

РАЗВИТИЕ КЛАССИЧЕСКОЙ И ПРИКЛАДНОЙ МЕХАНИКИ В РОССИИ В XVIII И XIX ВЕКАХ

Сташевская О.В., Федотов В.В.

*Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет), г. Санкт-Петербург*

Ключевые слова: механика, классическая механика, теоретическая механика, прикладная механика, строительная механика, вариационный принцип механики, теория механизмов и машин, теория устойчивости движения, динамика полета.

Аннотация. В настоящей работе приведен обзор-анализ развития механики в России в 18-19 веках. Приводятся сведения по основным достижениям в области механики ведущих российских ученых. Изложенный материал планируется использовать при изучении учебной дисциплины «История механики» студентами механического факультета Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета).

DEVELOPMENT OF CLASSICAL AND APPLIED MECHANICS IN RUSSIA IN THE XVIII AND XIX CENTURIES

Stashevskaya O.V., Fedotov V.V.

St. Petersburg state technological institute (technical university), St. Petersburg

Keywords: mechanics, classical mechanics, theoretical mechanics, applied mechanics, structural mechanics, variational principle of mechanics, theory of stability of motion, dynamics of flight.

Abstract. Summary review-analysis of development of mechanics in Russia in the 18-19 centuries is presented. Information on basic achievements in the field of mechanics of leading Russian scientists is also presented. The presented material is planned to be used in the study of the discipline "History of mechanics" by students of the faculty of mechanics of the St. Petersburg state technological Institute (technical University).

Введение

Механика – основа всех инженерных наук. Она вооружает нас умением создавать станки, машины и механизмы, возводить различные сооружения, рассчитывать силы водяных и газовых потоков, движущих турбины или обтекающих корабли и самолеты.

Классическая механика, как и вообще новое математическое и экспериментальное естествознание Нового времени является качественно многообразным и специфическим явлением европейской культуры. Конечно же, оно возникло не на голом месте и в значительной степени опиралось на достижения Античности и Средневековья, будучи вместе с тем принципиально новой формой знания, отличной от предшествующих по методам, целям, структуре и результатам.

Таким образом, классическая механика является одной из фундаментальных наук опирающейся на строгие математические обоснования.

Целью настоящей работы является рассмотрение процесса развития классической и прикладной механики в России.

Развитие классической и прикладной механики в России в XVIII-XIX веках

Еще в глубокой древности Русь славилась своими умельцами – литейщиками, оружейниками, строителями ветряных и водяных мельниц. Рано возникло и токарное дело. Материалы археологических раскопок показывают, что уже в VIII веке наши предки применяли токарную обработку. Еще современнее стала техника ремесел в период Киевской Руси.

После свержения монгольского ига, на время затормозившего рост русской техники, она снова начала развиваться.

Средневековые русские мастера умели делать сложные механические устройства, часы, хитроумные замки, сверлильные и токарные станки, подъемные сооружения, они искусно поднимали на высокие башни огромные колокола. Русские люди внесли немало ценного в разработку теории механизмов, машин, строительных конструкций [4].

В начале XVIII века в России стали появляться сочинения по механике, написанные специалистами – учеными. Одним из таких ученых был Григорий Григорьевич Скорняков-Писарев, выпустивший в 1722 г. книгу «Наука статическая, или механика» – первый русский труд, посвященный специально механике.

Петербургский Академик Леонард Эйлер (1707 – 1783) – выдающийся математик, внесший значительный вклад в развитие механики – автор свыше 800 работ, оказавших значительное влияние на развитие науки. Двухтомное сочинение «Механика, или наука о движении, в аналитическом изложении», изданное в 1736 г. принесло ему мировую славу. Эйлер блестяще применил методы математического анализа к решению проблем движения в пустоте и в сопротивляющейся среде, от этой книги идут пути дальнейших исканий в области аналитической механики. Дух времени требовал аналитического пути развития точных наук, применения дифференциального и интегрального исчисления для описания физических явлений. Этот путь и начал прокладывать Леонард Эйлер.

