

Санкт-Петербургский государственный университет

Saint-Petersburg State University

IX Поляховские чтения

Материалы

международной научной конференции по механике,
9-12 марта 2021 г., Санкт-Петербург, Россия

The Ninth Polyakhov's Reading

Proceedings

of the International Scientific Conference on Mechanics,
March 9-12, 2021, Saint-Petersburg, Russia



Санкт-Петербург

2021

Санкт–Петербургский государственный университет
Saint–Petersburg State University

IX Поляховские чтения

Материалы
международной научной конференции по механике,
9–12 марта 2021 г., Санкт–Петербург, Россия

The Ninth Polyakhov's Reading

Proceedings
of the International Scientific Conference on Mechanics,
March 9–12, 2021, Saint–Petersburg, Russia

Санкт–Петербург
2021

УДК 531/534+537+539+51-7+52

ББК 22.2

Д25

Д25 IX Поляховские чтения : Материалы международной научной конференции по механике, 9–12 марта 2021 г., Санкт–Петербург, Россия. — СПб.: Издательство ВВМ, 2021. — 471 с.

ISBN 978-5-9651-1331-6

В сборник включены расширенные тезисы докладов, представленные на международную научную конференцию по механике IX Поляховские чтения, которая посвящена 200-летию выдающегося русского математика и механика, академика Пафнутия Львовича Чебышёва и 100-летию академика Дмитрия Евгеньевича Охоцимского — основателя научной школы в области динамики космического полёта. Обсуждаются современные проблемы теоретической и прикладной механики, динамики естественных и искусственных небесных тел, гидрогазодинамики, физико-химической аэромеханики, механики деформируемого твёрдого тела, устойчивости и стабилизации механических и электромеханических систем, биомеханики, физической механики и истории механики.

Под редакцией:

А.А. Тихонова, Е.В. Кустовой, М.П. Юшкова, А.В. Орехова, Г.В. Павилайнен

ISBN 978-5-9651-1331-6

© Авторы, 2021

ПРЕДИСЛОВИЕ

Поляховские чтения были впервые проведены в 1997 году в формате Всероссийской конференции в связи с 90-летием выдающегося учёного, профессора Н.Н. Поляхова (1906–1987), оставившего яркий след в истории отечественной науки. Конференция привлекла широкое внимание российских и зарубежных учёных-механиков. С 2003 года Поляховские чтения приобрели статус международной конференции и по традиции проводятся в Санкт-Петербурге один раз в три года. Тематика Поляховских чтений охватывает практически все фундаментальные направления современной механики и в последнее время имеет ярко выраженный междисциплинарный характер. Эта особенность конференции связана с многогранностью научных интересов профессора Н.Н. Поляхова.

Начиная с 2012 года Поляховские чтения посвящаются также памяти и других крупных учёных. Настоящие Поляховские чтения посвящаются 200-летию выдающегося русского математика и механика, академика Пафнутия Львовича Чебышёва и 100-летию академика Дмитрия Евгеньевича Охоцимского — основателя научной школы в области динамики космического полета.

Научные направления конференции:

1. Теоретическая и прикладная механика
2. Динамика естественных и искусственных небесных тел
3. Гидрогазодинамика
4. Физико-химическая аэромеханика
5. Механика деформируемого твёрдого тела
6. Устойчивость и стабилизация механических и электромеханических систем
7. Биомеханика
8. Физическая механика
9. История механики

Рабочие языки конференции — русский и английский.

