

ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР РАЗВИТИЯ МЕХАНИКИ. ЗАРОЖДЕНИЕ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ.

Анциферова Л.М.

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

Механика – это наука о простейшей форме движения материи – механическом движении, которое представляет собой изменение с течением времени пространственного расположения тел, и о связанных с движением тел взаимодействиях между ними.

Механика исследует общие закономерности, связывающие механические движения и взаимодействия, принимая для самих взаимодействий законы, открытые опытным путем и обоснованные физикой и математикой.

Механика изучает движение материальных тел, пользуясь следующими абстракциями:

1) Материальная точка рассматривается как тело бесконечно малых размеров, но имеющее конечную массу.

2) Абсолютно твердое тело представляется как совокупность материальных точек, находящихся на неизменных расстояниях друг от друга.

Эта абстракция применима, если можно пренебречь деформацией тела.

3) Сплошная среда.

При этой абстракции допускается изменение взаимного расположения элементарных объемов. В противоположность твердому телу для задания движения сплошной среды требуется бесчисленное множество параметров. К сплошным средам относятся твердые, жидкие и газообразные тела, отражаемые в следующих отвлечённых представлениях: идеально упругое тело, пластичное тело, идеальная жидкость, вязкая жидкость, идеальный газ и другие.

Указанные отвлечённые представления о материальном теле отражают действительные свойства реальных тел, существенные в данных условиях.

Исходя из сказанного выше, в механике выделяют следующие разделы:

- механику материальной точки;
- механику системы материальных точек;
- механику абсолютно твердого тела;
- механику сплошной среды.

Механика сплошной среды, в свою очередь, подразделяется на теорию упругости, гидромеханику, аэромеханику, газовую механику и другие подразделы. В первый из указанных подразделов – теорию упругости и пластичности – входят теория ползучести, сопротивление материалов, строительная механика и пр.

В основе теории упругости лежит свойство идеальной упругости твердого тела. Идеальная упругость – это способность тела, получившего деформацию, после устранения причин, вызвавших ее, полностью восстановить свою первоначальную форму. Эта способность упругого тела приводит к тому, что такое тело всегда имеет форму, зависящую лишь от тех нагрузок, которые в данный момент действуют на тело, и не

зависящую от того, каковы были нагрузки в предшествующие моменты времени.

Упругое состояние твердого тела характеризуется тем, что для каждой температуры тела независимо от времени существует взаимно однозначная зависимость между напряжениями и деформациями. Эта зависимость обычно является линейной и носит название закона Гука.

Таким образом, теория упругости изучает действие сил на упругие тела и определяет возникающие при этом напряжения и деформации, как в состоянии равновесия, так и в состоянии движения.

Часто теорию упругости подразделяют на математическую теорию упругости и прикладную теорию упругости.

Математическая теория упругости не использует никаких деформационных гипотез, а получаемые уравнения решаются либо точными, либо такими приближенными методами, которые позволяют безгранично увеличивать степень приближения к точному решению. Поэтому можно считать результаты, получаемые при решении задач математической теории упругости, эталоном для оценки точности различных приближенных теорий и методов решения сходных задач.

Прикладная теория упругости отличается от математической тем, что для решения задач, помимо закона Гука, применяются некоторые дополнительные гипотезы деформационного характера. Это, например, гипотеза плоских сечений для стержней, гипотеза прямых нормалей для тонких пластин и оболочек и др.

При решении задач прикладной теории упругости наряду с точными методами решения могут применяться и приближенные методы.

Рассмотрим основные гипотезы, используемые в теории упругости.

1. Гипотеза о сплошности деформируемого тела.

Согласно этой гипотезе твердое тело имеет непрерывную структуру, и свойство непрерывности относится к любому сколь угодно малому объему тела. Это допущение позволяет утверждать, что напряжения, деформации, перемещения являются непрерывными функциями координат точек тела.

Таким образом, в классической теории упругости не учитывается дискретная структура вещества и движение отдельных молекул, составляющих тело.

Очевидно, что предположение о непрерывном строении материала противоречит действительности, так как реальные материалы всегда обладают характерной структурой.

2. Гипотеза о физической однородности.

Согласно ей все физические характеристики тела (модули упругости, коэффициенты Пуассона, плотности и т. п.) не зависят от координат точек тела.

3. Гипотеза о естественном ненапряженном состоянии.

