

УДК 531 (092)

Н.Н. Макеев

*Институт проблем точной механики
и управления РАН*

Россия, 410028, Саратов, ул. Рабочая, 24
nmakeyev@mail.ru; (845) 272-35-33

ИГОРЬ АЛЬБЕРТОВИЧ КЕЙС

Посвящается памяти талантливого российского учёно-го-механика, автора научных трудов по динамике гирос-татических систем, Игоря Альбертовича Кейса (1941–1996).

Аспирант Московского университета

Прошло 18 лет со дня безвременной кончины талантливого учёного, специалиста в области динамики гиростатических систем, Игоря Альбертовича Кейса.

И.А. Кейс окончил Московский государственный университет и аспирантуру при кафедре теоретической механики (в настоящее время – кафедра теоретической механики и мехатроники механико-математического факультета МГУ). Его научным руководителем был доцент этой кафедры *Евгений Николаевич Берёзкин* (16.03.1921–05.12.1976), под руководством которого он защитил кандидатскую диссертацию [1]. Е.Н. Берёзкин – автор оригинального учебника по теоретической механике для университетов, пользующегося заслуженной популярностью и в настоящее время [2]. Он являлся руководителем семинара по классической механике, постоянным участником которого был Игорь Альбертович.

Научный вклад в динамику твёрдого тела

В 60–70-е гг. прошлого века получил интенсивное развитие раздел теоретической механики, исследующий динамику гиристов. В академических и университетских научных изданиях по механике появилось множество публикаций, содержащих исследования свойств движения этих механических объектов.

Гиристов как структурно-динамическая модель реальных механических объектов (сложных механических систем) явилась естественным расширением более простой механической модели – абсолютно твёрдого тела. Как оказалось, "... целесообразно рассматривать задачу о движении тяжёлого твёрдого тела ... как частный случай более общей задачи – задачи о движении тяжёлого гиристого с постоянным гиристовым моментом. Гиристы охватывают более широкий класс объектов ..., содержат большее число параметров, ... некоторые из них имеют более широкие области изменения по сравнению с соответствующими параметрами одного твёрдого тела" [3].

Проблема динамики гиристого, движущегося вокруг неподвижной точки в поле силы тяжести, привлекла внимание Игоря Альбертовича и он избирает её в качестве направления своей научной деятельности. В 1963 г., когда ему было 22 года, он, являясь аспирантом, публикует свою первую научную работу [4]. В этой статье получены первые линейные интегралы уравнений движения гиристого в случае, аналогичном случаю Лагранжа для твёрдого тела. Примечательно, что в этом же году эти результаты одновременно были опубликованы чл.-корр. АН СССР Л.Н.Сретенским (ДАН СССР, 1963, т. 149, № 2) и профессором П.В.Харламовым (ДАН СССР, 1963, т. 150, № 4). Как и следовало ожидать, приоритет в получении этого результата остался за указанными двумя авторами и в научной литературе найденные случаи *интегрируемости* уравнений движения гиристого получили названия *гиристовых аналогов Лагранжа–Сретенского* и *Лагранжа–Харламова* (или решений Сретенского и Харламова [3]).

В последующих публикациях И.А.Кейса содержатся решения задач теории динамики гиристого в однородном поле силы тяжести: о свойствах движения (1964) [5]; о существовании

первых алгебраических дополнительных интегралов уравнений движения (1964) [6]; о существовании двух частных решений уравнений движения (1965) [7]; о необходимых условиях существования однозначных интегралов динамической системы гиростата (1965) [8]; о свойствах многообразия движений гиростата, приведённого в быстрое вращение вокруг неподвижной точки (1965) [9] (это – третья статья за 1965 г.); об особенностях уравнений движения гиростата (1966) [10].

В 1966 г. И.А.Кейсом была решена задача оптимизации энергетического ресурса гиростатического устройства переменной массы в движении относительно центра инерции [11]. Эта задача для того времени отличалась оригинальностью постановки и являлась составной частью более широкой актуальной проблемы управления движением механических объектов с ограниченным запасом мощности.

В работе [12], выполненной в 1966 и опубликованной в 1967 г., путём применения метода А.А.Богоявленского (ПММ, 1958, т. 22, вып. 5) получены гиростатические аналоги классических случаев интегрируемости Вольтерра, Лагранжа, Гесса, Гриоли, Бобылёва, а также указано трансцендентное обобщение последнего случая, при котором на гиростат действует силовое поля специального вида. Для гиростата с центром масс, расположенным на его главной оси инерции, методом малого параметра Пуанкаре–Гюссона получены необходимые условия существования частных алгебраических первых интегралов уравнений движения.

