

Отзыв члена диссертационного совета
Паниной Гаянэ Юрьевны на диссертацию Бурьяна Сергей Николаевича на тему:
«Механика голономных систем с геометрическими особыми точками»,
представленную на соискание ученой степени физико-математических наук по специальностям
1.1.3. Геометрия и топология и 1.1.7. Теоретическая механика, динамика машин

Теория статики и динамики шарнирных механизмов – важный раздел математики, восходящий к Чебышеву. Она интересна и важна, во-первых, с точки зрения инженерных приложений, и, во-вторых, по той причине, что конфигурационные пространства суть пересечения квадрик, а следовательно, универсальны.

В диссертации С.Н. Бурьяна рассматривается проблема динамики механизмов для случая, когда в конфигурационном пространстве системы есть геометрические особенности. Основная задача заключается в построении динамики с помощью геометрических обобщений классической дифференциальной геометрии и методов аналитической механики. Работа написана на стыке механики и геометрии, что является актуальной проблемой в контексте междисциплинарных исследований. Автор приводит описание различных подходов к движению механизмов с особенностями. В них рассматриваются отдельные механические и геометрические параметры системы. Постановка задачи построения динамики является новой.

Теоретическая и практическая значимость диссертации заключается в подходе к задаче одновременно с двух сторон. С одной стороны, рассматриваются конкретные примеры механизмов. Дается полное описание рассматриваемых примеров, особенности динамики, смены типа движения при проходе через особую точку конфигурационного пространства. Полученные векторные поля имеют разрывы на фазовых пространствах свободной системы, поэтому методы анализа вида «ограничения векторных полей с объемлющего пространства» не описывают движение через особую точку. Интересно заметить, что для сингулярного маятника и механизма Дарбу движение вдоль гладкой кривой происходит без разрывов или изломов траектории. Для описания динамики во внутренних терминах автор обращается к некоторым геометрическим теориям пространств с особенностями, которые применимы к более широкому классу пространств, чем гладкие многообразия. Выполняется построение касательных и кокасательных расслоений и векторных полей для рассмотренных модельных примеров конфигурационных пространств. Изложение ведется достаточно полно, последовательно даются необходимые определения и конструкции.

Применение методов геометрии сингулярных пространств к задачам аналитической механики является новым направлением для описания динамики систем с особенностями. Полученные результаты являются необходимым шагом для построения общей теории движения.

Работа объемом 146 страниц состоит из введения, шести глав, заключения, списка используемой литературы, списка рисунков. Всего в диссертации 23 рисунка, список литературы состоит из 75 наименований. Главы 1 и 2 описывают проблему с точки зрения теоретической механики, главы 3-6 описывают дифференциальные структуры и вычисление геометрических объектов. Изложение материала на две части, а ведется с помощью некоторой общей терминологии.

Во введении стандартно описывается актуальность темы исследования, современные подходы к механизмам с особенностями и к многообразиям с особенностями, приводятся цели и задачи диссертации, основные положения, которые выносятся на защиту, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, список публикаций по теме исследования.

В первой главе рассматривается кинематика и динамика сингулярного маятника. Дается подробное описание механизма, его конфигурационного пространства на двумерном торе и в евклидовом пространстве свободной системы. Свойства конфигурационного пространства зависят от свойств линии связи, по которой движется сводная вершина двойного маятника. Условие

трансверсального пересечения или касания двух гладких кривых в конфигурационном пространстве формулируются в терминах кривизны линии связи в некоторой точке на плоскости. Аналитическая запись координат вершин маятника при движении по одной из двух ветвей движения позволяет явно составить и проинтегрировать уравнения движения. Силы реакции связи, которые возникают при движении свободной вершины маятника по заданной кривой, исследуются численно и аналитически. Доказываются теоремы о свойствах реакции в особой точке конфигурационного пространства. Когда связь реализована в виде эллипса, приводится явная параметризация движения и уравнения для численного интегрирования. Интерес представляют модификации сингулярного маятника, которые дают другие типы особых точек. Механизмы получены достаточно просто из сингулярного маятника.

Во второй главе описывается кинематика и динамика механизма Дарбу. Данный механизм представляет собой плоский шарнирный механизм, состоящий из пяти стержней, которые образуют замкнутый кинематический контур. Этот механизм устроен сложнее, чем сингулярный маятник, но имеет аналогичный тип особенности. В окрестности особой точки у механизма Дарбу есть два типа движений, которые отличаются только положением одного двузвенника. Доказывается строго прямолинейное движение центральной вершины при одном из типов движения механизма Дарбу. Прямолинейное движение позволяет построить более простую параметризацию движения через особую точку и явно проинтегрировать уравнения движения. Если к центральной вершине приложена внешняя сила, ортогональная перемещению вершины, то силы реакции связи в стержнях неограниченны вблизи особенности конфигурационного пространства.

В третьей главе собраны основные сведения для вычисления дифференциальных структур в следующих геометрических главах. Описываются основные алгебры функций, принцип локализации, понятие интегральной кривой. Также приводятся вычисления для метода дифференциального включения. Этот метод использует индуцированную структуру для многообразия с особенностью. На примерах трансверсального пересечения и касания двух гладких кривых на плоскости описываются основные препятствия для прямого обобщения дифференциального исчисления.

В главе 4 даются вычисления геометрических объектов для теории дифференциальных пространств. Полученные дифференциальные структуры аналогичны структурам в методе дифференциального включения. Полученная динамика согласуется с наблюдаемым движением для трансверсального пересечения двух гладких кривых и не согласуется для особенности типа касания. В главе 5 вычисляются дифференциальные операторы и алгебра символов в теории диффеотопии. Полученная динамика предписывает, что для трансверсального пересечения двух гладких кривых вектор скорости в особой точке должен быть нулевым. В главе 6 геометрические структуры вычисляются для теории пространств Фрёлихера. Динамика в этой теории позволяет описать движение для особенности типа касания конечного порядка, но не позволяет описать движение при негладком стыке кривых.

В заключении кратко сформулированы результаты работы.

Работа оформлена аккуратно и соответствует требуемым стандартам. Текст диссертации является структурированным, даны ссылки на все внешние источники. Достоверность основных результатов обеспечивается строгими математическими формулировками рассматриваемых вопросов и доказательствами.

Результаты диссертации обсуждались на пяти международных научных конференциях и опубликованы в пяти научных статьях в рецензируемых научных журналах, входящих в список ВАК, Scopus и Web of Science. Публикации отражают основное содержание диссертации.

Существенных замечаний к диссертации не имеется.

Резюмируя, скажем, что диссертация Бурьяна Сергея Николаевича на тему: «Механика голономных систем с геометрическими особыми точками» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 №11181/1 «О порядке присуждения учёных степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Бурьян Сергей Николаевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальностям 1.1.3. Геометрия и топология и 1.1.7. Теоретическая механика, динамика машин. Пункт 11 указанного Приказа не нарушен.

31.01.2022

Член диссертационного совета
Доктор физико-математических наук,
профессор СПбГУ, факультет МКН
внс ПОМИ РАН
Панина Гаянэ Юрьевна
gaiane-panina@rambler.ru