Организатор конференции:

Санкт–Петербургский государственный университет

Соорганизаторы конференции:

- Российская Академия Наук (РАН)
- Национальный Комитет по Теоретической и прикладной механике
- Институт проблем машиноведения РАН
- Санкт–Петербургский Дом учёных РАН
- ФГУП Крыловский государственный научный центр
- Санкт–Петербургский государственный морской технический университет
- Военно-космическая академия имени А.Ф.Можайского
- Санкт–Петербургский государственный университет гражданской авиации
- Санкт–Петербургский государственный политехнический университет
- Балтийский государственный технический университет «Военмех»

Председатель конференции:

Морозов Никита Федорович, академик РАН, СПбГУ

Организационный комитет конференции:

Сопредседатели:

Кустова Е.В. (СПбГУ), Разов А.И. (СПбГУ), Тихонов А.А. (СПбГУ)

Ученые секретари:

Ковачев А.С. (СПбГУ), Нестерчук Г.А. (СПбГУ), Орехов А.В. (СПбГУ)

Члены оргкомитета:

Быков В.Г. (СПбГУ), Ворошилова Ю.Н. (СПбГУ), Даль Ю.М., Датаяшева К.К. (Дом учёных РАН), Исаев С.А. (СПбГУТА), Мехоношина М.А. (СПбГУ), Морозов В.А. (СПбГУ), Нагнибеда Е.А. (СПбГУ), Павилайнен Г.В. (СПбГУ), Павловский В.А. (СПбГМТУ), Полянский В.А. (ИПМаш РАН), Поляхова Е.Н. (СПбГУ), Реснина Н.Н. (СПбГУ), Рябинин А.Н. (СПбГУ), Смирнов А.Л. (СПбГУ), Соловьёв С.Ю. (ФГУП «КГНЦ»), † Товстик П.Е. (СПбГУ), Трифоненко Б.В. (СПбГУ), Филиппов С.Б. (СПбГУ), Циркунов Ю.М. (БГТУ Военмех), Щербаков В.И. (ВКА им. А.Ф. Можайского), Юшков М.П. (СПбГУ).

Научный программный комитет конференции:

Александров А.Ю. (Россия)	Альтенбах Х. (Германия)
Бауэр С.М. (Россия)	Беляев А.К. (Россия)
†Блехман И.И. (Россия)	Влахос Д. (Греция)
Гайфуллин А.М. (Россия)	Голубев Ю.Ф. (Россия)
Горячева И.Г. (Россия)	Доличанин Ч. (Сербия)
Егоров И.В. (Россия)	Индейцев Д.А. (Россия)
Карапетян А.В. (Россия)	Каспер Р. (Германия)
Качанов М.Л. (США)	Козлов В.В. (Россия)
Красильников П.С. (Россия)	Кривцов А.М. (Россия)
Левин В.А. (Россия)	Лещенко Д.Д. (Украина)
Маркеев А.П. (Россия)	† Матвеев С.К. (Россия)
Михайлов Г.К. (Россия)	Михасев Г.И. (Беларусь)
Мэй Фунсян (Китай)	Овчинников М.Ю. (Россия)
Папаставридис Дж. Г. (США)	Паскаль М. (Франция)
Петров Ю.В. (Россия)	Петухов В.Г. (Россия)
Радев С. (Болгария)	Ребров А.К. (Россия)
Смирнов Е.М. (Россия)	Спасич Д. (Сербия)
Старинова О.Л. (Россия)	Степанов С.Я. (Россия)
Тихонов А.А. (Россия)	† Товстик П.Е. (Россия)
Тхай В.Н. (Россия)	Утешев А.Ю. (Россия)
Филиппов С.Б. (Россия)	Фомин В.М. (Россия)
Черноусько Ф.Л. (Россия)	Чернышев С.Л. (Россия)
Чиненова В.Н. (Россия)	Эрикссон А. (Швеция)
Юшков М.П. (Россия)	

FOREWORD

The Polyakhov's reading has first been held in 1997 as an all-Russian conference dedicated to the 90th anniversary of the outstanding scientist, Professor N.N.Polyakhov (1906-1987), who left a bright trace in the history of Russian science. The conference attracted the attention of Russian and foreign scientists, involved in problems of modern mechanics. Since 2003, Polyakhov's reading has acquired the status of an international conference and is traditionally held in St. Petersburg once in three years. The conference scope covers almost all the fundamental areas of modern mechanics and lately has had a pronounced interdisciplinary nature. This feature of the conference is associated with broad scientific interests of Professor N.N. Polyakhov.