В 1968 г. И.А.Кейсом решена обратная задача синтеза идеального оптимального регулятора асимптотической стабилизации относительного равновесия спутника-гиростата [13]. Для решения поставленной задачи методом Ляпунова–Беллмана получены достаточные условия асимптотической стабилизации. Отмечена возможность её дальнейшей редукции в плане полной стабилизации, а также при новом возможном выборе режима оптимизации.

В этом же году И.А.Кейс решает задачу о понижении порядка системы уравнений движения гиростата в консервативном силовом поле с заданным потенциалом [14]. Решение достигнуто на основе приёма, применённого П.Мясниковым. В результа-

те получена редуцированная система уравнений, разрешённых относительно производных.

По материалам работ [12, 14] И.А.Кейсом на Третьем всесоюзном съезде по теоретической и прикладной механике (М., 25.01–01.02.1968) был прочитан доклад “*Об уравнениях движения гиростата с одной неподвижной точкой*”.

В третьей работе, опубликованной в этом же (1968) году [15], И.А.Кейс приводит достаточные условия существования двух первых интегралов системы уравнений движения гиростата, находящегося под воздействием сил, зависящих от его кинетического момента и компонент угловой скорости, а также от трёх произвольных гладких функций времени. При тождественном совпадении двух из них возникает обобщение случая интегрируемости Жуковского–Вольтерра. Эта задача имеет принципиальную важность, поскольку она описывает класс реальных движений гиростата, происходящих под воздействием формально диссипативных, гироскопических и других аналогичных им по структуре сил.

Задача о нахождении нового инварианта (*инвариантного соотношения* – термин [3]) является одной из важнейших задач динамики твёрдого тела [3]. В 1970 г. И.А.Кейс решает одну из этих задач, рассматривая движение гиростата, при котором его центр масс, двигаясь равномерно, описывает окружность произвольного радиуса вокруг притягивающего гравитационного центра. Он получает необходимые и достаточные условия существования этого инварианта.

В работе [17] (1971) предложен способ построения новых систем уравнений вращательного и поступательно-вращательного движения гиростата, представляемых в канонической форме. Эти уравнения могут быть представлены в канонической форме с характеристической функцией Гамильтона, не содержащей тригонометрических выражений одновременно с силовой функцией. Последняя функция соответствует силовому полю, действующему на гиростат со стороны другой гиростатической системы, вращающейся вокруг своего неподвижного центра масс. Искомые уравнения движения были получены при рациональном использовании потенциала Майера, параметров Родрига–Гамильтона и преобразования Дарбу.

Статья [18] (1972) посвящена исследованию мало изученной в то время области, рассматривающей свойства инвариантов управляемых детерминированных систем эволюционного типа.

В последней из описываемых здесь работ И.А.Кейса [19] (1976) получены условия существования частного первого интеграла, представленного линейной связкой гамильтониана и импульсов. Эти условия имеют место для некоторых неголономных и голономных механических систем и упрощаются для голономных систем определённого класса, содержащего случай существования частного интеграла Якоби. Примером выполнения данных условий является вариант ограниченной задачи поступательно-вращательного движения гиростата в центральном ньютоновском гравитационном поле.

Пример научного творчества

За 12–13-летний начальный период своего научного творчества И.А.Кейсом был решён и опубликован ряд задач теории динамики гиростатов. Это задачи о нахождении интегрального многообразия системы уравнений движения; задача об энергетической оптимизации для объекта переменного состава; задача оптимальной асимптотической стабилизации относительного равновесия; задачи редуцирования системы уравнений движения и нахождения инвариантов движения; исследование свойств инвариантов управляемых систем.

Этот впечатляющий набор научных достижений молодого исследователя (его возрастной период выполнения этих работ был от 22 до 35 лет) характеризует диапазон его творческих интересов и свидетельствует о незаурядных творческих способностях. В его способностях к научному творчеству можно убедиться, оценивая результаты, полученные им в работе [4]: начинающий исследователь независимо решил задачу, которую решали упомянутые известные авторитетные учёные.

Работы И.А.Кейса отличает высокая математическая культура, свободное владение математическим аппаратом и применяемыми методами исследования, глубокое проникновение в существо изучаемого вопроса.

