

**Семинар при Научном совете РАН по механике систем
и Научном совете РАН по проблемам управления движением и навигации
под руководством А.Ю. Ишлинского, Д.М. Климова**

1.10.2001 (528-е заседание) **С.В. Волков** (Москва). *Построение дифференциальных операторов динамических систем по фазовым портретам.*

Представлен метод синтеза динамических систем вида $\dot{x} = X(x, y)$, $y = Y(x, y)$ класса $C_1(\Omega)$, которые имеют в области $\Omega \subseteq R_2$ данную совокупность особых траекторий и данную структуру разбиения на траектории. Основу метода составляют: положения качественной теории динамических систем на плоскости; теорема Н.П. Еругина о системах дифференциальных уравнений, имеющих данные интегральные кривые, методы решения обратных задач динамики и теории дифференциальных уравнений; использование векторных полей направлений сравнения, соответствующих данной совокупности особых траекторий искомой системы, включающей в себя простые и сложные состояния равновесия, предельные циклы и иные траектории, являющиеся частями интегральных кривых: метод Фроммера исследования особых точек дифференциального уравнения. Представленный метод предназначен для формализации целей управления и синтеза программных управлений изменениями состояний динамических систем.

26.11.2001 (529-е заседание) **Л.Д. Акуленко, С.А. Кумакшев, Ю.Г. Марков** (Москва). *Моделирование движения полюса деформируемой Земли.*

Траектория полюса Земли имеет вид нерегулярной спирали, "центр" которой мещается (тренд). Удовлетворительная аналитическая модель этого движения отсутствует.

С помощью математического аппарата динамических и кинематических уравнений Эйлера для упрощенной модели вязкоупругодеформируемой Земли (модальный подход) излагается подход, позволяющий объяснить механизм возбуждения нутационных колебаний полюса с годичным периодом. Удастся установить, что рациональной причиной возникновения вынужденных колебаний является орбитальное движение вращающейся Земли и гравитационный момент от Солнца. Существенно, что суточное вращение происходит вокруг оси, наклоненной к плоскости эклиптики. Наличие суточных приливов мантии, приводящих к периодическому изменению компонент тензора инерции, и влияние гравитационного момента вызывают колебания требуемой амплитуды ($\sim 0.08''$). Проведенные численные оценки свидетельствуют о реальности указанного суточного относительного возмущения тензора инерции Земли ($\sim 5 \cdot 10^{-5}$). Установлено также, что наблюдаемый тренд можно объяснить весьма малыми и медленными деформациями структуры Земли, приводящими к изменению компонент тензора инерции на величины $\sim 10^{-8}$. В настоящее время тензор инерции Земли известен с точностью до $\sim 10^{-5}$. Измерения колебаний полюса позволяют оценить величину вариации тензора инерции Земли.

Построенная математическая модель адекватна астрометрическим данным наблюдений Международной службы вращения Земли. Она позволяет строить высокоточную интерполяцию наблюдаемых данных на интервале ~ 20 лет и приводить прогноз движения полюса Земли на 2–4 года.

17.12.2001 (530-е заседание) **А.В. Брюквин, Д.В. Дементьева, Ю.А. Демьянов, Е.Г. Демьянов, С.С. Лобанов, А.А. Малашин** (Москва, Мытищи). *Теория поперечно-продольных колебаний музыкальных струн под воздействием исполнителя.*

Показано, что поперечные смещения частиц струн сопровождаются продольными. Выведены уравнения продольно-поперечных колебаний струны. Хотя поперечные смещения на порядок больше продольных, их вклад в нагружение (а также в энергетiku) одного порядка. При жестком закреплении концов вынужденные продольные колебания происходят на частотах поперечных. Объяснена причина этого факта. Получены условия резонанса. Учитывается время воздействия исполнителя, форма медиатора, возможность отрыва струны. В нелинейной постановке получены решения задач для молоточка в виде плоского торца, клинообразного медиатора при постоянстве их скорости, которые (как и решение Х.А. Рахматуллина о воздействии молоточка произвольной формы в начальной фазе) используются для обоснования применимости полученных уравнений. Учтены динамика схода точек струны с поверхности и возможность ее частичного отрыва при отрицательных ускорениях. Траектории поперечных волн – нехарактеристические линии для уравнений продольных колебаний, на которых продольные составляющие скоростей и деформаций терпят разрывы. Методом возмущений (совместно с методом разделения переменных) определен (с учетом жесткости креплений) спектр колебаний в период воздействия исполнителя, который характеризует возникающий затем спектр, отличающихся от рассчитываемого прежде.

21.01.2002. (531-е заседание) **В.А. Самсонов, Ю.Д. Селюцкий** (Москва). *О построении эмпирической модели воздействия среды на неравномерно движущееся тело.*

В задаче о движении в среде твердой пластины предложена конечномерная модель для описания нормальной к плоскости пластины составляющей силы, которая действует со стороны потока среды. Для этого в исходную механическую систему вводится колебательное звено, состоящее из материальной точки и пружины. Предполагается, что нормальная сила приложена не к телу, а к этой точке и зависит от угла атаки, причем под углом атаки понимается угол между скоростью материальной точки и плоскостью пластины. Показано, что для достаточно широкого диапазона условий движения и аэродинамических характеристик пластин при надлежащем выборе параметров присоединенных динамических элементов результаты расчетов, полученные с использованием этой модели, хорошо согласуются с известными экспериментальными данными.