В 1757 г. Эйлер впервые в истории нашел формулы для определения критической нагрузки при сжатии упругого стержня, однако в те годы эти формулы не могли найти практического применения, и только почти сто лет спустя, когда во многих странах стали строить железные дороги, потребовалось рассчитать прочность железнодорожных мостов.

Много сделал для развития механики Михаил Васильевич Ломоносов (1711 – 1765). Леонард Эйлер, отдавая должное заслугам Ломоносова, отмечал его «счастливое умение расширять пределы истинного познания природы»...

Понимая огромную важность «приборного искусства» для создания машин и механизмов, Ломоносов изобрел ряд специальных устройств и приборов, некоторыми из которых пользовались даже в XX в. Физические и химические опыты, которые проводил Михаил Ломоносов в своей лаборатории, отличались высокой точностью. Однажды он проделал такой опыт: взвесил запаянный стеклянный сосуд со свинцовыми пластинками, прокалил его, а потом снова взвесил. Пластинки покрылись окислом, но общий вес сосуда при этом не

изменился. Так был открыт закон сохранения материи – один из основных законов природы. В истории закона сохранения энергии и массы Ломоносову по праву принадлежит первое место.

На смену Ломоносову пришел великий изобретатель и инженер в современном смысле слова – Иван Петрович Кулибин (1735 – 1818) – выдающийся русский механик, который дал решение вопроса о том, как в модели воспроизвести точное механическое, а не только геометрическое, внешнее подобие крупного сооружения.

Кулибин заведовал механической мастерской Петербургской академии наук более 30 лет. Руководил производством станков, астрономических, физических и навигационных приборов и инструментов. К 1772 году Кулибин разработал несколько проектов 300-метрового одно-арочного моста через Неву с деревянными решетчатыми фермами. Проект получил высокую оценку Л. Эйлера и Д. Бернулли.

В последующие годы Кулибин изобрел и изготовил много оригинальных механизмов, машин и аппаратов. Среди них – фонарь-прожектор; повозка-самокатка, в которой он применил маховое колесо, тормоз, коробку скоростей и подшипник качения; конструкцию «механических ног» – протезов. В 1793 г. Кулибин построил лифт, поднимавший кабинку при помощи винтовых механизмов. Но подавляющее большинство изобретений Кулибина, возможность использования которых подтвердило наше время, тогда не было реализовано.

Большую роль в развитии классической механики сыграл гениальный математик и механик Михаил Васильевич Остроградский (1801 – 1861).

Научные интересы Остроградского определились рано, еще в 1820 г. он писал, что желает «усовершенствовать себя по части наук, относящихся к прикладной математике». И действительно многие свои труды Михаил Остроградский посвятил математической физике и механике, став одним из тех, кто заложил фундамент этих наук. Первым из русских ученых Остроградский стал заниматься аналитической механикой. Ему принадлежат первоклассные исследования по методам интегрирования уравнений аналитической механики и разработке обобщенных принципов статики и динамики. Его труды по механике, включая «Лекции по аналитической механике» и «Курс небесной механики», явились фундаментом, на котором строилась и развивалась русская школа в области механики.

Наиболее выдающиеся исследования Остроградского относятся к обобщениям основных принципов и методов механики. Он внес существенный вклад в развитие вариационных принципов механики, которые входили в круг вопросов, интересовавших ученого в течение всей его жизни. Поэтому интегрально-вариационный принцип, сформулированный Гамильтоном, справедливо называется принципом Гамильтона-Остроградского, этот принцип является жемчужиной теоретической механики, все механические системы подчиняются этому принципу. Уравнения, основанные на принципе Остроградского-Гамильтона, подсказывают инженерам пути наилучшего разрешения стоящих перед ними задач.

Михаил Васильевич Остроградский искал в механике наиболее простых и общих принципов, позволяющих доказывать ее теоремы наиболее изящно, кратко и просто.

Многим обогатил механику замечательный мостостроитель Дмитрий Иванович Журавский (1821 – 1891). Научные труды Журавского посвящены строительной механике, его работы в области строительной механики носили основополагающий характер. Применяя на практике разработанные им теории, Журавский стал одним из основоположников научного подхода к строительству мостов, им было спроектировано и построено много замечательных железнодорожных мостов, а разработанная им общая теория проектирования сквозных пирамидальных сооружений помогает и в наши дни строителям гигантских антенн радиостанций, могучих подъемных кранов, мачт высоковольтных электрических передач.

