



ИВАН ВСЕВОЛОДОВИЧ МЕЩЕРСКИЙ **(1859—1935)**

Иван Всеволодович Мещерский — один из крупнейших механиков конца XIX и начала XX столетий — посвятил свою жизнь созданию основ механики тел переменной массы. Частной задачей механики тела переменной массы является теория движения реактивных аппаратов, в которых изменение массы при движении обусловлено выбрасыванием (истечением) частиц сжигаемого запаса горючего. Ещё в конце XIX в. И. В. Мещерский опубликовал две работы, которые до сих пор остаются наилучшими во всей мировой литературе по реактивным способам движения. Прославленные в Отече-



ственную войну советского народа с немецко-фашистскими полчищами гвардейские миномётные части, вооружённые специальными миномётами, имеют таблицы стрельбы, составленные на основе уравнений И. В. Мещерского. Общие его уравнения для точки переменной массы и некоторые частные случаи этих уравнений уже после их опубликования И. В. Мещерским «открывались» в XX в. вновь многими учёными Западной Европы и Америки (Годдар, Оберт, Эсно-Пельтри, Леви-Чивита и др.).

Область практического применения механики тел переменной массы далеко не ограничивается реактивными аппаратами и ракетной техникой. Случаи движения тел, когда их масса меняется, можно указать в самых различных областях промышленности. Легко понять, например, что вращающееся веретено, на которое навивается нить, изменяет свою массу в процессе движения. Рулон бумаги, когда он разматывается на валу типографской машины, также даёт нам пример тела, масса которого уменьшается с течением времени. Многочисленные примеры движения тел, масса которых изменяется с

течением времени, мы можем наблюдать и в природе. Например, масса Земли возрастает вследствие падения на неё метеоритов. Масса падающего метеорита, движущегося в атмосфере, убывает вследствие того, что частицы метеорита отрываются или сгорают. Плавающая льдина — пример тела, масса которого убывает вследствие таяния или возрастает вследствие намерзания. Масса Солнца возрастает от налипания «космической пыли» и уменьшается от излучения и т. д. Вообще изменение массы движущихся тел может происходить вследствие сгорания, испарения, растворения, намерзания, налипания, излучения и т. д.

Механика тел переменной массы имеет большое значение для правильного описания движения планет и особенно Луны. Сравнивая прежние наблюдения над Луной с собственными и наблюдениями современников, Галлей нашёл, что период обращения Луны вокруг Земли уменьшается. Это уменьшение означает увеличение средней скорости её движения по орбите. Влияние ускорения движения Луны на положение её на орбите возрастает с течением времени (пропорционально квадрату времени), и, таким образом, даже если оно и мало, его можно сравнительно легко обнаружить по простоты больших промежутков времени. Уменьшение периода обращения Луны вокруг Земли составляет примерно полсекунды за 2000 лет. Частично, как показал Лаплас, величина ускорения может быть объяснена уменьшением эксцентриситета земной орбиты. Вторая часть векового ускорения зависит от изменения массы Земли и Луны, вызываемого падением на них метеоритов. Оказывается, что согласие наблюдений и вычислений получается хорошим, если допустить, что радиус Земли возрастает от массы падающих метеоритов на 0,5 миллиметра в столетие.

Для точного исследования явлений движения тел с изменяющейся массой, доставляемых в большом числе и техникой и природой, требуется прежде всего установление основного уравнения движения точки переменной массы, так как всякое тело переменной массы можно представить как систему точек. Зная уравнение движения точки переменной массы, можно достаточно простыми методами получить основные уравнения движения любого тела. Фундаментальное уравнение динамики тел переменной массы было установлено в магистерской диссертации И. В. Мещерского, опубликованной в 1897 г.

