коэффициенты стабилизации связей влияют на диссипативную функцию. Тем самым, строятся уравнения, обладающие при исследовании свойством устойчивости численной схемы.

Построение бифуркационных диаграмм периодических движений аэродинамического маятника методом последовательных усреднений

Л. А. Климина, Б. Я. Локшин

НИИ механики МГУ, Москва, Россия
klimina@imec.msu.ru (Климина Л.А.)

Рассматривается математическая модель аэродинамического маятника с горизонтальной осью вращения. Соответствующая динамическая система является автономной системой с цилиндрической фазовой поверхностью. Предлагается конструктивный алгоритм отыскания замкнутых фазовых траекторий, основанный на итерационном применении метода Пуанкаре-Понтрягина. При помощи этого алгоритма построены бифуркационные диаграммы периодических траекторий, отвечающих авторотационным режимам аэродинамического маятника.

Синтез внешнего каскада магнитного управления плазмой в токамаке Глобус-М методом линейных матричных неравенств

А. Е. Коньков¹, Ю. В. Митришкин^{1,2}, Н. М. Карцев²

МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия¹
ИПУ РАН, Москва, Россия²
yvm@mail.ru (Митришкин Ю.В.)

Для многоконтурной системы управления токамака Глобус-М синтезирован внешний каскад управления со статическим регулятором по оценке состояния. Матрицы регулятора и наблюдателя

синтезированы методом линейных матричных неравенств (ЛМН), с размещением полюсов замкнутой системы в \mathbb{D} -области. Это позволило значительно снизить колебательность и время переходных процессов по сравнению с системой без внешнего каскада.

Синтез систем управления техническим и промышленным объектами по состоянию методом линейных матричных неравенств

А. Е. Коньков

МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия
konkov@physics.msu.ru

Методом линейных матричных неравенств (ЛМН) с использованием обобщенной теоремы Ляпунова решены задачи управления корабельным паровым котлом и промышленной системой регулирования натяжения материала в зоне его транспортирования в поточной линии. В частности, синтезирован робастный регулятор, сохраняющий спектр системы в заданной \mathbb{D} -области при заданных отклонениях модели объекта от номинальной.

Защита объекта от ударов с помощью упреждающего управления при неизвестных возмущениях

В. А. Корнеев

ИПМех РАН, Москва, Россия
korneev@ipmnet.ru

Рассмотрена защита объекта на подвижной платформе от ударов при помощи изолятора с упреждающим ограниченным по величине управлением. Ударное воздействие описывается ускорением основания, которое моделируется знакопостоянной функцией времени. Для неизвестного возмущения с заданными длительностью и интегралом по времени построено гарантирующее упреждающее управление в расчете на наихудшее возмущение.

Моделирование и оптимизация управляемых продольных движений упругого стержня на основе метода Ритца

Г. В. Костин

ИПМех РАН, Москва, Россия
kostin@ipmnet.ru

Рассмотрена обобщенная формулировка задачи оптимального управления движением упругого стержня. На основе метода Ритца разработан конечно-элементный алгоритм определения полей перемещений, импульсов и напряжений. Цель управления — выбор граничной силы, которая гасит упругие колебания в теле и минимизирует среднюю энергию за фиксированное время. Представлены результаты численного моделирования для неоднородного случая распределения параметров.

О внешних полиэдральных оценках множеств достижимости линейных и билинейных многошаговых систем с интегральными ограничениями на аддитивные воздействия

Е. К. Костоусова

ИММ УрО РАН, Екатеринбург, Россия
kek@imm.uran.ru

Рассматриваются линейные и билинейные (с интервальными ограничениями на коэффициенты) многошаговые системы в предположении, что аддитивные воздействия стеснены интегральными неквадратичными ограничениями. Предлагаются алгоритмы построения внешних полиэдральных (параллелепипедозначных) оценок множеств достижимости.

Разработка экстремальной системы поддержания требуемой высоты полета парашюта

К. Ю. Котов¹, Р. Ю. Епифанов²

ИАиЭ СО РАН, Новосибирск, Россия¹

НГУ, Новосибирск, Россия²

rostepifanov@gmail.com (Епифанов Р.Ю.)

В докладе рассмотрена задача построения системы экстремального регулирования для поддержания заданной высоты полета па-

раплана. Построена функция качества объекта, представляющая собой отношение коэффициента подъемной силы к силе лобового сопротивления. Применен алгоритм поиска экстремума, основанный на методе синхронного детектирования. Эффективность алгоритма подтверждается результатами численного эксперимента.

Управление асинхронным электроприводом в условиях неопределенности

С. А. Кочетков

ИПУ РАН, Москва, Россия
ser711@yandex.ru

В статье рассмотрена задача слежения за заданным значением угловой скорости вращения асинхронного электропривода в условиях неопределенности параметров математической модели, описывающей поведение электродвигателя, а также наличия внешних неконтролируемых возмущений. Предложен оригинальный разрывный закон управления, с помощью которого обеспечивается асимптотическая сходимость ошибки слежения к нулю.

Математическое и компьютерное моделирование динамики дельта-робота

А. Я. Красинский^{1,2}, А. С. Рукавишников³

МГУПП, Москва, Россия¹
МАИ, Москва, Россия²
ООО САУНО, Москва, Россия³
krasinsk@mail.ru (Красинский А.Я.)

Исходя из предложенного М. Завацким способа описания кинематики дельта-робота, разрабатывается метод моделирования его динамики в виде уравнений Лагранжа второго рода. За обобщенные координаты выбраны углы поворотов выходных валов приводов. Для дельта-робота с приводными двигателями постоянного тока решена задача позиционирования, как задача стабилизации заданного пространственного положения рабочего органа.

Синтез робастной системы управления роботом–манипулятором при неполных измерениях

Д. В. Краснов, А. В. Уткин

ИПУ, Москва, Россия
dim93kr@mail.ru (Краснов Д.В.)

Разработана процедура декомпозиционного синтеза системы управления роботом–манипулятором с электрическими исполнительными устройствами, обеспечивающая экспоненциальную сходимость обобщенных координат к заданным траекториям при действии внешних несогласованных возмущений и неопределенности параметров механической подсистемы за счет использования разрывных управлений и организации скользящих режимов в виртуальном пространстве смешанных переменных (функций переменных состояния, внешних воздействий и их производных). Представлен метод синтеза наблюдателя пониженного порядка с кусочно-линейными корректирующими воздействиями для оценивания смещенных переменных по измерениям только ошибок слежения в условиях неопределенности входных каналов.

Каскадный синтез наблюдателей внешних возмущений для нелинейных объектов управления общего вида

С. А. Краснова

ИПУ РАН, Москва, Россия
skrasnova@list.ru

Рассматриваются нелинейные объекты управления общего вида при действии внешних неконтролируемых возмущений. Для целей комбинированного управления и текущей диагностики разработаны каскадные процедуры синтеза динамических наблюдателей для оценивания внешних возмущений и их производных на основе виртуальных динамических моделей.

О возможности стабилизации положения равновесия голономной системы на быстро вибрирующем основании

Е. И. Кугушев, М. А. Левин, Т. В. Попова

МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия
t.shahova@yandex.ru (Попова Т.В.)

Для голономной системы на поступательно вибрирующем основании получены условия существования направляющего вектора вибраций, при котором положение равновесия, имеющееся у системы без вибраций, сохранится при стремлении частоты вибраций к бесконечности. В невырожденном случае такое положение равновесия предельной системы всегда можно сделать устойчивым.

Вариационный подход в моделировании колебаний живых систем

О. А. Кузнецов

ННГУ им. Н. И. Лобачевского, Н. Новгород, Россия
kuznetsov o@mail.ru

Проводится обоснование вариационного принципа для поведения живых систем, который позволяет находить их движения подобно вариационным принципам механики. На основе этого осуществляется моделирование периодических колебаний, наблюдающихся в поведении водных организмов.