Суть этой гипотезы заключается в том, что при отсутствии внешних нагрузок напряжения во всех точках тела считаются равными нулю. В действительности в теле могут быть начальные напряжения, в некоторых случаях даже значительные (например, остаточные напряжения после сварки).

Эти самоуравновешенные напряжения, имеющиеся в теле, не могут быть определены чисто теоретическим путем, если неизвестна предыстория их возникновения. Теория упругости позволяет определить лишь добавочные напряжения, которые возникают вследствие деформаций, вызванных действием приложенных внешних нагрузок.

4. Гипотеза, согласно которой материал тела является идеально упругим (форма и размеры тела полностью восстанавливаются после устранения причин, вызвавших деформации), а между деформациями и напряжениями существует линейная зависимость (закон Гука).

Теория упругости, базирующаяся на линейной зависимости между напряжениями и деформациями и линейной связи между деформациями и перемещениями, называется линейной или классической теорией упругости. В линейной теории упругости все перемещения точек тела считаются настолько малыми, что это позволяет не учитывать их влияние на взаимное расположение нагрузок и расстояния от них до любых точек тела.

Основные этапы развития механики, как науки, неразрывно связаны с историей развития производительных сил общества, с уровнем производства и техники на каждом историческом этапе. Механика находилась на службе у человека с начала существования самого человечества. Назовем основные периоды истории механики (с точки зрения степени общности формулируемых задач и универсальности методов их решения):

Начальный (до XVII в.),

Переходный (XVII-середина XVIII в.),

Аналитический (с середины XVIII в.).

В рамках каждого периода можно установить определенную последовательность этапов. Так, в рамках начального периода важнейшими этапами являются: античная механика, средневековая механика стран Востока, механика средневековой Европы, механика эпохи Возрождения. Для длительного начального периода характерно, что под механикой понимают не науку, а лишь изготовление орудий труда. Эти орудия и приспособления достигли высокого развития в рабовладельческую эпоху. В частности, остатки древнейших зданий и сооружений свидетельствуют о том, что при их постройке применялись многие механические приспособления: рычаги, катки, блоки и другие средства. Примером таких сооружений могут служить установленные в Египте в XV в. до н.э. обелиски – громадные круглые и четырехугольные колонны до 45 м высотой. Эти обелиски были высечены из целого куска мрамора или гранита. Их перевозка и установка не могла быть произведена только мускульной силой. Древнеегипетские пирамиды, различные строения и сооружения Ассирии, Вавилона, Китая и других стран говорят о том, что в различных регионах древнего мира применялись катки, рычаги, наклонная плоскость. Все эти механические приспособления появились как результат практического опыта человека.

Название «Механика» впервые ввел Аристотель (384 - 322 гг. до н.э.).

В работах ученых его школы содержится немало ценного для механики, но в тоже время и много ошибочного. Однако даже через полторы тысячи лет

после Аристотеля его учение считалось непогрешимым, любое выступление, противоречащее этому учению, считалось ересью, что долго тормозило дальнейшее совершенствование механики. В древности можно отметить лишь один большой скачок в её развитии, который связан с именем Архимеда (287-212 до н.э.)

Этот великий ученый эпохи эллинизма заложил основы статики, сделал важнейшие открытия в гидростатике, обосновал математически многие результаты физических экспериментов. Тем самым он заложил основы механики как новой науки, включив ее в область точных наук.

Особенно прославился он изобретением многих механических конструкций. Рычаг был известен и ранее, но лишь Архимед изложил полную теорию рычага и успешно применил её на практике. Плутарх сообщает, что Архимед построил в порту Сиракуз немало блочно-рычажных механизмов для облегчения подъёма и транспортировки тяжёлых грузов. Изобретённый им, так называемый архимедов винт (шнек) для вычерпывания воды, до сих пор применяется в Египте.

Архимед является и первым теоретиком механики. Он начинает свой трактат «О равновесии плоских фигур» с доказательства закона рычага. В основе этого доказательства лежит аксиома о том, что равные тела на равных плечах должны уравниваться. Трактат «О плавающих телах» также начинается с доказательства. Это доказательство впервые сформулированного Архимедом закона о выталкивающей силе жидкости. Доказательства эти представляют собой первые теоретические обоснования результатов эксперимента в истории механики.

На протяжении почти двух тысяч лет после Архимеда в развитии механики не произошло ничего существенного. Хозяйство было рассчитано только на потребление, производство с целью обмена еще только возникало. Несовершенными были сухопутные дороги и морской транспорт, суда имели плохую устойчивость и небольшую грузоподъёмность.

