

ВЫВОДЫ

1. Очагами разрушения конструкций чаще всего являются конструктивные и технологические концентраторы напряжений, в частности, изначальные трещины, дефекты сварки, места резких изменений сечений, стыки конструкций и т. п.

2. В сварных конструкциях к наиболее слабым местам, приводящим к отказам, относятся сварные швы и зоны термовлияния; в сборных железобетонных конструкциях — стыки как в отношении водо- и газопроницаемости, так и разрушения (коррозии) элементов связи.

ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП II-7-81 *. Строительство в сейсмических районах. М., 1996.
2. Стругацкий Ю.М. Обеспечение прочности панельных зданий при локальных разрушениях их несущих конструкций. В сб. «Исследования несущих бетонных и железобетонных конструкций сборных многоэтажных зданий», МНИИТЭП, М., 1980.
3. Сендеров Б.В. Аварии жилых зданий. М., СИ, 1991.

УДК 531.8

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ КЛАССИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ

Стецюк В.С., студентка группы ВВ–201, Литвинова Э.В., ст. преп.

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Рассмотрена история развития классической механики. Проанализированы основополагающие труды классиков механики. Большое внимание уделено работам исследователей в XX веке.

Классическая механика, законы Ньютона, Галилей, Лагранж, Жуковский.

Классическая механика – вид механики, основанный на законах Ньютона и принципе относительности Галилея. Поэтому её часто называют «Ньютоновской механикой». Существует несколько эквивалентных способов формального математического описания классической механики: законы Ньютона; Лагранжев формализм; Гамильтонов формализм; формализм Гамильтона – Якоби.

Классическая механика даёт очень точные результаты, если её применение ограничено телами, скорости которых много меньше скорости света, а размеры значительно превышают размеры атомов и молекул и сохраняет своё значение, поскольку:

- 1) она намного проще в понимании и использовании, чем остальные теории;
- 2) в обширном диапазоне она достаточно хорошо описывает реальность.

Классическая механика зародилась в древности главным образом в связи с проблемами, которые возникали при строительстве.

Среди первых ученых древности выделялся древнегреческий мыслитель Аристотель (384–322 гг. до н.э.). Его сочинения охватывали все современные ему области знания. Аристотель оказал огромное влияние на последующее развитие научной и философской мысли. Аристотель большое внимание уделял и решению практически важных технических задач того времени. Так, в трактате "Механические проблемы" Аристотель рассматривает конкретные практические задачи при помощи метода, основанного на законе рычага. Но вот первые попытки Аристотеля в установлении динамических законов оказались неудачными. Аристотель ошибочно полагал, что скорости падающих тел пропорциональны их весам и что равномерное и прямолинейное движение является результатом действия постоянной силы. Потребовалось почти два тысячелетия, чтобы преодолеть эти ошибочные представления и заложить научные основы динамики. Тем не менее система физических взглядов Аристотеля была первой попыткой изложить замкнутый круг идей, включающий и известные тогда факты механики.

Первым из разделов механики, получившим развитие стала статика, основы которой были заложены в работах Архимеда в III веке до н. э. Им были сформулированы правило

рычага, теорема о сложении параллельных сил, введено понятие центра тяжести, заложены основы гидростатики (сила Архимеда).

Из других античных ученых можно назвать Герона (I–II в.в. н.э.), а из ученых средневековья: ал-Бируни, Авиценну, Хайяма, Буридана и др.

Динамика как раздел классической механики начал развиваться только в XVII веке. Его основы были заложены Галилео Галилеем, который первым правильно решил задачу о движении тела под действием заданной силы. На основе эмпирических наблюдений им были открыты закон инерции и принцип относительности. Галилей также заложил основы современной кинематики. Он впервые открыл законы свободного падения тел, построил количественную теорию движения тяжелого тела по наклонной плоскости и теорию движения тела, брошенного под некоторым углом к горизонту (без учета сопротивления). Галилею принадлежат работы по статике, он изучал условия равновесия рычага, исследовал прочность стержней, заложил основы учения опрочности сооружений, занимался изучением сопротивления жидкости движущимся в ней телам.