11.02.2002. (532-е заседание) **Г.И. Канель** (Москва). *Поведение хрупких материалов при ударном сжатии. Волны разрушения в стекле.*

4.03.2002. (532-е заседание) **Л.Д. Акуленко, С.В. Нестеров** (Москва). *Области параметрической неустойчивости при произвольной величине модуляции.*

Задача определения границ областей параметрической неустойчивости сведена к крайвым задачам на собственные колебания, которые разрешаются методом ускоренной сходимости. Численно-аналитические исследования позволили определить границы областей параметрической неустойчивости с малой относительной погрешностью $\sim 10^{-5}$ для широкого диапазона коэффициента модуляции и установить ряд качественных эффектов.

11.03.2002. (534-е заседание) **А.Г. Петров** (Москва). *Модификация метода инвариантной нормализации гамильтонианов с помощью параметризации канонических преобразований.*

Предлагается новый независимый метод построения канонических замен в параметрическом виде. При этом сформулирован критерий существования параметрического представления канонической замены переменных и получен закон преобразования гамильтониана. Развитый метод применяется для нахождения нормальной формы гамильтонианов. В работе используется инвариантное определение нормальной формы, введенное В.Ф. Журавлевым. Такой выбор определения нормализации удобен тем, что он не требует разделения на случаи: автономный – неавтономный, резонансный – нерезонансный и осуществляется в едином подходе.

Для асимптотик нормальной формы выведена система уравнений, аналогичная цепочке уравнений, полученной В.Ф. Журавлевым. Вместо метода генератора и производящего гамильтониана используется параметризованная производящая функция. Это позволяет без приведения системы к автономной, получить цепочку уравнений непосредственно для неавтономных гамильтонианов.

Метод применим как для исследования гамильтоновых систем, получаемых в классической механике, так и в гидродинамике (движение частиц вязкой несжимаемой жидкости в слое с периодически меняющейся границей).

15.04.2002. (535-е заседание) **Т.В. Симонов** (Москва). *О высокоскоростном движении тела в упругопластической среде при отрыве потока.*

Представлены различные сценарии движения тонкого тела в упруго-пластической среде при несимметричном отрыве в зависимости от величины начальных возмущений, формы тела и угла отрыва – параметра, входящего в критерий отрыва. Физическая модель, где постулируется связь кинематических и силовых факторов на элементарной площадке контакта на основе точных решений и научного эксперимента, сведена к задаче Коши для нелинейной системы дифференциально-интегральных уравнений движения тела, разрешенной относительно первых производных. Практическая устойчивость прямолинейного движения изучается путем численного интегрирования усеченной системы уравнений при замораживании осевой скорости тела. Дается сопоставление с критериями устойчивости в малом (в смысле Ляпунова), найденным аналитически. В области неустойчивости обнаружен мягкий режим установления, предельный цикл – движение по окружности. Предложена классификация траекторий при учете торможения. Показана принципиальная возможность обеспечения траектории, близкой к заданной, в частности, – с обратным выбросом тела из среды.

22.04.2002. (536-е заседание) **А.П. Маркеев** (Москва). *Алгоритм нормализации гамильтоновой системы в окрестности периодической траектории и решение задачи об устойчивости регулярной прецессии Гриоли.*

Предложена конструктивная процедура построения уравнений возмущенного движения, удобная для исследования орбитальной устойчивости периодического движения автономной гамильтоновой системы с двумя степенями свободы. Указан алгоритм нормализации этих уравнений, получены формулы для вычисления коэффициентов нормальной формы. На основании разработанных алгоритмов дано решение задачи об устойчивости регулярных прецессий Гриоли тяжелого твердого тела с одной неподвижной точкой.

20.05.2002. (537-е заседание) **С.Е. Переляев** (Москва). *О параметризациях группы трехмерных вращений. Методы и приложения в механике гидроскопических и инерциальных систем.*

Изложенная в докладе задача находит основное применение в теории жестко связанных с движущимся объектом бесплатформенных инерциальных навигационных систем (БИНС) при интегрировании кинематических дифференциальных уравнений вращения для определения ориентации в пространстве.

Задание ориентации объектов рассматривается в двух аспектах: локальном и глобальном. При этом рассматриваются не только глобальные и однозначные, но и глобальные взаимно-однозначные методы параметризации, а также основные локальные параметры ориентации. Представлены проведенные автором исследования основных методов глобальной взаимно-однозначной параметризации (с математической точки зрения методы вложения группы вращений $SO(3) \mathbb{R}^n$). Кроме исследований широко известных методов девятимерной (с помощью матрицы направляющих косинусов) и шестимерной (с помощью двух столбов этой матрицы) параметризации, приводится и анализируется модифицированная шестимерная параметризация Стьюэмпнагеля, которая необходима для описания мало известной пятимерной параметризации Хопфа. Теория параметризации позволяет исследователям и разработчикам БИНС различного назначения на ранних этапах проектирования сделать выбор в пользу тех или иных параметров, в зависимости от поставленных задач и возможностей бортового процессора.