



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«Харьковский политехнический институт»

А. А. Ларин

История науки и техники

Учебник для студентов машиностроительных
специальностей технических вузов,

Харьков 2019

УДК [50 (091)+62]: [008+37]
Л25

Печатается по решению ученого совета Национального технического университета «ХПИ», протокол № 7 от 25.09. 2018 г.

Рецензенты: *Д. В. Бреславский*, д-р техн. наук, проф. (Национальный технический университет «ХПИ»)
С. М. Куделко, канд. ист. наук, проф. (Харьковский государственный университет)
В. Н. Скляр, д-р ист. наук, проф. (Национальный технический университет «ХПИ»)

Учебник предназначен для студентов машиностроительных специальностей технических вузов, изучающих курс истории науки и техники. Но в то же время он может быть также полезен студентам других специальностей, научным сотрудникам, аспирантам, и всем тем, кто интересуется историей развития науки и техники.

Ларин А. А.

Л25 История науки и техники : учебник / А. А. Ларин ; НТУ «ХПИ», Харьков : ФЛП Панов А. Н., 2019. – 288 с.
ISBN 978-617-7771-01-1

Підручник призначений для студентів машинобудівних спеціальностей технічних вузів, які вивчають курс історії науки і техніки. Але в той же час він може бути також корисний студентам інших спеціальностей, науковим співробітникам, аспірантам, і всім тим, хто цікавиться історією розвитку науки і техніки.

УДК [50 (091)+62]: [008+37]

ISBN 978-617-7771-01-1

© А. А. Ларин, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	4
Глава 1. Введение в курс истории науки и техники	6
Глава 2. Развитие техники в первобытный период. Зарождение научных знаний	15
Глава 3. Античная наука и техника.....	32
Глава 4. Развитие науки и техники в Средние века.....	67
Глава 5. Наука и техника в эпоху Возрождения	83
Глава 6. Научная революция XVII века и эпоха просвещения...	107
Глава 7. XVIII век – аналитический период развития науки.....	123
Глава 8. Создание паровой машины и промышленная революция XVIII века	145
Глава 9. Развитие техники в XIX веке	170
Глава 10. Развитие науки в XIX веке	212
Глава 11. Наука и техника в первой половине XX века.....	234
Глава 12. Научно-техническая революция и ее последствия для человечества.....	257

Предисловие

Наука и техника являются основой существования людей в окружающем мире и важнейшей чертой современной культуры. Без науки и техники невозможно существования современного человека. Именно научно-технический прогресс формирует современное общество и определяет экономическое развитие государства в целом и любого отдельно взятого субъекта хозяйствования. Поэтому история науки и техники является важнейшей составляющей общей истории. Уровень развития техники и научных знаний дает представление о конкретном этапе развития человечества. Поэтому при изучении конкретного исторического этапа развития общества необходимо изучение науки и техники данного этапа.

Широкое распространение технических приспособлений в настоящее время опережает интеллектуальный уровень массового сознания, что приводит к неоднозначным и противоречивым последствиям. Небывалый рост роли науки и техники в современном обществе и проблема осмысления последствий этого роста для жизни человека приобретает особую значимость. Технологическое развитие порождает многочисленные экологические проблемы, требующие безотлагательного решения. Развитие компьютерных и

телекоммуникационных технологий не просто делают жизнь человека более комфортной, но и кардинально меняют все формы его деятельности и формируют новую сферу – виртуальную реальность. Нанотехнологии и геновая инженерия не просто дают человечеству большие возможности в преобразовании окружающего мира, но и могут вторгнуться в саму природу человека.

В связи с вышесказанным исследование новой научной проблемы или создание нового объекта техники требует знаний по истории науки и техники. Знания законов развития науки и техники в контексте общего развития человечества помогут в решении проблем, возникающих перед специалистами различных специальностей. Это особенно важно в современном мире, в котором решение глобальных проблем невозможно без широкого междисциплинарного подхода. Поэтому история науки и техники важна и для гуманитарного, и для естественнонаучного, и для технического образования.

Данный учебник предназначен для студентов высших технических учебных заведений. В нем обобщен опыт автора в чтении курса истории науки и техники в Национальном техническом университете «Харьковский политехнический институт» (НТУ «ХПИ»). Кроме общего курса истории науки и техники в нем излагается история развития таких наук как математика, механика, физика, химия, теплотехника, электротехника и др., а также тех отраслей машиностроения, для которых готовят специалистов в НТУ «ХПИ». Особо в учебнике отражены достижения Украины области науки и техники, в том числе харьковских ученых и инженеров.

ГЛАВА 1

Введение в курс истории науки и техники

1.1. Наука и техника в жизни человека

Цель курса истории науки и техники как междисциплинарной дисциплины заключается в том, чтобы осветить историю формирования, развития и трансформирования научного мировоззрения, движущие силы и механизмы коренных изменений в представлениях об окружающем мире.

История представляет собой комплекс общественных наук, изучающих прошлое человечества во всем его многообразии. При изучении истории науки и техники следует ориентироваться на общую историю человечества, поскольку развитие науки и техники происходит в конкретных исторических условиях. Эти условия в каждый определенный период определяются, прежде всего, производительными силами общества. История знает немало примеров того, когда низкий уровень развития общества и производительных сил препятствовал развитию науки и использованию ее достижений.

Дадим определение понятиям наука и техника.

Техникой называется совокупность средств человеческой деятельности, создаваемых для осуществления процессов производства и обслуживания непроеизводственных потребностей общества. В технике материализованы знания и опыт, накопленные в процессе развития общественного производства. Основное ее

предназначение заключается в облегчении жизни человека и повышении производительности его труда. К технике относятся не только сложные машины, но и самые простые приспособления. Поэтому можно считать, что техника зародилась на заре человечества и позволила человеку выделиться из животного мира. Естественно, что она появилась намного раньше науки.

Общественные потребности формируются и регулируются, прежде всего, экономическими отношениями и, в свою очередь, формируют конкретные условия для развития техники. Внутренняя логика развития техники обусловлена взаимодействием ее с человеком и природой. В результате применения техники происходит замена человеческой силы силами природы, трудовые усилия человека заменяются механическими. Это позволяет преодолеть противоречия между развитием техники и ограничением человеческих психофизических возможностей. История свидетельствует, что поступательное развитие общества всегда связано с развитием его производительных сил. Основная социальная функция техники заключается в том, что она является составным элементом материально-технической культуры людей. Техника расширяет масштабы трудовой деятельности и повышает ее эффективность. Она развивается, опираясь на законы природы и производственный опыт. Создание новой техники невозможно без определенного уровня знаний, отвечающих объективным законам природы и способных руководить практическими действиями человека.

Классификация техники, как правило, производится по ее назначению: транспортная, военная, бытовая и т.д. В свою очередь, эти обширные категории имеют свою квалификацию с высокой степенью разделения.

Другим критерием классификации является принцип действия техники: механическая, теплотехника, электрическая, электронная техника и т.д.

Наука – особая сфера человеческой деятельности, функцией которой является выработка, теоретическое обоснование и систематизация объективных знаний о действительности. Это одна из форм общественного сознания. Непосредственные цели науки – объяснение и предсказание явлений действительности, составляющих предмет ее изучения, осуществляемые на основании открываемых ею законов. Анри Пуанкаре сказал: «Наука строится из фактов, как

здание из кирпичей, нагромождение фактов не является наукой, также как куча кирпичей не является зданием».

Система наук делится на естественные, общественные и технические.

К **естественным** относятся науки, занимающиеся исследованием природы, т.е. науки о физических, химических, биологических и др. процессах и системах и соответствующих формах движения материи. Главные сферы естественных наук:

материя – физика, химия, физическая химия;

жизнь – биология, ботаника, зоология;

человек – анатомия, физиология, учение о происхождении и развитии, учение о наследственности;

Земля – геология, минералогия, палеонтология, метеорология, физическая география;

Вселенная – астрономия, астрофизика и астрохимия.

При этом естественные науки можно еще разделить на фундаментальные (ранее их обычно называли «чистыми»), которые ограничиваются научным исследованием и прикладные, которые используют знания для освоения и преобразования природы. К ним относятся, например, медицина, сельское и лесное хозяйство и т.д.

С развитием техники из естественных в отдельный класс выделились **технические (инженерные)** науки – науки в области естествознания, изучающие явления, важные для создания и развития техники. **Технические** науки изучают различные направления развития техники, например, теплотехника, электротехника, радиотехника, и основываются на естественных науках. Деятельность ученых в области технических наук носит прикладной характер.

Фундаментальные исследования являются теоретической основой для проведения прикладных исследований, а с другой стороны, результаты научно-технической деятельности представляют свидетельства, которые могут либо подтвердить, либо опровергнуть научные теории и гипотезы, сформулированные учеными-теоретиками.

Общественные (социальные) науки изучают общество. К ним относятся экономика, социология, политология, история, юриспруденция и т.п. Разновидностью общественных являются **гуманитарные** науки – науки о духовном мире человека, о его

отношении к окружающему миру, обществу, себе подобным (педагогика, психология, этика, эстетика и др.).

Особое место в системе наук занимают философия, **математика, кибернетика, информатика** и другие науки, которые в силу своего общего характера не могут быть отнесены к какой-либо одной группе, а применяются в любых исследованиях, а также формируют мышление и мировоззрение ученого.

В ходе развития общества наука из занятия одиночек постепенно превращается в особую форму общественного сознания и сферу человеческой деятельности. Она является результатом длительного развития человеческой культуры и цивилизации. Наука представляет особый общественный организм со своими типами общения, разделения и кооперирования отдельных видов научной деятельности.

1.2. Периодизация развития науки и техники

С зарождением техники связано формирование человека. Оно произошло примерно два с половиной миллиона лет назад, когда австралопитеки стали применять палки, обломки камней и костей животных и рыб в качестве орудий труда. Одним из наиболее древних изобретений является рычаг. Основными занятиями человека были охота и собирание плодов и корней, что и определило тип орудий – ножи, топоры, наконечники копий и стрел, скребки и др. Освоение и использование огня стало новым этапом в развитии человечества и расширило зону его расселения. Развитие охотничьей техники привело к истреблению многих видов животных, и человеку пришлось перейти к скотоводству и земледелию. Это означало аграрную (неолитическую) революцию, начавшуюся примерно 12 – 19 тысяч лет назад.

В VII тысячелетии до н. э. начинается формирование ремесленного производства, возникает металлургия. Затем происходит отделение скотоводства от земледелия. Развитие земледелия в долинах рек, строительство оросительных систем потребовало концентрации большого числа работников. В результате возникают первые государства. Отделение скотоводства от земледелия, выделение из сельского хозяйства ремесел, а также появление избыточного продукта приводит к возникновению торговли и денег.

Потребность общественной практики приводит к зарождению науки, хотя она превратилась в производительную силу общества значительно позднее. Наука зародилась только с появлением классового общества, и то не сразу. Современные исследователи считают, что она появилась в Древней Греции в VI веке до н. э.

Истоки науки восходят к древним цивилизациям Месопотамии (междуречья Тигра и Евфрата), Египта, Индии и Китая. Но первые научные и философские системы возникли в Древней Греции. Первыми науками были философия, математика и физика, а именно раздел механика. В философии сложились две основные концепции – материализм и идеализм. В математике получила развитие арифметика, геометрия, были заложены основы стереометрии, зародилась теория музыки. В трудах величайшего ученого античности – Архимеда были заложены основы дифференциального и интегрального исчисления. В астрономии была уже известна гелиоцентрическая система строения мира (Аристарх Самосский), хотя победила система геоцентрическая (система Птолемея). В механике неплохое развитие получили статика и кинематика. Динамика же основывалась на ошибочных представлениях Аристотеля, который, основываясь на бытовых повседневных наблюдениях, считал, что для поддержания равномерного прямолинейного движения тела к нему необходимо постоянно прикладывать силы. Его усилиями также утвердилась геоцентрическая система строения мира.

В античном мире сложилась не только система знаний, но и система образования. Наследниками греческой науки стала наука Древнего Рима. Однако статус ученого в Риме был непрестижным, и постепенно наука стала приходить в упадок. С падением Западной Римской империи центр науки переместился на Восток в Восточную Римскую империю. Однако там после прихода к власти императоров-христиан большой удар развитию науки был нанесен религией. Христианские фанатики закрывали «языческие» школы, уничтожали библиотеки. Ученые в большом количестве эмигрировали в Азию, в основном в Иран.

Что касается техники античности, то она находилась в достаточно примитивном состоянии. Это объясняется тем, что рабовладельческая система не способствовала развитию техники, поскольку в избытке была дешевая рабочая сила. Большее развитие, пожалуй, получила военная техника. Правда, военные

корабли были немореходными, так как предназначались для нападения вблизи берегов. Лучше были развиты торговые суда, хотя они и уступали военным в скорости.

В VI – VIII веках арабы под знаменем новой религии – ислама захватили огромные территории в Азии, Африке и Пиренейский полуостров. Только в 732 г. франки дали им отпор в битве при Пуатье. Арабские завоевания довершили разгром античной науки. Но, начиная с VIII века, в арабских эмиратах начинается ее возрождение. Именно арабским ученым мы обязаны не только сохранением, но и приумножением научных достижений античности. Кстати сказать, подавляющее количество сохранившихся сочинений античных ученых дошли до нас в арабских переводах. Именно арабам мы также обязаны распространением в Европе индийской десятичной системы счета и созданию алгебры.

Что касается Европы, то в Средние века, на протяжении 1000 лет там наблюдается упадок науки и культуры. Развитию науки также препятствовало то, что католическая церковь, первоначально враждебно настроенная к Аристотелю, с XIII века признала его величайшим авторитетом по всем вопросам, не касавшихся, правда, догматов религии. Таким образом, была узаконена и геоцентрическая система строения мира, и механика Аристотеля, основанная на неверных предпосылках. Хотя философы считают Аристотеля «основателем истинного естествознания», он отнюдь не считается таковым у физиков и механиков.

Возрождение (ренессанс) античного искусства, культуры и науки началось в Италии в XIV веке. Ренессанс отвечал потребностям зарождающегося класса буржуазии и способствовал разрушению феодальных отношений. В XVI столетии получает распространение гелиоцентрическая система строения мира Коперника. Происходит реформация церкви. Ответом на это становится инквизиция. По всей Европе пылают костры, на которых сжигают не только инакомыслящих, но порой и ни в чем не повинных людей.

На волне Ренессанса в конце XVI века зародилась истинно научная динамика. С ее появлением механика превратилась в науку о движении, в которой появились попытки объяснить все явления природы на основе развития логических принципов. Одним из первых, кто усомнился в правильности учения Аристотеля, был Джамбаттиста Бенедетти, который обратил внимание на то, что

действие сил выражается не в поддержании, а в изменении движения. Достоверность научных представлений в рамках механической картины мира тесно была связана с развитием экспериментальных методов исследования. Статика, в отличие от динамики, не подтверждалась в такой степени экспериментами. Динамика, отвечая на вопрос о переходе тела или механической системы из начального состояния к последующему под действием заданных сил, могла быть подтверждена соответствующим экспериментом. Это и придало механическому естествознанию ту необратимость развития и ту достоверность, которые отличают науку XVII века от научных представлений предыдущего периода.