Система управления неустойчивым вертикальным положением плазмы токамака Глобус-М с исполнительным устройством на основе инвертора тока

Е. А. Кузнецов

ГНЦ РФ ТРИНИТИ, Троицк, Россия
ea.kuznetsov@mail.ru

Методом разностных уравнений исследуется система управления неустойчивым вертикальным положением плазмы токамака Глобус-М (ФТИ им. А.Ф. Иоффе, г. Санкт Петербург) с исполнительным устройством на основе тиристорного инвертора тока, работающего в автоколебательном режиме. Получены условия существования периодических решений в системе. Определена область устойчиво-

сти системы в пространстве параметров её регулятора. Предложена структура и выбраны параметры регулятора системы, позволяющие управлять вертикальным положением плазмы при значениях инкремента неустойчивости, близких к предельной величине. Приводятся результаты экспериментального исследования системы.

О существовании лиувиллевых решений в задаче о качении тела вращения по сфере

А. С. Кулешов

МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия
kuleshov@mech.math.msu.su

Рассматривается задача о качении без проскальзывания динамически симметричного тела, ограниченного поверхностью вращения, по неподвижной сфере. Предполагается, что силы, приложенные к твердому телу, имеют равнодействующую, приложенную к центру масс G тела, направленную к центру O опорной сферы, и зависящую только от расстояния между точками G и O . В этом случае решение задачи сводится к интегрированию линейного дифференциального уравнения второго порядка относительно компоненты угловой скорости тела в проекции на его ось динамической симметрии. С помощью алгоритма Ковачича доказано существование лиувиллевых решений в задаче о качении по сфере неоднородного динамически симметричного шара.

Использование метода динамического программирования для определения возможностей по экономии топлива при межрегиональных перелетах

С. А. Кумакшев, А. М. Шматков

ИПМех РАН, Москва, Россия
kumak@ipmnet.ru (Кумакшев С.А.)

Проведено сравнение оптимальной по быстродействию и оптимальной по расходу топлива траекторий среднемагистрального самолета. Оптимизация выполнена для перелета в целом, без разбиения на участки набора высоты, полета на эшелоне и снижения. Математическая модель движения самолёта приближена к реальности и включает в себя многочисленные ограничения на фазовые переменные и управляющие параметры.

Модель влияния информации о налоговых проверках на риск-статусы налогоплательщиков

А. Е. Губар, Е. М. Житкова, С. Ш. Кумачева, Г. А. Томиллина

СПбГУ, С.-Петербург, Россия
skumach@gmail.com (Кумачева С.Ш.)

Рассматривается модель налогового контроля. Каждый агент выбирает стратегию, зависящую от полученной им информации, его склонности к риску и поведения других агентов. Предполагается, что популяция представима в виде сети налогоплательщиков, обменивающихся информацией. Рассмотрены различные типы сетей и процессов принятия решения агентами об уклонении. Проведено численное моделирование.

Об устойчивости стационарных движений гиростата

Д. А. Лебедев

НИИ механики МГУ, Москва, Россия
lebedevda@gmail.com

В работе рассматриваются вопросы устойчивости стационарных движений гиростата. Для него составлены уравнения движения в квазикоординатах в форме уравнений Эйлера-Лагранжа. Найдено многообразие стационарных движений механической системы. Получены необходимые и достаточные условия устойчивости некоторых движений, принадлежащих указанному многообразию.

Построение M -сильно-динамически устойчивых подъядер в многошаговых играх с остовным деревом

Ли Инь

СПбГУ, С. Петербург, Россия
liyinus@gmail.com

В работе будет представлен новый M -сильно-динамически устойчивый принцип оптимальности в многошаговых играх с остовным деревом. На каждом шаге игры игроки выбирают стратегии для построения минимального остовного дерева. Определяется некоторое подмножество S -ядра соответствующей кооперативной игры. Это подмножество строится на основе новой характеристической

функции \hat{V} . На втором шаге все ребра, которые не используются на предыдущем шаге, убираются. На основе функции \hat{V} строится аналог классического ядра \hat{C} [Л. А. Петросян, Я. Б. Панкратова, 2017]. Это подмножество \hat{C} можно считать новым принципом оптимальности. Доказывается, что этот построенный принцип оптимальности обладает свойством M -сильно-динамической устойчивости в играх с остовным деревом.

Выбор распределительных центров в задаче о размещении объектов на основе процедур статистического моделирования

А. Ложкин, В.М. Буре

СПбГУ, Санкт-Петербург, Россия

В работе рассматривается задача о построении сети распределительных центров на основе анализа статистических данных, характеризующих функционирование компании, занимающейся транспортировкой грузов. Количество распределительных центров не фиксировано заранее. Сеть распределительных центров строится на основе спроса на услуги в терминалах. В работе предложен статистический критерий выбора количества распределительных центров в сети, на основе применения принципа робастности сети к возмущениям спроса на услуги в каждом терминале. Возмущения спроса предлагается проводить с учетом прогнозирования будущих тенденций изменения спроса.

Моделирование и анализ устойчивости LbL структур

С.А. Лычев, Г.В. Костин, В.В. Саурин, С. Палис

ИПМех РАН, Москва, Россия
lychevsa@mail.ru (Лычев С.А.)

В статье развивается дифференциально-геометрический подход к моделированию остаточных напряжений в слоистых (LbL) структурах, получаемых в результате последовательного отверждения тонких слоев материала, и проводится анализ их устойчивости.

Применение методов Deep Learning для оценивания показателей Ляпунова дискретных динамических систем по наблюдаемым временным рядам

А. В. Макаренко

ИПУ РАН, Москва, Россия
avm.science@mail.ru

В работе продемонстрированы возможности глубоких нейронных сетей при решении задачи оценивания показателей Ляпунова дискретных динамических систем по их наблюдаемым траекториям в расширенном пространстве состояний. Изучены функциональные механизмы решения данной задачи посредством глубоких нейронных сетей. Предложенный подход проверен на модельной системе при различных режимах отличающихся топологией и сложностью аттрактора. Продемонстрирована возможность применения разработанного анализатора для исследования структуры временных рядов.

Модель оптимального геополитического взаимодействия между акторами при ограничениях

О. А. Малафеев, Н. Д. Рединских

СПбГУ, Санкт-Петербург, Россия
redinskich@yandex.ru (Рединских Н.Д.)

Обширный ряд реальных процессов может быть формализован в рамках теории гибридных систем и систем с переключениями. Так геополитическое взаимодействие может быть представлено в виде схемы, в узлах которой находятся геополитические акторы, осуществляющие систему геополитических мероприятий. Для проведения геополитического мероприятия необходима реализация мероприятий-компонент, соответствующих данному геополитическому актору (например, организация процесса информационного воздействия на геополитический регион), каждое из которых может быть осуществлено либо успешно, либо неуспешно. В работе формализуются и исследуются модели такого рода.

Синтез управления с компенсацией неизвестных входных воздействий

А. И. Маликов

КНИТУ-КАИ, ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия
a i malikov@mail.ru

Предлагается способ синтеза регулятора в виде комбинированной обратной связи, обеспечивающего H_∞ -свойство подавления начальных отклонений и неопределенных ограниченных по L_∞ -норме внешних возмущений для неавтономных непрерывных липшицевых систем с компенсацией неизвестных входов, оцениваемых с помощью наблюдателей.

О динамике колесной тележки, приводимой в движение с помощью ротора Савониуса

А. А. Мастерова¹, Ю. Д. Селюцкий¹, R. Garziera²

НИИ механики МГУ, Москва, Россия¹
University of Parma, Parma, Italy²
masterovaanya@yandex.ru (Мастерова А.А.)