Since 2012, Polyakhov's Reading has also been dedicated to the memory of other major scientists. The Ninth Polyakhov's Reading is dedicated to the 200th anniversary of the outstanding Russian mathematician and mechanician, Acad. Pafnutii Lvovich Chebyshev (1821–1894) and the 100th anniversary of Acad. Dmitry Yevgenyevich Okhotsimsky (1921–2005) — Russian aerospace engineer, the scientist who was the pioneer of space ballistics in the USSR and the founder of a scientific school in the field of space flight dynamics.

Conference Topics:

1. Theoretical and Applied Mechanics
2. Dynamics of Natural and Artificial Celestial Bodies
3. Mechanics of Fluids and Gases
4. Physico-chemical aeromechanics
5. Mechanics of Solids
6. Stability and Stabilization of Mechanical and Electromechanical Systems
7. Biomechanics
8. Physical Mechanics
9. History of Mechanics

Working languages of the conference are Russian and English.

Conference organizer:

Saint Petersburg State University (SPbU)

Conference co-organizers:

- Russian Academy of Sciences (RAS)
- Russian National Committee for Theoretical and Applied Mechanics
- Institute of Problems of Mechanical Engineering, RAS
- Saint Petersburg House of Scientists, RAS
- Krylov State Research Centre
- Saint–Petersburg State Naval Technical University
- A.F. Mozhaysky’s Military–Space Academy
- Saint Petersburg State University of Civil Aviation
- Saint Petersburg State Polytechnical University
- Baltic State Technical University “Voenmech”

Conference Chairman:

Nikita Morozov, Academician of the Russian Academy of Sciences, SPbU.

Organizing Committee:

Co-chairs:

Kustova E.V. (SPbU), Razov A.I. (SPbU), Tikhonov A.A. (SPbU)

Scientific secretaries:

Kovachev A.S. (SPbU), Nesterchuk G.A. (SPbU), Orekhov A.V. (SPbU)

Members:

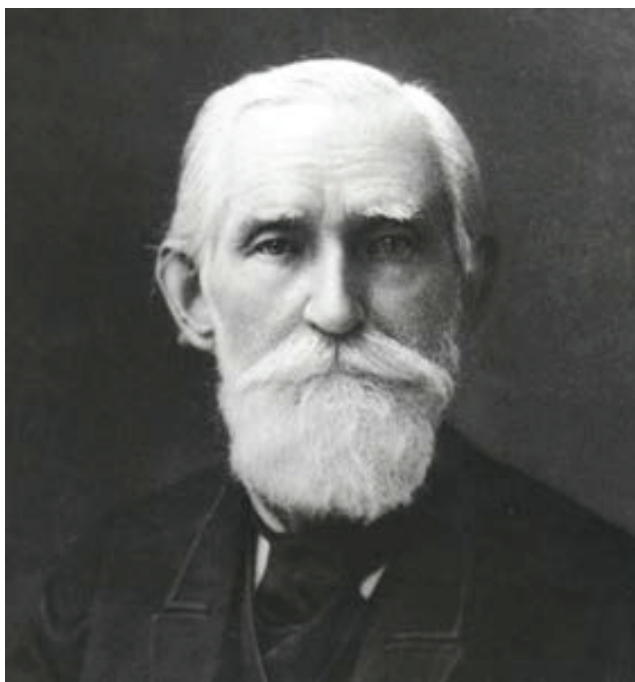
Bykov V.G. (SPbU), Voroshilova Yu.N. (SPbU), Dahl Yu.M., Datayasheva K.K. (Saint Petersburg House of Scientists, RAS), Isaev S.A. (SPbGUGA), Mekhonoshina M.A. (SPbU), V.A. Morozov (SPbU), E.A. Nagnibeda (SPbU), Pavilainen G.V. (SPbU), Pavlovsky V.A. (SPbGMTU), Polyansky V.A. (IPMash RAS), E. N. Polyakhova (SPbU), N. N. Resnina (SPbU), Ryabinin A.N. (SPbU), Smirnov A.L. (SPbU), Soloviev S.Yu. (Krylov State Research Centre), † Tovstik P.E. (SPbU), Trifonenko B.V. (SPbU), Filippov S.B. (SPbU), Tsirkunov Yu.M. (BSTU “Voenmekh”), Shcherbakov V.I. (A.F. Mozhaysky’s Military–Space Academy), Yushkov M.P. (SPbU).