Одними из первых экспериментальных исследований в механике были опыты Галилео Галилея, который открыл законы падения тяжелых тел, а также установил законы движения тел по наклонной плоскости. Он полностью доказал несостоятельность динамики Аристотеля и наметил путь к созданию новой динамики – ньютоновской. Таким образом, Галилей начал научную революцию, которую завершил Исаак Ньютон. В 1686 г. вышел в свет его замечательный труд «*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*» («Математические начала натуральной философии»). Ньютон первым из ученых высказал мысль о том, что движение космических и земных объектов происходит по одним и тем же законам. Величайший ученый заложил основы теоретической механики, применив ее к изучению движения небесных тел. В его работе проблемы динамики получили математическую разработку. Ньютон создал методологию точного естествознания и стал основателем всего современного естествознания.

С этого момента развитие науки приняло необратимый характер, количество научных знаний, как и количество ученых, стало удваиваться каждые 10–15 лет. Появилась классическая механика, высшая математика, новые разделы физики, химия, аналитическая механика, математическая физика и др. науки. Великая французская революция способствовала развитию науки и образования. Не случайно Французская научная школа стала в XIX веке самой передовой в мире.

Что касается развития техники, то оно происходило и в период Средневековья. К XVII веку возникло мануфактурное производство, основанное на применении энергии воды и ветра. Но дальнейшее развитие промышленности тормозилось отсутствием источ-

ников энергии. Человечество оказалось в энергетическом тупике. Выходом из него стало применение энергии пара. Первые паровые машины (правильнее их называть пароатмосферными) появились в конце XVII столетия. А по настоящему универсальный паровой двигатель был создан Дж. Уаттом в 1786 г. С внедрением паровых машин связана промышленная революция XVIII века – переход к индустриальному обществу, основанному на машинном производстве.

Роль науки в развитии техники не всегда была ведущей. Вплоть до конца XVIII века наука почти не влияла на производство и технику. Знания, которых требовало развитие техники, как правило, носили эмпирический характер. Это были знания о конкретных вещах, не противоречащие законам природы. Однако развивающееся машинное производство потребовало объединения в одном технологическом цикле различных механических и физико-химических процессов, использования новых материалов и видов энергии. Благодаря этому неизмеримо выросла роль науки в создании новой техники. В XIX веке прогресс техники диктуется уже не только потребностями человека, но и развитием мировой науки и практики. Сочетание науки и практики создала новую отрасль промышленности – электротехнику. Ее применение произвело революцию в промышленности, изменило бытовые условия жизни человека, произвело переворот в средствах связи и т.д. В конце XIX века появляются новые типы двигателей – ДВС и паровые турбины. Все вышесказанное позволило создать новые виды транспорта, судов, летающие аппараты тяжелее воздуха.

В конце XIX – начале XX столетий возник кризис в физике. В результате появилась теория относительности, атомная физика и квантовая механика.

В течение первой половины XX столетия человечество накопило больше знаний, чем за всю предыдущую историю своего существования. В развитии техники в XX веке произошел прорыв – за это время появилось 90% всех изобретений и открытий. Именно они и стали движущей силой научно-технической революции (НТР), которая началась в 1960-е гг. с появлением первых ЭВМ и промышленной робототехники.

Совершенствование ДВС и паровых турбин, автомобилей, самолетов и т.д. потребовало привлечения научных знаний. В 1940-е гг., в первую очередь для военных целей, появляются

совершенно новые отрасли промышленности: атомная, ракетостроение, реактивная авиация. Все это уже требует проведения качественно новых видов расчетов. Совершенствующиеся технологические процессы также уже не могут управляться человеком. Одним словом, человечество опять зашло в своем развитии в тупик – на этот раз информационный.

Выходом из этого тупика стало создание цифровых электронных вычислительных машин. Это достижение человечества невозможно переоценить. Оно не только вывело его из информационного тупика, но и перевернуло всю его жизнь. Именно создание компьютеров и развитие на этой основе науки и техники произвело **научно-техническую революцию**. Автоматизация производства на основе ЭВМ ведет к росту возможностей применения новых высокоэффективных технологических процессов. Развивается энергетика, производство синтетических материалов, создаются новые средства управления, связи и информации, начинается освоение космического пространства. Наука становится непосредственной производительной силой общества. В настоящее время создание новой техники невозможно без самых передовых достижений науки.

Таким образом, учитывая все вышесказанное и опираясь на периодизацию общей истории человечества, в развитии науки и техники можно выделить следующие периоды:

I. Первобытный – от зарождения человечества до возникновения первых цивилизаций;

II. Зарождение научных знаний в первых цивилизациях Древнего Востока (III – I тысячелетия до н. э.);

III. Античный – от зарождения науки до падения Западной Римской империи (VI век до н. э. – V век);

IV. Средневековый (V – XIV века);

V. Ренессанс и научная революция (XV – XVII века);

VI. Промышленная революция и аналитический период развития науки (XVIII век);

VII. Период сближения науки и промышленности (XIX век);

VIII. Физико-технический период (первая половина XX века);

IX. Научно-техническая революция (со второй половины XX века по настоящее время).

ГЛАВА 2

Развитие техники в первобытный период. Зарождение научных знаний

2.1. Появление техники в древности

В основе формирования человека лежит труд, а изготовление орудий труда выделяет его из животного мира и создает основные предпосылки для формирования человеческого процесса труда и развития техники. Как уже отмечалось, первые орудия труда стали применять австралопитеки примерно два с половиной миллиона лет назад. Это были палки, а также обломки камней и костей животных и рыб. Позднее они начали целенаправленно обрабатывать дерево. Использование палки в качестве рычага относится к наиболее давним изобретениям человека.

Затем начинается изготовление орудий из камня, которые прошли довольно длительную эволюцию. Тип орудий определили основные занятия человека – охота и собирание плодов и корней. Это были ножи, топоры, наконечники копий и стрел, скребки и др. Для их изготовления использовалась техника скола, которая состояла в том, что по обрабатываемому камню ударяли более крупным камнем. Получаемые при этом осколки, которые являются разновидностями клина с острыми краями, использовались в качестве орудий.

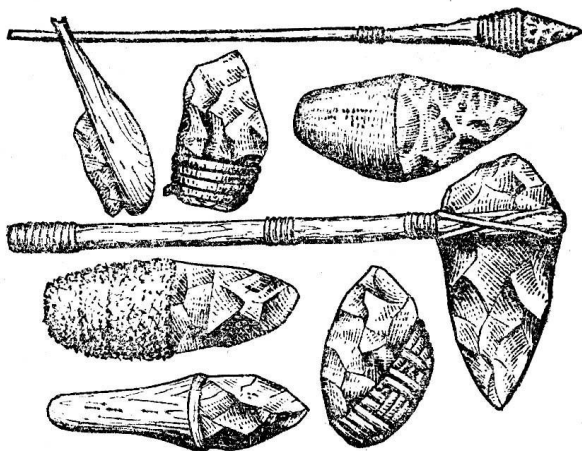


Рис. 2.1. Каменные орудия первобытного человека

Наряду с совершенствованием орудий и процесса труда возникает и развивается членораздельная речь. Речь способствует появлению коллективного труда, что делает возможной производственную деятельность. Все это оказывает огромное влияние на развитие мозга. Важнейшим достижением человека стало освоение и использование огня. Огонь открыл новый этап в развития человечества и позволил расширить зону расселения человека, эффективно бороться с хищниками и разнообразить питание. Поначалу первобытные люди научились только поддерживать огонь, а позднее и добывать его. Уже неандертальцы в период верхнего палеолита (древнекаменного века) овладели этим искусством.

В период нижнего палеолита (40 тыс. – 12 тыс. лет до н. э.) сформировался человек современного типа. Накопление опыта, совершенствование знаний, развитие техники позволило ему приспособиться к различным климатическим условиям. В результате поселения людей распространяются на большей территории земного шара. Человек освоил много новых пород камня, научился изготавливать свыше двадцати видов различных каменных орудий. В этот период появляются новые орудия – гарпун и копьеметалка, которые используются для охоты на рыбу и зверя и в целях самообороны. Копьеметалка является примером

использования рычага, с помощью которого увеличивается скорость и дистанция полета копья. Еще более совершенным оружием стал лук, который успешно применялся в течение многих тысячелетий, вплоть до XIX века. Применение лука сделало охоту на зверей настолько эффективной, что привело к полному уничтожению многих видов животных. В результате охотникам пришлось искать новые возможности для пропитания и перейти к скотоводству и земледелию.

К периоду нижнего палеолита относится и зарождение счета. Можно с уверенностью сказать, что первым вычислительным «устройством» были пальцы рук. Для того же, чтобы зафиксировать результаты вычислений использовались насечки на дереве или на кости. Об этом свидетельствуют и археологические раскопки. Самым древним из найденных таких инструментов считается «вестоничья кость», найденная в древнем поселении 30-го тысячелетия до н. э. Дольни Вестоницы на юго-востоке Чехии, в Моравии. Зарубки, нанесенные на кости, свидетельствуют о том, что уже тогда наши предки были знакомы с зачатками счета.

Широкомасштабное применение луков, шлифованных топоров, тесел, мотыг, долот и прочих технических достижений новокаменного века (неолита) подготовило производственную, так называемую неолитическую революцию. Ее сущность заключается в переходе от охоты к земледелию и скотоводству. Земледелие давало возможность создавать и хранить продолжительное время запасы зерна. Благодаря хозяйственной революции численность населения выросла в 20 раз по сравнению с численностью предков земледельцев — охотников и собирателей. Люди постепенно переходят к оседлому образу жизни, возводят постоянные жилища и общественные постройки. Одновременно с возникновением земледелия начинается одомашнивание диких животных — коз, овец, позже крупного рогатого скота, свиней и т.д. Скотоводство обеспечивает человека не только мясом и молоком, но и одеждой, и сырьем для изготовления орудий. Позже домашних животных стали использовать в качестве тягловой силы. Переход к ручному земледелию и животноводству, начавшийся примерно 12 — 19 тысяч лет назад часто называют аграрной революцией. В указанный период появляется одежда из шкур животных, для изготовления которой кожу обрабатывают и сшивают сухожилиями зверей или тонкими кожаными ремешками. Появляется

техника строительства жилищ – землянок и шалашей, основания которых углублялись в землю. Для транспортировки грузов изобретены сани. Для рыбной ловли изготавливают плоты и первые лодки, выдолбленные из целого куска дерева. Рыбу ловят удочками и гарпунами, появляются сети.

Переход к земледелию и скотоводству позволяет более эффективно организовывать ведение хозяйства и осуществить разделение труда. Появляется гончарное ремесло, которое сыграло очень важную роль в развитии техники, особенно в период зарождения металлургии. Возникает осветительная техника. От лучин и факелов переходят к примитивным масляным горелкам. Появляются первые предметы культа и украшения: бусы из кораллов и различных зубов, предметы, вырезанные из кости и рогов. При раскопках в пещерах найдены первые статуэтки людей и животных, обрядовые скульптуры, рисунки, зачастую прекрасно выполненные.

К концу периода нижнего палеолита начинается подземная добыча сырья, прежде всего кремня, сланца, позже известняка. На территории первоначальных поверхностных разработок углубляются ямы, роются шахты, от которых отводят штольни, сооружают лестницы. Так возникает новая отрасль производства – горное дело. В 10 – 8 тысячелетиях до н. э. появляются усовершенствованные орудия для уборки урожая и помола зерна: серпы, цепи, ступки. Сырье становится предметом торговли и перевозится на большие расстояния. Например, обсидиан (вулканическое стекло) из Анатолии (на территории Турции) переправляется в места, удаленные на расстояния свыше 1000 км.

В эпоху неолита появляются новые способы обработки каменных орудий путем шлифования, сверления и пиления. Это позволило достигать определенной формы и чистоты поверхности орудия. Новые приемы позволили перейти к обработке более твердых пород камня: базальта, нефрита, жадеита и др. Они стали основой для создания каменных топоров, мотыг, долот, кайл. Работа шлифованными орудиями привела к росту производительности труда. Шлифованными каменными топорами с высверленными отверстиями, в которые вставлялась деревянная рукоять стали рубить лес, выдалбливать лодки, строить жилища. Человек подметил, что деревянная рукоять сглаживает усилие удара и передает усилие на обрабатываемый предмет, а не на руки.

Это стало причиной многовекового использования деревянных рукоятей для инструмента.

В VIII – VII тысячелетиях до н. э. земледельцы стали применять предметы, сделанные из меди способом холодной обработки, такие как проколки, бусины, шильца. Однако этот способ изготовления орудий еще не может заменить традиционную технику изготовления орудий из камня. Окончательный переход от каменных орудий к металлическим происходит в период рабовладельческого строя.

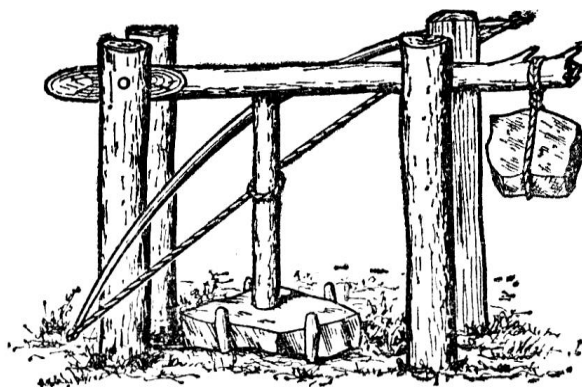


Рис. 2.2. Сверлильный станок эпохи неолита

В VII тысячелетии до н. э. начинается формирование ремесленного производства. В Анатолии впервые из руды выплавляются медь и олово. Процесс выплавки меди был обнаружен случайно, во время обжига в печах керамических изделий. Однако процесс получения меди был очень трудоемким и сложным и основным материалом для изготовления орудий оставался камень. Только спустя несколько тысячелетий применение железа произвело настоящий переворот в технике. В эпоху неолита и бронзового века уже используются простейшие механизмы, такие как рычаг, клин и наклонная плоскость. Одним из самых важных достижений человечества в этот период является освоение вращательного движения, аналогов которому в природе не существует. Это не только колесо, но и гончарный круг, и круговая ручная мельница. Все это появилось в Месопотамии в пятом тысячелетии до н. э.

2.2. Возникновение первых цивилизаций и развитие техники

Первоначально земледелие появилось на равнинах, а в VI – V тысячелетиях до н. э. оно начинает развиваться в долинах больших рек – Евфрата, Тигра, Нила, Инда и др. Использование естественного плодородия почвы, удобряемой речным илом во время разлива рек, позволяло получать огромные урожаи, но требовало проведения ирригационных работ для искусственного орошения полей. Для обработки земли, начинают использовать соху и примитивный плуг. В тот же период на Ближнем Востоке усовершенствуется обработка медных руд и возникает технология литья в формы. Это значительно сокращает процесс изготовления орудий труда и оружия. Наибольший стимул для своего развития в рабовладельческом обществе получили подъемно-транспортные машины. Строительство каналов, дорог, укреплений, дворцов, гробниц, храмов и общественных зданий, требовало доставки строительных материалов и подъема значительных тяжестей. Широкое применение получил рычаг.