Рассматривается механическая система, состоящая из тележки, на которой установлен ротор Савониуса. Ось ротора соединена с колесами тележки и приводит их в движение. Предполагается, что колеса тележки могут катиться по плоскости с проскальзыванием. В работе получены условия существования и асимптотической устойчивости стационарного режима системы. Исследованы свойства движения тележки в зависимости от величины скорости ветра. Проведено численное моделирование системы.

Оценки трубок траекторий импульсных управляемых систем

О. Г. Матвийчук

ИММ УрО РАН, Екатеринбург, Россия
vog@imm.uran.ru

Рассматривается задача оценивания множеств достижимости импульсной управляемой системы с неопределенностью в начальных данных. Импульсные управления в динамической системе являются векторными и принадлежат обобщенному эллипсоиду в пространстве функций ограниченной вариации. В работе приведены алгоритмы построения эллипсоидальных оценок множеств достижимо-

сти для таких систем управления, а также результаты численного моделирования.

Робастная система управления положением и током плазмы в токамаке с автоколебательными исполнительными устройствами

Ю. В. Митришкин^{1,2}, А. А. Прохоров¹, П. С. Корнев¹

МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия¹

ИПУ РАН, Москва, Россия²

yvm@mail.ru(Митришкин Ю.В.)

промоделирована многоконтурная система управления неустойчивым вертикальным и горизонтальным положением и током плазмы на новом эволюционном коде плазмы. Робастные ПИД-регуляторы в контурах управления положением плазмы настроены посредством QF-теории (Quantitative Feedback Theory) на основе идентифицированной линейной модели однофазного тиристорного инвертора тока как автоколебательного исполнительного устройства.

Управление упрощенной моделью биспинера со смещенным центром масс

Ю. В. Морозов

ИПУ РАН, Москва, Россия

tot1983@inbox.ru

В данной работе предлагается математическая модель, описывающая движение биспинера со смещенным центром масс, закрепленного на кардане специального типа. Для предложенной модели строится ограниченный закон управления, гарантирующий вращение летательного аппарата с заданной угловой скоростью и малыми колебаниями по высоте. Проведен сравнительный анализ разрывного и гладкого законов управления.

О новом классе линейных нестационарных приводимых систем

В. М. Морозов, В. И. Каленова

НИИ механики МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия

moroz@imec.msu.ru (Морозов В.М.)

Рассматриваются линейные нестационарные системы, в которых нестационарность присутствует как в однородной части системы, так

и в коэффициентах при векторах управления и наблюдения. Предложено линейное преобразование вектора состояний, расширяющее пространство состояний и приводящее систему к полностью стационарному виду. Получены критерии управляемости и наблюдаемости, а также алгоритмы управления и оценивания, основанные на анализе приведенной стационарной системы.

Управление динамическими объектами и стабилизация связей

Р. Г. Мухарлямов

РУДН, Москва, Россия

robgar@mail.ru

Исследуется задача управления системой с заданными кинематическими свойствами. Стабилизация связей, определяющих цели управления, достигается соответствующим построением уравнений динамики расширенной системы. Определяются динамические показатели, обеспечивающие необходимую точность выполнения уравнений связей.

Анализ влияния замены независимой переменной на относительную степень аффинной системы со скалярным выходом

Г. А. Нефедов

МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва

mastergrig90@gmail.com

Получены условия повышения относительной степени аффинной динамической системы со скалярным выходом с помощью замены независимой переменной. Определены все возможные замены независимой переменной для системы третьего порядка с выходом относительной степени два, преобразующие систему к каноническому виду.

Режим спуска оперенного тела с асимметричным положением лопастей

Ю. М. Окунев, О. Г. Привалова, В. А. Самсонов

НИИ механики МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия
Privalova@imec.msu.ru (Привалова О.Г.)

Рассматривается спуск в воздухе тяжелого тела, оперение которого состоит из четырех одинаковых лопастей. Изучается, каким образом изменится характер спуска тела, у которого лопасти установлены под одинаковым углом, если у него выставить одну или две лопасти под другим углом.

Оптимальная стабилизация квазилинейной стохастической системы с управляемыми параметрами

Е. Е. Онегин, М. М. Хрусталёв

ИПУ РАН, Москва, Россия
evgeny.onegin@phystech.edu (Онегин Е.Е)

Получены необходимые условия в задаче оптимальной стабилизации квазилинейной стохастической системы с управляемыми параметрами на неограниченном интервале времени. Предполагается, что входящие в критерий и уравнения движения матрицы зависят (в общем случае нелинейно) от вектора параметров, подлежащих выбору. Частный случай данной задачи – оптимизация стационарного линейного регулятора в задаче стабилизации линейной системы с мультипликативными шумами и информационными ограничениями.

Стохастическая игра передачи данных при наличии буферов конечной емкости

Е. М. Париллина, В. М. Буре

СПбГУ, Санкт-Петербург, Россия
barlena@gmail.com (Париллина Е.М.)

В работе представлена теоретико-игровая модель передачи данных в сети заданной топологии, в которой два игрока (вершины сети) стремятся переслать как можно больше случайно появляющихся у них пакетов данных в конечные вершины через одну общую вершину. У каждого игрока имеется буфер конечной емкости для хранения пакетов данных. Вводится система издержек за пересылку и хранение

пакетов данных и вознаграждений за успешную доставку пакетов. Динамический конфликтно-управляемый процесс моделируется как стохастическая игра с конечным множеством состояний. Доказывается существование равновесия по Нэшу, а также кооперативного решения, при котором игроки максимизируют суммарный ожидаемый выигрыш. Вычисляется цена анархии в сети, т. е., проводится анализ отношения выигрышей игроков в равновесии по Нэшу и кооперативном решении.

Робастная стабилизация движений нелинейных механических систем на основе интегрального управления

О. А. Перегудова

УлГУ, Ульяновск, Россия
peregudovaoa@gmail.com

В докладе рассматриваются задачи о стабилизации программной позиции и отслеживания нестационарной траектории нелинейных механических систем с неизвестными параметрами путем построения интегрального управления. Построены нелинейные модификации ПИ- и ПИД-регуляторов для рассматриваемых систем. Решение задач достигнуто на основе построения вектор-функции Ляпунова и системы сравнения. Особенностью этих результатов является большая простота практической реализации построенных законов в сравнении с известным методом линеаризации обратной связью. Дано приложение полученных результатов к задачам робастного управления движением колесных мобильных роботов на основе их динамических моделей.

Синтез дискретного управления движением механических систем

О. А. Перегудова, И. В. Кудашкина, Р. И. Хасанова

УлГУ, Ульяновск, Россия
peregudovaoa@gmail.com (Перегудова О.А.)

В докладе представлены результаты решения задачи построения дискретного управления движением нелинейных механических систем, таких как колесные мобильные роботы. Для решения данной задачи применен подход в построении дискретного управления непрерывными системами, позволяющий учитывать поведение

системы в интервалах дискретизации. Построение закона управления проведено на основе применения метода бэкстепинга с вектор-функцией Ляпунова. В качестве приложения для нелинейной динамической модели колесного робота построен дискретный закон управления, обеспечивающий отслеживание нестационарной траектории.

Оценка области притяжения нормальной формы нелинейной аффинной системы с ограниченным векторным управлением

А. В. Пестерев

ИПУ РАН, Москва, Россия
a.pesterev@javad.com

Для нормальной формы нелинейной аффинной системы с ограниченным векторным управлением, замкнутой обратной связью специального вида, ставится задача оценки области притяжения положения равновесия. Оценка ищется в виде декартова произведения инвариантных эллипсоидов составляющих систему подсистем. Предлагаемый метод основан на результатах теории абсолютной устойчивости и сводит построение оценки к решению системы линейных матричных неравенств.

