**ГЛАВА 5. РАЗВИТИЕ МЕХАНИКИ КАК НАУКИ – ОСНОВНОЕ УСЛОВИЕ УСПЕШНОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЕВРОПЕ**

Ученые Средневековья, изучавшие механику и математику развитие производительных сил в эпоху средневековья и позднее проходило несколько этапов. В раннем средневековье (V – середина ХІ в.) – период становления феодального строя, некоторого развития науки, техники, а, следовательно, и инженерной деятельности – они находились на низком уровне; во время классического средневековья (ХІ–ХV вв.) – период расцвета феодализма – производительные силы начинают всесторонне совершенствоваться, бурно идет накопление знаний в области механики как основы инженерной деятельности. Особенно инженерная деятельность активизируется с ростом городов, появлением ремесленных цеховых производств. Для позднего средневековья (XVI – первая половина XVII в.) характерны процессы разложения феодализма, зарождения мануфактурного производства и капиталистических отношений, становления науки, в том числе и механики.

Рассмотрение различных аспектов накопления и расширения знаний в области механики как науки и использование их в практической деятельности является целью настоящей лекции.

Быстрое развитие феодальных отношений в эпоху средневековья, особенно начиная с ХІІ–ХІІІ вв. и позднее вызвало интерес к науке, технике, особенно к военной. Это объясняется ростом городов, замков, требующих мощной защиты, создания метательных машин (бриколь – для метания стрел; франдибола – для метания камней), подвижных устройств (аркобаллисты, смонтированные на колесной раме). Подобные изобретения в определенной степени стали возможными благодаря активизации инженерной деятельности, увеличению количества людей, занимающихся этой деятельностью.

Огромное значение в ХIV в. имело использование пороха в Европе. С этого времени начинается эра огнестрельной артиллерии, развития металлургической промышленности и расширения знаний в области таких наук, как баллистика, динамика и др.

Уже в ХIII в. ученые начинают активно интересоваться вопросами динамики. Развивается идея Иоанна Филопона о том, что сила, бросившая тело, передается этому телу. Ученые-схоласты путем рассуждения, а иногда и наблюдения приблизились к пониманию множества механических явлений.

Учение об импетусе предложил французский ученый Жан Буридан (рис.5.1, 1), бывший одно время ректором Парижского университета. Оно заключалось в следующем: движущее тело получает от движителя импетус – определенную силу, которая может двигать его в том направлении, в каком его движет движитель.



Рисунок 5.1. Жан Буридан

Чем большей будет скорость, с которой брошено тело, тем сильней будет приданный ему импетус. Именно импетус движет камень после того, как движение толчка прекратилось, но вследствие сопротивления воздуха и из-за тяжести, которая побуждает камень двигаться в сторону, противоположную импетусу, последний непрерывно ослабляется, иначе движение не прекратилось бы никогда. В конце концов импетус преодолевается, и тяжесть, воздействуя на камень, приводит его к «естественному местоположению». По Буридану, импетус пропорционален плотности и объему тела, к которому он приложен.

Важный след в истории механики оставили ученые Альберт Саксонский (рис.5.2) и Николай Орем (рис.5.3) середина ХIV в. Так, Альберт Саксонский много и умно рассуждает о центре тяжести, критикует в этом отношении Аристотеля, доказывает, что каждое тело имеет точку, в которой как бы сосредоточен весь его вес, и одновременно отстаивает о том, что Земля находится в центре Вселенной. Он также являлся сторонником теории импетуса. Существует точка зрения, что в определенном плане взгляды Альберта Саксонского повлияли на становлении теории Галилея.



Рисунок 5.2. Альберт Саксонский



Рисунок 5.3. Николай Орем

Ученик Буридана Николай Орем (1323–1382), разрабатывая идею ортогональных координат, утверждал, что графически можно изображать любые измеримые количества. В динамике он придерживался теории импетуса, а в кинематике пользовался графическим изображением. Орем исследовал равномерное и неравномерное движение и был близок к правильной формулировке равномерно-ускоренного движения. В своем трактате о небе и мире он придерживался мысли, что Земля движется относительно неба, и таким образом предвосхитил идею Н. Коперника.

Интересны поиски философа Фомы Аквинского (1225–1274), (рис. 5.4). Являясь идеологом католической церкви, Аквинский основывал свое учение на творчестве Аристотеля, но указывал при этом, что область веры не следует смешивать с областью знания; ссылки на бога в вопросах физики считал невежеством. Он делал различие между математическими и физическими телами: первые делимы бесконечно, тогда как вторые имеют предел делимости, перейдя который перестают быть самим собою, разлагаясь на простейшие элементы. Аквинский утверждал также, что время непрерывно и связано с движением; рассуждал он и о бесконечности.



Рисунок 5.4. Фома Аквинский

Развитие производительных сил, рост городов, укрепление церкви приводит к строительству храмов, монастырей, которые становятся сосредоточием не только веры, но и образования. Они оснащаются мощными оборонительными сооружениями. Бурно развивается цеховое производство. В частности, строительные цехи (каменщиков, отделочников) растут количественно и качественно, в них накапливаются практические познания из области строительной механики. Но многое делалось на ощупь и длительное время было результатом коллективных усилий.

Следует заметить, что уже в период раннего средневековья началось становление, хотя и в достаточно широком понимании и профессии инженера. Сперва эта профессия не была цеховой и означала лишь совокупность знаний, которые мог иметь зодчий, скульптор или художник, помимо своих основных профессиональных умений. Сплошь и рядом один и тот же человек создавал машины, сооружал укрепления, строил водопроводы, ваял, писал картины и исполнял еще много мелких поручений феодального властителя либо бюргерской знати. Каждый такой инженер или архитектор обязательно должен был быть механиком, ибо без знания механики его машины могли отказать в действии, а выстроенные им крепости – не выдержать удара осадной мощи противника.

Леонардо да Винчи (рис.5.5) не преувеличивал. Он действительно и мог все, и занимался всем. В этом была сильная сторона его гения, но здесь же была и его слабость: он не мог сосредоточиться, многое начал, но немногое закончил. После него осталось множество записок, схем и рисунков, которые он предполагал слить в трактаты. Этого он тоже не сделал. Многие из них относятся и к механике. Леонардо – практик, и его теоретические рассуждения играют лишь подсобную роль. В механике он занимался изучением движения тел по наклонной плоскости, законом рычага уяснил понятие момента, исследовал трение, падение тяжелых тел, законы гидростатики. В динамике он следовал учению Буридана. Он пробовал определить понятие силы, в прочем без особого успеха, он пытался складывать и разлагать силы.



Рисунок 5.5. Леонардо да Винчи

Леонардо первым исследовал полет птиц и приблизился к созданию летательного аппарата, тяжелее воздуха. Он создал много различных схем машин и предвосхитил идею о составе машины из механизмов (а не из «простых машин»). Он изучил трение и понял невозможность вечного двигателя лет за 300 до того, как это было доказано.

Начавшийся со второй половины ХV в. Ренессанс явился величайшим переворотом в истории человечества, эпоха гигантов-ученых, величайших открытий, инженерных решений.

В годы деятельности Леонардо понятие «инженер» уже бытовало в Западной Европе. Появилось оно около ХII в. и обозначало строителя военных машин и фортификаций (т.е. специалиста, которого в эпоху эллинизма называли «механиком»), так как все технические средства по части ведения военных операций и обороны назывались «ihgenia». С ХV в. в Италии инженерами называли также строителей каналов, хотя еще в Римское время уже есть такое упоминание.

Леонардо неоднократно указывал на значение математики для инженерного дела. В этом он следовал за знаменитым архитектором Филиппо Брунеллески (1377–1446) – рис.5.6.

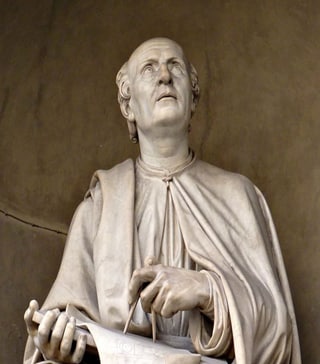


Рисунок 5.6. Филиппо Бруснеллески

Ф. Брунеллески сознательно пользовался расчетными методами и говорил о важности математики для всех искусств. Математические познания и изучение римских построек дали ему возможность установить пропорции здания, эстетические и одновременно оптимальные с точки зрения техники. Таким образом, в строительство вводятся методы расчета, что явилось одним из первых шагов перехода строительной механики от практической науки к прикладной. Шедевром Ф. Брунеллески стал купол флорентийского собора Санта Мария дель Фьоре диаметром 42 м – на 10 м больше купола Софийского собора в Константинополе. Купол Брунеллески не имел правильной сферической формы, его внутренняя поверхность была описана радиусом, равным трем четвертям диаметра основания. Крепился он восемью ребрами, воспринимавшими вес фонаря и опиравшимися на углы барабана. Брунеллески возводил купол с 1419 по 1434 г. Для выполнения строительных работ он сконструировал и построил несколько кранов и иных подъемных машин.

Крупнейший художник немецкого Возрождения Альбрехт Дюрер (1471–1528), рис.5.7, также широко пользовался математикой как прикладной наукой. В «Наставлении к укреплению городов» (1525 г.) он разработал теорию фортификации. Дюрер применил геометрические методы и к изображению человеческого тела. В своих построениях пользовался циркулем, линейкой и опирался на основы проекционного черчения. Дюрер разрабатывал теорию пропорций, учение о перспективе и проекциях, которые использовал не только в живописи, но и в инженерных работах.