Строительство оросительных систем требовало концентрации большого числа работников. Потребность в дополнительной рабочей силе и явилась предпосылкой для разделения труда. Пленных обращают в рабство, в результате чего возникает первое деление на классы – рабовладельцев и рабов. В этот период происходит отделение скотоводства от земледелия, выделение из сельского хозяйства ремесел, возникает металлургия. Рост производства дал избыточный продукт, ставший объектом обмена. Появилась торговля, а затем и деньги. Родовая община постепенно распадается. Войны и торговля увеличивают имущественное расслоение общества. Возникают первые государства, которые создаются не только для охраны имущества собственников и защиты их интересов, но и для обороны от внешних врагов, для организации общественных работ и для сбора налогов.

Первые цивилизации и рабовладельческие государства возникают именно в долинах рек, где развивается орошаемое

земледелие. В IV тыс. до н. э. возникли древние государства Месопотамии в междуречье Тигра и Евфрата на территории современного Ирака. Эти реки не только создали плодородную от речных наносов долину, но и служили хорошими транспортными магистралями, связывающими государства Месопотамии с их соседями на востоке.

Древесины в Месопотамии было мало, и основным конструкционным материалом стали камыш и тростник, которые росли в большом количестве. Эти растения использовались не только для изготовления плетеных изделий, но и в кораблестроении. Тростниковые корабли плавали по рекам и морям и даже выходили в океан. В изобилии в Месопотамии была также глина, здесь из нее впервые стали производиться кирпичи, ставшие основным строительным материалом. В первой половине V тыс. до н. э. здесь появился первый в мире гончарный круг. Глина стала и материалом для письма. Жители Месопотамии также дали миру первые соху и плуг, а также оросительную систему. В XX веке до н. э. там изобрели первое моющее и дезинфицирующее средство – мыло, которое варили из растительного масла и щелочи.

В VIII тыс. до н. э. на Ближнем Востоке появилась технология обработка меди, а в V – IV тыс. до н. э. производства бронзовых изделий и, наконец, во II тыс. до н. э. железных изделий, что способствовало быстрому развитию производительных сил в этом регионе. Из драгоценных металлов производились ювелирные изделия. Так на заре цивилизации был освоен полный металлургический цикл производства металлов, включающий добычу руды, выжиг древесного угля, подготовку материалов, выплавку и рафинирование чернового металла, литье, ковку, волочение проволоки, другие виды металлообработки и утилизацию металлолома. В этот период были освоены технологии выплавки и обработки меди, золота, свинца, серебра, железа, ртути и олова. Определяющую роль в техническом прогрессе в бронзовую эпоху сыграло появление литых топоров, мечей и мотыг – основных видов орудий труда и оружия. Металлургия меди и бронзы стала основой цивилизации.

Важнейшим политическим, экономическим и культурным центром Древнего мира был город Вавилон, располагавшийся в исторической области Аккад в Месопотамии. Это один из крупнейших городов в истории человечества и первый мегаполис. В II – I тыс. до н.э. он был столицей Вавилонского царства, одной из великих держав древности. В настоящее время многие постройки Вавилона неплохо сохранились и расположены в Ираке у окраины современного города Эль-Хилла в 90 километрах к югу от Багдада.



Рис. 2.3. Вавилон. Ворота Иштар, реконструированные в наши дни

В начале 3-го тысячелетия до н. э. в Вавилоне появился **абак** – древние счеты. Он представлял собой доску, разграфленную на полосы или со сделанными углублениями. Счетные марки (камешки, косточки) передвигались по линиям или углублениям. В V веке до н.э. в Египте вместо линий и углублений стали использовать палочки и проволоку с нанизанными камешками. Дальнейшим развитием абак стали русские счеты.



Рис. 2.4. Вавилон. Стены дворца Навуходоносора



Рис. 2.5. Абак римский



Рис. 2.6. Русские счеты

Другим древнейшим на планете государством, возникшим для ведения орошаемого земледелия, стал Египет. Его территорию составляла узкая полоса земли вдоль Нила, которая привлекала

земледельцев со времен древнекаменного периода. Ирригационная система Египта состояла из каналов, шлюзов, дамб, окружавших поля, и шадуфов – водоподъемных рычажных устройств, подобных колодезным «журавлям». Для создания ирригационных сооружений общины стали объединяться, к работам стали привлекать и захваченных в плен рабов. Орудия труда в сельском хозяйстве Египта долго оставались примитивными. В основном это были мотыга, плуг, серп с кремневыми резцами, замененный позднее на металлический.

В стране были огромные запасы различного камня. Из камня делали не только оружие и орудия труда, но он стал также и основным строительным материалом. Из тяжелых каменных блоков и плит, хорошо обработанных и подогнанных друг к другу, возводили огромные сооружения.

При возведении храмов, статуй и других сооружений использовались глыбы массой до сотен тонн. Для добывания этих глыб в каменоломнях использовали клин, а для транспортировки рычаг и наклонную плоскость. Уже за 3000 лет до нашей эры построены египетские пирамиды. Самая большая из них – пирамида Хеопса (Хуфу) содержит 23 300 000 каменных глыб, средняя масса которых составляет 2,5 т, а общая масса сооружения 6,25 млн тонн. Пирамида Хеопса была самым высоким сооружением, построенным человеком на протяжении пяти тысячелетий. Первоначально высота составляла 146,60 м, но после того, как с вершины ее свалился верхний блок массой 15 т, она стала ниже – 138,75 м. Только Эйфелева башня, построенная в 1889 г. в центре Парижа, превысила высоту пирамиды Хеопса, правда сразу в два раза (300 м).

В Египте рано стала развиваться металлургия, поначалу выплавлялись медь и свинец. На высоком уровне находилось ювелирное мастерство. Из других достижений можно отметить технологию изготовления папируса, который использовался для письма на Ближнем Востоке и в Европе тысячи лет, вплоть до изобретения бумаги. В Египте также впервые появились солнечные и водяные часы.

Еще одним источником цивилизации стал Древний Китай, который славился своими ремеслами. Китайцы первыми стали заниматься шелководством. Изобретение в Китае технологии получения шелковых нитей дало толчок к резкому повышению уровня ткачества. Китайские мастера изобрели ткацкий станок с приводом от водяного колеса.



Рис. 2.7. Пирамида Хеопса

Большое внимание уделялось в Китае агротехнике. Уже в за 1000 лет до н. э. там появилась система смены полей, при которой земельный участок делился на три части. Две части засеивались, а третья год отдыхала под паром. Китайцы первыми стали применять органические удобрения и вести борьбу с вредителями сельскохозяйственных растений. В I веке до н. э. в Китае стали выращивать чай, листья которого поначалу использовались как лекарство. А позднее он стал самым популярным напитком в мире.

Самым замечательным не только в Китае, но и во всем Древнем мире стало грандиозное оборонительное сооружение – Великая Китайская стена, строительство которой началось в III в. до н. э. с целью защиты северных границ страны от кочевников.

Среди древних государств особое место занимает индийская цивилизация, оказавшая огромное влияние на развитие экономики и культуры всей Юго-Восточной Азии. Здесь также государства возникали на основе объединения людей для проведения ирригационных работ. С древнейших времен (V тыс. до н. э.) в долинах рек Инда и Ганга и их притоков стали культивировать хлопок, а с IV тыс. до н. э. – сахарный тростник. В стране стал выращиваться рис, который в настоящее время является основной пищей для половины населения Земли. Появилось шелководство. Хлопок, и как сырье, и как готовые ткани, был предметом индийского экспорта в соседние страны.

Одной из самых развитых отраслей техники в древности было судостроение. Корабли той эпохи обязательно оснащались веслами, поскольку они несли только прямые паруса, которые позволяли идти лишь при попутном ветре. Гребцами служили, как правило, рабы. Уже в глубокой древности корабли стали делиться по назначению на боевые и коммерческие. Первые предназначались для нападения на торговые суда, защиты своих морских коммуникаций и для боя с флотом противника, а вторые для перевозки грузов.

Чтобы иметь большую скорость боевые корабли несли множество весел, расположенных в несколько рядов, а количество гребцов могло достигать несколько сотен. Правда, военные корабли были немореходными, так как предназначались для нападения вблизи берегов. Торговые суда были развиты лучше, хотя и уступали военным в скорости.

Лучшими мореходами и судостроителями древнего мира за 1500 – 1000 лет до н. э. были финикийцы, жившие на восточном побережье Средиземного моря. Они являются первыми торговыми мореплавателями. Финикийские корабли строились килевыми, а не плоскодонными, что увеличивало их скорость. Для строительства

финикийские корабли использовали ливанский кедр. Их торговые суда имели вместительный трюм, в который загружали амфоры или кожаные бурдюки с зерном, вином, маслом. Они не только плавали по всему Средиземному морю, но и выходили в Атлантический океан, достигая северных земель Европы и западных берегов Африки. Примерно в 600 г. до н. э. финикийские мореплаватели первыми в мире совершили морское путешествие вокруг всей Африки. Они внесли большой вклад в морскую науку, введя деление окружности горизонта на 360° , и нашли для моряков надежные небесные ориентиры.

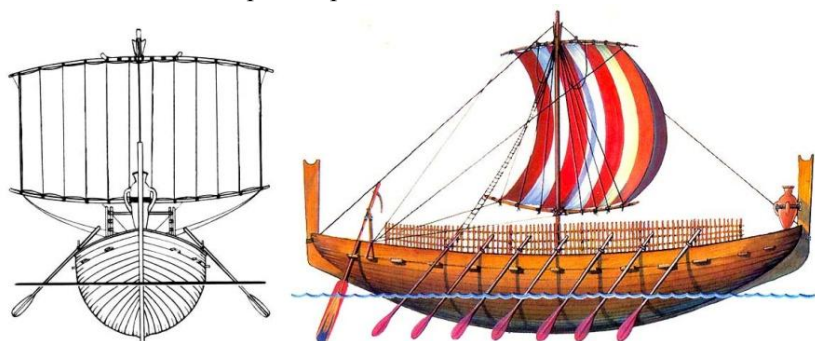


Рис. 2.8. Финикийский торговый корабль, 1500 г. до н. э. Вдоль бортов закреплены решетки из прутьев для ограждения палубного груза. Мачта несла прямой парус на двух изогнутых реях, по типу египетского. К носовому штевню крепилась большая амфора из обожженной глины для хранения питьевой воды.

В X веке до н. э. у финикийцев появились специальные боевые корабли, которые были уже, но легче, длиннее и выше торговых. Главным оружием корабля был обитый медью таран. Корма корабля была высоко поднята над водой и напоминала хвост скорпиона. Массивные кормовое и носовое рулевые весла увеличивали маневренность судна и позволяли кораблю менять курс на 180° не разворачиваясь. Длина такого судна достигала 30 метров, экипаж состоял из 20 – 30 человек. Именно из финикийских кораблей, лучших на Древнем Востоке, состояли флоты Ассирии, Вавилона и Персидской империи.

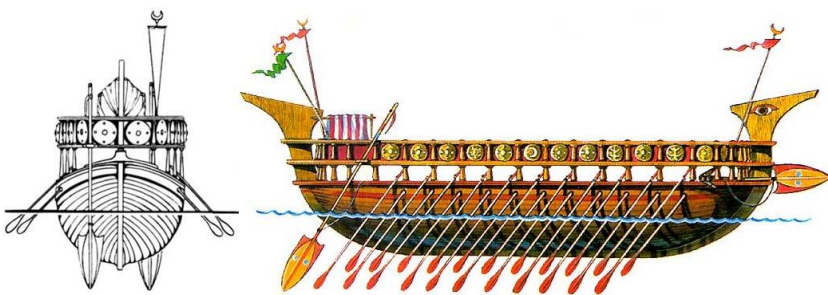


Рис. 2.9. Ассиро-финикийский боевой корабль, 1500 – 1000 г. до н. э. Палуба для воинов поднята на стойках в виде платформы и закрыта фальшбортом, на который навешивались щиты воинов.

2.3. Зарождение научных знаний на Древнем Востоке

Росту производительных сил первых цивилизаций Востока способствовали зарождение науки и образования. Еще во времена государств Шумера и Аккада около 3000 г. до н. э. в Месопотамии появилось клинописное письмо, представляющее собой комбинацию клинообразных черточек, выдавливаемых на табличках, сделанных из сырой глины. Письмо было клинописным именно потому, что на глиняных табличках знаки было удобнее выдавливать, а не чертить. Сначала знаки отображали конкретные предметы, понятия, затем звуковые комбинации, слоговые, фонетические значения. Эта система письма распространилась по всему Ближнему Востоку и стала основой разработки многих алфавитов, сохранившихся до нашего времени.

Письменность древнего Египта и Китая появляется в виде иероглифов – отдельные слова обозначаются рисунками. Затем иероглифы стали обозначать понятия. Самобытные системы, ставшие основой письменности в странах Юго-Восточной Азии, были созданы в Индии.

Создание письменности стало важнейшим шагом на пути развития человеческого общества. Умение фиксировать и передавать потомству информацию об опыте, накопленном в

разных сферах жизни, необычайно расширила материальные и интеллектуальные возможности цивилизации.

Зачатки науки появляются и в древнем Египте. Развитие экономики, нуждавшейся в подсчете количества продуктов, рабочей силы, участков земли стимулировали зарождение начал математики. В Египте математика была основана на десятичной *иероглифической* системе счисления, похожей на более позднюю римскую, основанную на тех же принципах. Египтянам были известны действия с дробями, они умели вычислять площади прямоугольника, треугольника, трапеции. Площадь круга вычислялась приблизительно, по формуле

$$S = \left(\frac{8}{9} d \right)^2. \quad (2.1)$$

Это означает, что число π принимается равным 3,1605.

Площадь произвольного четырехугольника со сторонами a , b , c и d вычислялась также по приближенной формуле как произведение полусумм пар противоположных сторон, т.е.

$$S = \frac{a+c}{2} \cdot \frac{b+d}{2}. \quad (2.2)$$

Данная формула имеет сколь угодно большую погрешность, в зависимости от вида четырехугольника. Однако если ее применять для определения площадей четырехугольников, близких к прямоугольнику, она дает вполне удовлетворительную точность.

Египетские математики умели вычислять объемы параллелепипеда, цилиндра и пирамиды, в том числе усеченной. Им также были известны арифметическая и геометрическая прогрессии.

Таким образом, в Египте за 20 веков до н. э. складываются отдельные элементы науки математики. При этом техника вычислений остается примитивной и отсутствуют единые методы решения задач.