Scientific Program Committee:

Aleksandrov A.Yu. (Russia)	Altenbach H. (Germany)
Bauer S.M. (Russia)	Bel’aeV A.K. (Russia)
† Blekhman I.I. (Russia)	Chernous’ko F.L. (Russia)
Chernyshev S.L. (Russia)	Chinenova V.N. (Russia)
DolicaniN C. (Serbia)	Egorov I.V. (Russia)
Eriksson A. (Sweden)	Filippov S.B. (Russia)
Fomin V.M. (Russia)	Gaifullin A.M. (Russia)
Golubev Yu.F. (Russia)	Goryacheva I.G. (Russia)
Indeitsev D.A. (Russia)	Kachanov M.L. (USA)
Karapetyan A.V. (Russia)	Kasper R. (Germany)
Kozlov V.V. (Russia)	Krasilnikov P.S. (Russia)
Krivtsov A.M. (Russia)	Leshchenko D.D. (Ukraine)
Levin V.A. (Russia)	Markeev A.P. (Russia)
† Matveev S.K. (Russia)	Mei Fengxiang (China)
Mihasev G.I. (Belarus)	Mikhailov G.K. (Russia)
Ovchinnikov M.Yu. (Russia)	Papastavridis J. G. (USA)
Pascal M. (France)	Petrov Yu.V. (Russia)
Petukhov V.G. (Russia)	Radev S. (Bulgaria)
Rebrov A.K. (Russia)	Smirnov E.M. (Russia)
Spasic D. (Serbia)	Starinova O.L. (Russia)
Stepanov S.Ya. (Russia)	Tikhonov A.A. (Russia)
Tkhai V.N. (Russia)	† Tovstik P.E. (Russia)
Uteshev A.Yu. (Russia)	Vlahos D. (Greece)
Yushkov M.P. (Russia)	



Николай Николаевич Поляхов
(1906–1987)



Пафнутий Львович Чебышёв (4 [16] мая 1821 – 26 ноября [8 декабря] 1894) — выдающийся русский математик и механик, основоположник петербургской математической школы, академик Императорской Санкт-Петербургской академии наук.

В 1841 году Пафнутий Львович окончил Императорский Московский университет. В 1846 году он успешно защитил магистерскую диссертацию «Опыт элементарного анализа теории вероятностей». В 1847 году Пафнутий Львович был утверждён в звании адъюнкт-профессора Петербургского универ-

ситета. Чтобы получить право чтения лекций в университете, он защитил ещё одну диссертацию — на тему «Об интегрировании с помощью логарифмов». В 1849 году П. Л. Чебышёв защитил в Петербургском университете докторскую диссертацию «Теория сравнений», после чего в 1850 году он стал профессором Петербургского университета; данную должность он занимал до 1882 года.

Пафнутий Львович получил фундаментальные результаты в теории чисел (распределение простых чисел) и теории вероятностей (центральная предельная теорема, закон больших чисел), построил общую теорию ортогональных многочленов, теорию равномерных приближений и многие другие. Основал математическую теорию синтеза механизмов и разработал ряд практически важных концепций механизмов.