Рисунок 5.7. Немецкий художник эпохи Возрождения Альбрехт Дюрер

Тем временем в Польше, в старинном поморском городе Торунь, сын краковского купца каноник Николай Коперник (1473–1543), астроном и математик, работал над гелиоцентрической моделью мира. Труд Коперника «Об обращениях небесных сфер» вышел из печати в год его смерти. Введя в теорию строения мира принцип относительности движения, Коперник не только значительно упростил очень сложную кинематику движения планет, разработанную в геоцентрической системе Птолемея, но и доказал, что Земля является одной из планет, вращающихся вокруг Солнца, и что, кроме того, она вращается и вокруг собственной оси. Революционное учение Коперника послужило основанием для развития науки о Вселенной. Впервые была поставлена задача о движении небесных тел не кажущемся, а естественном, чем подтверждена догадка древних астрономов и заложены основы новой науки – небесной механики.

В эпоху позднего Ренессанса (ХVI в.) все больше работ посвящается проблемам прикладной механики. В 1537 и 1546 гг. вышло в свет два труда Никколо Тартальи (1499-1557), рис.5.8, которыми были заложены основы теории полета снаряда, брошенного под углом к горизонту. Тарталья пользовался теорией импетуса, сопротивления воздуха он не учитывал. Его ученик Джованни Баттиста (1530-1590), рис.5.9, развил учение о моменте силы относительно некоторой точки.



Рисунок 5.8. Итальянский математик Никколо Тартальи



Рисунок 5.9. Джованни Баттиста

В 1586 г. он высказал мнение, что тело, вращающееся вокруг точки, в случае нарушения связи с этой точкой полетит по касательной к окружности, а не по радиусу, как думали до того времени. Еще один ученый Бенедетти был последователем Коперника и в своих сочинениях приводил некоторые доказательства его гипотезы; он также развил теорию равновесия жидкости в сообщающихся сосудах.

Важных результатов в области прикладной механики удалось достичь выдающемуся итальянскому ученому-энциклопедисту Джироламо Кардано (1501-1576), рис.5.10.



Рисунок 5.10. Итальянский ученый-энциклопедист Джироламо Кардано

В особенности он прославился как математик и медик, но с воодушевлением занимался и астрологией. В области механики он изучал сопротивление среды движению тел. Известно его доказательство невозможности вечного движения: подобно Леонардо, Джироламо учитывал вредные сопротивления. Кардано довольно основательно разработал теорию передач, к числу его достижений в этой области следует отнести идею определения передаточных отношений путем подсчета чисел зубьев зубчатых колес. Ему также принадлежат некоторые изобретения в часовом искусстве и в практической гидравлике. Занимался Кардано и мельничным делом: в частности, опубликовал одно из первых описаний ветряной мельницы.

Как видим, в эпоху Ренессанса основная «работа» по созданию науки о движении выпала на долю инженеров и практиков, и занимались они главным образом прикладными вопросами. Это было совершенно естественно. Официальная наука, которую преподавали в университетах и которая в существеннейшей части основалась на рассуждениях, себя исчерпала и начала тормозить развитие прогресса. Разделение науки на схоластическую - науку рассуждения и практическую - науку наблюдения и опыта постепенно принимает организационные формы. В первой половине ХV в. возникают кружки ученых (пользующиеся иногда поддержкой князей и иных влиятельных лиц), которые получают название академий. Так, в 1438 г. Козимо Медичи основал во Флоренции Платоновскую академию, в 1478 г. в Риме возникает Академия святого Луки, в 1542 г. – Витрувиевская академия, затем Академия дей Линчей (1603 г.) и Академия дель Чименто (1607 г.). Не все академии оказались жизнеспособными, но некоторые из них сумели сплотить постоянные коллективы участников, получить финансовую поддержку от власть имущих и стать официальными научными учреждениями. Некоторые академии приняли на себя образовательные функции. К примеру, в ХVI в. Флорентийская академия искусств стала чем-то вроде политехнической школы: как и в университетах, здесь преподавалась математика, но уже не чистая (арифметика, алгебра, геометрия), а прикладная, которую можно было применять для решения задач техники и искусства.

Складывались условия для научной революции, формирования новой науки, основанной на эксперименте, опыте. Постепенно в недрах цехового производства развивается капиталистическая мануфактура, которая пока все еще основывается на ручном труде: машины продолжают заменять лишь физическую силу человека. Мануфактуры не могли обойтись без достаточно усовершенствованной механической техники: подъемных приспособлений, печатных, маслобойных и монетных прессов, ткацких станков, бумажных и пороховых толчей, обычно с кулачковыми приводами, и т.п. В качестве энергетической системы применялись водяные колеса-приводы с использованием силы людей и животных, ветряные мельницы (при помоле муки). Такой была техника развивающихся мануфактур.

В период ХVI-XVII вв. появляется целый ряд сочинений инженеров, в частности, Агостино Рамелли (1530-1590) – рис.5.11, Генриха Цейзинга (ок. 1560-1613) – рис.5.12, Соломона де Ко (1576-1630) – рис.5.13, Каспара Шотта (1591-1670) и др. Теоретическое сочинение по механике «Теория равновесия простых машин» написал около 1577 г. Гвидо Убальдо дель Монтес (1545-1667) – рис.5.14, тосканский военный инженер.



Рисунок 5.11. Агостино Рамелли



Рисунок 5.12. Генрих Цейзинг



Рисунок 5.13. Соломон де Ко



Рисунок 5.14. Гвидо Убальдо дель Монтес

Через 20 лет, в 1597 г., Буонай Уто Лорини, военный инженер, служивший у Козимо Медичи, выпустил трактат «Об укреплениях», в котором свой практический опыт подтверждает теоретическими изысканиями. Он обращает внимание, в частности, на тот факт, что при расчете равновесия рычага нельзя исходить лишь из веса нагрузок и их расстояния от точки подвеса, но следует учитывать и собственный вес рычага.

Расширяются познания и в строительной механике. Итальянский математик Б.Бенедетти уже знает основы теории статических моментов; предполагает, что тела падают с одинаковой скоростью вне зависимости от их веса. Голландский инженер Симон Стевин (1568-1620) разработал теорию наклонной плоскости и установил, что если три силы находятся в равновесии, то их значения относятся как стороны треугольника, параллельные этим силам.

Появляется много машин, оснащенных новыми механизмами. А. Рамелли в сочинении «Разнообразные и искусные машины» (1588 г.) привел изображения передаточных механизмов – зубчатых, винтовых, цепных - и дал описание различных, конструкций насосов. Профессор математики Вюрцбургского университета Шотт описал сложные установки, например, систему механизмов пивоваренного завода.

Развитие инженерной деятельности, вызванное с усложнением машин, заставило обратиться к вопросам прав собственности по отношению к профессиональным секретам. Отдельные патенты выдавались и в середине века. К концу ХV в. Венеция имела уже достаточно развитую патентную систему. В ХVІ в. патенты и привилегии широко выдаются во Франции, Нидерландах, в империи Габсбургов.

В конце ХVІ и на протяжении ХVII в. в теоретическом естествознании, математике и механике происходит длинная цепь открытий и разработка теорий. Результатом интенсивной деятельности ученых оказалась новая система миропознания. Этот период вошел в историю под названием научная революция: разрушались устоявшиеся представления о мире, природе, материи и движении, происходила крутая ломка уже сложившихся объяснений явлений природы, их использования, формировался новый метод мышления. Революция в науке началась с открытий Н. Коперника. Затем И. Кеплер (1571-1630), рис.5.15, «упорядочил» Солнечную систему.



Рисунок 5.15. Иоганн Кеплер

Для механики наибольшее значение имели открытые И. Кеплером три закона движения планет вокруг Солнца, которые гласили:

I. Планеты движутся по эллипсам, в одном из фокусов которых находится Солнце;

II. Площади, описываемые радиусом – вектором планеты, в равные времена, равны между собой;

III. Квадраты времен обращения планет относятся как кубы их средних расстояний от Солнца.

Первые два закона Кеплер опубликовал в сочинении «Новая астрономия» в 1609 г., третий – в 1619 г. в трактате «Гармония мира». В динамике он высказал ряд мыслей об инерции и о притяжении тел как о всеобщем законе.

Зачинателем и теоретиком экспериментального метода в естественных науках считается английский философ и государственный деятель Френсис Бэкон (1561-1626) – рис.5.16.



Рисунок 5.16. Английский философ и государственный деятель Френсис Бэкон

Нельзя сказать, что его личный вклад в естествознание был значительным. Вместе с тем Бэкон обосновал экспериментальный метод исследования, объявил физику «матерью всех наук» и отделил науку от теологии. Для этого надо было иметь немалое мужество и смелость. Начиная с ХVII в. экспериментальный метод становится господствующим, а главные интересы ученых сводятся к задачам механики. Даже революция в математике была обусловлена развитием науки о движении и о силах, его производящих.

Этот период характеризуется широкой постановкой и решением задач механики. Ученые систематизировали познания по статике, а полученные законы применяли для решения проблем прочности материалов и гидравлики. На основе динамических идей схоластов разрабатывается динамика, которая сразу, же распространяется на баллистику, решаются задачи геометрии движений, и, пожалуй, лишь учение о машинах остается на уровне чистого описания, так как рабочие скорости были ничтожны и для расчета действия машин достаточно было элементарных законов статики.