Математика древнего Вавилона основывалась на позиционной, но 60-ричной системе исчисления, в которой к тому же отсутствовал символ для обозначения нуля, что создавало определенные неудобства. На основе этой системы были сформулированы единообразные правила арифметических

действий, как с целыми числами, так и с дробями. Для облегчения счета в Вавилоне существовали таблицы умножения от 1×1 до 60×60 , квадратов и кубов целых чисел, квадратных корней и др. Большой интерес представляет вавилонский метод вычисления квадратных корней. Это итерационный метод, в котором для определения квадратного корня из числа a выбирается начальное приближение x_0 , а каждое следующее приближение строится по формуле

$$x_{n+1} = \frac{1}{2} \left(x_n + \frac{a}{x_n} \right). \quad (2.3)$$

Метод обладает великолепной точностью. Например, если взять в качестве начального приближения при вычислении $\sqrt{2}$ само это число 2, то уже четвертая итерация даст значение, в котором первые 12 знаков будут точными – $\sqrt{2} = 1,4142135623746$. В настоящее время вавилонский метод вычисления квадратных корней широко используется в компьютерах и калькуляторах.

Вавилоняне умели решать линейные и квадратные уравнения. Их геометрические знания также превышают египетские. Однако в математике Месопотамии, как и в Египте, отсутствуют доказательства, критерием правильности решения считается практика. При этом точные и приближенные формулы не различались, если приближенное решение удовлетворяло практическим требованиям.

Математика древних государств на территории Индии и Китая имела сходные с египетской и вавилонской черты. Наряду с большим арсеналом практических знаний и умением производить громоздкие вычисления там также отсутствует система доказательств.

Необходимость ориентироваться на местности и установления счета времени способствовали рождению астрономии. Для земледелия и скотоводства нужно было знать времена года, когда наступают холода, сезон дождей или засуха. Жрецы стали вести наблюдения за звездами и светилами. Эти наблюдения веками накапливались и передавались устно из поколения в поколение, а после появления письменности стали записываться.

Установление периодичности астрономических явлений было одной из главных задач вавилонских астрономов. Для астрономи-

ческих наблюдений появились первые на Земле обсерватории. Были определены четыре стороны света, звезды распределены по созвездиям, выделены 12 зодиакальных созвездий. Жрецы знали пять планет и их орбиты. Древние астрономы могли предсказывать лунные затмения, рассчитав, что они наступают через 6585 дней. Благодаря знанию астрономии был создан календарь. Год насчитывал 365 дней и делился на 12 месяцев. Были также заложены основы астрологии, предсказывающей судьбы людей. В Месопотамии также зародилась география. В III тысячелетии до н. э. были созданы первые географические карты, выполненные на глиняных табличках.

В Египте также был создан календарь, насчитывающий 365 дней. Год в нем делился на три времени: «разлив», «зима» и «лето» – по 4 месяца в каждом. Началом года считался день 19 июля, когда на горизонте перед восходом Солнца впервые после примерно 70 суток невидимости появлялся Сириус. Этот календарь прослужил на протяжении многих веков до появления юлианского. Там зарождаются и основы медицины. Благодаря бальзамированию египтяне знали анатомию человека, делали попытки теоретического обобщения этих сведений в учении о кровообращении.

Значительны были успехи индийской медицины. Уже в середине II тыс. до н. э. индийские медики систематизировали знания в области анатомии человека и ввели анатомические термины. Они не только ставили диагнозы различных болезней, но и пытались их лечить. На основе изучения лечебных свойств растений составляются лекарства, появляется специализация врачей.

Возникновение первых цивилизаций в Месопотамии и Египте во второй половине IV тысячелетия до н. э. резко изменило жизнь человечества. В мире первобытных племен появились высоко-развитые центры. Развитие ремесленного производства послужило основой развития многочисленных городов, превратившихся в очаги культуры и зарождающейся науки. Экономика, наука и культура Древней Месопотамии и Египта стали основой развития Ближневосточной, Средиземноморской, а в дальнейшем и всей Европейской цивилизации.

ГЛАВА 3

Античная наука и техника

3.1. Возникновение античной науки и влияние на нее восточных учений. Общая характеристика развития науки в античном мире

Термин «античная цивилизация» означает развитие греко-римской цивилизации, которая стала удивительно яркой страницей в истории человечества. Классическая античная культура оказала влияние на все дальнейшее развитие духовной культуры. Она дала человечеству первые гражданские институты, выдающихся мыслителей, исследователей, удивительные произведения литературы, искусства, технические изобретения, привела к становлению науки как особой сферы деятельности. Именно Грецию называют колыбелью европейской цивилизации.

Несмотря на достаточно высокий уровень развития древних цивилизаций Востока, считается, что наука зародилась только в Древней Греции в VI веке до н. э. Тем не менее, и в математике, и в астрономии греки являются учениками Востока.

Хотя математики Востока добились определенных успехов, они не стремились к точному решению математических задач. Их устраивало любое приближенное решение, дававшее приемлемые для практики результаты. Греки, наоборот, подходили к математике чисто теоретически, для них имело значение, прежде всего, строгое решение, полученное путем логических рассуждений. Это привело к разработке математической дедукции, определившей характер всей последующей математики.

В Вавилоне неплохо была развита астрономия, однако она ставила перед собой чисто практические цели. Вавилонские астрономы не интересовались устройством Вселенной, истинным движением планет, причинами солнечных и лунных затмений и т.д. Поэтому, несмотря на наличие огромного количества наблюдений и на весьма сложные математические методы их обработки, вавилонскую астрономию нельзя считать наукой в полном смысле слова, ее следует отнести к разряду прикладных дисциплин.

Греческие ученые, хотя и отставали от вавилонян, с самого начала поставили вопрос об устройстве мира в целом. Этот вопрос интересовал греков не ради каких-либо практических целей, а сам по себе; его постановка определялась чистой любознательностью. Хотя первые модели Космоса были весьма фантастичны, они предвосхитили важнейший метод, используемый в естествознании – моделирование механизма природных явлений. При этом экспериментальная база наук в античном периоде практически отсутствует. Экспериментальный метод исследований античные ученые применяли крайне редко, они ограничивались простыми наблюдениями окружающей действительности.

Таким образом, отличительной особенностью греческой науки с момента ее зарождения было стремление к знаниям ради самих знаний, а не только ради их практических применений. На первых этапах существования науки ее теоретичность оказала большое воздействие на развитие научного мышления и сыграла прогрессивную роль.

Народы, создавшие великие цивилизации древнего Востока, широко использовали простейшие механизмы – рычаг, клин, наклонную плоскость. Однако применение этих механизмов было эмпирическим знанием, поскольку объяснений принципов их работы ни в Египте, ни в Вавилоне не сохранилось. В Древней Греции наряду со стихийным применением простых механизмов, появляются и механические теории. Это принципиально отличает античную механику от достижений древнего Востока.

В отличие от стран Востока в Древней Греции появляются научные школы: милетская, пифагорейский союз, Академия Платона, Ликей Аристотеля и др. Естественные науки (науки о природе) возникают в форме натурфилософии, которая играет роль «науки наук». Она концентрирует все человеческие знания об окружающем мире, а зарождающиеся естественные науки стано-

вятся только ее составными частями. При этом знания носят умозрительный и теоретический характер. Развитие науки в античном мире, как сферы человеческой деятельности связано с появлением людей, которые специализируются на получении новых знаний, т.е. ученых, благодаря этому знания становятся системными. Ученые античного мира были энциклопедистами, носителями как гуманитарных, так и естественнонаучных знаний. Античные научные воззрения имели существенную гуманитарную составляющую, как по форме, так и по содержанию. Научные труды облекались в форму литературных произведений. По этим причинам именно Грецию следует считать прародительницей науки.

Основными заказчиками научных исследований являются правители, а основной областью применения – военное дело. Для составления правил построения машин развивается механика. Изготовление инструментов и оружия потребовало промышленного производства металлов. На этой основе формируются первые знания в области химии. Как междисциплинарная наука формируется математика, используемая при решении как научных, так и прикладных задач. В методологии важнейшим достижением античности является создание дедуктивного метода исследований, изложенного в наиболее полном виде в «Логике» Аристотеля, и аксиоматического метода построения науки, использованного Евклидом при написании «Начал», где впервые геометрия строится на основе аксиоматики. Развивается география, сведения из которой обобщены к середине II века н. э. Птолемеем.

Огромное значение для развития науки имело возникновение письменности и применение более совершенного, нежели древневосточный папирус, писчий материала – пергамента. Возникают библиотеки, крупнейшей из которых была Александрийская. В повседневный быт и процесс обучения входит письменность.

Древнегреческие философы впервые в истории общественной науки дали определения государства и закона, классифицировали формы государственной власти. Как течения в науке и философии выделяются идеализм (линия Пифагора и Платона) и материализм (линия Демокрита и Эпикура). Наряду с религиозностью научных воззрений возникают и первые формы атеизма. В античном мире возникают идеи, получившие развитие в более позднее время. К ним, например, можно отнести идею о материи, о ее неуничтожности и движении, атомизм и гипотезу о гелиоцентрическом

устройстве мира. При этом победила Аристотелево – Птолемеяевская геоцентрическая система устройства мира, продержавшаяся практически неизменной до XVII века.

Античная натурфилософия прошла в своем развитии четыре этапа: ионийский, афинский, александрийский (эллинистический) и римский.

3.2. Ионийский этап развития античной науки

I этап развития античной науки – **Ионийский** охватывает VI век до н. э. К этому времени древнегреческая цивилизация занимала обширный район Средиземноморья, Малую Азию и черноморское побережье, сформировались города-государства (полисы). В VI веке до н. э. среди полисов выделялся Милет – главный город Ионийской колонии, расположенный на побережье Эгейского моря. Ионийский этап развития древнегреческой натурфилософии связан с именами Фалеса, Гераклита, Анаксимандра, Анаксимена, Пифагора, Эмпедокла.

Основателем **Милетской школы** и первым представителем греческой натурфилософии, был **Фалес** (625 – 547 гг. до н. э.). Занимаясь торговлей, Фалес много путешествовал. Познакомившись с достижениями Египетской и Вавилонской школ математики и астрономии, он, уже будучи зрелым человеком, оставил торговлю и посвятил себя наукам, прежде всего астрономии и математике. Сочинения Фалеса не сохранились, однако известны его философские воззрения и научные достижения.

Фалес Милетский первым из греческих геометров ввел в математику систему доказательств. Он доказал несколько теорем, среди которых следующие:

- диаметр делит круг пополам;
- углы при основании равнобедренных треугольников равны;
- вертикальные углы равны;
- если у двух треугольников сторона и два угла, прилежащих к ней равны, то равны и треугольники;
- теорема Фалеса о параллельных прямых.

Фалес предложил способ определения расстояния до корабля в море, основанный на подобии треугольников, а также аналогичный

способ определения высоты египетских пирамид. Он впервые определил, что янтарь, натертый материей, притягивает предметы, обнаружил притягивание железных опилок некоторыми рудами. Фалес сумел предсказать солнечное затмение в 585 г. до н. э. в Ионии, считал, что Луна светит не собственным, а отраженным светом. Он указал на Малую Медведицу и другие созвездия, важные для мореплавания. Ученый считал, что Земля это остров, плавающий в океане воды, и имеет форму цилиндра, вокруг которого вращаются три небесных сферы. Вода, по Фалесу, является началом всего сущего. Из воды образовывались земля, воздух и живые существа и все затем превращается в воду.

У Фалеса было много учеников. Один из них **Анаксимандр** (610 – 546 гг. до н. э.) – автор первого в Греции научного сочинения «О природе». В отличие от Фалеса он считал первоначалом не воду, а некоторую туманную массу – «апейрон», из которой все произошло. Анаксимандр впервые высказал идею о сохранении материи. Он считал развитие живого мира эволюционным процессом, в частности полагал, что человек в результате эволюции произошел от рыбы. Космологические идеи Анаксимандра близки к идеям Фалеса: Земля имеет форму плоского цилиндра, вокруг которого вращаются небесные кольца: солнечное, лунное и звездное. Важнейшим достижением Милетской школы является заключение Анаксимандра, согласно которому Земля ни на что не опирается в мировом пространстве. Кроме того ученый изобрел квадрант – инструмент, способствовавший развитию астрономии и методов навигации, создал первую географическую карту в виде медной доски с нанесенными на нее очертаниями материков, островов и рек, изготовил первые солнечные часы.

Учеником Анаксимандра был **Анаксимен** (585 – 524 гг. до н. э.). По его учению все сущее происходит из воздуха и обратно возвращается в воздух. Воздух бесконечен и вечен. Сгущаясь, он образует облака, воду и землю. Человеческая душа также состоит из воздуха. Разрежаясь, воздух превращается в огонь. В то время как Анаксимандр считал, что звезды расположены ближе планет, Анаксимен полагал, что звезды находятся дальше, состоят из огня, но мы не ощущаем его тепла из-за большого удаления от звезд.

Пифагор (ок. 580 – ок. 500 гг. до н. э.) родился на острове Самос у берегов Малой Азии. Имя Пифагора известно, прежде всего, в связи с теоремой, носящей его имя. Скорее всего, эта теорема ранее была известна в Китае и Вавилоне, но доказательство ее принадлежит Пифагору. Еще в юном возрасте он покинул родину и отправился путешествовать в Египет. Там он попал в плен к персам, и его увезли в Вавилон, поразивший Пифагора своим величием и красотой. В Вавилоне он учился у халдейских мудрецов, изучал математику, астрономию. Позже Пифагор создает в греческой колонии Кротон (Южная Италия) свою философскую школу, попасть в которую было очень сложно. Среди испытаний, которым подвергались кандидаты, обет пятилетнего молчания. Школа являлась, по сути дела, аристократическим союзом, имевшим целью нравственное преобразование жизни. Школа Пифагора положила начало идеалистическому направлению в античной науке. Оно было воспринято Парменидом, Зеноном и развито в наиболее логичной форме Платоном. Пифагорейцы считали мир состоящим из пяти элементов (стихий); земли, воздуха, огня, воды и эфира. Им принадлежит мнение о шарообразности Земли.

Пифагор отстаивал идею о переселении душ – «метемпсихоз». Он утверждал, что помнит три переселения своей души за период 206 лет, факты из предыдущих жизней. Пифагор считал, что человеческая душа, заключенная в темницу тела, путем аскетики и самоусовершенствования возвышается к Богу. Пифагору принадлежат заповеди: «Делай лишь то, что впоследствии не огорчит тебя и не принудит раскаиваться»; «Не закрывай глаза, когда хочется спать, не разобравши своих поступков в прошедший день»; «Приучайтесь жить просто, без роскоши». Пифагор считал, что нет большего преступления, чем анархия и хаос. Пифагореизм как течение в античной науке просуществовал в форме неопифагореизма до III века.

В школе Пифагора из арифметики была выделена теория чисел, найдено много математических закономерностей теории музыки. Особенностью пифагорейского союза являлось то, что числовым соотношениям приписывались таинственные магические свойства. Стройность их преставлений нарушила открытие пифагорейцем Гиппасом несоизмеримости диагонали квадрата и

его стороны. В результате появилось логически строгое доказательство иррациональности $\sqrt{2}$. Это послужило причиной введения понятия иррационального числа и расширения самого понятия «число».