Ученик Галилея Эванджелиста Торричелли (1608–1647) известен в механике своим трудом "О движении естественнопадающих и брошенных тел". Э. Торричелли – итальянский физик и математик – известен открытием давления воздуха и возможности существования вакуума (торричеллиева пустота).

Последователем Галилея в области механики был Христиан Гюйгенс (1629–1695), голландский механик, физик, математик, который сформулировал понятия центростремительной и центробежной сил, исследовал колебания математического и физического маятника, заложил основы теории удара.

Христиан Гюйгенс проводил исследования в области теории колебаний, в частности изучал движение точки по окружности, а также колебания физического маятника. В его работах были также впервые сформулированы законы упругого удара тел.

Заложение основ классической механики завершилось работами Исаака Ньютона (1642–1727) – английского физика, механика, астронома и математика, сформулировавшего в наиболее общей форме законы механики и открывшего закон всемирного тяготения. Им же в 1684 году был установлен закон вязкого трения в жидкостях и газах.

Ньютон объединил, обобщил и обосновал современные ему достижения механики в своем выдающемся труде "Математические начала натуральной философии". В этой книге, вышедшей в свет в 1687 году, сформулированы основные положения классической механики. Ньютон, завершая работы своих предшественников, главным образом Галилея и Гюйгенса, создает в своей книге стройную систему основополагающих законов динамики. Он впервые вводит понятие массы, устанавливает основной закон динамики, связывающий массу точки, ее ускорение и действующую на нее силу, и закон равенства действия и противодействия. "Математические начала" явились поворотным пунктом всех работ по механике и небесной механике в течение последующих двух веков. Огромным достижением Ньютона было установление закона всемирного тяготения. Исходя из законов Кеплера, он математически установил закон всемирного тяготения, а затем доказал, что если этот закон справедлив, то планеты должны двигаться по законам Кеплера.

Закон всемирного тяготения, открытый и доказанный И. Ньютоном, получил за последние десятилетия особо важное значение, так как он лежит в основе расчета межпланетных траекторий космических кораблей и траекторий искусственных спутников Земли. Ньютон установил также тождественность природы сил взаимного тяготения и силы тяжести на Земле. Он показал, что Земля сплюснута у полюсов, объяснил явления приливов и отливов, заложил основы теории удара.

Установление общих законов механики и законов всемирного тяготения является научным открытием первостепенного значения. В "Математических началах натуральной философии" Ньютон с предельной ясностью изложил общий метод, которым нужно руководствоваться при физических исследованиях: из опытов следует вывести два или три закона (принципа) и затем показать, что из этих простых законов логически вытекают различные свойства (следствия), наблюдаемые на практике. Хотя этот метод исследования

не является единственно возможным, а в наши дни он кажется и само собой разумеющимся, ясное изложение его и блестящий пример построения механики, данный Ньютоном в его книге, оказали громадное влияние на все последующие поколения физиков. Именно поэтому известный советский академик С. И. Вавилов сказал, что в истории естествознания не было события более крупного, чем появление "Начал" Ньютона [1].

Так же в XVII веке в 1660 году был сформулирован закон упругих деформаций, носящий имя своего первооткрывателя Роберта Гука.

Современником Ньютона был немецкий математик, философ, механик Готфрид Лейбниц (1660–1716). В области механики ему принадлежит установление понятия о "живой силе". В связи с этим понятием возникла дискуссия между сторонниками Декарта и Лейбница о "мерах движения". Она была прекращена Даламбером, показавшим непротиворечивость утверждений обоих ученых.

В XVIII веке зарождается и интенсивно развивается аналитическая механика. Период развития механики после Ньютона в значительной мере связан с именем Леонарда Эйлера (1707–1783), отдавшего большую часть своей исключительно плодотворной деятельности Петербургской академии наук, членом которой он стал в 1727 г. Эйлер развил динамику точки (им была дана естественная форма дифференциальных уравнений движения материальной точки) и заложил основы динамики твердого тела, имеющего одну неподвижную точку ("динамические уравнения Эйлера"), нашел решения этих уравнений при движении тела по инерции. Он же является основателем гидродинамики (дифференциальные уравнения движения идеальной жидкости), теории корабля и теории упругой устойчивости стержней. Эйлер получил ряд важных результатов и в кинематике (достаточно вспомнить углы и кинематические уравнения Эйлера, теорему о распределении скоростей в твердом теле). Ему принадлежит заслуга создания первого курса механики в аналитическом изложении.