В 1586 г. в Лейдене был опубликован на фламандском языке трактат о статике, который написал Симон Стевин (рис.5.17). Автор стремится «очистить» статику от несвойственных ей учений, поэтому «отбрасывает» движение машин, сопротивления в машинах и те доказательства теорем статики, которые основаны на рассмотрении виртуальных скоростей. Интересно предложенное ним решение задачи о равновесии тела на наклонной плоскости. Он исходит из положения о невозможности вечного движения и в этом отношении является приемником Леонардо да Винчи и Кардано.



Рисунок 5.17. Симон Стевин

Симон Стевин внес также важный вклад в развитие гидростатики, предложив принцип отвердения. В соответствии с которым твердое тело плотности, равной плотности воды, будет находиться в воде в состоянии равновесия.

Значительна роль в становлении механики как науки выдающегося ученого Галилео Галилея (1564-1642) рис.5.18. Он изучал медицину, а затем математику, к которой тогда относилась механика, оптика, гидравлика, астрономия и часть технических знаний. Физикой же тогда назывались и элементы знаний из биологии, физиологии, геологии и т.п., т.е. то, что можно было бы назвать естественной историей. Занимаясь традиционной механикой схоластов, он все же приоритет отдавал практической механике.



Рисунок 5.18. Галилео Галилей

В 1594 г. Галилей прочел в Падуанском университете курс лекций по механике, который был опубликован в Париже лишь в 1634 г. Содержание этих лекций относится, собственно, к статике машин. Следуя учению Аристотеля, Галилей оценивает действие машины с помощью «момента» - произведения величины груза на скорость. Он указывает, что при рассмотрении машины нужно знать следующие составляющие: переносимый груз, перемещающую его силу, расстояние переноса и время, которое следует на это затратить. Большое внимание Галилей уделяет изучению движения тел по наклонной плоскости и приходит к формулировке закона падения тел, который стал основополагающим положением новой динамики. Ему принадлежат и другие важные положения, в частности, закон независимого действия сил и закон инерции, который Ньютон назвал «галилеевым законом инерции». Галилей активно поддерживал учение Коперника, невзирая на непринятие и осуждение последнего церковью. В 1632 г. он опубликовал «Диалог о двух главнейших системах мира – птолемеевой и коперниковой». «Диалог…» был запрещен церковью, а сам автор привлечен к суду инквизиции и вынужден был отречься от отстаиваемой им теории.

В 1638 г. была издана еще одна книга Галилея - «Рассуждения и математические доказательства о двух Новых науках». С этой книги начинается история механики материалов и строительной механики. Здесь автор выясняет понятия растяжения и сжатия тел под действием нагрузки, исследует изгиб консольной балки и балки на двух опорах. Правда, не все его выводы оказались правильными. Например, он предположил, что напряжения распределяются равномерно по сечению и в случае растяжения, и в случае изгиба. Галилей выяснил также, что полые балки прочнее тех, которые имеют сплошные сечения. Именно такие балки находят разнообразные применения в технике, а еще чаще в природе (кости птиц, тростники и др.).

Продвижению механики вперед способствовали работы в области теории удара чешского ученого профессора Карлова университета в Праге Иоганна Маркуса Марци (1595-1667) – рис.5.19. Он рассматривает соударение сферических твердых тел, движущихся по прямой друг против друга, и формулирует четыре закона, очень важных для дальнейшего развития механики.



Рисунок 5.19. Чешский ученый Иоганна Маркуса Марци

Значительную работу в области механики проделал ученик Галилея Эванджелиста Торричелли (1608-1647) – рис.5.20. Продолжая исследования своего учителя, он обобщил знания о брошенном теле, рассмотрев случай, когда тело брошено под углом к горизонту. Успешно занимался он и механикой жидкости – изучал течения жидкостей через узкое отверстие, находящееся в нижней части сосуда.



Рисунок 5.20. Эванджелиста Торричелли

Необходимо отметить, что при решении различных вопросов механики ученые свои рассуждения подкрепляли примерами из животного мира. Это относится и к Галилею, и к Леонардо да Винчи и др. С другой стороны, успехи механики побудили ученых-медиков искать применение ее законов к решению задач физиологии. Так, выдающийся физиолог и врач Уильям Гарвей (1578-1657) - рис.5.21, открывший кровообращение в теле, в 1628 г. пробовал количественно оценить объем крови в нем. Это учение, объясняющее физиологические процессы с точки зрения механики, получило название ятромеханики. Виднейшим представителем его был соученик Торричелли, медик и математик Джованни Альфонсо Борелли (1608-1679) рис.5.22, профессор Мессинского университета, член Академии дель Чименто.



Рисунок 5.21. Физиолог и врач Уильям Гарвей (1578-1657)



Рисунок 5.22. Медик и математик Джованни Альфонсо Борелли (1608-1679)

Последователи ятромеханики, возникшей на стыке физиологии и механики и признающей возможность объяснения физиологических явлений с помощью механических аналогий, в дальнейшем смогла разработать и реализовать рабочие механизмы, которые заменили в производстве функции руки человека, а также создать роботы и манипуляторы.

В ХVI-XVII вв., когда набирала силу научная революция, в некоторых странах делались попытки объединить усилия ученых, обменяться определенной информацией. Так, важнейшую роль в объединении ученых сыграл Марен Марсенн (1588–1648) – рис.5.23, школьный товарищ Декарта, крупный математик, естествоиспытатель и философ. Он был знаком едва ли не со всеми выдающимися учеными того времени - Декартом, Кавальери, Ферма, Паскалем, Робервалем, Торричелли.



Рисунок 5.23. Математик, естествоиспытатель и философ Марен Марсенн (1588–1648)

Именно благодаря Марсенн в 1634 г. на французском языке была издана «Механика» Галилея. Сам Марсенн много занимался этой наукой: исследовал колебания, ставил опыты по гидравлике и гидродинамике, писал о судах, плавающих под водой и многое другое. Владея ценнейшей информацией того времени, Марсенн оказался в центре обмена научными новостями и создал кружок ученых, который уже после его смерти получил правительственный статут (1666 г.) и был преобразован в Парижскую академию наук.

Почти одновременно с Мароном Марсенн в 1645 г. епископ Честерский Джон Уилкинс объединил вокруг себя группу ученых в Лондоне. В 1660 г. этот кружок получил наименование королевского общества и таким образом фактически стал высшим научным учреждением Англии (Оксфорд), в Уставе которого подчеркивалось, что занятия богословием, метафизикой, этикой, политикой, грамматикой, риторикой и логикой для общества нежелательны. Насколько серьезны были задачи этого общества в области естественных наук, создания машин, развития мануфактур!

Эпоха научной революции богата на имена мыслителей, философов, ученых чей вклад в механику не только значителен, но и поучителен. Одним из самых крупных в этой плеяде был Рене Декарт (1596-1650) – философ, физик, математик, физиолог, создатель учения «О картезианстве», которое в значительной степени определило дальнейшее развитие естественных наук. Декарт сделал вклад в рассмотрение понятия силы, дал оценку движения, изучил качение маятника и теорию удара.

Нельзя не назвать и великого ученого из Голландии Християна Гюйгенса (1629-1695), прозванного «гениальным часовщиком всех времен». Особое значение для развития механики имел его трактат «Колебания в часах, или Геометрическое доказательство движения маятников в их применении к часам», опубликованный в Париже в 1673 г. Трактат имел пять частей. В первой части приведено описание новой конструкции маятниковых часов, в которой центр тяжести маятника движется по циклоиде. Вторая посвящена падению тяжелых тел и их движению по циклоиде. В третьей изложена математическая теория эволют и эвольвент, которая, имела не только практическое значение для часового дела, но и фундаментальное для математики и механики: вместе с работами Марсенна и Паскаля по теории рулетты теория Гюйгенса была положена в основу кинематической и дифференциальной геометрии. Четвертая содержит учение о центре качания. Пятая посвящена теории центробежной силы. Гюйгенсу принадлежат многие практические изобретения и глубокие теоретические исследования. Много внимания он уделял проблеме создания универсального двигателя. Вместе с Дени Папеном (1647-1712) работал над сооружением пневматических и гидравлических машин, устройством фонтанов, насосов и многого другого.

К кружку Марсенна принадлежали два французских ученых, очень различных по характеру и складу ума, способствовавших развитию механики. Это были Паскаль и Роберваль. Блез Паскаль (1623-1662) создал счетную машину. Считается, что это была вторая попытка в истории мировой науки. Проект первой счетной машины был разработан в 1624 г. профессором Тюбингенского университета Вильгельмом Шиккардом (1592-1635), но он не был реализован. Паскаль сконструировал и построил свыше 50 моделей, пока не добился положительного результата. Машина была суммирующей и состояла из системы зубчатых колес. Существенным вкладом Паскаля в развитие механики стали его работы в области гидростатики. Он также проводил экспериментальные исследования веса и давления воздуха, разработал теорию кривых.

Изучением кривых, в частности, циклоиды, занимался и профессор математики Роберваль (1602-1675). Одновременно с Торричелли ему удалось сформулировать кинематический метод проведения касательной к кривой. С помощью этого метода он построил касательные к большому числу кривых. Одновременно с итальянским математиком Бонавентурой Кавальери (1598-1647) Роберваль разработал так называемый метод неделимых, развитие которого привело к созданию анализа бесконечно малых. Следует сказать, что именно ему принадлежит едва ли не первое в истории механики определение силы. По его словам, сила «есть качество, посредством которого тело стремится перемещаться в другое место, будет ли это место внизу, сбоку или сверху и независимо от того, присуще ли это качество самому телу или сообщено ему извне».1 Роберваль изобрел несколько приборов, в частности, ареометр и «весы Роберваля», проводил он и исследованиями маятниковых часов.