Многократная поимка заданного числа убегающих в примере Л.С.Понтрягина

Н. Н. Петров

Удмуртский ГУ, Ижевск, Россия
kna3@list.ru

В конечномерном евклидовом пространстве рассматривается обобщенный пример Л.С.Понтрягина со многими участниками при одинаковых динамических и инерционных возможностях всех игроков. Целью группы преследователей является поимка не менее q убегающих, причем каждого убегающего должны поймать не менее r преследователей. В предположении, что убегающие используют программные стратегии, а каждый из преследователей ловит не более одного убегающего, получены достаточные условия разрешимости задачи преследования.

Новая характеристическая функция в многошаговых динамических играх

Петросян Л.А., Панкратова Я.Б.

СПбГУ, Санкт-Петербург, Россия
l.petrosyan@spbu.ru

В работе рассматривается конечношаговая неантагонистическая игра n -лиц с трансферабельными выигрышами. Определяется кооперативный вариант игры и строится характеристическая функция на основе характеристических функций в одновременных играх, реализуемых на каждом шаге. Выведены условия гарантирующие, что решение построенное на основе предложенной характеристической функции, являются динамически устойчивыми, а в ряде случаев и сильно динамически устойчивыми.

Об оценках области зависимости скалярного закона сохранения

Н. И. Погодаев

ИДСТУ СО РАН, Иркутск, Россия
nprogo@mail.ru

Для многомерного скалярного закона сохранения построена внешняя оценка области зависимости его вязкостного решения. Данная оценка задаётся множеством управляемости некоторого дифференциального включения. Доказательство результата основано на применении модифицированной теоремы Кружкова.

Устойчивость оптико-механической системы в условиях переключения режимов работы

В. М. Понятский

Тульский ГУ, Тула, Россия
pwmgu@yandex.ru

Рассматривается класс оптико-механических систем управления. В процессе переключения режимов работы логико-динамической системы возможно возникновение нежелательных колебаний, приводящих к потери устойчивости процесса управления. Для обеспечения робастности устойчивости применяются алгоритмы обработки на основе фильтрации Калмана. При этом устойчивость управления в процессе переключения режимов функционирования системы дости-

гается как за счет комплексирования измеряемой информации, так и прогнозированием ошибок управления исполнительными элементами. Выбор области допустимых параметров алгоритмов осуществляется с использованием линейных матричных неравенств. Отработка технических систем проводится методами численного моделирования в соответствии с модельно-ориентированным подходом, включающем тестирование, верификацию и генерацию кода алгоритмов управления.

К свойству пропорциональной локальной управляемости показателей Ляпунова систем с дискретным временем

С. Н. Попова¹, И. Н. Банщицкова²

УдГУ, Ижевск, Россия; ИММ УрО РАН, Екатеринбург, Россия¹

УдГУ, Ижевск, Россия²

udsu.popova.sn@gmail.com

Исследуется вопрос о пропорциональной локальной управляемости показателей Ляпунова каждой системы, принадлежащей оболочке Бебутова заданной линейной управляемой системы с дискретным временем. Получены условия, обеспечивающие эквивалентность равномерной полной управляемости исходной системы и пропорциональной локальной управляемости показателей Ляпунова каждой системы из оболочки Бебутова.

Синтез системы управления квадрокоптером с поворотными роторами

Д. А. Притыкин, М. Ю. Шавин

МФТИ, г.Долгопрудный, Московская область, Россия

shavin@phystech.edu (Шавин М.Ю.)

В работе предлагаются алгоритмы системы управления и навигации для квадрокоптера с поворотными роторами. Роторы с пропеллерами, создающими тягу, могут поворачиваться относительно корпуса аппарата специальными сервоприводами. Наличие поворотных роторов, с одной стороны, позволяет добиться полной управляемости аппарата по положению и ориентации, а с другой стороны, существенно усложняет модель его динамики, что приводит к необходимости разработки новых алгоритмов управления. Сформулирована математическая модель динамики аппарата и синтезирован контур управления с учётом возможных ограничений на максимальные обо-

роты двигателей и углы отклонения сервоприводов. Определен набор бортовых датчиков для реализации обратных связей. Для проведения численных экспериментов разработаны алгоритмы имитации показаний датчиков, а также реализован расширенный фильтр Калмана. Корректность системы управления подтверждается численными экспериментами.

Однозначная слабая разрешимость гиперболической системы с распределенными параметрами на графе

В. В. Провоторов

Воронежский ГУ, Воронеж, Россия
wwwprov@mail.ru

Доказана однозначная разрешимость гиперболической системы в слабой постановке с распределенными параметрами на графе. Общая схема исследования классическая: выбирается функциональное пространство, в котором решается начально-краевая задача и специальный базис для него; для приближений решения задачи устанавливаются априорные оценки типа энергетических неравенств; показывается слабая компактность семейства приближений, единственность и непрерывность решения по исходным данным. Полученные результаты являются основополагающими при исследовании задач оптимального управления колебаниями сетеподобных промышленных конструкций.

Использование метода полуопределённой релаксации для оптимизации состава спутниковых навигационных сигналов

Л. Б. Рапопорт¹, Т. А. Тормагов²

ИПУ РАН, Москва, Россия¹
МФТИ, Долгопрудный, МО, Россия²
LBReport@gmail.com (Рапопорт Л.Б.)

В настоящее время существует множество спутниковых навигационных систем, включающих GPS, GLONASS, Galileo, Beidou, QZSS. Общее количество навигационных сигналов достигает многих десятков. В то же время, для решения задачи точной навигации достаточно лишь небольшого числа наилучших спутников. Использование избыточного числа спутников существенно повышает

вычислительную трудоёмкость решения задачи позиционирования. Таким образом, возникает задача оптимизации состава спутниковых дальномерных сигналов, используемых в навигации. В данной работе ставится задача выбора заданного количества спутников m из исходного множества, включающего $n > m$. Задача сводится к двойной оптимизации, точное решение которой предполагает перебор. Предложено приближённое решение этой задачи, сводящееся с помощью полуопределённой релаксации к выпуклой оптимизации, [?]. Точное решение предполагает использование метода ветвей и границ.

Полуопределённая релаксация и новые условия знакоопределённости квадратичной формы при квадратичных ограничениях

Л. Б. Рапопорт

ИПУ РАН, Москва, Россия
LBRapoport@gmail.com

Использование полуопределённой релаксации в задаче о знакоопределённости квадратичной формы при квадратичных ограничениях позволяет получить S-процедуру из условий двойственности. Однако, S-процедура, дающая необходимые и достаточные условия знакоопределённости для релаксированной задачи, даёт лишь достаточные условия знакоопределённости для исходной задачи для случая двух и более квадратичных ограничений. Это свойство называется ущербностью S-процедуры. Предложен приём, позволяющий в некоторых случаях установить условную знакоопределённость в том случае, когда S-процедура даёт отрицательный результат. Указанный приём даёт необходимые и достаточные условия знакоопределённости в двумерном случае. Приводится пример.

Адаптивное управление мобильным колёсным роботом с дифференциальным приводом

Ю. М. Рассадин, А. Г. Шинкарьюк

ИПУ РАН, Москва, Россия
rassadinj@gmail.com (Рассадин Ю.М.)

Рассмотрена задача слежения за заданной траекторией без проскальзывания для двухколесного мобильного робота с двигателями постоянного тока в качестве исполнительных устройств. Синтез

адаптивного закона управления проведен на основе блочного подхода и скользящих режимов. Приведены результаты численного моделирования.

Управление неустойчивыми струйными течениями

А. И. Решмин

НИИ механики МГУ, Москва, Россия
alexreshmin@rambler.ru

Рассматривается проблема управления геометрией канала устройства, формирующего гладкую ламинарную воздушную струю диаметром $D > 0.1$ м при числе Рейнольдса $Re = 10000$, для затягивания перехода к турбулентному режиму. Течение такой струи на начальном ламинарном участке, который может иметь длину более $5D$, определяется профилем средней скорости и низкой степенью турбулентности сформированного потока. Цель управления - оптимизация геометрии канала для достижения максимальной длины ламинарного участка путем создания оптимального профиля скорости потока в выходном сечении и предотвращение отрыва потока от стенок канала внутри устройства, приводящего к турбулизации течения. Такие ламинарные газовые потоки, в которых интенсивность процессов обмена с окружающей средой соответствует молекулярному уровню, могут быть использованы для газодинамической защиты объектов в медицине и технике.