Видным вкладом в теорию сопротивления материалов стал проведенный Д.И. Журавским анализ действия касательных напряжений в балке при ее изгибе, в результате чего он, в частности, вывел формулу для определения этих напряжений, которая и по сей день носит его имя (формула Журавского).

Богатейшее наследство оставил в механике Пафнутий Львович Чебышев (1821 – 1894). Характерными чертами творчества Чебышева являются разнообразие областей исследования, умение находить элементарными средствами большие научные результаты и неизменный интерес к вопросам практики.

Теория механизмов и машин – одна из тех дисциплин, которыми Чебышев систематически интересовался всю жизнь. Большое внимание он уделял конструированию и изготовлению конкретных механизмов, он создает разнообразнейшие механизмы, способные точно воспроизводить сложные движения, работать с остановками, превращать непрерывное движение в движение прерывистое. Он строит свою знаменитую переступающую машину, точно воспроизводящую движения идущего животного.

Исследования Чебышева относятся к анализу, теории чисел, теории вероятностей, теории механизмов и многим другим областям математики и смежных областей знания. В каждой из упомянутых областей Чебышев создал ряд основных, общих методов и выдвинул идеи, наметившие ведущие направления в дальнейшем развитии этих областей. Инженеры и ученые всего мира черпают в трудах Чебышева методы, формулы, идеи. Знаменитая структурная формула Чебышева – это одна из необходимейших формул для инженеров. Лучшие его мемуары по механике следующие: 1) «О механических параллелограммах», 2) «О центробежных уравнивателях», 3) «О зубчатых колесах» и др.

Идеи Чебышева получили развитие в работах его учеников. Перу ученика Чебышева – Александру Михайловичу Ляпунову (1857 – 1918), гениального математика и механика, принадлежит теория устойчивости движения механических систем, определяемых конечным числом параметров, которая стала основой научного проектирования самых разнообразных машин и устройств. Математическая сущность этой теории – исследование предельного

поведения решений систем обыкновенных дифференциальных уравнений при стремлении независимого переменного к бесконечности. Эта теория актуальна и в наши дни, а работы А.М. Ляпунова по теории устойчивости движения служат глубоким научным фундаментом теории разнообразных автоматических устройств и, в частности, систем управления полетом самолетов и ракет.

Нельзя не вспомнить великого русского ученого, Ивана Алексеевича Вышнеградского (1831 – 1895), который является основоположником теории автоматического регулирования. Им были сконструированы автоматический пресс для изготовления призматического пороха, подъемные машины, пресс для испытания материалов, механический перегружатель грузов и др. И.А. Вышнеградский сформулировал условие устойчивости системы регулирования, также он сыграл большую роль в создании научных основ конструирования машин, создал русскую научную школу инженеров-машиностроителей. А созданное им руководство «Элементарная механика», в течение многих лет считалось лучшим в России в данной области.

Необходимо упомянуть и русского ученого Николая Павловича Петрова (1836 – 1920). Его занятиями по прикладной механике руководил профессор Вышнеградский, но особенно большое влияние на Петрова оказал один из крупнейших русских математиков М.В. Остроградский.

Работы Н.П. Петрова носят характер теоретического исследования, основанного на точном эксперименте. Строгая математическая трактовка проблемы и тщательная проверка результатов создали прочный фундамент гидродинамической теории смазки и тех многочисленных исследований, которые появились в результате развития идей Петрова.

В 1883 г. появилась первая работа Н.П. Петрова «Трение в машинах и влияние на него смазывающей жидкости», которая разрешала труднейшую проблему мировой техники – проблему смазки. Идея Петрова заключалась в том, что при смазке («жидкостном трении») силы трения, прежде всего, определяются вязким сопротивлением смазочного слоя и в соответствии с законом Ньютона пропорциональны первой степени скорости. В то время, когда Н.П. Петров приступил к выполнению своей работы, этот закон Ньютона не находил общего признания, поэтому в первой части своей работы пришлось дать доказательства справедливости закона Ньютона. Развитию и углублению классической гидродинамической теории трения ученый посвятил много работ вошедших в золотой фонд современной механики [2].