В кружке Мерсенна принимал участие физик Эдм Мариотт (1620-1684), который стал затем одним из первых членов Парижской академии. Это был механик очень широкого диапазона: изучал механику твердого тела, механику жидкостей и газов, построил теорию удара, много экспериментировал. Результатом его опытов с газом (воздухом) стал известный закон Бойля – Мариотта. Изобрел Мариотт и баллистический маятник. В ходе проектирования водопровода для дворца в Версале Мариотту пришлось заняться теорией изгиба балок. Он убедился при этом, что теория Галилея неверна, поскольку напряжения при изгибе распределяются по сечению неравномерно: верхние волокна балок растягиваются, а нижние – сжимаются. Он установил также, что балка с заделанными концами выдерживает вдвое большую нагрузку, чем свободно лежащая на опорах. Исследовал он и прочность труб на разрыв под действием внутреннего давления.

Значительный вклад в становление механики как науки – основы инженерной деятельности внес один из основателей Королевского общества Роберт Бойль (1627-1691), который был физиком, механиком и химиком. Независимо от Мариотта он открыл закон изменения объема газа в зависимости от изменения давления. Все явления, включая и химические, Бойль объяснял с точки зрения механики.

Нельзя не упомянуть и о Роберте Гуке (1635-1703) – рис.5.24 – крупнейшем английском ученом конца ХVII в. С ним тесно сотрудничал Р. Бойль (усовершенствование воздушного насоса). Гук занимался физикой, механикой, биологией, геологией, физиологией, астрономией, был практикующим врачом и профессором геометрии. Среди его многочисленных изобретений немало относятся к механике: анкерный ход часов, пружина баланса, насосы, приборы для испытания материалов, часовой привод телескопа, «Шарнир Гука». Важнейшим его теоретическим достижением считается разработка доктрины всемирного тяготения. Впервые он высказал соображения относительно гравитации в очень коротком сообщении, прочитанном в королевском обществе весной 1666 г. Гук объяснил движение планет совместным действием гравитации и силы инерции, поставил проблему происхождения гравитации и предложил ее колебательный характер. К 1670 г. Гук установил универсальный характер тяготения. За исключением, быть может, Ньютона, он был единственным мыслителем, который ясно и отчетливо сформулировал эту доктрину. Очевидно, между 1675 и 1679 г. Гук разрабатывал и ее математическую часть. Другим его открытием, также своевременно не оцененным, было объяснение света как «весьма коротких колебательных движений, совершающихся в поперечных направлениях к линии распространения света». Гук установил и закон пропорциональности между значением сил и размером производимых ими деформаций, носящий его имя.



Рисунок 5.24. Роберт Гук

Бессомненно велик и неизмерим вклад в развитие механики английского ученого Исаака Ньютона (1642-1727), члена Королевского общества (с 1672 г.), долголетнего президента этого общества (с 1703 г.). Его труд «Математические основания натуральной философии» (1687 г.) стал основой для создания не только ньютоновской механики, но и нового миропонимания. Его работа как бы завершила научную революцию. Вплоть до разработки теории относительности А. Эйнштейном ньютоновская механика была единственной теорией всех земных и небесных движений; ее значение для техники остается непоколебимым. Ньютон сформулировал закон всемирного тяготения, по-видимому, независимо от Гука и в значительно более общей форме. Им были установлены три знаменитых «аксиомы, или закона движения».

Знаменитый труд Ньютона «Математические основания» состоят из трех книг. Первая книга посвящена теории всемирного тяготения, вторая – учению о сопротивлении среды, третья – небесной механике. Работы Ньютона касались многих вопросов физики и механики. Он занимался теорией кривых, теорией перспективы. Ему принадлежит заслуга в изложении принципов метода флюкций, а также теоремы этого метода. Правда, следует заметить, что метод флюкций – ньютоновский вариант анализа бесконечно-малых – стал объектом спора о приоритете, возникшего между Ньютоном и Лейбницем в 1699 г.

Историки проанализировали научное наследие Ньютона и оказалось, что доля механики и физики в его исследованиях составляет ≈40%, остальные 60% трудов посвящены астрологии магии.

Готфрид Вильгельм Лейбниц (1646-1716), рис.5.25, был ученым-универсалом - математик, механик, физик, философ, занимался логикой, юриспруденцией, историей и богословием, а также психологией, геологией и языкознанием. Он изобрел счетную машину, причем такую, от которой ведут свой род прочие аналогичные изобретения ХVIII-XIX вв., Лейбниц изучал химию, медицину и горное дело, был дипломатом и принимал активное участие в организации Берлинской академии наук.



Рисунок 5.25. Готфрид Вильгельм Лейбниц

В 1700 г. академия была открыта и Лейбниц стал ее первым президентом. В 1673 г. он избран членом Лондонского королевского общества, в 1700 г. - иностранным членом Парижской академии наук. В 1711, 1712 и 1716 гг. Лейбниц встречался с российским царем Петром І и давал ему советы относительно организации Академии наук в России. Широко занимался методом дифференциального исчисления, создал теорию цепной линии. Разработал основы символического исчисления по геометрии, ему принадлежит первый опыт алгебраизации анализа.

Человек с таким кругозором, как Лейбниц не мог не оставить глубокого следа в науке, в том числе и механике. Он вводит в механику понятие живой силы, кинематической энергии как меры движения, подходит к формулировке закона сохранения энергии при взаимодействии тел.

Несмотря на революционные преобразования науки ХVII века, в технике не происходило коренных изменений, и она продолжает развиваться очень медленно. Впрочем, каких-то радикальных изменений (особенно в области энергетики) и не требовалось, поскольку машины оставались такими же, как и в прошлом веке. Практическая же механика не стояла на месте. Большие изменения наблюдались в строительстве, возник архитектурный стиль барокко, который получил широкое распространение в Европе и который требовал новых инженерных решений, создания механики материалов. Практика и ее запросы явились, несомненно, одной из побудительных причин для теоретических и экспериментальных выводов. Факты свидетельствуют, что в эпоху научной революции были заложены основы различных направлений прикладной механики, но уровня науки она достигала лишь более чем через столетие.

Важным в формировании механики как науки оказался ХVIII век - век, когда происходили значительные перемены в производительных силах – техническая революция, а вслед за ней и промышленный переворот. Сущностью этих революционных перемен стало изобретение машин, позволивших заменить человека в прядении и ткачестве, появление силового универсального парового двигателя, создание суппорта токарного станка (т.е. машины, заменившей руку человека).

Техническая революция дала толчок развитию различных отраслей техники, следовательно, и отраслей промышленности. В связи с этим возникла потребность в инженерах, которых ранее готовили путем индивидуального ученичества. Поэтому в ХVІІІ в. повсеместно организуются технические школы. Однако механиков и технологов на протяжении всего ХVIII в. никто не готовил. Мельницы, машины и различные технологические установки строили механики-практики, профессия которых зачастую была наследственной. Такой механик, отмечают историки техники, был иногда единственным представителем механических искусств и наивысшим авторитетом во всем, что касалось применения воды и ветра в качестве источников энергии для мануфактур. В своей округе он был механиком-универсалом и к тому же умел работать на токарном станке, знал слесарное, кузнечное и столярное дело. Он ремонтировал и исправлял установки, сооружал новые и запускал их, обслуживал все близлежащие населенные пункты и производственные предприятия, ибо как же говорилось нередко был единственным механиком в округе.

Таким образом, механик ХVIII в. был чем-то вроде бродячего инженера и ремонтера в одном лице. Он хорошо знал арифметику, кое-что из геометрии, иногда имел достаточно глубокие познания в практической математике, умел измерять, работал с уровнем, мог рассчитать скорость, определить мощность и нагрузку машины, составить чертеж, построить здание, колесо и плотину, соорудить мост. Все это умел делать английский «millwriqkt» и западноевропейский практик-механик; на Руси такой мастер на все руки назывался розмыслом.

Небольшие познания в математике имели и архитектор-практик, и военный инженер, и горный мастер начала ХVIII в. С развитием производительных сил инженеров требовалось все больше, и в разных странах Европы стали возникать технические школы. Сперва военно-инженерные, артиллерийские, морские и горные, затем – путейские. Кстати, Россия одной из первых пришла к необходимости создания технических школ – Петр I заставлял изучать инженерное дело не только в Навигацкой и Инженерной школах и Морской академии, но и в духовных училищах.

Следует заметить, что преподавание механики в университетах и в технических школах было принципиально различным. Так, в университетах читался курс «прикладной», или «смешанной», математики, в программу которого, наряду с элементами статики, входили также некоторые сведения из оптики, геометрии, космографии, фортификации, архитектуры, артиллерии и еще десятка наук. Для специальных школ это не годилось, поэтому начиная с 60-х годов ХVIII в. стали появляться учебники, в которых, помимо статики, в большем объеме излагались элементы динамики. Так, в 1764 г. в Петербурге вышел из печати учебник механики Л. П. Козельского. Подобные книги появлялись и в других странах. Во Франции учебник механики издал в 1764 г. известный астроном Н.Л.Лакайль, а 1774 г. вышел «Трактат по механике» Ж.Ф. Мари. Эти учебники содержали сведения не только по статике, но и по динамике.