К этому же периоду относится разработка механики свободных и несвободных систем материальных точек. Развитие этого направления было дано в работах французского математика, механика, философа Жана Даламбера (1717–1783), ученого-энциклопедиста, сформулировавшего принцип механики, носящий его имя. В своем "Трактате по динамике" Даламбер показал, "каким образом все задачи динамики можно решить одним и притом весьма простым и прямым методом".

Однако законченное развитие этого метода было дано только спустя полвека французским математиком и механиком Жозефом Лагранжем (1736–1813) в его трактате "Аналитическая механика", вышедшем в свет в 1788 г. В нем, в частности, содержалось также вполне современное изложение теории линейных колебаний систем с несколькими степенями свободы.

Среди выдающихся ученых XVIII века следует также отметить отца и сына Бернулли: Иоганна Бернулли (1667–1746) и Даниила Бернулли (1700–1782). Большой вклад в науку внесли и два французских ученых: Гаспар Монж (1746–1818) и творец "небесной механики" Пьер Лаплас (1749–1827).

Последующее развитие механики характеризуется углубленным изучением известных ее разделов и появлением ряда новых ветвей. Дальнейшее обоснование принципа возможных перемещений, сформулированного Лагранжем, было проведено Лапласом, который ввел реакции связей, действующие на каждую точку материальной системы, и сделал предположение об идеальности связей. Значительны заслуги Лапласа также и в области астрономии, математики, физики и т.д.

Альтернативный метод аналитической формулировки классической механики основывается на принципе наименьшего действия, который впервые был высказан Мопертюи по отношению к одной материальной точке и обобщен на случай системы материальных точек Лагранжем.

Интенсивное развитие теоретической механики происходило в XIX веке. Из ученых-механиков XIX века нужно выделить в первую очередь: Уильяма Гамильтона (1805–1865),

Карла Якоби (1804–1851), Карла Фридриха Гаусса (1777–1855), Михаила Васильевича Остроградского (1801–1861), Генриха Герца (1857–1894).

Академик М. В. Остроградский – русский математик и механик, основатель аналитической механики в России – создал ряд ценных трудов по основным проблемам механики. Он решил ряд важных задач в области гидродинамики, гидростатики, теории упругости, теории теплоты, баллистики. Ему принадлежат первоклассные исследования по методам интегрирования уравнений аналитической механики и разработке обобщенных принципов статики и динамики. М. В. Остроградский обобщил принцип возможных перемещений, распространив его на неудерживающие связи.

Существенный вклад в развитие аналитической механики на основе сформулированного им принципа наименьшего действия был сделан Гамильтоном, считавшимся одним из гениальных людей своего времени. Гамильтон – английский математик и механик – внес большой вклад в развитие вариационных чисел, так называемых кватернионов. Независимо от Гамильтона принцип наименьшего действия несколько позднее был разработан Остроградским, который применил его для более широкого класса задач. Этот важный вариационный принцип, эквивалентный в частных случаях принципу Гамильтона, получил в механике название принципа Гамильтона–Остроградского.

Большое признание получила опубликованная в 1829 году работа Карла Гаусса "Принцип наименьшего принуждения", где был сформулирован дифференциальный вариационный принцип, продвинувший вперед развитие аналитических методов механики. Немецкий математик Карл Якоби сделал ряд важных открытий в области теории эллиптических функций, вариационного исчисления, дифференциальных уравнений, теоретической механики и ряда других дисциплин. Существенные результаты были достигнуты Остроградским, Гамильтоном и Якоби в области методов интегрирования уравнений динамики.

Немецкий физик и механик Генрих Герц занимался главным образом вопросами электродинамики. Важную роль не только в развитии классической механики, но и в исторической подготовке теории относительности Эйнштейна сыграла замечательная книга Герца "Принципы механики, изложенные в новой связи". Автор в своих "Принципах механики" хотел показать, что общие теоремы механики и весь ее математический аппарат могут быть последовательно развиты, исходя из единого принципа.