Эффект потери тяги при несимметричных колебаниях ведущих колес ТС

С. А. Решмин

ИПМех РАН, МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия
reshmin@ipmnet.ru

Обнаружен эффект значительной и резкой потери тяги во время разгона транспортного средства при несимметричных (или несинхронных) колебаниях ведущих колес. Эффект проявляется на транспортных средствах с межколесным дифференциалом при интенсивном старте с проскальзыванием. Это может быть опасно при выезде на высокоскоростные автомагистрали и при пересечении перекрестков. Предусматривается изучение этого явления и разработка способов оптимального разгона транспортного средства при условии

отсутствия описанного выше нежелательного эффекта.

Моделирование движения колеса с пневматиком с проскальзыванием и отрывом

С. А. Решмин¹, А. И. Решмин²

ИПМех РАН, МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия¹

НИИ механики МГУ, Москва, Россия²

alexreshmin@rambler.ru (Решмин А.И.)

Создана математическая модель колеса с пневматиком (шиной). Модель учитывает радиальную и крутильную жесткость шины, а также влияние радиальной деформации на крутильную жесткость и наоборот. Проведено численное моделирование управляемого движения колеса с проскальзыванием на старте и отрывом от поверхности. Результаты планируется использовать при исследовании условий возникновения нежелательных колебаний колес транспортных средств.

Применение гибридного метода случайного поиска в задаче оптимального управления пучками траекторий нелинейных детерминированных систем

А. В. Пантелеев, Д. А. Родионова

МАИ, Москва, Россия

d.arya.rodionova@yandex.ru (Родионова Д.А.)

В работе исследуется применение гибридного метода случайного поиска в задаче синтеза оптимального управления пучками траекторий нелинейных детерминированных систем. Гибридный метод случайного поиска основан на совместном использовании метода случайного поиска с последовательной редукцией области исследования, метода адаптивного случайного поиска и метода поиска наилучшей пробы.

О колебаниях около плоскости орбиты тела на леере, закрепленном на гравитационно стабилизированной космической станции

А. В. Родников

МВТУ им. Н.Э.Баумана, Москва, Россия
avrodnikov@yandex.ru

Изучается движение материальной частицы, способной передвигаться вдоль леера, то есть троса, концы которого закреплены на концах гравитационно стабилизированной протяженной массивной орбитальной станции. В рамках математической модели, предполагающей что трос невесом и нерастяжим, а центр масс станции описывает круговую орбиту в центральном ньютоновском силовом поле, устанавливается, что движения частицы вне плоскости орбиты можно рассматривать как колебания около этой плоскости. Такие колебания могут носить как хаотический, так и регулярный характер. Среди регулярных движений выделяются периодические колебания, прослеживается их эволюция при изменении параметров системы.

Разработка блока управления компрессорами надувных пневмосооружений

Д.С. Румянцев¹, Д.А. Волокитин², К.А. Царьков¹

ИПУ РАН, Москва, Россия¹,
МАИ, Москва, Россия²
n3050@mail.ru (Румянцев Д.С.)

Создан блок управления (БУ) воздушными компрессорами для быстрой и автономной организации надувных пневмосооружений: временных торговых точек, залов, полевых госпиталей. БУ состоит из датчика избыточного давления, программируемого микроконтроллера, реле, источников питания и др. Диапазон рабочих температур от -50 до +60 градусов Цельсия.

Исследовательские задачи экологического мониторинга водных ресурсов для гетерогенной робототехники

С. Е. Рывкин, А. В. Рожнов, И. А. Лобанов

ИПУ РАН, Москва, Россия
rivkin@ipu.ru (Рывкин С.Е.)

Доклад является очередным в серии работ авторов, в которых они продолжают отслеживать и анализировать современное состояние и новые тенденции в актуальной предметной области экологического мониторинга. Приводится краткий тематический обзор публикаций, отражённых к 2017 году в национальной библиографической базе данных научного цитирования, посвящённых рассмотрению ряда сопутствующих вопросов, включая профильные отечественные патенты. Отдельное внимание уделяется новым средствам автономной и гетерогенной робототехники, конкретным примерам применения таковых в исследуемой междисциплинарной сфере интересов.

Кинетика бесстолкновительной сплошной среды для произвольной начальной плотности

Т. В. Сальникова

МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия
tatiana.salnikova@gmail.com

Бесстолкновительный идеальный газ в прямоугольном параллелепипеде, находясь под периодическим воздействием силового поля, совершает неравновесные необратимые циклы. В данной работе численно и аналитически доказывается, что для любой начальной плотности распределения вероятности эта система необратимо стремится к распределению Максвелла по скоростям и равномерному распределению по координатам.

Необходимые условия оптимальности в задаче оптимального импульсного управления с гистерезисом

О. Н. Самсоныук¹, С. А. Тимошин^{1,2}

ИДСТУ СО РАН, Иркутск, Россия¹

SRM University AP - Amaravati, Andhra Pradesh, India²

sergey.timoshin@gmail.com (Тимошин С.А.)

В докладе рассматривается задача оптимального импульсного управления с гистерезисом, заданной системой вариационных неравенств. Оператор гистерезиса является расширением классического play оператора на разрывные входы ограниченной вариации. Основные результаты доклада включают необходимые условия оптимальности в форме обобщенного принципа максимума для импульсных процессов. Рассматриваются примеры задач оптимального импульсного управления с гистерезисом из математической экономики и экологии.

Аппроксимация решений импульсной управляемой системы с гистерезисом

О. Н. Самсоныук¹, Д. Е. Толкачев²

ИДСТУ СО РАН, Иркутск, Россия¹

ИГУ, Иркутск, Россия²

samsonyuk.olga@gmail.com

В докладе рассматривается импульсная управляемая система с управлениями, включающими ограниченную борелевскую меру, и решениями ограниченной вариации. Правая часть системы содержит гистерезисную нелинейность, заданную системой вариационных неравенств на пространстве функций ограниченной вариации. Представлены результаты по аппроксимации решений импульсной управляемой системы с гистерезисом последовательностями абсолютно непрерывных решений.

Метод интегродифференциальных соотношений и проекционная техника в задачах управления движением упругого тела

В. В. Саурин

ИПМмех им. А.Ю. Ишлинского РАН, Москва, Россия
saurin@ipmnet.ru

Исследованы возможность сведения начально-краевой задачи, сформулированной изначально в частных производных к системе обыкновенных дифференциальных уравнений малой размерности. Изучены и обсуждены свойства различных квадратичных энергетических соотношений, возникающих в различных задачах математической физики. Как пример, представлены интегродифференциальные формулировки задачи управления движением упругого тела в рамках двумерной теории упругости. Показано, что в данном случае задача управления с использованием метода конечных элементов и полудискретных аппроксимаций с полиномами в качестве базисных функций может быть сведена к системе обыкновенных дифференциальных уравнений. В заключении представлены и обсуждены результаты численного моделирования.

Управляемая модель динамики мнений в социальной сети с двумя центрами влияния

А. А. Седаков, М. Чжэнь

СПбГУ, Санкт-Петербург, Россия
artem.sedakov@gmail.com (Седаков А.А.)

Исследуется конфликтно-управляемая модель динамики мнений в социальной сети с двумя центрами влияния. Центры посредством выбора уровней влияния на остальных участников сети преследуют определенные интересы. Рассматривая эту модель как некооперативную игру двух лиц и выбирая качестве ее решения равновесие по Нэшу, находятся равновесные уровни влияния для каждого из центров.