Развитие механики в ХVIII в. в значительной степени находилось под влиянием школы Бернулли. Братья Бернулли - Якоб (1654-1705) и Иоганн (1667–1748) стали родоначальниками целой династии математиков и механиков. В области точного естествознания в ХVIII в. работали: племянник Якоба и Иоганн Бернулли – Николай I (1687-1759), сыновья Иоганна - Николай II (1695-1726), Даниил (1700-1782) и Иоганн II (1710-1790), сыновья Иоганна II – Иоганн III (1744-1807) и Якоб II (1759-1799). К школе Бернулли принадлежали также ученики Иоганна I – Г. Ф. Лопиталь (1661-1704) и Леонард Эйлер (1707–1783), слушавший его лекции в Базельском университете.

После Ньютона и Лейбница братья Бернулли и Лопиталь были первыми математиками, обладавшими техникой дифференциального и интегрального исчисления, с их помощью которого они решили несколько важных задач механики (изохронной кривой и др.). Иоганн Бернулли в 1696 г. трудился над задачей о брахистроне – кривой, по которой тяжелое тело покрывает расстояние между двумя точками в кратчайшее время.

В 1688 г. математик Пьер Вариньон (1654-1722) представил Парижской академии наук доклад о проекте новой механики.

Первым трактатом, в котором была построена система механики, была «Механика, или Наука о движении» Леонарда Эйлера, где материал был изложен аналитически (1736). В своем трактате Эйлер развивает динамику как рациональную науку, в частности исследует динамику точки, вводит понятие мощности или силы.

Следующий шаг в этом направлении сделал Д’Аламбер. Его научный труд по динамике был опубликован в 1743 г. Жан Лерон Д’Аламбер (1717-1783), рис.5.26, - один из самых блестящих ученых ХVІІІ века. Он утверждал, что механика строится на основе трех принципов: инерции, сложного движения и равновесия. Считал, что необходимо учитывать лишь две причины изменения состояния тела: удар и силу притяжения. Первая часть работы Д’Аламбера посвящена статике, вторая – динамике системы со связями. Трактат Д’Аламбера отличается весьма сложными рассуждениями и не менее сложной терминологией. Практически он не повлиял на развитие методов механики. В качестве активного автора энциклопедии (начала выходить в 1751 г., к 1780 г. все издание составило 35 томов) Д'Аламбер написал статьи, касающиеся математики, механики и других отделов точного естествознания, а также введение, в котором изложил свой проект систематизации наук.



Рисунок 5.26. Жан Лерон Д’Аламбер

Наряду со становлением механики, как основы инженерной деятельности, ХVIII в. характеризуется интенсивной изобретательской деятельностью, которая дала практической механике развиться в различных ее ответвлениях. Появляются новые станки и технологические машины в Англии, Франции и России. Ведется активная работа по созданию универсального парового силового двигателя. В 1712 г. атмосферную машину для откачки воды из шахт сконструировал английский кузнец Томас Ньюкомен (1663-1729), решив таким образом задачу преобразования энергии пара в механическую. В 1722 г. машины Ньюкомена были установлены в Кесселе, Вене и Хемнитце. Первая машина Ньюкомена попала в Россию в конце ХVІІІ века. Ее приобрели для Кронштадтского порта, хотя в самой России в то время пошла на слом значительно лучшая машина – паровая машина Ползунова И.М.

Продолжаются интенсивные поиски вечного двигателя. Появляется целый ряд заявок, хотя невозможность его построения доказал еще Леонардо да Винчи. Эти поиски стимулировали изобретательскую работу над автоматами. Сначала это были лишь механические игрушки, но идеи, заложенные в них, к концу ХVIII в. приводили к важным результатам. Так, замечательный французский механик Ж. Вокансон (1709–1782) изобрел несколько остроумных автоматов, имитировавших движения человека и животных. Он же в 1745 г. создал механический ткацкий станок.

С развитием торговли и расширением городов непрерывно возросла роль дорог и водных путей сообщения. Их строительство ставило перед механикой много вопросов. В частности, в середине ХVIII в. в Испании велись работы по сооружению Кастильского канала. Тогда же в Англии был прорыт первый судоходный канал. В России строительство каналов было начато при Петре I. Для снабжения Петербурга были прорыты два канала: Ладожский (длиной 104 версты), соединявший Волхов и Неву, и Вышневолонский, соединявший реки Тверцу и Мсту. Впоследствии было создано две системы: Тихвинская (связала реки Самину и Тихвинку), и Мариинская (соединила Ковжу и Вытегру). Так появилась возможность попасть водным путем из Каспийского в Балтийское море, а из столицы – непосредственно в центральные губернии России. Наиболее важная часть всей системы каналов – Вышневолоцкая – была существенно усовершенствована известным русским гидротехником М. И. Сердюковым (1677–1754). Он в течение 1720–1740 гг. построил целый комплекс гидротехнических сооружений и обеспечил бесперебойное движение судов.

Исследования в механике в рассматриваемый период захватывали все новые и новые области. Например, еще в 1662 г. П. Ферма (1601–1665) – рис.5.27 применил к решению одной из задач оптики принцип кратчайшего времени.



Рисунок 5.27 Пьер Ферма

В 1744 г. подобный принцип в механике был развит французским астрономом П. Мопертюи (1698–1759). В соответствии с этим принципом при всяком изменении в природе количество движения, которое потребно для такого изменения, является наименьшим возможным. В этом же году Л. Эйлер нашел для данного закона математическую формулировку, исследуя форму кривых, которые принимает гибкий стержень при различных условиях нагрузки. Эту задачу он решил с помощью разработанного вариационного исчисления. Рассматривал также задачи о поперечных колебаниях стержня. В 1757 г. Л. Эйлер опубликовал работу «О силе колонн», в которой изучил проблему продольного изгиба колонн и вывел формулу для определения критической нагрузки. В других работах он возвращается к понятиям покоя и движения. Следует заметить, что Эйлер написал более 800 работ, многие из которых представляли научную ценность.

Значительное место в ХVIII в. занимает изучение проблемы сопротивления среды движению. Одним из первых, кто обратил внимание на сопротивление воздуха, был Тарталья. Этой проблемой занимались и другие ученые. Так, Г. Амонтон (1663–1705) пришел к заключению, что трение между твердыми телами зависит лишь от относительного давления. В 1704 г. Паран (1666–1716) установил понятие угла трения, который он назвал углом равновесия, а тангенс этого угла – коэффициентом трения. Мусхенбрук (1692–1761) заметил, что на значения трения влияет и поверхность соприкосновения, а в 1722 г. М.Камю нашел, что трение движения меньше, чем трение покоя. Трение изучали Лейпольд, Белидор, Эйлер. Например, Эйлер установил, что коэффициент трения является числом близким к 1/3. Поиски значения силы сопротивления среды начались позже – с середины ХVIII в. Французский ученый Ж. Ш. Бордс (1733–1799) в 1762 и 1765 гг. вывел, что сопротивление жидкости движущимся в ней тел пропорционального квадрату скорости.

В последней четверти ХVIII в. изучением трения занялся Шарль Кулон (1736–1806) – рис.5.28. В 1781 г. он опубликовал «Теорию простых машин с точки зрения их частей…», в которой развил теорию трения и вывел законы, которые стали носить его имя. В это время делаются попытки создания теории машин.



Рисунок 5.28. Шарль Кулон

Большой вклад в механику внес Лазар Карно (1753-1823) – рис.5.29. В 1783 г. Карно опубликовал «Опыт о машинах вообще», а в 1803 г. книга была переиздана под названием «Основные принципы равновесия и движения». Кстати, Карно считал, что механика по своей сущности является наукой экспериментальной и этим подтверждал ее право на самостоятельное существование вне границ математики. Свою систему он строил на основании изучения движения, отрицая возможность построения ее из «метафизического и темного понятия силы». Фундаментальным законом механики Карно считал закон количества движения. Все законы и теоремы механики он рассматривал применительно к машинам. Книгу его уже можно отнести к прикладной механике.



Рисунок 5.29. Лазар Карно

Формирование механики и как науки в XVIII в. завершил Лангранж (рис.5.30). Его классическая работа «Аналитическая механика» вышла в Париже в 1788 году, в которой он обобщил и завершил труды своих предшественников. Динамика Лангранжа основана на законе, который носит название уравнения Д’Аламбера – Лангранжа. Из этого уравнения он выводит три закона: движения центра тяжести системы, моментов количества движения и живой силы. Лангранж также формирует принцип наименьшего действия и показывает, как из последнего можно было бы получить исходное уравнение. Далее он выводит уравнения, получившие название уравнений первого и второго рода. Однако следует признать, что Лангранж не завершил механику и не сделал ее полного свода. Еще при его жизни начали формироваться новые направления: теория упругости, механика материалов, механика машин.



Рисунок 5.30. Жозеф Луи Лагранж

Большой вклад в развитие механики сделал П. С. Лаплас (1749–1827), рис.5.31. Так 1799–1800 гг. он опубликовал два первых тома «Небесной механики». И, что самое существенное, в начале ХIХ в. начали весьма интенсивно развиваться именно те направления механики, которые основывались на экспериментальных законах и пользовались экспериментальными методами исследования.



Рисунок 5.31. Пьер-Симон Лаплас

Эксперимент еще в XVIII в. был характерен не только для науки, но и для техники, особенно для техники промышленного переворота. В принципе, все новые машины, заменившие руку человека, явились результатом глубокого и длительного экспериментирования. Так было и с паровой машиной Джеймса Уатта (рис.5.32), который добился успеха в результате большой серии экспериментов. Следует сказать, что машина Уатта до конца ХVIII в., была государственным секретом Англии, и вывоз таких машин из страны был запрещен.