Поскольку совокупность геометрических величин (длин отрезков) оказалась более полной, чем множество рациональных чисел, то возникло более полное исчисление в геометрической форме, известное как геометрическая алгебра. Первичными элементами в нем являются отрезки, их умножение дает прямоугольник, а произведение трех отрезков – прямоугольный параллелепипед. Произведение большего числа сомножителей рассматривать нельзя. Однако не только этим ограничивались возможности геометрической алгебры – при решении уравнений можно определять только положительные корни. Еще больше ее недостатки как общей математической теории подчеркиваются классом задач, решение которых в этом исчислении невозможно. Среди них задачи о квадратуре круга, трисекции угла и удвоении куба, неразрешимые с помощью циркуля и линейки.

Стремление к безукоризненной точности решения привело также к отказу от арифметических способов решения квадратных уравнений, поскольку часто корень не может быть ни четным, ни нечетным, т.е. являются иррациональными. Поэтому греки применяли для этих уравнений громоздкие геометрические методы.

Гераклит (544 – 483 гг. до н. э.) – уроженец Эфеса в Малой Азии, был аристократом по происхождению. Его сочинение «О природе» дошло до нас в отрывках. Первоначалом всего сущего Гераклит считал огонь. Из огня произошли мир в целом, все вещи и даже человеческие души. Под огнем ученый понимал не обычное пламя, но вечно существующий Космос, который не создан Богом, а существует всегда. Вещи возникают из огня не произвольно, а в соответствии с необходимостью, которую Гераклит назвал «логосом». Жизнь природы – непрерывное движение огня. «На огонь обменивается все, и огонь – на все, как на золото товары и на товары золото». По Гераклиту нет ничего неизменного. Он говорил: «В одну и ту же реку нельзя войти дважды». Гераклит считал любое знание относительным, требующим дополнительного

определения. Ему принадлежит высказанный в связи с этим афоризм: «Морская вода — чистейшая и грязнейшая: рыбам она пригодна для питья и целительна, людям же для питья непригодна и вредна». Гераклит полагал, что в основе познания лежат ощущения, но только мышление приводит к мудрости. Он был сторонником установления жесткого государственного законодательства и говорил, что «своеволие следует гасить скорее, чем пожар», «за закон люди биться должны, как за стены родного города».

Эмпедокл (490 — 430 гг. до н. э.) из сицилийского города Агригента, полагал, что все в мире состоит из сочетаний четырех элементов (стихий): земли, воды, воздуха и огня. Источником развития ученый считал противоположные силы: «любовь и вражду», соединяющие материальные элементы. Любовь и вражда по Эмпедоклу механически действуют на стихии, непрерывно смешивают их и вновь отделяют. Историческое значение имеет высказанная им впервые догадка о закономерности эволюции живых существ в результате естественного отбора. Эта догадка приведена Эмпедоклом в его философской поэме «О природе». Интересно отметить, что Эмпедокл занятия философией считал выше обладания властью и отверг царскую корону, предложенную ему сицилийцами.

Одним из самых выдающихся представителей ионийской школы был **Анаксагор** (ок. 500 — 428 гг. до н. э.). В 45-летнем возрасте он переселился в Афины, привлеченный интеллектуальной жизнью, царившей в городе. Он близко сошелся с основоположником афинской демократии полководцем Периклом и первым стал излагать философские идеи в общедоступной форме. Анаксагор стал основателем афинской школы натурфилософии. Его ученикам стали сам Перикл, Фукидид, Архелай, Еврипид и Сократ. Материя, считал Анаксагор, состоит из бесчисленного множества малых первичных частичек — гомеомерий, которые не возникают и не могут разрушаться и переходить друг в друга. Мир создан из первоначально неподвижных гомеомерий материально мыслимым началом — разумом. Анаксагор первым выдвинул предположение о том, что Солнце не Бог, а раскаленный огромный камень. Обвиненный в оскорблении Богов Анаксагор был приго-

ворен к смертной казни, и только красноречие Перикла спасло его — казнь заменили изгнанием.

3.3. Афинский этап развития античной науки. Возникновение атомистики

Афинский этап развития античной науки охватывает 480 – 330 гг. до н. э. Его начало связано с отражением персидского нашествия, а окончание с завоеванием Греции Македонией. В это время возвышаются Афины, сыгравшие решающую роль в победе над персами. В Афинах окончательно выделились две линии античной философии. Первую из них представляет великая троица античных философов: Сократ, Платон и Аристотель. Вторую — атомисты Левкипп и Демокрит.

Поворотным моментом в античной философии стала деятельность последователя Анаксагора — **Сократа** (ок. 469 – 399 гг. до н. э.). Учение этого древнегреческого философа знаменует поворот в философии от рассмотрения природы и мира к рассмотрению человека. Философские взгляды Сократа оказали существенное влияние на развитие науки. Отождествляя положительные качества человека с его знаниями, он направил внимание философов на значение человеческой личности.

Жизнь Сократа прошла в беседах и критике. В молодости он прославился как храбрый воин. Ученый ничего не писал, и его философские воззрения дошли до нас в форме бесед, диалогов, переданных учениками — Ксенофонтом и Платоном. Сократ считал строение мира непознаваемым. Познать можно только самого себя. Ученый критиковал афинскую демократию и считал ее главным недостатком — некомпетентность должностных лиц, избравшихся путем жребия.

Сократ был казнен по приговору суда. Обвинение содержало три пункта: безбожие, введение новых божеств (имелся в виду его «внутренний голос», «демон Сократа») и развращение юношества. Приговор он привел в исполнение сам, выпив бокал с ядом.

Виднейшим учеником и последователем Сократа стал **Платон** (428 – 347 гг. до н. э.). Будучи выходцем из знатной аристократической семьи, он в молодые годы попал под философское влияние Сократа. В своей философии Платон опирался также на учение пифагорейцев, Парменида и Гераклита. Ученый излагал

свои взгляды в форме философских диалогов. Известно около тридцати таких сочинений, среди которых «Софист», «Парменид», «Государство» и др.

Платон заложил основы идеализма, выдвинув теорию существования бестелесных форм вещей, так называемых «видов» или «идей». Именно они вечны и являются бытием, а материя и пространство по Платону – небытие. Чувственный мир при этом занимает некоторое промежуточное положение между бытием и небытием, поскольку чувства преходящи, зависят от пространства и времени. Источником познания служат воспоминания бессмертной души о мире идей, созерцаемом душой до вселения в смертное тело, душа же бессмертна. Абсолютными ценностями являются истина, добродетель и красота. Платон приводил доводы в пользу этих ценностей на основе знаний, полученных в математике и астрономии. Ученый принимал взгляды Пифагора на значение чисел и идеальных пропорций. Он придавал божественное значение звездам, Солнцу, Луне и планетам. В течение сорока лет Платон излагал свое учение в созданной им Академии. Он был прекрасным оратором, что немало содействовало успеху его школы. Преподавание в Академии не прекратилось и после смерти философа – она просуществовала почти 1000 лет и была закрыта императором Юстинианом в 525 г.

Платон также занимался изобретательской деятельностью. В частности, он построил оригинальный будильник, применив принцип реле. Стекавшая по каплям вода, наполняла сосуд. Когда она доходила до определенного уровня, то с силой прорывалась в другой сосуд. Вытесненный из него воздух проходил по трубе в статую флейтиста, которая издавала при этом достаточно громкий звук.

Мировоззрение Платона оказало существенное значение на становление и развитие естественных наук. Платоновское понятие Космоса было классическим в античной науке. Космос появился, по Платону, в результате акта творения. Космос имеет семь небесных кругов, соответствующих известным тогда пяти планетам, Солнцу и Луне, которые движутся вокруг шарообразной Земли.

Самым известным учеником Платона, и в то же время противником его учения, является **Аристотель** (384 – 322 гг. до н. э.). Творческий гений Аристотеля сочетался с великим даром

организатора науки, позволив им свести разрозненные сведения, обширный научный материал, накопившийся к тому времени, в единое целое, в стройную научную систему. Ученый подчеркивает важность доказательств в математике: «Доказательства не только устанавливают справедливость тех или иных фактов, но проявляют сущность этих фактов и раскрывают логические связи между ними». Сочинения Аристотеля, дошедшие до нас, представляют собой энциклопедию научных знаний античности, включающую математику и естественные науки (физику, механику, астрономию, биологию), а также гуманитарные науки (психологию, историю, экономику и философию). Система знаний, собранных и систематизированных Аристотелем, служила почти две тысячи лет основой, каркасом науки.

Аристотель родился в Стагире (греческая колония во Фракии). Отец его был врачом. Аристотель учился в Академии Платона, пробыв в ней в общей сложности около 20 лет. После смерти учителя он отправился путешествовать по Греции. С 343 по 340 гг. до н. э. Аристотель был воспитателем Александра Македонского. Вернувшись в Афины в 335 г., ученый основал свою философскую школу – Ликей, которым руководил 13 лет.

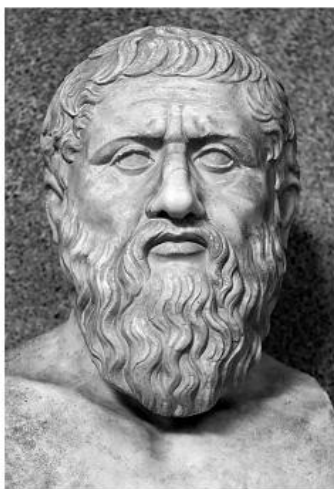


Рис. 3.1. Бюст Платона
в музее Ватикана

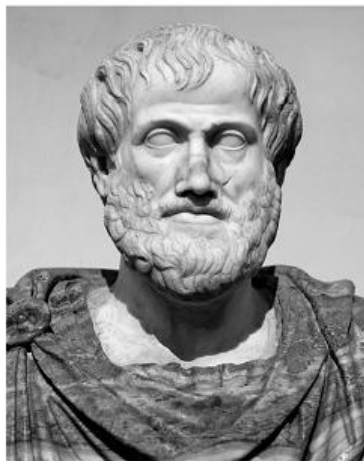


Рис. 3.2. Бюст Аристотеля.
Мраморная римская копия с
бронзового греческого оригинала

После смерти Александра Македонского Аристотель покинул Афины, обвиненный в колдовстве, а по сути дела это было гонение на него как на представителя промакедонской партии. Своим бегством ученый пытался избавить афинян от вторичного преступления против философии (первым, как считал Аристотель, была казнь Сократа). Спустя год он умер в возрасте 62 лет в городе Халкида на острове Эвбея.

Из наследия Аристотеля сохранились трактаты, представляющие собой конспекты его лекций, написанные в повествовательной форме. С точки зрения естествознания представляют интерес трактаты «Физика», «О небе», «О возникновении и уничтожении», «Метеорология», а также написанные в форме вопросов и ответов «Проблемы» и «Механика». Сочинения Аристотеля в форме диалогов не сохранились, и мы знаем о них из пересказов.

По Аристотелю, физика является ключом к пониманию мира, однако в понятие «физика» он вкладывал несколько иной смысл, чем мы вкладываем сегодня. В его «Физике» нет математических формул, приборов и экспериментов. Под физикой ученый понимал природу, поведение тел в естественном состоянии и в своих исследованиях пытался отыскать «природу», естественный характер вещей. Материя, как считал Аристотель, это исходный субстрат каждой вещи. Она состоит из четырех стихий: земли, огня, воздуха и воды. К ней добавляется и пятая – эфир. Первые четыре стихии переходят одна в другую, образуют вещества, а эфир вечный и неизменный. Мир, по мнению Аристотеля, неоднороден. В подлунном мире вещи возникают, разрушаются и исчезают. Надлунный мир небесных сфер – вечен, неизменен и нерушим.

Основой физических представлений Аристотеля является учение о движении и пространстве. При этом движение Аристотель понимал как любое количественное или качественное изменение, придавая ему широкий смысл. Механическое движение, т.е. изменение положения тел Аристотель определял как частное, локальное движение. Эти локальные движения он разделял на естественные и насильственные. Естественные движения бывают прямолинейными (например, падение тел) и круговыми (вращение звезд) и не требуют никакой силы. Регулярность и вечность кругового движения обусловлена перводвигателем, сообщившим это движение сферам, к которым прикреплены звезды. Центр вращения находится в центре Земли.

Основываясь на бытовых повседневных наблюдениях, Аристотель считал, что для поддержания равномерного прямолинейного движения тела к нему необходимо постоянно прикладывать силы. Это представление Аристотеля о насильственном движении лежит в основе античной динамики. При этом скорость движения обратно пропорциональна сопротивлению среды. При отсутствии внешней силы, согласно Аристотелю, тело двигаться не может. При этом движение тела, брошенного под углом к горизонту, которое не поддерживается силами, Аристотель объясняет свойствами воздуха. Он, якобы, подталкивает движущееся тело, как парус по ветру, стремясь занять место, освобождаемое телом при движении.

Таким образом, при отсутствии сопротивления среды (движение в пустоте), с одной стороны, при действии силы тело должно иметь неограниченную скорость, а при ее отсутствии двигаться не может. Это противоречило обыденным представлениям, поэтому Аристотель пришел к выводу о невозможности существования пустоты в природе. По заключению Аристотеля «природа не терпит пустоты», все пространство заполнено материей. Свойства пространства зависят от свойств тел, движущихся в нем. По Аристотелю нет и времени, существующего независимо от движения и происходящих событий.

Следствием представлений Аристотеля о движении является также вывод о пропорциональности скорости падения тел в данной среде весу тела. Постепенное увеличение скорости при падении Аристотель объяснял увеличением веса при приближении тела к месту, предопределенному ему природой.

Таким образом, благодаря заблуждениям Аристотеля, в механике утвердились совершенно невероятные представления о причинах механического движения. Что касается другого раздела механики – статики, то здесь вклад ученого более существенный. Именно он создал такое научное направление как кинематическая статика, впоследствии выросшее в аналитическую статику. Он сформулировал правило сложения перемещений (для частного случая перпендикулярности перемещений) и, основываясь на соотношении скоростей точек механизмов, получил правила равновесия рычага, блоков и весов. Ученый с точки зрения кинематики описал действие простейших механизмов. Наиболее полно его учение изложено в труде «Механические проблемы», которое приписывается Аристотелю. Впоследствии из учения

Аристотеля выросло «золотое правило механики», а затем и принцип виртуальных перемещений.

В астрономии стараниями Аристотеля окончательно утвердилось геоцентрическая система строения мира. Католическая церковь, первоначально враждебно настроенная к ученому, с XIII века признала его величайшим авторитетом по всем вопросам, не касавшихся, правда, догматов религии. Несмотря на огромные заслуги Аристотеля, его представления о причинах движения и отказ от специально поставленных экспериментов нанесли развитию науки огромный вред, так как ее развитие было остановлено на две тысячи лет. Хотя философы считают Аристотеля «основателем истинного естествознания», он отнюдь не считается таковым у физиков и механиков.