О достаточных условиях экспоненциальной устойчивости для нелинейных систем с запаздыванием

Н. О. Седова

УлГУ, Ульяновск, Россия
nata-sedova@yandex.ru

Исследуется задача анализа устойчивости стационарного решения нелинейной системы дифференциальных уравнений с обыкновенными производными и запаздыванием. Обсуждаются достаточные условия экспоненциальной устойчивости в терминах линейных матричных неравенств, полученные в предположении возможности сведения изучаемой системы к линейной системе с ограниченными, зависящими от состояния коэффициентами, на основе метода функций Ляпунова. Рассматриваются случаи ограниченного и неограниченного переменного запаздывания. Сформулированы некоторые задачи полуопределенного программирования, позволяющие получать гарантированные оценки ряда связанных с устойчивостью характеристик системы, в частности, максимальной величины запаздывания, при которой сохраняется экспоненциальная устойчивость, множества начальных функций, которым соответствуют экспоненциально убывающие решения, и др. Изучены некоторые возможности использования особенностей структуры системы для получения более простых и гибких условий экспоненциальной устойчивости.

Предельно периодические решения в многочастотных системах, описываемых интегродифференциальными уравнениями типа Вольтерра

В. С. Сергеев

ФИЦ ИУ ВЦ им. А.А. Дородницына РАН, Москва, Россия
vssergeev@yandex.ru

Рассматриваются нелинейные аналитические по переменной системы n -го порядка, обладающие n чисто мнимыми корнями характеристического уравнения. Уравнения зависят от малого предельно периодического возмущения, заданного функцией, экспоненциально стремящейся к периодической с возрастанием независимой переменной. В случае соизмеримости всех частот системы по членам 3-го порядка устанавливаются условия существования экспоненци-

ально предельно периодических решений уравнения в форме рядов по дробным степеням малого параметра, характеризующего величину возмущения.

Устойчивость по Перрону и упрощённые центральные показатели Винограда–Миллионщикова

И. Н. Сергеев

МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия
igniserg@gmail.com

Впервые определяется устойчивость по Перрону решения дифференциальной системы как возвращаемость всех близких возмущённых решений к исходному. Это свойство сродни устойчивости по Ляпунову и по Пуассону, но связано с показателями Перрона. Грубая устойчивость или неустойчивость линейной системы по Перрону задаётся центральными показателями, для которых здесь даются упрощённые варианты формул.

О теореме Боля – Перрона об асимптотической устойчивости гибридных систем

П. М. Симонов

ПГНИУ, Пермь, Россия
simpn@mail.ru

Рассматривается абстрактная гибридная система функционально-дифференциальных уравнений (ФДУ). Одно уравнение по части переменных ФДУ, по другой части переменных — разностное, второе уравнение по части переменных разностное, по другой части переменных — ФДУ. Возникает система двух уравнений с двумя неизвестными. Изучены два модельных уравнения: одно — это система ФДУ, второе — это система разностных уравнений. Получена теорема Боля – Перрона об асимптотической устойчивости для гибридной системы ФДУ.

Асимптотика сингулярно-возмущенных систем с Периодическими нелинейностями и внешними возмущениями

В. Б. Смирнова^{1,2}, Э. Е. Пак¹, Н. В. Утина¹

СПбГАСУ, Санкт-Петербург, Россия¹

СПбГУ, Санкт-Петербург, Россия²

root@al2189.spb.edu (Смирнова В.Б.)

Рассматриваются фазовые системы управления с внешними возмущениями. Системы описываются интегро-дифференциальными уравнениями Вольтерра с положительным параметром при старшей производной. Устанавливаются условия на внешнее возмущение и передаточную функцию, гарантирующие глобальную асимптотическую устойчивость системы при любом достаточно малом значении параметра.

Задачи адаптивного оптимального робастного управления с линейными показателями качества

В. Ф. Соколов

Коми научный центр, Сыктывкар, Россия

vicsokol@gmail.com

Рассматриваются задачи адаптивного субоптимального робастного управления линейными дискретными системами с неопределенностью и ограниченным внешним возмущением, в которых оптимальное или гарантированное значение показателя качества является линейной или дробно-линейной функцией неизвестных параметров системы управления. В таких задачах оптимальное множественное оценивание неизвестных параметров сводится к рекуррентному линейному программированию, эффективно реализуемому для объектов управления с небольшим числом оцениваемых параметров.

О численном моделировании динамики электроэнергетического объекта полиномами Вольтерра

С. В. Солодуша

ИСЭМ СО РАН, Иркутск, Россия

solodusha@isem.irk.ru

Работа посвящена численному моделированию систем автомати-

ческого управления нелинейной динамикой электроэнергетического объекта. Для описания динамических характеристик исследуемого объекта типа "вход-выход" применен аппарат интегростепенных рядов Вольтерра. В качестве имитационной модели рассмотрена математическая модель ветроэнергетической установки с горизонтальной осью вращения.

Робастное экономичное цифровое управление ориентацией информационного спутника в начальных режимах

Е.И. Сомов, С.А. Бутырин, Т.Е. Сомова

СамГТУ, Самара, Россия
e somov@mail.ru (Сомов Е.И.)

Представляются алгоритмы экономичного цифрового управления ориентацией информационного спутника в начальных режимах – начиная с отделения от ракеты-носителя до стабилизации заданного углового положения спутника в орбитальной системе координат. Приводятся результаты компьютерной имитации начальных режимов ориентации спутника землеобзора на солнечно-синхронной орбите.

Энергосберегающее цифровое управление магнитным приводом в аварийном режиме ориентации спутника на солнечно-синхронной орбите

Е.И. Сомов, С.А. Бутырин, С.Е. Сомов

СамГТУ, Самара, Россия
e somov@mail.ru (Сомов Е.И.)

Представляются алгоритмы энергосберегающего цифрового управления магнитным приводом при ориентации информационного спутника в аварийном режиме. Приводятся результаты параметрического анализа нелинейных пространственных угловых колебаний спутника землеобзора на солнечно-синхронной орбите.

Методы кластерного анализа в задаче управления системой здравоохранения

К. Ю. Староверова

СПбГУ, Санкт-Петербург, Россия
ksenygnirps@gmail.com

Министерство здравоохранения Российской Федерации, управление статистики населения и здравоохранения и другие ведомства ежегодно собирают и анализируют статистику по всей стране. Как правило, для оценки работы системы показатель за текущий год сравнивается с предыдущим. Однако интересным может оказаться анализ показателей в динамике не за два года, а за более длительный период. В работе предлагается рассмотреть кластеризацию регионов России с точки зрения нескольких показателей здравоохранения для выявления регионов, которые являются аномальными по своему поведению и потенциально могут вывести систему из стабильного состояния. Математическая постановка требует подобрать метрику, которая применима к временным рядам (например, мера различия Фреше, расстояние между коэффициентами автокорреляции или периодограммами ряда), и алгоритм кластеризации многомерных временных рядов. В исследовании предложена модификация метода агрегирования информации, основанного на правиле Борда; получена визуализация регионов России, с точки зрения схожести динамики показателей здравоохранения и выделены аномальные регионы.

Использование компьютерных технологий для исследования робастной устойчивости электромеханических систем

С. Н. Стребуляев

ННГУ им. Н. И. Лобачевского, Н. Новгород, Россия
sstrebuliaev@mail.ru

Рассмотрена структурная схема системы электропривода, включающая в себя систему управления и двигатель. Получена общая передаточная функция изучаемой системы и характеристическое уравнение в символьном виде. Проведен анализ устойчивости изучаемой системы по расположению корней характеристического уравнения на комплексной плоскости. Построены границы областей устойчивости в плоскостях различных параметров. Впервые получены границы областей устойчивости в виде поверхностей в трехмерном про-

странстве конструктивных параметров и найдены параметры, оказывающие наибольшее влияние на устойчивость системы электропривода. Определена мера робастной устойчивости.