Рисунок 5.32. Джеймс Уатт

Паровые машины собственными усилиями стали строить во Франции, России, Германии, США и в других странах. Так, в США Оливер Ивэнс (1756–1819) сконструировал паровую машину высокого давления (1ОАТ), построил первый в США локомобиль и изобрел прямило («прямило Ивэнса»). Это была первая попытка после Уатта найти механизм, преобразующий поступательное движение во вращательное. Можно сказать, что к началу ХIХ в. время практический механики проходит и наступает эра прикладной науки. Кстати, в Англии – стране самой передовой техники того времени – развитие механики отстает. Но промышленный переворот, поднявший Англию на более высокую ступень экономического развития, не мог не повлиять на английскую науку. Быстро развивающаяся машинная промышленность (производство машин) требовала ответа на возникающие вопросы, и она не могла долго ждать. Поэтому с начала ХIХ в. наука в Англии приобретает практический характер. Запросы промышленности стимулируют появление новых наук – «технических», основанных на наблюдении и опыте и уже во вторую очередь пользующихся расчетно-математическими методами. Что касается «старых» наук, то здесь в основном развиваются их прикладные направления. Очевидно, именно в связи с этим в Англии до середины ХІХ в. не открываются технические школы. Англичане пользуются старыми, традиционными методами ученичества, но знания в области механики продолжают накапливать и совершенствовать.

Существенный вклад в механику упругого тела сделал Томас Юнг (1775–1829). Он в 1807 г. опубликовал в Лондоне «Курс лекций по натурфилософии и по механическим искусствам», в котором изложил сведения из самых различных областей знания. Во втором томе этого энциклопедического курса содержится определение модуля, позже названного модулем Юнга, который стал важнейшим понятием новой отрасли механики – теории упругости. Юнг показал также, что срез является одной из упругих деформаций, сформулировал понятие нейтральной линии при изгибе. Развитие теории упругости продолжили ученые, среди которых выдающуюся роль сыграли французы Навье, Коши и Сен Венан.

Значительный вклад в развитие механики, особенно на рубеже ХVIIІ–XIX вв., внесли ученые Парижской политехнической школы. Так, один из ее организаторов Пьер-Симон Лаплас создал небесную механику как новое направление науки. Он завершил объяснение движения тел Солнечной системы на основе закона всемирного тяготения, в результате чего развил свою знаменитую космогоническую гипотезу. Лаплас сформулировал задачу о трех телах, изучил движения небесных тел, в частности Луны, и разработал теорию приливов и отливов, которая стала существенным вкладом в гидродинамику. В его «Небесной механике», состоящей из пяти томов, механика рассматривалась как физическая наука. Лаплас является одним из основоположников молекулярной механики – механики, основанной на молекулярной теории строения вещества (в первой половине ХІХ в. понятие молекулы и атома считались тождественными). Молекулярным притяжением тогда объясняли химическое сродство, явление упругости, капиллярность и иные физические явления, не поясняемые теорией всемирного тяготения.

Физическую сущность механики подчеркивали и другие французские ученые – Пуансо, Пуассон, Навье. Так, воспитанник Политехнической школы Луи Пуансо (1777–1859) ввел в механику понятие «пара сил» – двух равных сил противоположного направления, приложенных к разным точкам плоскости. Он показал, что значение пары сил равно произведению силы на кратчайшее расстояние между направлениями сил. Вообще, понятие «пары сил» было важнейшим в статике. Пуансо, с его помощью вывел теорему о том, что любое число сил, действующее на твердое тело, можно привести к силе и к паре сил. Пуансо разработал теорию вращения тел, установил один из случаев вращения гироскопа, сформулировал понятие эллипсоида инерции. Механика Пуансо была физической в еще большей степени, чем механика Лапласа, и в значительной мере стала основой для разработки прикладной механики.

Существенный вклад в развитие механики внес Симеон Дени Пуассон (1781-1840). Будучи учеником Лапласа, он являлся одним из самых ярких теоретиков молекулярной механики, занимался небесной механикой. Успешно решал задачи полета снаряда и отдачи орудия, издал «Учебник механики» (1811 г.), где изложил основы механики как физической науки и применил ее к различным задачам физики, астрономии и артиллерии.

Среди выпускников Политехнической школы выделяется также Луи Мари Анри Навье (1785–1836). Работая одно время инженером, он исследовал ряд вопросов практической механики, активно участвовал в создании теории упругости и сопротивления материалов. Навье развил теорию изгиба балки, предложил общий метод решения статически неопределимых задач, получил дифференциальные уравнения равновесия упругого изотропного тела. Используя метод Д'Аламбера он вывел общие уравнения движения упругого тела. Его работы легли в основу строительной механики.

Появление локомотива, изобретение американским инженером Робертом Фультоном (1765–1815) парохода, способствовали развитию речного и морского механического транспорта, а это, в свою очередь, привлекло внимание ученых к вопросам динамики машин.

В последнем направлении успешно работали почти одновременно Жан Виктор Понселе (1788–1867) и Гюстав Гаспар Кариолис (1792–1843) – рис.5.33. Так, в 1829 году Кариолис опубликовал работу «Вычисление действия машин», в которой поставил вопросы динамики машин. Ему принадлежит известная теорема о трех слагающих полного ускорения: относительной, переносной и добавочной. Понселе создал стройную систему динамики машин, основанную на глубоком изучении паровой машины. Одновременно с Кориолисом он работал над уточнением понятия механической работы, применил это понятие к вычислению действия машин.



Рисунок 5.33. Гюстав Гаспар Кариолис

Следует заметить, что английское машиностроение в первой половине ХIХ в. стояло значительно выше машиностроения стран континентальной Европы.

В Англии зарождается и техническая пресса. В 1797 г. вышел первый номер «Журнала Никольсона», посвященного практическим вопросам технических знаний; в 1798 г. – «Философский журнал», также посвященный техническим наукам. В 1841 г. в Англии были опубликованы две книги по вопросам прикладной механики: «Механика инженерного дела» Уэвелла (1794–1866) и «Принципы механизмов» Роберта Виллиса (1800–1875). Уэвелл систематизитровал практические задачи механики; Виллис занимался проблемами практической кинематики, в частности, ввел понятие механизма как элементарной составляющей машины. Он внес также большой вклад в создание теории зубчатых зацеплений.

В те же годы профессор математики Кембриджского университета Ч. Беббидж (1792–1871) трудился над созданием вычислительной машины. Однако задача, которую он поставил, не могла быть решена в то время. Еще не было создано соответствующих технических условий. Машина Беббиджа предполагала программное обеспечение. Кстати, первым программистом стала женщина-математик, дочь Байрона Ада Ловлейс (1815–1852).

В первой половине ХIХ в. работал замечательный английский механик Уильям Гамильтон (1805–1865). Он проводил исследования в области оптической механики, в частности, создал оптику по образцу механики Лагранжа, сформулировал закон наименьшего действия. Дальнейшая разработка этого закона привела к созданию метода интегрирования задач динамики Гамильтона – Якоби – Остроградского.

В 1851 г. в Лондоне открылась первая Всемирная выставка, на которой были показаны машины, построенные в различных странах мира. Выставка продемонстрировала значительный прогресс в области мирового машиностроения, который в том числе отражал и достижения теоретических наук, в частности механики. Поскольку теория не могла еще ответить на многие вопросы практики, вслед за прикладными возникают технические науки, основанием для которых служат наблюдения и опыт. Их научная база была неглубока: из разных соображений, иногда несовместимых между собой, строились формулы со многими эмпирическими коэффициентами. Следует заметить, что число этих наук непрерывно росло. В частности, появление железных дорог дало толчок для создания строительной механики и теории сооружений.

В строительной механике средины ХIХ в. возникает проблема расчета свода как упругого тела, которая вначале пытался решить ученик Клапейрона – Шарль Бресс (1822–1883). Затем его работу самостоятельно повторил немецкий ученый Отто Мор (1835–1918). Вскоре появилась новая задача – теория ферм. Быстрое развитие железных дорог выдвинуло на первый план необходимость расчета и строительства мостов. С середины ХIХ в. теория ферм становится одной из важнейших задач теории сооружений.

К середине ХIХ в. начались поиски графических методов решения задач механики. Векторное исчисление находилось в процессе становления, но уже давно умели воспроизводить параметры статики графическими методами. В 1687 г. Ньютон и Вариньон установили закон параллелограммы сил, ставший основанием для создания графических методов. Позже Вариньон разработал метод веревочного многоугольника. Ряд графических построений предложили Клапейрон и Ламе. Дельнейшее развитие графическая статика получила в трудах профессора Римского политехникума Луиджи Кремона (1830–1903). Метод графического расчета ферм, созданный им на основе идей Максвелла, носит название диаграммы Кремона – Максвелла. Так в механику проникли графические методы расчета. Начиная с 70-х годов ХІХ в. эти методы применяются и в учении о машинах, где создаются важные разделы графической динамики и графической кинематики. Такой обмен методами и идеями, несомненно, был прогрессивным и способствовал развитию и возникновению новых направлений науки.