Постепенное развитие торговли стимулировало появление и развитие машин. Это поставило перед наукой и техникой, и в особенности перед механикой, целый ряд проблем, таких, как: увеличение грузоподъёмности судов, улучшение их плавательных свойств, удобные и надежные способы ориентировки в море по Солнцу и звездам, предсказание приливов и отливов, усовершенствование внутренней водной системы и сообщения с морем, строительство каналов и шлюзов.

Вместе с развитием торговых отношений к концу эпохи средневековья начинается быстрое развитие промышленности. Для добычи металла возникает необходимость более эффективной эксплуатации шахт и рудников. Перед механикой встают такие задачи, как подъем руды с большой глубины и необходимые для этого расчеты ворот, блоков, устройство вентиляционных приспособлений в шахтах, откачка воды из шахт и др. Быстро развивается военная техника. Например, артиллерия потребовала от механики разрешения ряда вопросов: повышение прочности орудия при наименьшей его массе,

изучение зависимости между скоростью снаряда и сопротивлением воздуха, определение траектории снаряда в пустоте и т.п.

Начиная с XVI века, после средневекового застоя в развитии естествознания, наступает эпоха грандиозных открытий в теоретической механике и смежных с ней областях: машиноведении, гидравлике, астрономии, математике. Именно в это время ставятся и начинают решаться важнейшие задачи теории упругости.

Первым серьезным научным трудом в этой области считается трактат Галилео Галилея (1564-1642) «Беседы и математические доказательства, касающиеся двух новых отраслей науки, относящихся к механике и местному движению». В результате многократно поставленных экспериментов на растяжение и изгиб бруса ученый получил некоторые количественные зависимости сопротивления растяжению и изгибу от ширины и толщины бруса. Но Галилей не мог дать правильного решения задачи изгиба стержня, так как ему был неизвестен закон, связывающий напряжения и деформации - закон Гука. Галилей умер, когда Роберту Гуку было только семь лет. Да и понятия напряжений и деформаций в то время еще не были определены. Поэтому анализ решения Галилея является условным.

Р. Гук (1635 – 1703) провёл множество опытов с пружинами и изгибающимися консолями. Основываясь на них, он в 1678 году в работе «О восстановительной способности, или об упругости, объясняющей силу упругих тел» сформулировал важный количественный закон. «Сила и способность всякого упругого тела восстанавливать свое естественное состояние пропорциональны той мере, на которую оно выведено из этого естественного состояния, совершено ли это путем разряжения, отделения его частей одна от другой или же путем сгущения (уплотнения) этих частей». Это свойство Гук приписывает всем материалам, перечисляя металлы, дерево, камни, волос, рог, мышцы, стекло и пр. В этой работе он описал установленный им закон пропорциональности между нагрузкой и деформацией при растяжении, тем самым положив начало механике упругих тел.

Эту закономерность подтвердил Эдме Мариотт (1620 – 1684).

Проектируя водопровод для Версальского дворца в конце XVII века, Мариотт заинтересовался прочностью материалов. В результате испытания деревянных и стеклянных стержней на растяжение и изгиб он установил закон прямой пропорциональности между перемещениями и приложенными силами. Мариотт, также как и Гук, считал, что закон пропорциональности между деформацией и нагрузкой справедлив до момента разрушения материала. Эти исследования Мариотта изложены в его труде, посвященном движению жидкостей. Он также обобщил результаты исследований соударения упругих тел и колебаний маятника и изобрел баллистический маятник.

Таким образом, первый этап становления теории упругости как науки можно связать с работами Г.Галилея, Р. Гука, Э.Мариотта. В дальнейшее её развитие неопределимый вклад внесли Жозеф Луи Лагранж (1736-1813), Томас Юнг (1773-1829), Софи Жермен (1776-1831) и др. Только к концу XVIII в. эта часть механики сплошной среды становится разделом аналитической механики.