В последней четверти XIX в. начал творческую деятельность Николай Егорович Жуковский (1847 – 1921) – русский ученый в области механики, основоположник современной аэро- и гидромеханики. Под его руководством была создана одна из первых в мире аэродинамических труб (1902), основан первый в Европе аэродинамический институт (1904). Жуковский своими работами в области аэродинамики и авиации заложил теоретические основы крылатых Летательных Аппаратов. Ему принадлежит фундаментальная работа по динамике полета «О парении птиц» (1891), в которой исследован механизм парения с набором высоты и вычислены возможные эволюции траектории при полете, в том числе «мертвая петля». В 1906 г. Жуковский изложил принцип

образования подъемной силы крыла самолета и сформулировал теорему, позволяющую определить ее численное значение. Жуковский установил законы распределения скоростей у лопасти винта, послужившие теоретической основой для их проектирования, создал основы аэродинамического расчета самолета, расчета динамической продольной устойчивости и прочности самолетов.

В наиболее фундаментальных трудах были разъяснены принципиальные положения аэромеханики, сформулированы ее важнейшие закономерности. Вклад Жуковского оказался столь значителен, что до наших дней его имя не сходит со страниц авиационных журналов, специальных монографий по аэромеханике, учебников по теории авиации.

Однако авиацией далеко не исчерпывался круг вопросов механики, интересовавших Жуковского, кинематический метод силового расчета механизмов, разработанный им, служит любому инженеру-механику.

Огромное значение для теории механики имели работы по научной классификации механизмов, нужда в которых была необычайно велика к началу XX в., так как существовало уже огромное количество самых разнообразных механизмов, и с каждым днем их становилось все больше. Такую научную классификацию предложил русский ученый Леонид Владимирович Ассур (1878 – 1920) – один из основателей русской научной школы по теории механизмов и машин, который пришел к выводу, что любой, даже самый сложный механизм, можно рассматривать как сочетание нескольких более простых элементов. Ассур создал рациональную классификацию плоских шарнирных механизмов, разработал методику образования плоских механизмов любой сложности методом последовательного наложения кинематических цепей, получивших название «групп Ассура», предложил деление механизмов по семействам, классам, родам, порядкам и т.д.

Необходимо отметить и выдающегося теоретика Ивана Всеволодовича Мещерского (1859 – 1935) – русского и советского ученого в области теоретической и прикладной механики, который основал новый раздел науки – механику тела с переменной массой, ставший теоретической основой разработок различных проблем, главным образом реактивной техники, небесной механики. Мещерский последовательно проводил в жизнь идею тесной связи теоретической и прикладной механики.

И.В. Мещерскому принадлежит ряд работ по общей механике, но наибольшую известность получили его исследования по динамике точки переменной массы, которая стала основополагающей в процессе становления механики систем переменного состава. Он подверг весьма обстоятельному исследованию движение точки переменной массы под действием центральной силы, заложив тем самым основания небесной механики тел переменной массы, исследовал также и некоторые проблемы движения комет. Технический прогресс в области реактивного движения наглядно показывает проницательность и глубину научных исканий Мещерского и приобретает исключительное значение [1, 3].

Широко известен курс теоретической механики И.В. Мещерского, принятый в качестве учебного пособия для высших учебных заведений и в России, и в ряде зарубежных стран.

Ученый-механик обязан всегда помнить, что как бы логичны и непротиворечивы ни были фундаментальные законы физики и механики, даже в их основе всегда лежат гипотезы, не отражающие всех свойств реальных объектов. Но это и необязательно, если те свойства, которые не отражает применяемая теория, заметно не сказываются на характере изучаемого явления. Более того, если бы мы пытались всякий раз полностью учесть все свойства реального тела, то задача настолько усложнилась бы, что решить ее было бы невозможно. В этой связи весьма поучителен пример великого математика и механика Ф. Гаусса. Выступая как математик, он соблюдал в своих работах максимально возможную строгость, тогда как в работах по небесной механике нередко ограничивался приближенными решениями, сверяя их с результатами астрономических наблюдений [6].