К концу ХIХ в. развитие механической техники еще более ускорилось. Были созданы новые машины – гидравлические и паровые турбины, электродвигатели, двигатели внутреннего сгорания. С появлением последних облегчилась работа над созданием самодвижущихся экипажей – автомобилей – и аппаратов тяжелее воздуха для воздушного пространства – самолетов. Таким образом, парк энергетических машин расширился, хотя и в не такой степени, как парк машин технологических, который увеличивался чрезвычайно быстро. Сам этот факт весьма интересен. Совершенствование старых и создание новых рабочих машин отвечало потребностям капиталистического производства, поскольку машины для осуществления технологических процессов гарантировали увеличение прибылей. Разработке энергетических машин отводилась второстепенная роль, так как к паровым за 100 лет привыкли, а к новой энергетике относились без особого доверия. С этим обстоятельством связан и другой факт из истории науки о машинах. Паровая машина в начале ХIХ в. была достаточно хорошо изучена, и ее теория составила основное содержание важнейшей отрасли механики – динамики машин; теорию же «новых» машин создать в ХIХ в. еще не удалось, да в этом и не было необходимости, поскольку разнообразные типы машин возникали как экспериментальные модели и их рабочие и технологические возможности оценивались практикой и временем.

Большое значение для изучения динамики кривошипно-ползунного механизма паровой машины имела монография австрийского инженера Иоганна Радингера (1842–1901) «О паровых машинах с высокой скоростью поршня», в которой был приведен графический расчет действия сил в этом механизме. Интересны и работы Эрнеста Отто Шлика (1840–1913) – немецкого корабельного инженера, опубликовавшего исследование об уравновешивании поступательно движущихся масс.

60-е гг. ХIХ в. характеризуются активизацией интереса к теоретической кинематике. Среди работ на эту тему необходимо отметить «Трактат чистой кинематики» (1862 г.) профессора Политехнической школы Анри Резаля (1828–1896). Важнейший вклад в развитие данного направления внесли русский ученый П. Л. Чебышев, который ввел в теорию механизмов математические методы; англичанин Джеймс Джозеф Сильвестр и другие ученые, которые работали над воспроизведением математических зависимостей при помощи механических средств.

Значительных результатов в области прикладной кинематике удалось достичь выдающемуся немецкому машиностроителю Францу Рело (1829–1905). Он сформулировал задачи кинематики и указал на важнейшую структурную особенность механизмов – существование кинематических пар, т.е. сочетаний звеньев и кинематических цепей, соединений звеньев с помощью кинематических пар.

П. Л. Чебышев «разрабатывал» аналитическое направление в решении задач теории механизмов, Франц Рело рассмотрел эти задачи как машиновед, а затем геометры Амедье Маннгейм (1831–1905), Зигфрид Аронгольд (1819–1884) и Людвиг Бурместер (1840–1927) создали новое направление – кинематическую геометрию, на базе которой Бурместер сформулировал геометрический метод синтеза механизмов. Почти одновременно тремя учеными: Отто Мором в 1879–1887 гг., Робертом Смитом в 1885 г. и Бурместером – был создан учебник кинематики, опубликованный в 1888 г. Главным в этих работах было решение задач кинематики методом планов скоростей и ускорений.

Развитие машиностроения, строительство зданий и путей сообщения способствовало в конце ХIХ в. появлению интереса к задачам механики сложной среды: на основе применения математических методов были поставлены и решены новые задачи теории упругости, сопротивления материалов, гидродинамики; начиналась интенсивная исследовательская работа в области теории колебаний, теории устойчивости, аэродинамики.

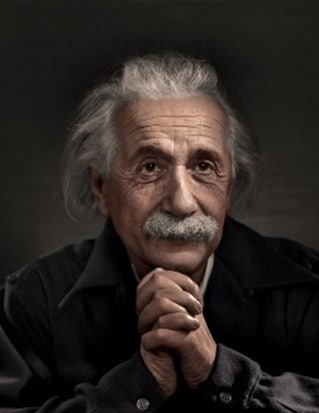
Среди представителей научной мысли конца ХIХ в. следует назвать ученика Сен-Венана – Буссинеска, который изучал деформацию тел. Его работы охватывали большой диапазон проблем механики сплошной среды. Он занимался, в частности, теорией колебаний стержней, теорией удара, теорией пластинок. Буссинеск является одним из основоположников механики сыпучих тел. Ему также удалось решить ряд задач по расчету подпорных стенок.

Значителен вклад в механику Джона Уильяма Стретта, лорда Рэлея (1842–1919), который еще в 1877 году опубликовал монографию в двух томах «Теория звука». Первый том посвящен колебаниям струн, стержней, мембран, пластинок и оболочек. Рэлей в своем исследовании пользовался методом обобщенных сил и обобщенных координат, в частности, он показал, что экспериментальным путем можно получить решения для статических и статически неопределенных систем. Метод Рэлея заключался в сведении задачи о колебании сложной системы к исследованию колебаний с одной степенью свободы. Естественно, что решение получилось приближенным. Немецкий физик Вальтер Ритц (1878–1909) усовершенствовал метод Рэлея, предложив определять частоты колебаний непосредственно из энергетического условия, без решения дифференциальных уравнений. Метод Рэлея – Ритца широко применяется для решения задач теории колебаний, теории упругости, теории сооружений и в других областях механики.











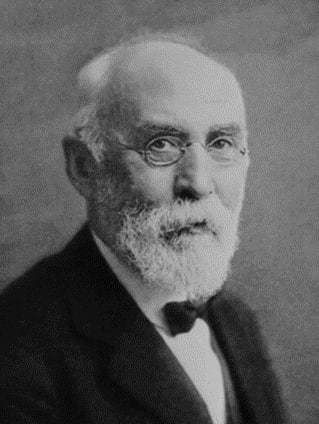


Рисунок 5.34. Ученые наших дней, занимавшиеся механикой и математикой

Труд Рэлея вместе с монографией Томсона и Тейта «Курс натуральной философии» (1867 г.) составили почти полную энциклопедию «прикладной механики» ХIХ в.

Факты вполне достоверно свидетельствуют, что на протяжении ХIХ в. как в теоретической, так и прикладной механике были достигнуты большие успехи. Математизация механики, которая началась в XVIII в. и оказалась чрезвычайно плодотворной и для развития самой математики, продолжается и в ХIХ в. Кстати, математизируются и многие направления физики. В течение ХІХ в. были созданы или заново прочитаны такие главы физики, как оптика, учения о теплоте, электричестве и магнетизме. Подобно механике, физика содействует развитию новых математических теорий и разработке нового математического аппарата.

В конце ХIХ и начале ХХ вв. в физике, механике, математике стали обнаруживаться факты, которые не укладывались в стройную систему классической науки. В первую очередь, это неевклидова геометрия Н. И. Лобачевского, которая была изложена в его труде «О началах геометрии» (1829 г.). Вначале она не была понята даже некоторыми учеными, в том числе и М. В. Остроградским. Общее признание геометрия Лобачевского получила лишь после его смерти, когда в 1868 г. итальянский геометр Эудженио Бельтрами (1835–1900) доказал ее непротиворечивость. Независимо от Лобачевского к его идеям пришел также венгерский геометр Янош Бояци (1802–1860). На рубеже ХIХ–ХХ вв. появляется новый подход к решению задач механики – с использующий аппарата теории вероятностей и математической статистики.

Это все повлекло за собой и некоторые философские выводы: если законы Ньютона допускают широкое толкование и к ним можно применять коррективы, то не значит ли это, что описание явления не отражает его действительной сущности, а есть лишь некоторой условностью, не имеющей отношения к реальности? Формализация вопроса об описании явления приводила в конце концов к отрицанию объективной реальности вообще: к такому выводу пришел, в частности профессор Пражского университета Эрнст Мах (1838–1916) – физик-экспериментатор, философ-идеалист.

Как ни парадоксально, к концу ХIХ в. интенсивная работа над решением вопросов теоретического естествознания привела к тому, что количество накопленных фактов увеличилось; они появлялись и в физике, и в механике, и в математике. Кроме того, оказалось, что аппарат, который математики предоставляли в распоряжение физиков и механиков, не всегда удовлетворял последних, и им приходилось разрабатывать свой собственный. Так, во второй половине ХIХ в. совместными усилиями физиков, механиков, математиков было создано векторное исчисление, а физиком и инженером Хевисайдом – операционное исчисление. Нужно сказать, что операционное исчисление стало одним из первых направлений прикладной математики конца ХIХ в. Если в XVIII в. под прикладной математикой понималась чуть ли не вся физика и механика с добавлением целого ряда технических направлений, а в ХIХ в. прикладной математикой обычно называли аналитическую механику, то в самом конце ХIХ в. так называют уже различные теории не всегда строго обоснованные, но всегда имевшие практическое применение и несколько позднее изменившие содержание прикладной математики.

Все эти поиски и открытия предопределили начало революции в естествознании, которая произошла на рубеже ХIХ–ХХ вв. В это время были обнаружены явления, объяснить которые тогдашняя наука не могла.

На 1895–1897 гг. пришлось крушение понятия об атоме как неизменной первичной и неделимой частице. Ряд открытий показал, что атом имеет сложное строение, а его структурным элементом является электрон, который был открыт в 1897 г. В 1895 г. Рентген выявил особого рода излучения, в 1896 г. Беккерель обнаружил явление радиоактивности урана. Попытки объяснить эти факты с помощью старых физических теорий не увенчались успехом. Вскоре ученые пришли к мысли: при объяснении новых явлений отказаться от общепринятых классических положений. Открытие радия, сделанное М. Склодовской и П. Кюри в 1898 г., не только констатировало научный факт, но и содержало в себе и частично его объясняло. В 1899 г. П. Н. Лебедев измерил давление света. В 1900 г. М. Планк (1879–1955) предложил квантовую теорию излучения. В 1909 г. Э.Резерфорд и Ф.Содди создали теорию радиоактивного распада – возникла новая идея о возможности превращения элементов. В 1905 г. А. Эйнштейн (1858–1947) выступил со специальной теорией относительности, а затем установил соотношение между массой и энергией, что было невозможно в системе «старой» классической механики Ньютона.