В области механики П. Л. Чебышёва интересовали вопросы прикладной механики и в особенности — теории механизмов. В 1850-е годы Чебышёв заинтересовался шарнирно-рычажными механизмами, служащими для приближённого преобразования кругового движения в прямолинейное и наоборот.

В 1853 году академики П. Н. Фусс, В. Я. Струве, Б. С. Якоби, В. Я. Буняковский представили Чебышёва к избранию в адъюнкты Императорской Санкт-Петербургской академии наук, особо отметив важность его работ в области практической механики. В том же году он был избран в адъюнкты, а в 1856 году стал экстраординарным академиком. В 1858 году в связи с его работами по теории шарнирных параллелограммов и теории приближения функций академики В. Я. Буняковский, М. В. Остроградский, Э. Х. Ленц, Б. С. Якоби, А. Я. Купфер, О. В. Струве подписали представление к избранию Чебышёва ординарным академиком, что и произошло в следующем, 1859 году.

Дмитрий Евгеньевич Охоцимский (26 февраля 1921 – 18 декабря 2005) — выдающийся ученый, создатель научной школы в области динамики космического полёта и интеллектуальной робототехники, автор фундаментальных трудов в области прикладной небесной механики, робототехники и мехатроники, академик РАН.

С 1946 г. Дмитрий Евгеньевич работал в Математическом институте имени В. А. Стеклова АН СССР (МИАН) — в отделе М. В. Келдыша, который в 1953 был преобразован в Отделение прикладной математики МИАН АН СССР, а затем в 1966 в



Институт прикладной математики АН СССР. В Институте он занимал должность заведующего отделом «Механика космического полёта и управление движением». Им впервые был разработан метод вычисления полной вариации как вырожденных, так и невырожденных функционалов в задачах управления.

Дмитрий Евгеньевич Охоцимский успешно руководил выбором, расчётом и баллистико-навигационным обоснованием траекторий, по которым летали первые советские космические аппараты. В 1960 году Д. Е. Охоцимского избирают членом-корреспондентом АН СССР, в 1991 году — действительным членом РАН. В 1957 году Д. Е. Охоцимскому присуждена Ленинская премия — за вклад в обеспечение запуска Первого искусственного спутника Земли, в 1961 Дмитрий Евгеньевич становится Героем Социалистического Труда — за вклад в осуществление первого в мире полёта советского человека в космическое пространство на корабле-спутнике «Восток».

В 1959 году по инициативе Н. Г. Четаева Дмитрий Евгеньевич Охоцимский по совместительству стал профессором, а затем в 1962 году заведующим кафедрой теоретической механики механико-математического факультета МГУ. С его приходом на кафедре получило всестороннее развитие направление, связанное с механикой космического полёта.

С 1970 года под руководством Д. Е. Охоцимского в ИПМ им. М. В. Келдыша РАН и на кафедре теоретической механики мехмата МГУ были начаты работы по созданию интеллектуальных робототехнических систем. Расширение тематики этих исследований привело к появлению на мехмате МГУ новой специализации «мехатроника». В 1999 году кафедра теоретической механики получила новое название: «кафедра теоретической механики и мехатроники».

- [2] Болотник Н.Н., Зейдис И.М., Циммерманн К., Яцун С.Ф. Динамика управляемых движений вибрационных систем // Известия РАН. Теория и системы управления. 2006. Т. 70. №5. С. 157–167.
- [3] Bardin B. S., Panev A. S. On the Motion of a Body with a Moving Internal Mass on a Rough Horizontal Plane // Rus. J. Nonlin. Dyn., 2018. Vol. 14 no.4 pp. 519–542
- [4] Бардин Б.С., Панёв А.С. О поступательном прямолинейном движении твёрдого тела, несущего подвижную внутреннюю массу // Современная математика. Фундаментальные направления. 2019, Т. 65, № 4, С. 557–592.