Иван Всеволодович Мещерский родился 29 июля 1859 года в г. Архангельске, где и получил среднее образование. В 1878 г. он поступил на физико-математический факультет Петербургского университета. Его выдающиеся способности обратили внимание известного русского механика Д. К. Бобылёва. По окончании университета в 1882 г. И. В. Мещерский был оставлен при кафедре Д. К. Бобылёва для подготовки к профессорскому званию. В 1890 г. И. В. Мещерский стал приват-доцентом кафедры механики в Петербургском университете. Он читал лекции по графостатике, интегрированию уравнений механики и вёл упражнения по общему курсу механики. В эти же годы И. В. Мещерский начал заниматься теорией движения тел переменной

массы.

Движущееся тело при изменении массы в общем случае подвергается воздействию реактивной силы, если только относительная скорость отделяющихся частиц не равна нулю. Однако И. В. Мещерский начал разработку вопроса с того частного случая, когда реактивная сила не будет входить в расчёты. Теоретические результаты исследования движения в этом предположении были доложены И. В. Мещерским Петербургскому математическому обществу 15 января 1893 г. При этом из частных задач такого типа им была решена одна задача небесной механики, посвящённая изучению движения двух тел переменной массы. В 1893 г. основные выводы этого исследования были напечатаны в специальном астрономическом журнале.

В 1902 г. И. В. Мещерский был приглашён заведующим кафедрой теоретической механики во вновь основанный Петербургский политехнический институт. Здесь и протекла его основная педагогическая и научная работа.

7 января 1935 года Иван Всеволодович Мещерский скончался на 76 году жизни.

Основное уравнение движения точки переменной массы при любом законе изменения массы и при любой относительной скорости выбрасываемых частиц было получено и исследовано И. В. Мещерским в его диссертации 1897 г.

Это уравнение можно формулировать в следующем виде: при движении точки переменной массы в любой момент времени произведение массы точки на её ускорение будет равняться сумме всех внешних сил плюс прибавочная или реактивная сила, обусловленная истечением частиц. Величина реактивной силы равняется секунднему расходу массы, умноженному на относительную скорость выбрасываемых частиц. Чем больше относительная скорость выбрасываемых частиц, тем больше величина реактивной силы. Чем больше масса частиц, выбрасываемых в единицу времени, тем больше реактивная сила. Для пояснения сказанного можно сослаться на следующий хорошо известный факт. Малый заряд пороха даёт малую начальную скорость вылета дроби из ствола охотничьего ружья, и плечо охотника испытывает малую «отдачу» (т. е. малую реактивную силу). Увеличение заряда пороха вызывает увеличение скорости вылета дроби и пороховых газов, что приводит к увеличению реактивной силы. У артиллерийских орудий, где массы выбрасываемых при выстреле пороховых газов из снаряда значительно больше масс, выбрасываемых из охотничьего ружья, реактивные силы столь велики, что приходится конструировать специальные приспособления для того, чтобы воспринять «отдачу» без поломки самого орудия.

Основные физические законы, определяющие механические движения тел постоянной массы, можно использовать для вывода уравнения движения точки переменной массы. Для этого достаточно рассматривать точку переменной массы и все частицы, которые в процессе движения от неё отделились, как единую механическую систему. Очевидно, масса такой совокупной системы частиц будет постоянной, так как при процессах механического

движения имеет место закон сохранения вещества. К системе частиц постоянной массы можно применить законы механики Ньютона. Если движение и положение всех отброшенных частиц будет известно для каждого момента времени, то можно найти движение точки переменной массы, выбрасывающей эти частицы вследствие какого-то физического процесса (горения, излучения и т. п.).

Однако такой приём изучения движения точки переменной массы оказывается практически невыполнимым ввиду того, что движение частиц, выбрасываемых точкой, неизвестно.

Выдающаяся заслуга И. В. Мещерского состоит в том, что он, сосредоточив внимание на движении точки, выбрасывающей частицы, смог получить значительно более простые уравнения, не зависящие от всей истории движения отброшенных частиц.