Список литературы

1. **Амензаде, Ю.А.** Теория упругости [Текст]: учеб. для вузов / Ю. А. Амензаде.- 3-е изд., доп. - М. : Высш. шк., 1976. - 272 с. : ил.
2. **Безухов, Н.И.** Основы теории упругости, пластичности и ползучести [Текст] / Н. И. Безухов.- 2-е изд., испр. и доп. - М.: Высш. шк., 1968. - 512 с.: ил. - Библиогр.: с. 499-505.
3. **Веселовский, И. Н.** Очерки по истории теоретической механики [Текст] / И. Н. Веселовский. - М.: Высш. шк., 1974. - 287 с. : ил. - Библиогр.: с. 285-286
4. **Гастев, В.А.** Курс теории упругости и основ теории пластичности [Текст]: [учебник] / В. А. Гастев. - Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1973. - 180 с.: ил. - Библиогр.: с. 178.
5. **Зубчанинов, В. Г.** Основы теории упругости и пластичности [Текст]: учеб. для машиностроит. спец. вузов / В. Г. Зубчанинов. - М.: Высш. шк., 1990. - 368 с.: ил. - Библиогр.: с. 365. - ISBN 5-06-000706-5.
6. **Ильюшин, А. А.** Механика сплошной среды [Текст]: учебник / А. А. Ильюшин.- 3-е изд., перераб. и доп.. - М.: МГУ, 1990. - 310 с.
7. **История механики** [Текст]: с конца 18 до середины 20 века / под ред. А. Т. Григорьяна. - М.: Наука, 1972. - 416 с.: ил
8. **Лурье, А. И.** Теория упругости [Текст] / А. И. Лурье. - М.: Наука, 1979. - 939 с.: ил. - Литер. указ.: с. 909-9929. - Имен. указ.: с. 930-932. - Предм. указ.: с. 933-939.
9. **Мейз, Дж.** Теория и задачи механики сплошных сред [Текст]: [учеб. пособие] / Мейз, Дж.; пер. с англ. Е. И. Свешниковой ; под ред. М. Э. Эглит. - М.: Мир, 1974. - 320 с.: ил. - Библиогр.: с. 309. - Предм. указ.: с. 310-314.
10. **Механика сплошной среды и родственные проблемы анализа** [Текст]: [сб. ст.] / [отв. ред. Л. И. Седова]; Акад. наук СССР. - М.: Наука, 1972. - 712 с. : ил.
11. **Партон, В. З.** Методы математической теории упругости [Текст]: учеб. пособие для ун-тов / В. З. Партон, П. И. Перлин. - М.: Наука, 1981. - 688 с. : ил. - Библиогр.: с. 674-685. - Имен. указ.: с. 686-688.
12. **Проблемы механики сплошной среды** [Текст]: к семидесятилетию акад. Н. И. Мусхелишвили / [отв. ред. М. А. Лаврентьев]; АН СССР. - М.: Изд-во АН СССР, 1961. - 578 с.: ил. - Отв. ред. указан на обороте тит. л. - Имен. указ.: с. 572-578.
13. **Рындин, Н. И.** Краткий курс теории упругости и пластичности [Текст]: учеб. пособие / Н. И. Рындин; под ред. В. С. Постоева ; М-во высш. и сред. спец. образования РСФСР. - Л. : ЛГУ, 1974. - 136 с. : черт.
14. **Самуль, В. И.** Основы теории упругости и пластичности [Текст]: учеб. пособие для вузов / В. И. Самуль. - М.: Высш. шк., 1970. - 288 с.: ил. - Библиогр.: с. 285.
15. **Теребушко, О. И.** Основы теории упругости и пластичности [Текст]: учеб. пособие для студентов-заочников строит. спец. вузов / О. И. Теребушко. - М.: Наука, 1984. - 319 с.: ил. - Библиогр.: с. 318-319.
16. **Тимошенко, С. П.** Теория упругости [Текст] / С. П. Тимошенко. - Л.: ОНТИ, 1934. - 451 с.

17. **Трусделл, К.** Очерки по истории механики = *Essays in the History of Mechanics* [Текст] / К. Трусделл. - М.; Ижевск: Ин-т компьютер. исслед., 2002. - 316 с. - Парал. тит. л. на англ. яз. - ISBN 5-93972-192-3.
18. **Черняк, В.Г.** Механика сплошных сред [Текст]: учеб. пособие для вузов / В. Г. Черняк, П. Е. Суетин. - М. : Физматлит, 2006. - 352 с. - Библиогр.: с. 350. - Предм. указ.: с. 351-352. - ISBN 5-9221-0714-3.
19. Современные проблемы механики сплошной среды [Текст: сб. избран. тр. Всерос. конф. памяти акад. Л. И. Седова в связи со 100-ем со дня рождения / под общ. ред. Г. Г. Черного. - М.: ТОРУС-ПРЕСС, 2009. - 424 с. : ил. - Библиогр. в конце гл. - Автор. указ.: с. 421. - ISBN 978-5-94588-069-6.