Тем не менее, Аристотель внес большой вклад в развитие науки и ее методологии. Он учил, что доказательства не только устанавливают справедливость тех или иных фактов, но проявляют сущность этих фактов и раскрывают логические связи между ними. Заслугой Аристотеля в области естествознания является также его вклад в биологию, который считается даже большим, чем в физику. Он собрал и классифицировал огромный материал по анатомии животных. В биологии Аристотель руководствовался идеей стремления всего в природе к совершенству. Он определил жизнь как способность к самообеспечению, к независимому росту и распаду. Вместе с тем Аристотель отвергал идею эволюции и считал, что все виды животных неизменны.

Выдающимся достижением Аристотеля является создание им формальной логики. Основой для логики явилась идея классификации, которая проходит через все труды Аристотеля. На основе формальной логики Аристотеля впоследствии возникла математическая логика.

Будучи учеником Платона, Аристотель, тем не менее, отвергал ряд принципиальных позиций в мировоззрении своего учителя. Он считал материальный мир реально существующим, истинным бытием обладают конкретные вещи, а не платоновские «идеи».

Вторым направлением античной философии стала атомистика. Одним из ее основоположников является греческий философ-материалист **Левкипп** (ок. 500 – 440 гг. до н. э.). Этот ученый одновременно с Эмпедоклом и Анаксагором выдвинул идею множественности элементов существующего. Придерживаясь идеи

Парменида о неизменяемости и качественной однородности сущего, для объяснения разнообразия предметов он утверждает существование относительного небытия, т. е. наличие пустоты, разделяющей все сущее на множество элементов. Свойства этих элементов зависят от ограничивающего их пустого пространства, различаются они по величине, фигуре, движению, но все элементы мыслятся как однородные, непрерывные и потому неделимые. Вслед за философами ионийской школы Левкипп считал движение внутренне присущим атомам. К сожалению никаких работ, которые можно с уверенностью считать его произведениями, не сохранилось.

Более стройную теорию атомистического строения материи, оказавшую огромное влияние на развитие естественных наук, выдвинул и развил **Демокрит** (460 – 370 гг. до н. э.). Он родился во Фракии на берегу Эгейского моря в городе Абдеры в семье богатого торговца и рабовладельца. Демокрит много путешествовал, побывал в Месопотамии, Египте, Индии, в Афинах встречался с Сократом. Он был слушателем видных греческих философов Левкиппа и Анаксагора, у которых изучил философию милетской школы. Демокрит также был хорошо знаком с учением софистов, даже вел полемику с его создателями.

Труды Демокрита до нас не дошли, но их содержание раскрывается в сочинениях других авторов, излагающих суть его воззрений, в том числе учения об атомах (*atomoi* – неделимые). Атомы различны по размерам и форме и недоступны для человеческого восприятия. Они находятся в непрерывном движении и из их сочетаний образуются все предметы. По Демокриту, атомы, составляющие материальную основу Вселенной, вечны, вечна также и Вселенная, состоящая из атомов и пустоты. Демокрит считал Вселенную не только вечной, но и бесконечной в пространстве.

Ничего не существует, кроме атомов и пустоты; представления обо всем прочем есть только мнение. Атомы представляют собой абсолютно плотные, неделимые, обладающие весом, формой и величиной частицы. Число атомов и число их бесконечных форм бесконечно. Таким образом, Демокрит положил начало материализму в философии в противовес идеализму Пифагора и Платона. Он отрицал случайность событий, рассматривал ее как результат незнания. Источником познания Демокрит считал чувственное восприятие, объясняя его истечением от изучаемых объектов

тонких оболочек – «идолов», воздействующих на органы чувств. Это восприятие происходит на низком «темном» уровне. «Светлый» же уровень обеспечивается только разумом, ведущим к познанию сущности Мира, состоящего из атомов и пустоты.

Демокрит признавал существование души у человека, которая состоит из самых мелких атомов. Наряду с философией, Демокрит разрабатывал и вопросы математики, физики, философии, психологии, медицины, искусства, этики.

Из других ученых Афинского этапа можно выделить **Архита Тарентского** (ок. 428 – 365 до н. э.). Этот древнегреческий философ, математик и астроном был одновременно и выдающимся государственным деятелем, и полководцем. Он семь раз избирался стратегом Тарента, установил демократическую конституцию, спас в 361 до н. э. Платона от расправы сицилийского тирана Дионисия II. Архит был последователем пифагорейской школы и стал одним из виднейших представителей древнего пифагореизма. Ему принадлежит решение задачи удвоения куба, основанное на построении пересечения нескольких поверхностей вращения.

Характерной чертой античной механики является разобщенность учения о движении – кинематики и учения о равновесии – статики. Статика была непосредственно связана с запросами практики, ее основными проблемами были расчет выигрыша в силе при использовании простых механизмов и вывод условий равновесия при плавании тел и взвешивании. Основой античной статики служил «принцип рычага». Установление первых принципов механики приписывается Архиту. Он также разрабатывал теорию блока и полиспаста. Ученый из Тарента первый упорядочил механику, приложив к ней математические основы, и первый свел движение механизмов к геометрическому чертежу. Отрывки из его трудов «О математических науках» и «Беседы» цитируются в сочинениях Аристотеля и других античных авторов.

Среди учеников Архита был **Евдокс Книдский** (408 – 355 до н. э.), который является одним из основоположников интегрального исчисления и теоретической астрономии. Используя идею ничтожно малой величины, он разработал для определения площади и объема криволинейных фигур метод исчерпывания – предтечу определенного интеграла. Этот метод включен в 12-ю книгу «Начал» Евклида, им широко пользовался Архимед. Однако

указанный метод развивался только в связи с конкретными задачами и не приобрел абстрактного характера.

Метод заключался в том, что для нахождения площади фигуры в нее вписывалась монотонная последовательность других фигур и доказывалось, что их площади неограниченно приближаются к площади искомой фигуры. Затем вычислялся предел последовательности площадей. Та же идея использовалась и для определения объема тела. Греки не использовали понятия бесконечности и общей теории пределов у них не было. Поэтому обоснование единственности предела, повторялось для каждой задачи.

3.4. Александрийский этап развития античной науки

Александрийский (эллинистический) этап (примерно 330 г. - I век до н. э.) начался с распада империи Александра Македонского и образования целого ряда эллинистических государств на месте бывшей Персидской империи.

Крупнейшим научным центром становится новая столица Египта – Александрия, основанная Александром в 332 г. до н. э. Именно там преемник Александра Великого, основатель династии царей Египта Птолемей I впервые осуществил попытку государственной организации и финансирования науки. В начале III века до н. э. в Александрии был организован **Мусейон** – первое в мире научно-исследовательское учреждение. При нем были созданы лаборатории, где можно было проводить эксперименты, зоологический сад с самыми разнообразными животными, ботанический сад с растениями, привезенными из разных стран, а также величайшая в античные времена библиотека. В мире не было более или менее ценного произведения, оригинал или копия которого не хранились бы в Александрийской библиотеке. По различным оценкам число книг в ней доходило до 700 тысяч. Сотни грамотных рабов ежедневно трудились над переписыванием свитков.

Для работы ученым были созданы в Мусейоне все условия. Именно поэтому там работали самые выдающиеся ученые, среди которых можно выделить, прежде всего, имена Евклида, Эпикура и Архимеда.

Наибольший вклад эллинистический век внес в математику и механику, в развитие письменности. К концу эллинского этапа античной науки письменность входит в обыденную повседневную жизнь античного мира. К IV веку до н. э. у математиков

проявляется стремление систематизировать математические знания и изложить их с логической последовательностью. К этому их подвигло развитие логики. Сочинения, в которых излагались первые системы математики, у многих авторов получили название «Начала». Они либо утеряны, либо забыты, а всеобщее признание получили «Начала» Евклида.

Евклид (IV – нач. III в. до н. э.) был крупнейшим математиком своего времени. О его жизни известно мало, но до нас дошло бессмертное творение ученого – «Начала», в котором геометрия впервые изложена как единое целое учение. В Александрии Евклид работал с 310 г. по 280 г. до н. э. Здесь он создал математическую школу и написал для учеников свой великий труд. Вся математическая система Евклида основана на пяти постулатах и пяти аксиомах, принимаемых без доказательств. В «Началах» обобщены и отражены достижения всей математики того времени. Логическая строгость изложения геометрии оставалась непревзойденной на протяжении 20 веков. Влияние «Начал» испытали на себе практически все крупнейшие ученые мира. Эта работа послужила образцом дедуктивного построения новых наук и до сих пор лежит в основе всех школьных курсов геометрии.

Последним крупным философом эпохи эллинизма считается **Эпикур** (341 – 270 гг. до н. э.). В своем учении он на новом уровне возрождает идеи атомизма Демокрита. По его представлению возможна случайность движения атомов, отклонение их траектории от прямой линии. На основе атомизма Эпикур пытался объяснить не только природные явления, но и явления социальные и психические. По Эпикуру, ощущения возникают вследствие потока частиц, проникающих в органы чувств. Атомы, находясь в непрерывном движении, образуют все сущее. Так возникла и Земля, затем от нее отделилось небо, Земля породила жизнь, а все, что не могло приспособиться к жизни на Земле, умирало. Естественным путем на Земле возник животный и растительный мир, а также человек. Эпикур не находил места божественному началу земной жизни. Он считал, что боги находятся далеко, в межзвездном пространстве, и в жизнь людей не вмешиваются. В античные и в более поздние времена понятие «эпикурец» означало «безбожник».

К Александрийскому этапу относится и попытка создания гелиоцентрической системы мира. Пифагореец **Аристарх**

Самосский (310 – 230 гг. до н. э.), работавший в Александрии, выдвинул гипотезу о вращении шарообразной Земли вокруг Солнца. Но эта гипотеза осталась без внимания.

Также в Александрии жил и работал основоположник пневматики **Ктесибий** (285 – 222 до н. э.). Он занимался пневматическими и гидравлическими устройствами, изобрел двухцилиндровый пожарный насос, водяные часы, водяной орган. Ктесибий создал первое пневматическое оружие – азротрон, в котором снаряд выталкивается сжатым воздухом. Таким образом, он первым применил кинематическую пару цилиндр – поршень. Ученый также написал первые научные трактаты об упругой силе сжатого воздуха и ее использовании, однако ни одна из его работ не сохранилась.

Самым выдающимся ученым не только Александрийского этапа, но и всего античного периода был **Архимед** (287 – 212 гг. до н. э.). Он родился в Сиракузах на острове Сицилия, но долго учился и работал в Александрии. Ученый прославился как механик и математик, поразивший не только современников, но и потомков оригинальностью мышления и изобретательностью.

Развивая метод исчерпывания, близкий к интегральному исчислению, Архимед доказал, что объемы цилиндра, шара и конуса, имеющих одинаковую высоту и ширину, относятся как 3:2:1 соответственно. Однако у него еще не введены общие понятия предела, интеграла, бесконечной суммы и т.д. К тому же метод применяется индивидуально для каждой задачи.

Вычисление иррациональных и трансцендентных чисел породило идею их приближения числами рациональными. В работе «Измерение круга» Архимед определяет число π с помощью вычисления периметра вписанного и описанного правильного многоугольника. При числе сторон равном 96 он получает верхнюю и

нижнюю границы $3\frac{10}{71} < \pi < 3\frac{1}{7}$ или $3,14085 < \pi < 3,14286$, т.е. оба

значения приближенно равны 3,14. Но важным является также то, что ученый применяет метод, близкий к дифференциальному. К такому же способу относится и метод нахождения касательной к спирали. Таким образом, Архимед заложил основы дифференциального и интегрального исчисления почти за два тысячелетия до создания математического анализа Ньютоном и Лейбницем. Кроме того он вплотную подошел и к вариационному исчислению.



Рис. 3.3. Бюст Архимеда

Архимед является основоположником геометрического направления в статике. Он впервые подошел к механике как к математической дисциплине и математически строго вывел закон рычага. После этого описание работы всех простых механизмов он сводит к рычагу. Архимед также вывел способы определения центров тяжести тел. Великий ученый древности использовал свои достижения для создания различных подъемных механизмов. Деятельность Архимеда в корне изменила математику и механику, поэтому его считают величайшим ученым античности.

Архимед был величайшим изобретателем-механиком. Он построил множество остроумных машин для поднятия и перемещения тяжестей. Ученый также создал винт для поднятия воды, ему принадлежит и изобретение червячной передачи. Архимед также придумал способ определения составов сплавов путем их взвешивания в воде.

Архимед построил **планетарий** или «**небесную сферу**», при движении которой можно было наблюдать движение пяти планет, восход Солнца и Луны, фазы и затмения Луны, исчезновение обоих тел за линией горизонта. Занимался проблемой определения расстояний до планет; предположительно в основе его вычислений лежала система мира с центром в Земле, но планетами Меркурием, Венерой и Марсом, обращающимися вокруг Солнца и вместе ним – вокруг Земли. Основой механического глобуса Архимеда был обычный звездный глобус, на поверхность которого наносятся звезды, фигуры созвездий, небесный экватор и эклиптика – линия пересечения плоскости земной орбиты с небесной сферой. Вдоль эклиптики расположены 12 зодиакальных созвездий, через которые движется Солнце, проходя одно созвездие в месяц. Не выходят за пределы зодиака и другие небесные тела – Луна и планеты. Глобус закрепляется на оси, направленной на полюс мира (полярную

звезду), и погружается до половины в кольцо, изображающее горизонт. Поворачивая шар на нужные углы, можно было легко узнать вид неба в любое время. Какая-то часть шара никогда не оказывалась выше горизонта. В этой части находились созвездия южного полушария, неизвестные ученым того времени. Солнце, Луна и звезды на обычном звездном глобусе отсутствуют, их невозможно изобразить, так как они непрерывно меняют свое положение по отношению к звездам. Архимед заставил перемещаться макеты этих светил с помощью специальных механизмов.

Многие изобретения Архимеда использовались в военных целях. Во время Второй Пунической войны он возглавлял оборону Сиракуз, осаждаемых римлянами. Ученый построил для обороны города метательные машины, позволявшие метать стрелы и камни весом до 10 талантов» (500 кг). Другие машины, как пишет Плутарх, «захватывали суда, поднимали их в воздух и затем кормю погружали в воду». Римляне в страхе обращались в бегство. Ворота города открыло предательство, при взятии Сиракуз штурмом Архимед был убит.

С успехами статики связано и зарождение науки о прочности, первые знания о которой появились еще в древности. В частности в древнем Египте уже были известны полученные эмпирическим путем правила, без которых невозможно было возводить грандиозные сооружения – пирамиды, храмы, обелиски и др. Крупный вклад в развитие строительного искусства внесли греческие ученые. Они разработали статику, лежащую в основе сопротивления материалов.

3.5. Римский этап развития античной науки

К I веку до н. э. Рим безгранично господствует во всем Средиземноморье. Он становится самым важным центром Европы, Северной Африки и Восточной Азии. В развитии науки наступает **Римский этап** (I век до н. э. – V век н. э.). Эллинистическая наука начала активно проникать в Рим еще во II в. до н. э. Рим становится центром научной деятельности, хотя значение Александрии и

Афин по-прежнему велико. Однако в I веке н.э. ученые Александрии лишились государственной материальной поддержки.