В результате открытий периода «новейшей революции» в физике проявляются определенные идеологические шатания, которые приводят к созданию новой картины мира в связи с появлением теории относительности.

Важную роль в становлении теории относительности сыграли работы профессора Лейденского университета Гендрика Антона Лоренца (1853–1928). Им было найдено преобразование (так называемое преобразование Лоренца), в котором время играет роль четвертой координаты. Это преобразование позволило объяснить некоторые результаты, полученные при наблюдении оптических и электродинамических явлений. Наряду с теоретическими исследованиями Лоренца, для развития новой физики немаловажное значение имели роль опыты Альберта Майкельсона (1852–1931). Они показали, что скорость света в вакууме является универсальной постоянной. Приблизительно к этому же времени (80-е гг. ХІХ в.) относится критика Эрнестом Махом Ньютоновых понятий абсолютного пространства и абсолютного времени. Все это в совокупности, как и работы французского математика и механика Анри Пуанкаре (1854–1912), объективно послужило основой для создания новой области физики – теории относительности.

В 1905 г. Альберт Эйнштейн публикует свой знаменитый труд «К электродинамике движущихся тел». Он порывает с ньютоновской концепцией абсолютного пространства и времени. В его формулировке принципы относительности и постоянства скорости света гласили:

1. Законы, по которым изменяются состояния физических систем, не зависят от того, к которой из двух координатных систем, движущихся равномерно и прямолинейно относительно друг друга, относятся эти изменения состояния.

2. Каждый луч света движется в покоящейся системе координат с определенной скоростью, независимо от того, испускается ли луч света покоящимся или движущимся телом.

В 1906 г. Макс Планк (1858–1947) применил принцип относительности к уравнениям динамики. Тогда же Эйнштейн опубликовал статью «Принцип сохранения движения центра тяжести и инерция энергии», в которой описал мысленный эксперимент, устанавливающий связь между энергией светового импульса и силой света. В 1908 г. Герман Минковский (1864–1909) предложил геометрическую инженерную теории относительности: мир есть многообразие всех мыслимых значений трех измерений пространства совместно с четвертым измерением – временем.

Следующим шагом в разработке теории относительности стала работа Эйнштейна «Основы общей теории относительности», в которой он сформулировал постулат относительности: законы физики должны быть составлены так, чтобы они были справедливы для произвольно движущейся системы. Общая теория относительности Эйнштейна была опубликована в 1916 г. Ее основные понятия были тесно связаны с проблемой гравитации. В сущности, Эйнштейн пришел к своей общей теории от изучения гравитации. И вот здесь оказалось, что геометрией этой теории является неевклидова геометрия, которую, как известно, первым начал разрабатывать Н. И. Лобачевский. В ее создании принимали участие не только Лобачевский, Бойяи, Бельтрами, но и другие ученые, в том числе Бернгард Риман, Уильям Клиффорд.

Следует заметить, что теория относительности не сразу получила признание. Уж слишком необычным было новое миропонимание: теория относительности заставила по-новому взглянуть на движение электронов, планет и галактик в космическом пространстве.

Начало ХХ в. характеризуется тем, что земная механика продолжает оставаться в рамках, предписанных ей Ньютоном. На протяжении всего 25-летия (1890–1915 гг.) в технике решается ряд очень сложных задач эпохального значения. Был создан двигатель Дизеля, разработана удобная в эксплуатации форма паровых турбин, сконструирован автомобиль и найден способ использования электроэнергии для нужд транспорта. Было изобретено радио, человек поднялся в воздух на аппарате тяжелее воздуха, и началось быстрое развитие авиации. Машиностроение поставляло на рынок все новые и новые модели, усовершенствовались и изобретались новые машины для обработки металлов. Все это определяло направления исследований в прикладной математике и прикладной механике.

В аэродинамике существенные результаты были получены Фредериком Ланчестером (1878–1946) и Вильгельмом Кутта (1867–1944), а также Людвигом Прандтлем (1875–1953). Именно последний развил учение о турбулентном течении и теорию пограничного слоя.

Основы динамики тела переменной массы заложил чешский ученый Георг фон Бюкуа еще в 1812–1814 гг. Однако в то время исследования его не получили дальнейшего развития. Позже некоторые задачи в этом направлении были решены английскими учеными Кэйли, Раусом и др.

Период, охватывающий начало ХХ в., оказался чрезвычайно плодотворным в истории теоретической и прикладной механики. Именно в эти годы были высказаны многие идеи, развитые впоследствии в целые научные направления. Некоторые из этих идей и открытий не укладывались в рамки классической науки и стали теми «катализаторами», с которых началась коренная перестройка в естествознании.

Для механики первых двух десятилетий ХХ в. характерен повышенный интерес к сравнительно небольшому числу проблем: аэродинамике, гидродинамике, теории рабочих машин, неголономной механике. Объясняется это тем, что было необходимо быстрое решение технических проблем, прикладная же наука требовала капиталовложений, которые были весьма ограничены, а вот теоретическая наука могла развиваться и при минимальных затратах. Между тем большинство направлений механики в первой половине ХХ в. уже достигло в своем развитии такого состояния, когда нужны были не только идеи, но и материальная база для их претворения. В частности, так обстояло дело с авиацией, на которую не жалели средств, ибо польза от такого капиталовложения была очевидной.

Исследованиями в области аэродинамики занимались многие ученые. Во Франции был организован институт механики, директор которого Анри Вилла, поставил и решил ряд задач современной аэродинамики. Работы французских ученых в этом направлении были подготовлены трудами Буссинеска, Пуанкаре, Адамара. Буссинеск изучал вопросы гидродинамики в самом широком диапазоне: течение жидкости в открытых и закрытых каналах, движение подземных вод, давление в жидкости и др. Жак Адамар (1865–1963) занимался проблемой распространения волн и развил ее математический аппарат – теорию уравнений в частных производных.

Возрождение интереса к механике машин приблизительно в эти же годы происходит в Германии. После выхода в свет монографии Виттенбауэра «Графическая динамика» (1923 г.) основным исследовательским направлением становится синтез механизмов по Бурместеру. На основе работ Бурместера, Грюбрела и Миллера профессор Дрезденской высшей технической школы Г. Альт развивает геометрический метод синтеза плоских механизмов. Синтез механизмов – способы создания новых механизмов для воспроизведения требуемых законов движения – становится одной из важнейших задач механики машин. Делается попытка разработать такой метод синтеза, который можно было бы выполнить путем ряда проб (эмпирический метод Рау, развитый немецкими учеными).

ВЫВОДЫ.

С развитием феодальных отношений ХIII–XIV вв., строительством городов, созданием защитных сооружений, появлением орудий разрушения различных конструкций ученые начинают интересоваться вопросами динамики (учение об импетусе), исследованием равномерного и неравномерного движения, приближаясь к пониманию механических явлений. В это же время возникает профессия инженера, который был специалистом довольно «широкого» профиля: строит мельницы, водяные колеса, выступает архитектором, механиком и т.д. Основой подготовки таких специалистов было ученичество.

Эпоха Ренессанса нуждалась в талантливых людях, многосторонних и образованных. Возрастает роль математики при расчетах зданий, что явилось одним из первых шагов перехода строительной механики от теоретической науки к прикладной, которой посвящается большое количество работ: создается наука о движении.

С конца XVI и на протяжении ХVII в. в теоретическом естествознании, математике и механике происходит длинная цепь открытий и разработка теорий. Результатом этой большой и интенсивной деятельности ученых оказалась новая система миропознания, поэтому этот период принято называть научной революцией (открытия Коперника, Кеплера, Т. Брагге). Постановка и решение задач механики ведутся очень активно. Бурно развивается практическая механика. Глубокие познания архитекторов в механике дали возможность возводить шедевры архитектуры в стиле барокко, а это потребовало разработки новых инженерных решений и создания механики материалов.

Промышленный переворот, начавшийся с ХVIII в., также дал толчок для развития механики. Потребовалось значительное количество инженеров, поэтому стали открываться технические школы. Механика «проникла» в число университетских дисциплин.

В ХІХ в. быстро развивается машинная промышленность, которая требует ответов на многие возникающие вопросы. Появляются исследования по теории упругости, теории сооружений, в значительной степени расширяются знания в области динамики машин, разрабатывается метод графического расчета ферм, в механику все больше и больше проникают графические методы расчета, начинается исследовательская работа в области теоретической математики, возникает интерес к задачам механики сплошной среды, сопротивления материалов, гидродинамики, теории колебаний, теории устойчивости, аэродинамики.

Начало ХХ в. и последующие десятилетия оказались достаточно плодотворными для становления теоретической и прикладной механики, высказываются многие идеи, развитые в научные направления. Идет интенсивная работа во многих направлениях механики, вызванная бурным развитием техники; начинаются разработки механики материалов и теории их прочности. Интересы ученых в значительной части обусловлены практическими задачами, обусловленными НТР, появлением электроники, исследованием космоса и многими другими проблемами.