Разумеется, сопоставление теоретических результатов с данными опытов никогда не даст полного совпадения тех и других. С одной стороны всякая теория является приближенной, а с другой – данные экспериментов определяются степенью точности измерительной техники. Если в пределах точности, с которой проводились измерения, данные этих измерений не отличаются от предсказанных теорией, можно с достаточной степенью уверенности говорить о правильности самой теории.

Заключение

Практически до конца XVIII столетия механика занимала ведущее положение в науке, и ее методы оказали большое влияние на развитие всего естествознания, она явилась основой для создания многих прикладных направлений. В дальнейшем механика Галилея – Ньютона продолжала интенсивно развиваться, но ее ведущее положение постепенно начало утрачиваться. На передний край науки стали выходить электродинамика, теория относительности, квантовая физика, ядерная энергетика, генетика, электроника, вычислительная техника [5,7].

Сегодня механика уступила место лидера в науке, но не утратила своего значения. По-прежнему все динамические расчеты любых механизмов, работающих на земле, под водой, в воздухе и космосе, основаны в той или иной степени на законах классической механики. На далеко не очевидных следствиях из основных ее законов построены приборы, автономно, без вмешательства человека, определяющие местонахождение подводных лодок, надводных кораблей, самолетов; построены системы, автономно ориентирующие космические аппараты и направляющие их к планетам Солнечной системы, комете Галлея. Аналитическая механика – составная часть классической механики – сохраняет «непостижимую эффективность» в современной физике. Классическая механика замечательна тем, что наряду со строгостью изложения имеет широкое инженерное приложение и не только, она, в частности, лежит в основе современного научного направления – «биомеханика», которая изучает закономерности механического взаимодействия частей тела человека и животного. Современные достижения спортсменов мирового уровня в настоящее время невозможны без тщательного биомеханического анализа и моделирования.

Данные разделы науки позволяют создать оптимальную систему подготовки спортсменов.

Все расчеты разнообразных технических сооружений и связанные с космическими полетами построены на основании законов классической механики.

Перечисленные выше достижения в области теоретической и прикладной механики были бы невозможны без огромного вклада российских ученых во всевозможные разделы классической и прикладной механики.

Классическая механика Галилея – Ньютона никогда не потеряет своего научного значения и практической ценности.

Список литературы

1. Веселовский И.Н. Очерки по истории теоретической механики – Изд. 2-е – Серия: Физико-математическое наследие: физика (история физики) – М.: Изд-во ЛКИ, 2010. – 290 с.
2. Егорова О.В., Тарабарин В.Б., Тимофеев Г.А. К истории формирования российской научной школы прикладной механики // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2013. № 2. С. 76-83.
3. Косолапова С.А. Реализация образовательных целей в преподавании дисциплины «Теоретическая механика» в техническом ВУЗе / С.А. Косолапова, Т.Г. Калиновская, А.И. Косолапов // Фундаментальные исследования. – 2013. – №8-4. – С. 934-937.
4. Мах Э. Механика. Историко-критический очерк ее развития / под ред. Н.А. Гезехуса; перевод с 6-го немецкого издания Г.А. Котляра. Серия: Классики науки (Репр. изд.) – М.: КомКнига, 2011. – 448 с.
5. Мигунов В.А. История техники и технологий: Учебное пособие. – Великий Новгород: Новгородский ГУ им. Ярослава Мудрого, 2010 – 135 с.
6. Тюлина И.А. История механики сквозь призму развития идей, принципов и гипотез / И.А. Тюлина, В.Н. Чиненова – изд. 2-е испр. и доп. – Серия: Классический учебник МГУ / Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, М.: ЛИБРКОМ – 2012. – 252 с.
7. Чечулин В.Л. Краткая схема периодов истории механики // Вестник Пермского университета. – Серия: Математика. Механика. Информатика. – 2013. – №2 (21). – С. 110-117.

Сведения об авторах:

Сташевская Ольга Владимировна – старший преподаватель кафедры механики, СПбГТИ(ТУ), г.Санкт-Петербург;

Федотов Владимир Васильевич – к.т.н., доцент кафедры механики, СПбГТИ(ТУ), г.Санкт-Петербург.