Уже во времена республики римская культура становится двуязычной, а ко времени империи общепринятым языком науки становится греческий, а международным языком администрации латынь. Философия остается одной из основных наук античного мира. Однако римляне восприняли от эллинистических теорий лишь то, что отвечало их потребностям и представлениям. Этим, прежде всего, и объясняется некоторое научное отставание римлян, компилятивный и книжный характер научного знания в Риме. На первый план выходят практические знания и опыт, что приводит к формированию особого описательного характера теоретического знания у римских авторов. Энциклопедический способ изложения в той или иной мере обнаруживается у любого римского «ученого»: в этой манере писали Варрон, Лукреций, Цицерон, Манилий, Витрувий, Целс, Плиний Старший, Колумелла.

В области общественного устройства, в частности в вопросах права и администрирования, римляне не знали себе равных. На небывалую высоту у римлян поднялся уровень развития строительной, военной, сельскохозяйственной техники, несмотря на отсутствие собственных оригинальных изобретений.

Больших успехов достигли в Риме просвещение и научная жизнь. Римская система образования была позаимствована у греков, однако математика у них отошла на второй план, а на первый выдвинулись право, языки, литература и история. Уроки музыки и гимнастики заменили более важные в военном деле верховая езда и фехтование. Обучение состояло из трех ступеней: начальной, школы грамматики и школы риторики. В начальной школе учили читать, писать и считать. В средней школе учителя преподавали греческий язык, семь свободных искусств – грамматику, диалектику, риторику, музыку, арифметику, геометрию и астрономию, а также архитектуру и медицину. Последняя ступень представляла собой высшую школу, и в ней обучались искусству красноречия и философии. Владение риторикой было необходимым условием политической карьеры, и императоры ассигновали крупные суммы на содержание таких школ.

Большое значение придавалось в Риме в I – II веках географическим знаниям, медицине и истории. В этот период были

созданы школы для подготовки врачей. Появляются трактаты **Страбона** (64/63 – 23/24 до н. э.), Птолемея. «Естественную историю», являвшуюся энциклопедией по физической географии, ботанике, зоологии, минералогии, создал **Плиний Старший** (23/24 – 79). Больших успехов добилась медицина – врач **Гален** (129 – 199) проводил опыты по изучению дыхания, деятельности спинного и головного мозга, дал первое анатомическое описание организма.

Крупнейшим научным центром продолжала оставаться Александрия. Там в I веке н. э. работал выдающийся греческий математик и механик Герон Александрийский. Подробности его жизни неизвестны. Герон является величайшим инженером-изобретателем за всю историю человечества и основоположником теплотехники и автоматики. На его счету десятки изобретений, среди которых диоптр – прообраз современного теодолита, одометр – устройство для измерения протяженности дорог, скорострельный самозаряжающийся арбалет, пожарный насос. Герон первым начал создавать программируемые устройства с помощью вала со штырьками и намотанной на него веревкой.



Рис. 3.4. Геронов шар

Герону Александрийскому принадлежит и первое использование тепловой энергии. Его геронов шар – эолипил (в переводе с греческого «шар Эола – бога ветров») стал прообразом реактивной паровой турбины. Он представлял собой полый металлический шар с впаянными в него на противоположных полушариях двумя Г-образными патрубками-соплами. Шар мог вращаться в трубчатых опорах. По трубкам, играющим роль осей, поступал в шар от котла, установленного под шаром. Затем он вырывался из трубок, создавая

реактивные силы, под действием которых достаточно быстро вращался. Построенный современными учеными по чертежам Герона эолипил развивал до 3500 оборотов в минуту! Однако это

вовсе не означает, что шар самого Герона развивал такую скорость, поскольку у него не было соответствующих уплотнителей, и, кроме того ученый ничего не знал о балансировке ротора.

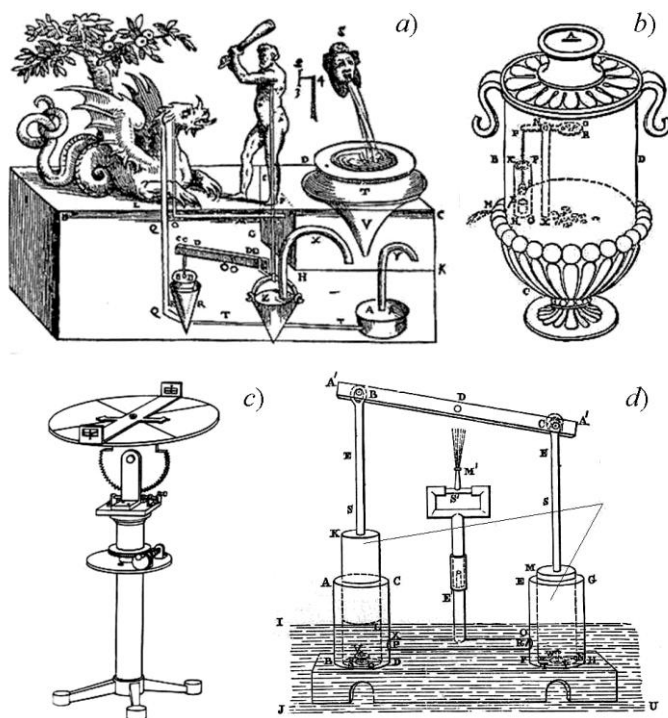


Рис. 3.5. Изобретения Герона Александрийского *a* – автоматический театр кукол; *b* – автомат для продажи «святой» воды; *c* – диоптр; *d* – пожарный насос.

Но вклад Герона в развитие теплотехники не ограничивается золипилом, на его счету есть и различные автоматические устройства, работающие под действием давления горячего воздуха или пара. Так устройство для автоматического открывания дверей храма по существу является прообразом паровых насосов Севери. Однако большинство изобретений Герона в силу слабого развития техники в античном мире и отсутствия потребности в сложных машинах были отвергнуты и забыты на длительный срок. Разра-

ботка тепловых машин была остановлена более чем на полтора тысячелетия. Многие автоматические устройства Герона служили для развлечений, как, например, автоматический театр кукол или для отправления религиозных культов. Среди последних автомат для продажи «святой» воды, автоматически открывающиеся двери храма, устройства для превращения воды в вино и др.

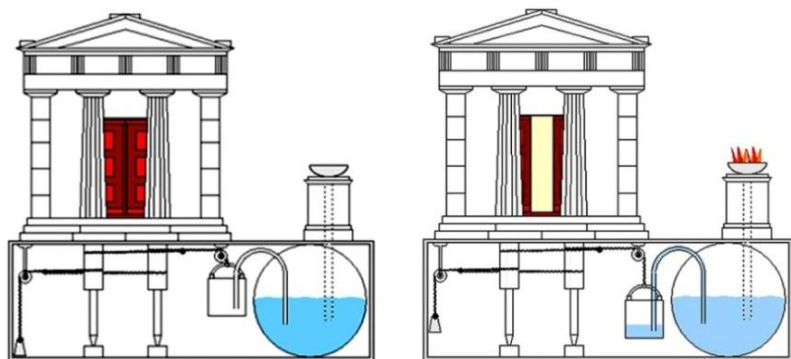


Рис. 3.6. Приспособление Герона для автоматического открывания дверей храма. Огонь, зажженный в бронзовом жертвеннике, вызывает расширение воздуха в сосуде, заполненном водой. В результате вытесненная вода по сифону переливается в бак, служащий противовесом. Он становится тяжелее, опускается и поворачивает двери на петлях. После остывания жертвенника воздух в сосуде разрежается, и вода перетекает в него обратно, а двери храма закрываются.

Герон разрабатывал и научные основы своих изобретений. Он использовал достижения предшественников: Евклида, Архимеда, Стратона из Лампсака. Ученый занимался геометрией, механикой, гидростатикой, оптикой. Сохранились основные его произведения: «Метрика», «Пневматика», «Автоматопоетика», «Механика» (произведение сохранилось целиком в арабском переводе), «Катоптрика» (наука о зеркалах; сохранилась только в латинском переводе) и др. В 1814 г. было найдено сочинение Герона «О диоптре», в котором изложены правила земельной съемки, фактически основанные на использовании прямоугольных координат. Однако многие из книг Герона, содержащихся в Александрийской библиотеке, безвозвратно утеряны.

Широкий размах получило строительство у римлян. Многие храмы, стадионы, мосты, дороги и фортификационные сооружения, построенные ими, не только сохранились, но и используются до сих пор. Об применяемых в древнем Риме строительных приемах и материалах мы знаем из книги знаменитого римского архитектора Витрувия. **Марк Поллион Витрувий**, живший в I веке до н. э. в эпоху императора Августа был самым знаменитым ученым и архитектором Римской империи. Среди воплощенных проектов Витрувия наиболее значимыми являются базилика в Фано и конструкция римского акведука. Его трактат «Десять книг об архитектуре» является единственной сохранившейся античной работой об архитектуре. Из нее мы можем узнать об используемых римлянами строительных приемах и правилах. В книге Витрувия приведены также сведения о некоторых типах сооружений и строительных материалах, а также о подъемных механизмах. Наибольшую популярность работа приобрела в эпоху Ренессанса и многие считают, что с открытия этой работы началось итальянское Возрождение. В основе взглядов Витрувия лежит представление об

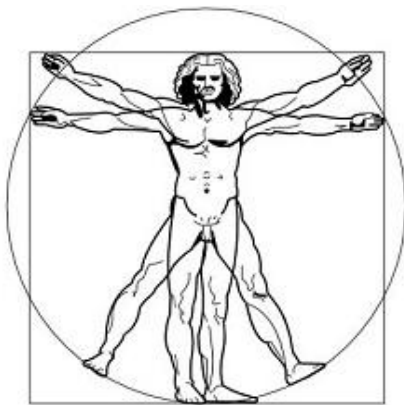


Рис. 3.7. Витрувианский человек

универсальном объективном значении числовых закономерностей и пропорциональных отношений в строении и Вселенной, и человека. Именно этими пропорциями и надлежит руководствоваться при сооружении зданий и при построении машин. Витрувий создал систему пропорционирования, позднее получившую распространение в изобразительном искусстве и архитектуре под названием «Витрувианский человек».

Однако попытки историков науки найти работы античных авторов, посвященные вопросам прочности, остались безрезультатными. Сравнение римских сооружений, в частности арок, с более поздними говорит о том, что римляне еще не владели знаниями об анализе напряженного состояния.

Огромный вклад в развитие астрономии внес древнегреческий астроном, астролог, математик, оптик, теоретик музыки и географ **Клавдий Птолемей** (ок. 87 - ок. 165). В период с 127 по 151 гг. он жил в Александрии, где проводил астрономические наблюдения. Основным его трудом является трактат «Великое построение», известный под арабским названием «Альмагест». В нем Птолемей изложил собрание астрономических знаний древней Греции и Вавилона. Ученый сформулировал сложную геоцентрическую модель мира с эпициклами, которая была принята и в западном, и в арабском мире. До создания гелиоцентрической системы Николая Коперника астрономические вычисления проводились по системе Птолемея. «Альмагест» также содержал каталог звездного неба. Он содержал только те звезды, которые Птолемей мог видеть, находясь в Александрии. Список из 48 созвездий не покрывал полностью небесной сферы.

3.6. Развитие техники в античном мире

Большинство технических изобретений, которыми пользовались на войне и в мирной жизни в античный период, было уже давно повсюду распространено. Задолго до развития античной цивилизации появились копье и меч, лук и стрелы, плуг и борона, гончарный круг, клин и винт, ворот и рычаг и др. Давно уже корабли бороздили морские просторы. Однако развитие античных государств сопровождалось совершенствованием техники. Промышленным способом производятся железо, медь, свинец, серебро и золото. В ряде районов Греции и Малой Азии, начиная с VI – V вв. до н. э., выплавляется сталь, используемая для изготовления ремесленных инструментов и оружия. В римский период разработана стеклодувная техника. В конце античной эпохи совершенствование таких производственных процессов, как изготовление сплавов металлов и крашение приводит к появлению первых знаний в области химии.

Поначалу применение простых механизмов способствовало повышению эффективности труда. Однако характер античной техники определялся экономическими основами рабовладельческого хозяйства. Развитие рабства в Греции явилось предпосылкой для более широкого разделения труда в производстве. До

известного периода это обеспечивало более быстрый рост техники и производительных сил, свободные граждане получили время для интеллектуальных занятий. Но в то же время рабовладельческое хозяйство тормозило дальнейший рост техники. Рабам в основном поручались такие работы, которые выполнялись крайне примитивными орудиями или вовсе не требовали никаких орудий, поскольку раб, низведенный сам до уровня орудия труда, не был заинтересован ни в сохранности, ни в совершенствовании этих орудий. В силу этого в античный период значительного развития достигали лишь некоторые достаточно простые виды машин.

В римскую эпоху сельскохозяйственная продукция производилась преимущественно в крупных землевладениях силами большого количества рабов. Главной житницей Средиземноморья на протяжении тысячелетий был Египет, где в долине Нила собирали огромные урожаи. При этом для обработки земли также использовали самые примитивные орудия.

Одной из наиболее развитых отраслей производства было строительное дело, стимулировавшее, в свою очередь, развитие механики. В античных городах был достигнут высокий уровень благоустройства и комфорта, налажена система водоснабжения и канализации, особенно совершенная в римских городах. Благоустройство городов, строительство храмов, цирков, театров, бань требовало применения разнообразных устройств и приспособлений. К таким орудиям труда относятся простейшие механизмы, такие как наклонная плоскость, рычаг, ворот, блоки и катки, использующиеся в строительстве. Такими примитивными средствами созданы грандиозные сооружения древности. Среди них сооружения, вошедшие в список **семи чудес света**, составленный в III – IV веках до н. э. В этот список входят: древнеегипетские пирамиды (III тысячелетие до н. э.), «висячие сады» Семирамиды в Вавилоне (VII век до н. э.), мавзолей в Галикарнасе (сер. IV века до н. э.), храм Артемиды в Эфесе (Малая Азия, ок. 550 г. до н. э.), Колосс Родосский (статуя Гелиоса на о. Родос, 292 – 280 гг. до н. э.), статуя Зевса в Олимпии (Греция, ок. 430 г. до н. э.), маяк на острове Форос в Александрии (Египет, III в. до н. э.). Из них до наших дней сохранились только самые древние сооружения – пирамиды в долине Гизы.

Особо широкий размах строительство приобрело в Римской империи. Римские строители использовали цемент и бетон, они научились строить бетонные сооружения, применяя опалубку. Во II веке в Риме был построен Пантеон («Храм всех богов») с литым бетонным куполом диаметром 43 метра. Впоследствии это сооружение стало образцом для архитекторов Нового времени. Римляне использовали цемент и бетон также при строительстве дорог и мостов. Мост через Дунай, построенный архитектором Аполлодором имел в длину более километра и стал одним из чудес того времени. Некоторые из римских сооружений сохранились до нашего времени. Среди них не только памятники и храмы, но и мосты, дороги и фортификационные сооружения.