Семейства портретов маятниковых систем с диссипацией

Шамолин М.В.

shamolin@imec.msu.ru, shamolin.maxim@yandex.ru

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
119991, Российская Федерация, Москва, ул. Колмогорова, 1

Ключевые слова: динамическая система, диссипация, фазовый портрет.

В динамике твёрдого тела в неконсервативном поле, в теории колебаний, в теоретической физике, а также во множестве других нелинейных наук возникают так называемые системы маятникового типа (см., например, [1]). В ряде других работ автора также изучались такие системы, например, в плоской и пространственной динамике твёрдого тела, взаимодействующего с сопротивляющейся средой. В данной работе обсуждаются методы качественного анализа, позволяющие обобщить предыдущие результаты автора. При этом затрагиваются некоторые вопросы качественной теории обыкновенных дифференциальных уравнений и динамических систем, от решения которых зависит исследование ряда рассматриваемых нами систем.

В результате исследования систем более общего вида (систем с более общими правыми частями, чем ранее) показано, что такие системы обладают (известным ранее в другом классе задач) семейством неэквивалентных между собой фазовых портретов. Такое семейство состоит из бесконечного множества портретов с совершенно различными качественными свойствами. Каждый такой портрет неэквивалентен другому в том смысле, что не существует никакого непрерывного преобразования, способного отобразить один фазовый портрет на другой так, чтобы соответствующие фазовые траектории одного портрета переходили в соответствующие фазовые траектории другого портрета (с сохранением движения вдоль сепаратрис, притягивающих или отталкивающих предельных множеств и т.д.).

Типичные фазовые портреты рассматриваемого семейства (абсолютно) грубы (структурно устойчивы), т.е. любое его достаточно малое шевеление (т.е. ше-

веление правой части соответствующей ему системы) во всем множестве правых частей не повлияет на его тип. Но при переходе от одного (типичного) грубого неэквивалентного типа фазового портрета к другому мы сталкиваемся с негрубыми фазовыми портретами, также обладающими интересными нелинейными свойствами. Так, например, при одном шевелении таких негрубых портретов они сохраняют свои качественные свойства, а при другом — кардинально меняют их, все время оставаясь неэквивалентными любому фазовому портрету рассматриваемого семейства.

При проводимом исследовании в работе рассматриваются динамические системы на двумерной плоскости (или двумерном цилиндре), хотя многое можно перенести и на более общие гладкие ориентированные двумерные поверхности. При этом используются известные понятия топографических систем Пуанкаре [2, 3, 4]; у автора также имеются обзоры на эту тему [5, 6, 7].

Литература

- [1] Самсонов В.А., Шамолин М.В. К задаче о движении тела в сопротивляющейся среде // Вест. Моск. ун-та. Сер. 1. Математика. Механика. 1989. № 3. С. 51–54.
- [2] Бендиксон И. О кривых определяемых дифференциальными уравнениями // Успехи матем. наук. 1941. № 9. С. 119–211.
- [3] Голубев В.В. Лекции по интегрированию уравнений движения тяжелого твердого тела около неподвижной точки. М.–Л.: Гостехиздат, 1953. 288 с.
- [4] Пуанкаре А. О кривых, определяемых дифференциальными уравнениями. М.–Л.: ОГИЗ, 1947.
- [5] Шамолин М.В. Применение методов топографических систем Пуанкаре и систем сравнения в некоторых конкретных системах дифференциальных уравнений // Вест. Моск. ун-та. Сер. 1. Математика. Механика. 1993. № 2. С. 66–70.
- [6] Шамолин М.В. Пространственные топографические системы Пуанкаре и системы сравнения // Успехи матем. наук. 1997. Т. 52. Вып. 3. С. 177–178.
- [7] Шамолин М.В. Динамические системы с переменной диссипацией: подходы, методы, приложения // Фундам. и прикл. матем. 2008. Т. 14. Вып. 3. С. 3–237.