

Отзыв

научного руководителя на диссертационную работу Н.И. Лапина «Применение метода неприводимых тензоров в задачах динамики твердого тела в неоднородных силовых полях», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 – теоретическая механика.

Теория движения твердого тела в силовых полях различной физической природы в настоящее время сложилась в обширный раздел механики. Общие идеи и методы этой теории объединяют ряд проблем гироскопии, динамики космических полетов, динамики поездов на магнитных подвесах, динамики моделей в аэродинамической трубе и многие другие задачи. Среди них в первую очередь следует выделить разработку и создание свободного подвеса тел (левитации).

Проблема свободного подвеса тел (левитации) восходит к работе С.Ирншоу (S.Earnshaw, 1842), доказавшего теорему, согласно которой статическая система, состоящая из тел, которые притягивают или отталкивают друг друга с силой, обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними, является неустойчивой. Проверить эту теорему может любой, попытавшись уравновесить постоянный магнит в поле другого магнита.

Обобщая теорему Ирншоу, немецкий ученый Браунбек в 1939 году рассмотрел систему, где одновременно действуют гравитационное, магнитное и электрическое поля, и доказал, что левитация возможна лишь при наличии тел, изготовленных из материалов с магнитной проницаемостью меньшей единицы (диамагнитные и сверхпроводящие тела). Им же впервые был осуществлен свободный подвес в поле электромагнита ($B \sim 2-3$ Тл) со специальными полюсными наконечниками кусочков графита в виде стерженьков размером ~ 1 см. и весом 75 мг. Магнитный подвес с применением сверхпроводников впервые был изучен В.К. Аркадьевым в

1945 г. В дальнейшем теоретическим изучением свободного подвеса диамагнитных и сверхпроводящих тел в нашей стране в восьмидесятые годы прошлого столетия занимались В.М. Понизовский, Р.В. Линьков и Ю.М. Урман.

В силу того, что магнитная проницаемость диамагнитных тел близка к единице, для создания устойчивой левитации необходимо магнитное поле большой величины и определенной конфигурации, так как магнитная сила, действующая на тело, зависит не только от величины поля, но и от его градиента. В то время не существовало магнитов, создающих постоянные поля значительно большей величины, чем поля, использованные Браунбеком, удавалось вывесить только объекты с магнитной проницаемостью близкой к магнитной проницаемости графита. Ситуация изменилась в девяностых годах, когда появились магниты, использующие сверхпроводимость и создающие постоянные магнитные поля свыше 20 Тл. Появилась возможность проводить эксперименты по магнитной левитации. Уже выполнены научные эксперименты, такие как левитация жидкого гелия, динамика капелек, левитация лягушек, мышей и некоторых других объектов, динамика гранулированных материалов и их хаотическое поведение, выращивание кристаллов и плавка стекла. Эти эксперименты предполагают, что будут созданы технологии для синтеза новых материалов. В некотором смысле они похожи на эксперименты в космических лабораториях, но магнитная левитация на Земле значительно дешевле.

Так как интерес к задачам динамики твердого тела в неоднородных силовых полях и, в частности, к созданию свободного подвеса в связи с его использованием в науке и технике не ослабевает, то задачи, рассматриваемые в диссертации, являются актуальными в ряду современных проблем механики и управления.

Основная особенность задач динамики твердого тела в неоднородных силовых полях – значительное усложнение структуры взаимодействия тела с полем, по сравнению с классической задачей о движении твердого тела с

закрепленной точкой в однородном гравитационном поле. Уже моменты гравитационного поля, действующие на спутник, недостаточно рассматривать в дипольном приближении, так как такой момент относительно центра масс спутника отсутствует. Здесь принципиально необходимо учитывать моменты, описываемые тензорным взаимодействием. Еще сложнее обстоит дело в неконтактных подвесах. В этом случае источники поля окружают ротор со всех сторон и расположены в непосредственной близости от его поверхности, поэтому взаимодействие тела с полем еще более сложное.

В связи с вышеизложенным возникает проблема развития специальных математических методов, которые позволяли бы описывать взаимодействия тел с полем в наиболее удобной для исследования форме. Кроме того, поскольку сложная структура взаимодействия делает задачу точного аналитического рассмотрения всех движений тела в силовом поле практически невозможной, то этот математический аппарат должен быть удобен для нахождения и исследования приближенных уравнений, описывающих эволюционные движения тела. Таким математическим аппаратом является математический аппарат неприводимых тензоров.

В диссертации показывается, как математический аппарат неприводимых тензоров используется для решения различных сложных задач динамики твердого тела в неоднородных силовых полях, таких как: нахождение и исследование инвариантного разложения силовой функции взаимодействия пространственных зарядовых и токовых распределений; разложение тензорных полей при трансляциях; построении теории расчета силовых характеристик подвеса диамагнитного ротора в неконтактном подвесе и т.д.

При выполнении работы над диссертацией Н.И.Лапин проявил достаточную самостоятельность в решении ряда задач. Он непосредственно участвовал в исследованиях, проводимых при финансовой поддержке

Российского фонда фундаментальных исследований (проекты № 12-01-31133, № 08-01-00333а).

Основные результаты диссертации нашли подробное отражение в 15 печатных работах (4 статьи в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК для публикации результатов диссертаций) и доложены на конференциях и семинарах различного уровня.

Выполненная на высоком теоретическом уровне с должной степенью обоснованности результатов, диссертация может быть использована в учебном процессе при изучении некоторых разделов теоретической механики и теории нелинейных колебаний.

По своему уровню и научным результатам диссертация Н.И. Лапина, несомненно, удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук.

Доктор физико-математических наук,
профессор

Урман Ю.М.