Еще до коренного пересмотра физического содержания основных принципов классической механики, осуществленного теорией относительности и квантовой теорией, в XIX веке появился ряд работ, пытавшихся по-новому осмыслить эти принципы. Можно отметить Понселе, который в 1829 г ввел понятие "работа"; 1835 – Кориолис ввел понятие силы Кориолиса, разработал теорию относительного движения, доказав теорему о разложении ускорения на составляющие.

Во второй половине XIX века происходит выделение кинематики в отдельный раздел механики. Особенно значительны были успехи в области механики сплошной среды. Навье и Коши в общей форме сформулировали уравнения теории упругости.

В XX веке интерес исследователей переключается на нелинейные эффекты в области классической механики. Ляпунов и Анри Пуанкаре заложили основы теории нелинейных колебаний. Мещерский и Циолковский провели анализ динамики тел переменной массы. Из механики сплошной среды выделяется аэродинамика, основы которой разработаны Жуковским.

Общепризнаны успехи ученых России в области механики.

Выдающийся вклад в механику внес Николай Егорович Жуковский (1847–1921). Около четверти его трудов содержат решения ряда вопросов теоретической механики. Исследования Н. Е. Жуковского относятся к вопросам теории устойчивости движения, динамики твердого тела и теории соударения твердых тел. Следует отметить, что Жуковский независимо от Раута заложил основы теории устойчивости движения [7]. В 1909 г. было опубликовано исследование Н. Е. Жуковского "Сведение динамических задач о

кинематической цепи к задачам о рычаге". Оно содержит теорему, имеющую глубокое принципиальное значение – вопрос о равновесии механизма, т.е. системы тел, сводится к более простой задаче равновесия одного твердого тела, вращающегося вокруг данного центра. Метод Жуковского давал возможность решить общую задачу динамики механизмов (для механизмов с одной степенью свободы), состоящую в определении движения механизмов под действием заданных сил, т.е. позволял произвести кинетостатический расчет механизма с учетом сил инерции.

В 1914–1917 гг. появились работы профессора Петербургского политехнического института Л. В. Ассура (1878–1920), давшего новую общую систему классификации плоских кинематических цепей, на которой основывается методика исследования плоских механизмов, причем каждому классу соответствует свой метод анализа. Классификация Ассура и ряд введенных им понятий (точки Ассура, группы Ассура) играют важную роль в современной теории механизмов и машин.

Большая часть работ русских ученых в области теоретической механики относится к вопросам динамики твердого тела. Блестящее начало особого направления работ в этой области механики положила Софья Васильевна Ковалевская (1850–1891). Ее работа является наиболее значительной в этом разделе теоретической механики после трудов Л. Эйлера и Ж. Лагранжа. Она послужила толчком для целого ряда исследований по отысканию частных случаев интегрирования уравнений движения тяжелого твердого тела около неподвижной точки. С.В. Ковалевская – русский математик и механик, первая в мире женщина–профессор, член–корреспондент Петербургской академии наук. Ей принадлежат фундаментальные работы по теории дифференциальных уравнений и по механике.

Одним из крупнейших достижений механики в конце XIX века явилось создание теории устойчивости движения систем с конечным числом степеней свободы. Основоположником этой теории был ученик Чебышева Александр Михайлович Ляпунов (1857–1918).

Основоположником механики тел переменной массы явился Иван Всеволодович Мещерский (1859–1935). В его работах заложены основы механики тела переменного состава (переменной массы) – дисциплины, служащей фундаментом изучения реактивного полета, базой для решения многих проблем реактивной техники. Кроме работ по механике переменных масс, И. В. Мещерскому принадлежит ряд работ по общей механике, в частности, по исследованию движения точки, подчиненной неголономной связи, причем связь не является идеальной и линейной.

Наибольшее значение в развитии неевклидовой механики имеют работы А. П. Котельникова (1865–1944). Механика в неевклидовом пространстве возникла в конце 60-х годов XIX века, когда идеи Лобачевского начали получать признание математиков. Основным стимулом развития неевклидовой механики послужило желание выяснить, не противоречит ли неевклидова геометрия принципам механики. А. П. Котельников глубоко разработал алгебру винтов (величин особого рода), аналогичную векторной алгебре, и ее применения к геометрии и механике (теория винтовых интегралов).