**Эллипсоидальная аппроксимация множеств
достижимости класса нелинейных систем,
представленных нечеткими моделями
Такаги-Сугено**

Ю. В. Талагаев

Балашовский ин-т (филиал) ФГБОУ ВО «СГУ им. Н.Г. Чернышевского»,
Балашов, Россия
ytalagaev@yandex.ru

Представлен подход, позволяющий аппроксимировать множества достижимости класса нелинейных систем, находящихся под действием внешних ограниченных возмущений. Реализация похода включает два этапа. На первом этапе осуществляется переход к нечеткому описанию. Нелинейная система заменяется эквивалентной нечеткой моделью Такаги-Сугено. На втором этапе осуществляется оценка множества достижимости системы на основе обобщения метода инвариантных эллипсоидов. Представлены результаты численных экспериментов, позволяющие оценить консервативность получаемых оценок.

**Синтез импеданса полупрозрачного экрана в
задаче построения высокоточных навигационных
антенн**

Д. В. Татарников^{1,2}, А. А. Генералов^{1,2,3}

Topcon Positioning Systems, Москва, Россия¹

МАИ, Москва, Россия²

ИПУ РАН, Москва, Россия³

generalov@frtk.ru

Исследуется задача дифракции поля источника слабонаправленного излучения на полупрозрачном экране с переменным профилем импеданса. Интерес представляет формирование диаграммы направленности с резким перепадом (отсечкой) при переходе в зону тени. Проблема восстановления распределения импеданса экрана, обеспечивающего желаемое распределение результирующего поля в дальней зоне, относится к решению нелинейной обратной задачи электродинамики. Исходная постановка задачи эквивалентна решению

интегрального уравнения Фредгольма второго рода. Строится схема синтеза импеданса, основанная на численном решении интегрального уравнения по методу моментов. В качестве первого шага синтеза предлагается аналитическое решение задачи. В дальнейшем процессе синтеза используются методы численной оптимизации. Для отбрасывания сильно осциллирующих решений добавляется регуляризация Тихонова. Эвристические алгоритмы поиска глобального минимума на последнем шаге дополняются квазиньютоновскими алгоритмами для дополнительного уточнения решения. Обсуждаются численные оценки реализуемой отсечки ДН при различных геометрических размерах экрана.

Гашение колебаний высотных зданий путем синтеза гибридных систем с динамическими гасителями методами распознавания образов

Л. Г. Теклина

ННГУ им. Н. И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия
tekлина2010@yandex.ru

В докладе представлен статистический подход к синтезу грубых робастных систем управления с заданными свойствами и рассматриваются особенности его применения в задаче гашения колебаний высотных зданий путем синтеза гибридных систем управления с динамическими гасителями. В качестве иллюстрации приведен анализ возможностей использования таких систем управления для гашения колебаний 24-этажного здания.

Анализ взаимосвязи развития транспортной сети и территории на основе вероятностного моделирования

Г. А. Тимофеева¹, А. В. Мартыненко^{1,2}

УрГУПС, Екатеринбург, Россия¹

*Институт экономики УрО РАН, Екатеринбург, Россия²
Gtimofeeva@mail.ru (Тимофеева Г.А.)*

Рассматривается задача прогнозирования пассажирских корреспонденций при изменении структуры транспортной сети. Моделирование загруженности сети после изменения её структуры базируется на марковских цепях с неполной информацией о переходных вероятностях. Для оценки переходных вероятностей используется мат-

рица корреспонденций исходной сети и закономерности предпочтений пассажиров.

Обобщенная динамическая модель и управление цепью поставок

И. В. Трофимова¹, Б. В. Соколов^{2,3}

СПбГУ, Санкт-Петербург, Россия¹
СПИИРАН, Санкт-Петербург, Россия²
НИУ ИТМО, Санкт-Петербург, Россия³
isolovyeva@mail.ru (Трофимова И.В.)

В докладе рассматривается обобщенная динамическая модель, которая состоит из нескольких подсистем, описывающих различные процессы в работе цепи поставок (ЦП). Рассматривается задача управления такой ЦП при наличии поступающей информации о состоянии системы в определенные моменты времени и в условиях ограниченных внешних воздействий на нее. Предложен алгоритм построения управления.

Устойчивость коллинеарных точек либрации в фотогравитационной задаче трех тел с двумя излучающими массами

А. Т. Турешбаев, У. Ш. Омарова, Р. С. Мырзаев

Кызылординский государственный ун-т им. Коркыт Ата, Кызылорда,
Казахстан
aturesh@mail.ru (Турешбаев А.Т.)

Рассматривается фотогравитационная ограниченная круговая задача трех тел, в которой оба основных гравитирующих тела являются источниками излучения световой энергии. Исследуется коллинеарные точки либрации, расположенные на прямой, проходящей через основные тела. Доказывается устойчивость по Ляпунову таких положений относительного равновесия в плоской задаче.

О стабилизации маятниковых колебаний твердого тела

В. Н. Тхай

ИПУ РАН, Москва, Россия
tkhai@ipu.ru

Для тяжелого твердого тела с неподвижной точкой ставится про-

блема стабилизации маятникового колебания Млодзиевского. Используется малое гладкое автономное управление, посредством которого корректируется модель и вводится диссипация в окрестности колебания.

Задача группового преследования с импульсно-ограниченным лидером

В. И. Ухоботов, И. В. Измestьев

Челябинский ГУ, Челябинск, Россия
j748e8@gmail.com (Измestьев И. В.)

Рассматривается задача группового преследования, когда среди преследователей имеются как объект-лидер с импульсным управлением, так и ведомые им объекты. Эти ведомые объекты, а также убегающий имеют управления, которые стеснены геометрическими ограничениями. Найден критерий сближения линейной комбинации фазовых векторов группы преследователей с убегающим в заданный момент времени и построены соответствующие оптимальные управления преследователей. Такое условие поимки при должном подборе коэффициентов линейной комбинации можно трактовать как условие сближения выпуклой оболочки, образуемой фазовыми векторами преследователей, с фазовым вектором убегающего.

Стабилизация электромагнитного подвеса при ограничениях на фазовые переменные

А. А. Федюков

ННГУ им. Н. И. Лобачевского, Н. Новгород, Россия
teleginsasha2@rambler.ru

Рассматривается задача стабилизации по выходу динамического объекта с ограничениями на фазовые переменные. Подход к решению основан на применении метода функций Ляпунова и аппарата линейных матричных неравенств. Сформулированы достаточные условия для существования регуляторов.

Условие орбитальной линеаризуемости аффинных систем со скалярным управлением

Д. А. Фетисов

МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия
dfetisov@yandex.ru

Традиционная техника линеаризации обратной связью, применяемая для преобразования аффинных систем в линейную управляемую систему, дополняется заменами независимой переменной, зависящими от управления. Доказывается геометрическое условие линеаризуемости аффинных систем со скалярным управлением.

Оценки множеств достижимости нелинейной динамической системы с импульсным векторным управлением и неопределенностью

Т. Ф. Филиппова

ИММ им. Н. Н. Красовского УрО РАН, УрФУ, Екатеринбург, Россия
ftf@imm.uran.ru

Рассматривается задача оценивания множеств достижимости нелинейной управляемой динамической системы с неопределенностью по начальным данным. Предполагается, что динамическая система имеет специальную структуру, в которой нелинейные члены определяются квадратичными формами по фазовым координатам, а значения неопределенных начальных состояний стеснены эллипсоидальными ограничениями. В системе присутствуют как классические измеримые управления, так и обобщенные управления, отвечающие соответствующим векторным мерам. Для оценивания множеств достижимости управляемой системы рассматриваемого типа и соответствующего обобщенного нелинейного дифференциального включения с векторными мерами используются результаты теории эллипсоидального оценивания и теории эволюционных уравнений многозначных состояний динамических систем в условиях неопределенности. В работе приводятся методы и алгоритмы оценивания множеств достижимости нелинейной управляемой системы указанного типа, результаты иллюстрируются примерами.