Уравнения Мещерского являются наиболее простыми исходными уравнениями для новой главы механики, изучающей движение тел переменной массы. Вид уравнений И. В. Мещерского меняется в зависимости от скорости (абсолютной или относительной) отбрасываемых частиц. Если абсолютная скорость отбрасываемых точкой частиц равна нулю, тогда из уравнения Мещерского можно получить следующий закон: изменение количества движения (т. е. произведения массы на скорость) точки переменной массы в единицу времени равно сумме всех внешних сил. Этот закон, вытекающий из уравнения Мещерского как частный случай, был вновь открыт итальянским учёным Леви-Чивита в 1928 г. Для задач ракетной техники этот частный случай не имеет большого значения. Однако для небесной механики рассмотрение подобного рода примеров важно и существенно.

В своей диссертации И. В. Мещерский подверг особо тщательному анализу тот случай движения, когда относительная скорость излучаемых частиц равна нулю. Задачи такого типа возникают, например, в текстильной промышленности при изучении движения веретён. Исходное уравнение движения точки будет в этом случае по форме совпадать с законом Ньютона. Если ещё допустить, что внешняя сила пропорциональна массе движущейся точки, то мы найдём, что ускорение точки с переменной массой не зависит от изменения массы. Таким образом, при действии силы, пропорциональной массе точки, точка переменной массы, по какому бы закону её масса ни изменялась, движется так же, как движется точка постоянной массы при действии тех же сил и при тех же начальных данных.

И. В. Мещерский решил большое число частных задач о движении точки переменной массы. В частности, он подверг весьма обстоятельному исследованию движение точки переменной массы под действием центральной силы (т. е. силы, всё время направленной к одной неподвижной точке), заложив тем самым основания небесной механики тел переменной массы. Предположения И. В. Мещерского о характере изменения массы небесных тел, сделанные ещё в работах 1897 и 1902 гг., были подвергнуты обстоятельному исследованию крупнейшими астрономами, и сейчас эти гипотезы носят

в литературе название «законов Мещерского». И. В. Мещерский исследовал также и некоторые проблемы движения комет.

И. В. Мещерский первый поставил и частично разрешил задачи следующего типа: найти закон изменения массы точки, при котором она под действием данных внешних сил описывала бы заданную траекторию. Эти задачи он называет обратными, так как в них нужно находить закон изменения массы точки по некоторым заданным свойствам её движения при данных силах.

И. В. Мещерский первый дал строгое уравнение вертикального движения ракеты и показал, в каких частных случаях это уравнение можно исследовать до численного результата. Он решил также задачу о колебаниях маятника переменной массы в сопротивляющейся среде.

В 1904 г. И. В. Мещерский дал подробное исследование движения тела переменной массы в том случае, когда одновременно происходит присоединение и отделение частиц. Пример такого изменения массы движущегося тела, при котором одни причины вызывают увеличение массы, а другие в то же время её уменьшение, представляет летящий аэроплан. В цилиндры двигателя и систему охлаждения засасывается воздух из атмосферы, а одновременно из патрубков и туннеля радиатора выбрасываются газы в атмосферу. Примеры такого же рода мы имеем, когда с вращающегося вала сматывается одна цепь и в то же время наматывается другая, когда в плавающее судно через одни отверстия вода вливается, а через другие выливается, и т. д.

Научные изыскания И. В. Мещерского по теории движения тел переменной массы имеют большое значение для будущего развития техники и промышленности. Сейчас это достаточно ясно подавляющему большинству учёных и инженеров. В конце XIX и начале XX веков ценность научных работ по этому вопросу не казалась значительной. Изучением движения тел переменной массы занимались одиночки. Не было технической базы для развёртывания экспериментов, не было средств для создания опытных образцов, реактивные способы движения не стали ещё насущной потребностью промышленного развития. Научное предвидение И. В. Мещерского, его сознательно направляемые, целеустремлённые творческие искания в области, считавшейся фантастической и малоактуальной, делают его личность как-то особенно обаятельной и могучей. Прозревать будущее развитие техники на десятилетия вперёд, даже в какой-нибудь небольшой отрасли промышленности, дано немногим. Настаивать на необходимости новых путей технического развития в течение 40 лет и до конца жизни не получить решающих подтверждений важности своих теоретических работ было очень трудно. Это непонимание учёными прогрессивности научных исследований И. В. Мещерского заставляло его быть необычайно сдержанным и пунктуальным. Сдержанность — основное качество его научного стиля. Всё в тесных рамках формально-логических построений, всюду бесстрастный тон человека высокой математической культуры. В изложении работ всё