В теории колебаний и вопросах механики твердых тел ряд основополагающих исследований принадлежит Алексею Николаевичу Крылову (1863–1945), которого по праву можно считать основателем русской школы кораблестроительной механики. Он рассмотрел гироскопы с двумя и тремя степенями свободы, гироскопический маятник, гироскопас, гироскопический стабилизатор корабля, дал описание некоторых гироскопических приборов, причем для гироскопаса исследовал его курсовую и баллистическую девиации. Л. Н. Крылов – автор важных работ по истории физико–математических наук. Его глубоко интересовали труды классиков науки, в изучении которых он видел не только большую воспитательную ценность, но и непосредственное значение для современной науки. Как никто другой, Крылов умел найти в трудах великих механиков XVII–XVIII вв. забытые методы, применимые к решению актуальных задач нашего времени.

Большую известность в механике имеют работы Сергея Алексеевича Чаплыгина (1869 – 1942), ученика Н.Е.Жуковского и его преемника на посту руководителя Центрального

аэрогидродинамического института (ЦАГИ). Но с его именем связано также развитие в области теоретической механики – механики неголономных систем, в частности, плоского неголономного движения.

Большие работы в области неголономной механики, связанные с применением и обобщением вариационного принципа Гаусса, проводил Н. Г. Четаев (1902–1959). Он обобщил понятие о возможных перемещениях, что позволило устранить противоречие между принципом Гаусса и принципом Даламбера – Лагранжа, возникшее в аналитической механике при переходе от исследований линейных неголономных систем к нелинейным неголономным системам. Важным направлением, в котором развивались исследования по аналитической механике в советское время, являлось применение понятия теоретически устойчивых движений к исследованию действительных движений механики. И здесь основные работы принадлежат Н. Г. Четаеву, который высказал и развил идею о возможности создания аналитической механики на основе отбора истинных состояний движения из всех возможных движений, обладающих устойчивостью того или иного характера.

Дальнейшее развитие механика тел переменной массы и теория реактивного движения получила в работах А. А. Космодемьянского, таких, как "Общие теоремы механики тел переменной массы" (1946) и "Лекции по механике тел переменной массы" (1952), а также в работах советского академика А. Ю. Ишлинского, например, "Два замечания к теории движения ракет" (1944) и др.

Видное место в механике переменных масс занимают задачи об устойчивости движения. Среди них можно выделить работу А. С. Галиуллина "Об одной задаче устойчивости движения точки переменной массы на конечном интервале времени" и работу М. Ш. Аминова "Некоторые вопросы движения и устойчивости твердого тела переменной массы". В настоящее время аналитическая механика точки и тела переменной массы развивается главным образом в более общей постановке, исходя из предположения, что одновременно происходит и отделение и присоединение частиц. Отсюда происхождение термина "механика тел переменного состава" как более общего, чем "механика тел переменной массы", т.к. при одновременном отделении и присоединении частиц масса рассматриваемой системы может и сохраниться. В этом направлении известна работа В. Ф. Кротова "Основы аналитической механики для систем переменной массы" и ряд других.

Большое внимание уделяется аналитической динамике, решению ее прямых и обратных задач, а также задач построения и исследования управляемых систем. В этом плане известна вышедшая в 1989 году книга А. С. Галиуллина "Аналитическая динамика".

В середине XX века активно развивается новое направление в классической механике – теория хаоса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вавилов С. И. Исаак Ньютон. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – С. 110.
2. Веретенников В. Г., Сеницын В. А. Метод переменного действия. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 176 с.
3. Веретенников В. Г., Сеницын В. А. Теоретическая механика. Дополнения к общим разделам. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 416 с.
4. Голдстейн Г. Классическая механика – 1975. – 413 с.
5. Киттель Ч., Найт У., Рудерман М. Механика. Берклевский курс физики. – М.: Лань, 2005. – 480 с.
6. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Механика – М.: Физматлит, 2004. – 224 с. – (Теоретическая физика, том I).
7. Лейбензон Л. С. Николай Егорович Жуковский. – М., Изд-во АН СССР, 1947. – С.161–165.
8. Матвеев А. Н. Механика и теория относительности – 3-е изд. – М.: ОНИКС 21 век: Мир и Образование, 2003. – 432 с.