Равновесие по Нэшу в квазилинейной стохастической системе, функционирующей на неограниченном интервале времени

А. С. Халина, М. М. Хрусталева

ИПУ РАН, Москва, Россия
an.khalina@gmail.com (Халина А.С.)

Метод синтеза оптимальной стратегии управления квазилинейной динамической системой, функционирующей на неограниченном интервале времени, обобщается на игровую задачу с векторным критерием оптимальности, для которой получены условия равновесия по Нэшу.

Стабилизация дискретной билинейной системы управления: техника линейных матричных неравенств

М. В. Хлебников

ИПУ РАН, Москва, Россия
mkhlebnikov2008@yandex.ru

В докладе рассматривается проблема стабилизации дискретной билинейной системы управления на основе техники линейных матричных неравенств и использования квадратичных функций Ляпунова. Предложен регулярный подход к построению так называемого эллипсоида стабилизируемости такого, что траектории замкнутой системы, начинаясь внутри эллипсоида, асимптотически стремятся к нулю. Подход легко реализуем с вычислительной точки зрения. Полученные результаты позволяют эффективно конструировать невыпуклые области стабилизируемости дискретных билинейных систем управления, а также могут быть распространены на робастные постановки задачи.

Об управлении динамическими системами с различными видами обратных связей

С. М. Хрящев

ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова, Санкт-Петербург, Россия ¹
СПбПУ Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия ²
khryashchev.sm@yandex.ru

Рассматриваются конечномерные динамические системы управ-

ления с различными видами обратных связей. Применяются обратные связи, зависящие от текущих состояний системы управления, и обратные связи, зависящие от траекторий системы управления. Показано, что обратные связи по траекториям системы имеют ряд преимуществ по сравнению с обратными связями по состояниям, хотя обеспечивают меньшую точность управления.

Достаточные условия относительного минимума в задаче оптимального управления квазилинейными стохастическими системами

К. А. Царьков

ИПУ РАН, Москва, Россия
k6472@mail.ru

Рассматривается задача оптимального программного управления квазилинейными системами диффузионного типа с нелинейными по управлению коэффициентами. Разрабатывается расширение на стохастические системы метода Лагранжа-Понтрягина, предложенного В. Ф. Кротовым и В. И. Гурманом для детерминированных систем. С его помощью формулируются достаточные условия сильного и слабого относительного минимума.

Решение задачи анизотропной субоптимальной фильтрации для системы с неопределенностью

М. М. Чайковский^{1,2}, А. П. Курдюков²

НПЦАП им. акад. Н. А. Пилюгина, Москва, Россия¹;
ИПУ РАН, Москва, Россия²
mmtchaikovsky@hotmail.com (Чайковский М.М.)

Рассматривается дискретная линейная стационарная система, модель которой содержит параметрическую неструктурированную дробно-линейную неопределенность, ограниченную в спектральной норме. На вход системы поступает случайная последовательность, а ее измеряемый выход содержит аддитивный шум. Предполагается, что возмущения представляют собой статистически неопределенные сигналы с ограниченным уровнем средней анизотропии. Впервые поставлена и решена задача построения оценки выхода (или в частном случае состояния) системы с неопределенностью по ее измеряемому выходу с помощью анизотропного субоптимального фильтра (оценителя), гарантирующего ограниченность анизотропной нормы матричной передаточной функции от статистически неопределенно-

го возмущения к ошибке оценивания.

Модифицированный круговой критерий абсолютной устойчивости и оценки робастности

В. Н. Честнов, Д. В. Шатов

ИПУ РАН, Москва, Россия
vnchest@rambler.ru (Честнов В. Н.)

Формулируется модификация кругового критерия абсолютной устойчивости из которого вытекают границы многомерных запасов устойчивости по коэффициенту усиления. Это позволяет указывать границы робастной устойчивости по физическим параметрам объекта управления, внутри которых эти параметры могут меняться нестационарно.

Язык бесконечных джетов в нелинейной теории управления

В. Н. Четвериков

МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия
chetverikov.vl@yandex.ru

Многие понятия теории динамических систем с управлением представляют собой структуры известные в геометрии бесконечных джетов. Например, отображение вход-выход есть преобразование Бэклунда. Динамическая обратная связь системы – накрытие над данной системой. Динамически линеаризуемая система – система, накрываемая пространством бесконечных джетов. Плоская система – система, диффеоморфная пространству бесконечных джетов. Декомпозиция системы с управлением – накрытие из данной системой. В докладе формулируются известные автору связи двух указанных разделов математики, а также решенные и нерешенные проблемы теории управлений, связанные с рассматриваемыми понятиями и структурами. Доклад может быть интересен как геометрам, так и управленцам, так как посвящен теме, лежащей на стыке двух наук.

Первые интегралы систем с тремя степенями свободы с диссипацией

М. В. Шамолин

МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия
shamolin@rambler.ru

В работе показана интегрируемость некоторых классов динамических систем на касательных расслоениях к трехмерным многообразиям. При этом силовые поля обладают так называемой переменной диссипацией и обобщают ранее рассмотренные.

Стабилизация линейной модели фрезерования

Р. И. Шевченко, Ю. Ф. Долгий

Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия
oma170@hotmail.com (Шевченко Р.И.)

Рассматривается задача оптимальной стабилизации линейной модели фрезерования. Допустимые управления формируются по принципу обратной связи. При помощи канонического разложения пространства состояний исходная задача сводится к аппроксимационной конечномерной задаче стабилизации. Последняя задача решается в классе кусочно-постоянных управлений. Соответствующее дискретное периодическое уравнение Риккати решается численно.

Метод разделения движений в проблеме синтеза нелинейных систем с ШИМ в канале управления

В. Д. Юркевич

Новосибирский ГТУ, Новосибирск, Россия
yurkev@mail.ru

Предлагается методика синтеза систем стабилизации и слежения для нелинейных систем с широтно-импульсным модулятором (ШИМ) в канале управления. Особенностью предлагаемых структур алгоритмов управления является наличие малого параметра, который соответствует введению больших коэффициентов усиления в закон обратной связи. Метод сингулярных возмущений используется для анализа свойств разнотемповых процессов в системе управления. Получены расчетные соотношения для выбора параметров регулятора и ШИМ в соответствии с требованиями к показателям качества переходных процессов в системе управления. Приводится пример с

результатами численного моделирования.

Качество систем с мультипликативными шумами в рамках анизотропийной теории управления

А. В. Юрченков

МГТУ им. Н. Э. Баумана, ИПУ РАН, Москва, Россия
alexander.yurchenkov@gmail.com

Рассматривается линейная дискретная модель системы с мультипликативными шумами. Приводится достаточное условие ограниченности анизотропийной нормы в терминах разрешимости специальной системы матричных неравенств для указанной модели с мультипликативными шумами. На основе этого условия строится управление по вектору состояния и по наблюдаемым переменным.

Субоптимальные анизотропийные регуляторы для стационарных систем при дополнительных ограничениях на первый и второй моменты внешнего возмущения

В. Н. Тимин¹, А. В. Юрченков²

ИПУ им. В. А. Трапезникова РАН, Москва, Россия¹
МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия²
alexander.yurchenkov@gmail.com (Юрченков А.В.)

В работе приведены формулы синтеза анизотропийного субоптимального динамического регулятора по выходу для линейной дискретной стационарной системы. Предполагается, что внешнее возмущение имеет ограниченную заданным числом среднюю анизотропию. Также считается, что векторы случайного входного возмущения удовлетворяют специальным ограничениям на первые два момента (евклидова норма среднего значения и след ковариационной матрицы). Показано, что процедура поиска таких регуляторов сводится к решению задачи оптимизации при ограничениях, описывающих выпуклые множества.