идёт от разума; никаких доводов и апелляций к чувству читателя. Нет гипотез, мечтаний, фантазии даже в популярных докладах. Полемические замечания обоснованы с необычайным мастерством, и безукоризненная точность соблюдается по отношению к малозначащим формулировкам противников.

И. В. Мещерский был не только учёным, но и выдающимся педагогом русской высшей технической школы. Исключительное значение он придавал постановке преподавания курса теоретической механики. Он считал, что в высшей технической школе курс теоретической механики должен быть теснейшим образом связан с курсами прикладной механики. При выборе задач особенное внимание должно быть обращено на то, чтобы они имели I конкретную форму. Студенты, решая эти задачи, должны приобрести умение и навыки применения общих теорем и методов к конкретным вопросам прикладного значения.

«Сборник задач по теоретической механике», составленный группой преподавателей Петербургского политехнического института под руководством И. В. Мещерского, наилучшим образом отвечает поставленной цели. Это один из лучших задачников для высшей технической школы. В 1938 г. этот задачник переведён на английский язык и принят в качестве основного пособия в американских высших технических учебных заведениях. У нас он выдержал уже 13 изданий. Кроме того, И. В. Мещерским написан «Курс теоретической механики», который также выдержал несколько изданий.

И. В. Мещерский считал, что подготовка высококвалифицированного и широко образованного инженера требует хорошего общего образования. «Математика, механика, физика и химия, — писал он, — в известном объёме, который может быть установлен, составляют основу всякого технического образования; приступая к изучению технической специальности, будущий инженер должен уже владеть этими предметами в указанном объёме». Влияние идей И. В. Мещерского на постановку преподавания механики в высших технических учебных заведениях можно наглядно проследить почти по всем современным учебникам.

Основная заслуга И. В. Мещерского перед наукой заключается в том, что он первый создал теоретические методы для решения многообразных задач движения тел, масса которых изменяется с течением времени. И. В. Мещерский является творцом и зачинателем новой главы механики, методами которой предстоит решать важнейшие технические задачи настоящего и будущего.



Главнейшие труды И. В. Мещерского: Давление на клин в потоке неограниченной ширины двух измерений, «Журнал Русского физ.-хим. общества», 1896, XVIII (первая научная работа); Дифференциальные связи в случае одной материальной точки, «Сообщения Харьковского математического общества», 1887; Динамика точки переменной массы (магистерская диссертация), Спб., 1897; О вращении тяжёлого твёрдого тела с развёртывающейся тяжёлой нитью около горизонтальной оси, Спб., 1899; Уравнения движения точки переменной массы в общем случае, «Известия Петербургского политехн. института», 1904, 1; Задачи из динамики переменной массы, там же, 1918, XXVII; Гидродинамическая аналогия прокатки, там же, 1919, XXVIII; Преподавание механики и механические коллекции в некоторых высших учебных заведениях Италии, Франции, Швейцарии и Германии, Спб., 1895.

О И. В. Мещерском: Николаи Е. Л., Некролог, «Прикладная математика и механика», М. — Л., 1936, т. III, вып. 1.

Источник: Люди русской науки: Очерки о выдающихся деятелях естествознания и техники / Под ред. С.И. Вавилова. — М., Л.: Гос. изд-во техн.-теоретической лит-ры. — 1948.