Всё это свидетельствует о ярком таланте молодого в то время исследователя. К большому сожалению, творческий путь Игоря Альбертовича был прерван его безвременной кончиной, наступившей на 56-м году жизни. Судьба распорядилась так, что он прожил столько же лет, сколько и его научный руководитель по МГУ Е.Н. Берёзкин – 55 лет.

Достижения И.А.Кейса, его вклад в теорию динамики гироскопов, являются достойным примером высокого научного творчества. Память о талантливом учёном сохранится, пока будут жить его научные труды и творческие идеи.

Библиографический список

1. Кафедра теоретической механики и мехатроники мех.-мат. факультета МГУ. История кафедры. URL: <http://www.theor-mech.math.msu.su> (дата обращения: 28.01.2014).

2. *Берёзкин Е.Н.* Лекции по теоретической механике: в 2 ч. М.: Изд-во Моск. ун-та. Ч. 1. 1967. 315 с.; Ч. 2. 1968. 315 с.

3. *Харламова Е.И., Мозалевская Г.В.* Интегриродифференциальное уравнение динамики твёрдого тела. Киев: Наукова думка, 1986. 296 с.

4. *Кейс И.А.* О существовании некоторых интегралов уравнений движения гироскопа, закреплённого в одной точке // Вестник Моск. ун-та. Сер. 1: Математика. Механика. 1963. № 6. С.55–63.

5. *Кейс И.А.* О движении гироскопа, закреплённого в одной неподвижной точке // Вестник Моск. ун-та. Сер. 1: Математика. Механика. 1964. № 1. С. 76–79.

6. *Кейс И.А.* Об алгебраических интегралах в задаче о движении тяжёлого гироскопа, закреплённого в одной точке // Прикладная математика и механика. 1964. Т. 28. Вып. 3. С.516–520.

7. *Кейс И.* Два решения задачи о движении гироскопа, имеющего неподвижную точку // Изв. АН Эст. ССР. Сер. физ.-мат. и техн. наук. 1965. Т. 14, № 4. С. 552–554.

8. *Кейс И.* О некоторых необходимых условиях существования однозначных интегралов уравнений движения тяжёлого гироскопа, закреплённого в одной точке // Изв. АН Эст. ССР. Сер. физ.-мат. и техн. наук. 1965. Т. 14, № 4. С. 555–558.

9. *Кейс И.А.* О некоторых движениях тяжёлого гиростата, приведённого в быстрое вращение вокруг одной неподвижной точки // Вестник Моск. ун-та. Сер. 1: Математика. Механика. 1965, № 1. С. 61–75.

10. *Кейс И.* Об уравнениях движения гиростата, закреплённого в одной точке // Изв. АН Эст. ССР. Сер. физ.-мат. и техн. наук. 1966. Т. 15, № 3. С. 366–368.

11. *Кейс И.* Одна задача энергетической оптимизации движения относительно центра инерции гиростатического устройства переменной массы // Изв. АН Эст. ССР. Сер. физ.-мат. и техн. наук. 1966. Т. 15, № 4. С. 540–554.

12. *Кейс И.* О частных интегралах уравнений движения тяжёлого гиростата с одной неподвижной точкой // Изв. АН Эст. ССР. Сер. Физика. Математика. 1967. Т. 16, № 3. С.309–317.

13. *Кейс И.* К оптимальной асимптотической стабилизации относительного равновесия стационарного спутника. I // Изв. АН Эст. ССР. Сер. Физика. Математика. 1968. Т.17, №1. С.3–12.

14. *Кейс И.* Об уравнениях движения гиростата с одной неподвижной точкой // Изв. АН Эст. ССР. Сер. Физика. Математика. 1968. Т. 17, № 1. С. 13–19.

15. *Кейс И.* Об интегралах гиростата в поле сил, зависящем от кинетического момента и угловой скорости // Изв. АН Эст. ССР. Сер. Физика. Математика. 1968. Т. 17, № 2. С. 177–180.

16. *Кейс И.* Об инвариантах движения гиростатических систем // Изв. АН Эст. ССР. Сер. Физика. Математика. 1970. Т. 19, № 4. С. 485–487.

17. *Кейс И.* Об уравнениях движения гиростата // Изв. АН Эст. ССР. Сер. Физика. Математика. 1971. Т. 20, № 4. С. 406–412.

18. *Кейс И.* Некоторые свойства инвариантов управляемых систем / Ин-т кибернетики АН Эст. ССР. Таллинн, 1972 (препринт). 5 с.

19. *Кейс И.* Об условиях существования частного интеграла Якоби // Прикл. матем. и механика. 1976. Т. 40, № 4. С.611–617.