Военная техника в античный период получила большее развитие, чем мирная. Наибольший интерес из военной техники античности представляют метательные машины. Именно при их создании впервые в качестве заказчиков проведения научных исследований выступают военные. Самым первым метательным устройством была праща, представляющая собой кожаную или веревочную петлю, в которую вкладывали камень, а позднее стали использовать специально изготовленные глиняные или свинцовые пули. Примерно в XV веке до н. э. в военном деле стали массово применять лук, изобретенный еще в доисторические времена. Вначале он делался из цельного куска дерева, а позднее был изобретен лук композитный. Достоверно известно, что композитный лук применяли скифы в VI в. до н. э., изготавливался он, по меньшей мере, из трех частей, но конструкция могла усиливаться и дополнительными элементами – костяными или бронзовыми пластинами, металлическими или роговыми наконечниками в местах крепления тетивы и т.д.

С IV века до н. э. греки применяли гастрарфет – «брюшной лук» (рис. 3.8), который по сути является примитивным арбалетом. Он был настолько тугой, что для зарядания его одним концом упирали в землю, а на другой конец, уперев его предварительно в живот, наваливались всем весом тела (отсюда и происходит название гастрарфет). Гастрарфет стрелял сравнительно короткими (40 – 60 см) стрелами с гранеными металлическими наконечниками.

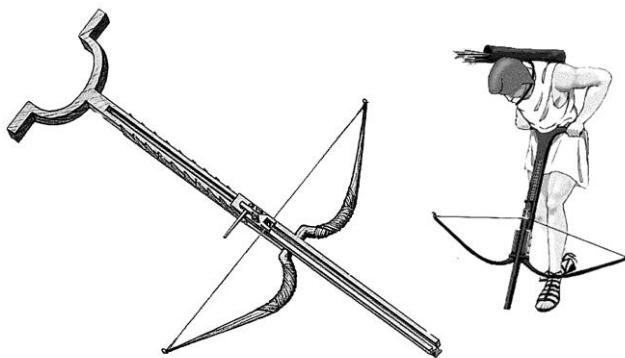


Рис. 3.8. Гастрафет и процесс его заряжания

Впоследствии принципы действия этих двух видов ручного метательного оружия (использование потенциальной энергии согнутого или скрученного упругого элемента или удлинение плеча броскового рычага для увеличения скорости снаряда) были применены для изготовления метательных машин. Считается, что первые метательные машины были изобретены ассирийцами приблизительно в VII в. до н. э. и позднее заимствованы персами, финикийцами и греками.

Первыми греческими метательными машинами были оксипелесы – станковые луки (рис. 3.9), позволявшие метать большие стрелы по настильной траектории. Общее название для машин, метавших снаряды по настильной траектории – катапульты. Кроме стрел катапульты могли метать также небольшие камни или металлические ядра. Для метания камней по баллистической (навесной) траектории предназначались баллисты. Такая стрельба позволяла поражать противника через крепостную стену. Позднее произошел переход к использованию вместо упругой дуги энергии скручивания толстых канатов, изготавливавшихся из пучков жил животных, либо из конских или человеческих волос. Торсионные машины более надежны и эргономичны. Обязательным атрибутом новых метательных машин становится рама, к которой крепятся торсионные элементы, и которая в свою очередь прикреплена к ложу, служащему направляющей для метательного снаряда.

Наиболее известными машинами торсионного действия являются римские скорпионы (разновидность катапульта) и онагры (тип баллисты). Скорпионы (внешний вид машины похож на соответствующее членистоногое, см. рис. 3.10) были достаточно компактными и технически совершенными двухплечевыми катапультами и широко использовались в римской армии со времен Первой Пунической войны (середина III в. до н. э.).

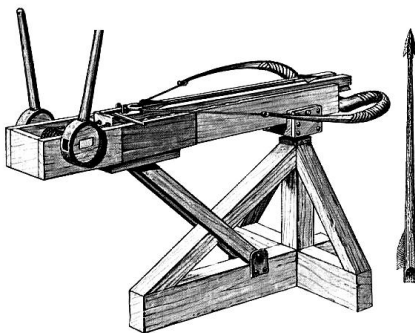


Рис. 3.9. Станковый лук (оксибелес)



Рис. 3.10. Скорпион

Одноплечевая метательная машина, использующая принцип пращи, получила название онагр (рис. 3.11) за то, что при выстреле она издает звук, напоминающий крик осла (по латыни онагр). Онагр появился в римской армии также в III в. до н. э. и применялся вплоть до падения Римской империи.

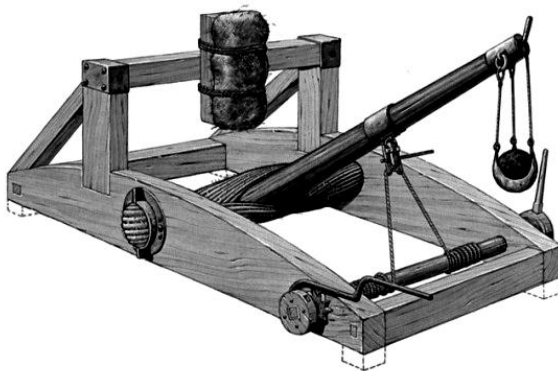


Рис. 3.11. Онагр

3.7. Развитие античного кораблестроения

В античные времена дальнейшее развитие получило судостроение, большой вклад в которое внесли греки. Их боевые корабли – биремы и триремы (триеры), имевшие, соответственно два и три ряда весел, строились без шпангоутов по наружным шаблонам, что позволяло быстро построить большой флот. Главным оружием бирем и трирем был таран, который обычно выполнялся в виде трезубца или кабаньей головы. В ходе сражения эти корабли стремились развить максимальный ход, лишить корабль противника хода, сломав ему весла, а после ударить в борт тараном, или взять врага на абордаж.

Триремы были более быстроходными, их скорость хода на веслах составляла 7 – 8 узлов*, но все три ряда весел работали только во время боя. Даже при небольшом волнении нижний ряд весел втягивали внутрь корабля, а весельные порты затягивали кожаными пластырями. Парусное вооружение состояло из большого прямоугольного паруса и малого на наклонной мачте в носовой части корабля. Его наличие давало возможность судну ходить при боковых ветрах. Мачты во время боя убирались. Триеры были наиболее эффективными боевыми кораблями Средиземноморья и стали основой римского флота. В годы Первой Пунической войны римский флотоводец консул Кай Дуилио оснастил корабли «воронами» – поворотными перекидными мостиками для абордажного боя. Мостик шириной около двух метров шарнирно крепился на палубе, а на конце имел острый «клюв», который втыкался в палубу вражеского корабля и не давал ему освободиться. Римляне часто вооружали свои корабли различными метательными машинами.

* узел – единица скорости, равная одной морской миле (1852 м) в час

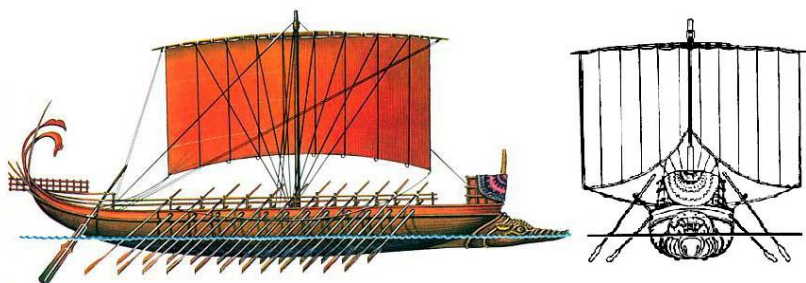


Рис. 3.12. Греческая бирема. Корабль имеет на носу решетчатый фальшборт, а весла гребцов верхнего ряда опирались на вынесенные за борт стойки. Весла гребцов нижнего ряда вставлялись в отверстия в борту, защищенные от проникновения воды кожаными манжетами.

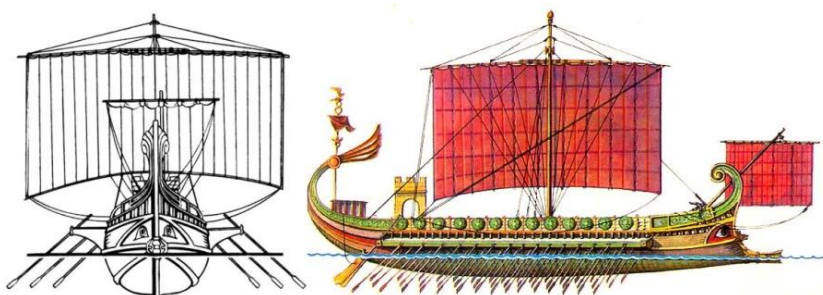


Рис. 3.13. Римская триера. Водоизмещение триеры достигало 230 т, длина – 45 м. Весла были различной длины. В носовой части корабля расположен боевой мостик – ворон, а на корме башня для стрелков

Возрастание роли в бою различных метательных машин снижает эффективность таранной тактики. Это сводит на нет преимущества триер, и они постепенно уступают место либо более тяжелым кораблям, например, пентерам, на палубе которых можно разместить больше техники, либо более мелким (биремам и либурнам), в которые труднее попасть. К началу новой эры римляне получили полное господство в средиземноморском бассейне. Основными задачами флота становятся поддержка действий сухопутных войск с моря, разведка, высадка десантов, борьба с пиратами и охрана торговых судов.

В отличие от боевых, торговые суда были тихоходными. Отношение длины к ширине корпуса было от 3 до 5. Широкая, высоко поднятая корма придавала судну дополнительную парусность. Конструктивные особенности корпуса, и материалы, из которых изготавливалось судно, а также тип движителя определяли особенности региона в котором оно строилось. Размеры судна определялись дальностью маршрутов, их удаленностью от берегов, объемами перевозок и характером груза. Тем не менее, можно выделить некоторые общие черты торговых кораблей различных народов. Античные грузовые корабли в основном имели поперечную систему набора, которая состояла из ребер (шпангоутов), вертикальных стоек (пиллерсов) и балок поддерживающих палубный настил (бимсов). Шпангоуты обычно всего, были не цельные, а разрезные, состоящие из двух или трех частей, смещенных вдоль обшивки и перекрывающих друг друга. Продольная прочность обеспечивалась килем и палубой судна. Постепенно количество балок, обеспечивающих продольную жесткость, увеличивалось, что позволило существенно увеличить длину судна. Наличие двух рулей придавало судну устойчивость на курсе и повышало его маневренность. Экипажи торговых судов были немногочисленны, и в качестве движителя они использовали прямые паруса, которые крепились к цельному или составному рею. При благоприятных обстоятельствах судно развивало под ними скорость до 5 – 6 узлов. Обычно корабль имел одну или две мачты. Весла устанавливались, как правило, в один ярус и использовались только как вспомогательное средство движения – для входа и выхода из порта или при маневрировании в узкостях или при отсутствии ветра. Торговые суда были достаточно прочными и обладали хорошими мореходными качествами и при необходимости могли выдержать сильный шторм. Иногда этого было недостаточно, чтобы оторваться от преследования, и купцы становились жертвами пиратов, так как при отсутствии ветра, уступали в скорости небольшим немореходным, но весьма скоростным лодкам морских разбойников. Поэтому грузовые суда подолгу стояли в гаванях в ожидании попутного ветра, предпочитая совершать переходы под парусами вдали от опасных берегов, не боясь «свежей» погоды.

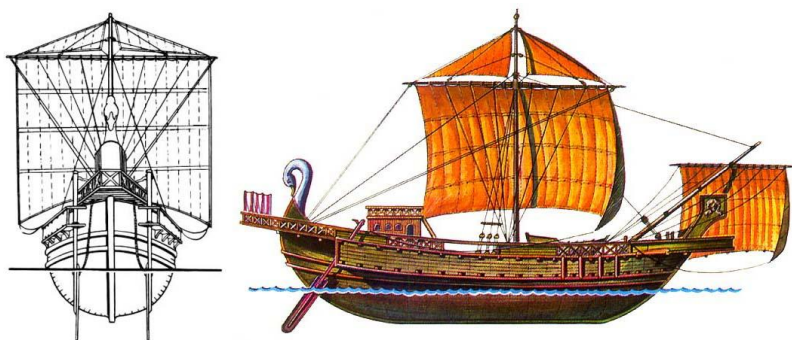


Рис. 3.14. Римское торговое судно середины I века н. э. Такие суда вместимостью не менее 250 т использовались для перевозки зерна.

Падение Западной Римской империи в V веке привело и к упадку всей античной науки. Хотя Восточная Римская империя – Византия просуществовала еще 1000 лет, там развитию науки непоправимый урон нанесла христианская религия. Христианство претендовало на роль монопольной идеологии и боролось с другими религиями и с другими богами, преследуя всякое инакомыслие. Так, например, Библия позаимствовала в Вавилоне древнюю картину мира, согласно которой Земля лежит посреди Океана и накрыта как шатром, семью куполами неба. В центре мира находится Иерусалим, а на Востоке, за Индией, расположен рай и там берут начало четыре священные реки: Тигр, Евфрат, Инд и Ганг. Это никак не совмещалось с античной наукой. В конце концов, отцы церкви, согласились принять систему Клавдия Птолемея и признали, что наша планета имеет форму шара, а рай перенесли за седьмую птолемеевскую сферу, в «жилище блаженных». Однако с системой Коперника и открытиями Галилея католическая церковь согласилась только в конце XX века.

ГЛАВА 4

Развитие науки и техники в Средние века

4.1. Гибель Западной Римской империи и развитие науки в Византии

Падение Западной Римской империи привело к упадку экономики, торговли, ремесел, науки и искусства. Знания, накопленные античной наукой за тысячу лет, были в Западной Европе забыты. Единственными центрами грамотности там оставались монастыри и церкви. В результате в Средние века, на протяжении 1000 лет в Европе наблюдается упадок науки и культуры. Развитию науки также препятствовало то, что католическая церковь узаконила геоцентрическую систему строения мира, и механику Аристотеля, основанную на неверных предпосылках.

Наследницей греко-римского мира и эллинистического Востока стала Восточная Римская империя (Византия). Она еще на протяжении тысячи лет служила своего рода мостом между Востоком и Западом и в области науки и культуры была впереди стран средневековой Европы. Византия была многонациональным государством, в котором преобладал греческий язык. С VI века в стране господствовала православная христианская религия. Империя сохранила сильную императорскую власть и централизованное управление. В отличие от Западной Европы, где в раннее средневековье города приходили в упадок, в Византии они по-прежнему процветали и были центрами не только искусств и ремесел, но и науки и образования. Наиболее значимыми центрами

науки и культуры стали Александрия, Афины, Антиохия, Бейрут, Дамаск, Никея, Фессалоника и Трапезунд.

Во II веке н. э. началось возрождение греческой науки, однако научные труды на греческом языке писали, в основном не греки, а сирийцы. В области математики выделяются **Никомах Геразский** и **Феодосий Триполлийский**. В это время начинает развиваться сирийская сводчатая архитектура. Этот стиль широко распространился в Римской империи, в нем выстроен знаменитый собор Святой Софии в Константинополе и был перестроен Пантеон в Риме. Именно от сирийских ученых античная наука становится известной арабам. Расцвет их деятельности пришелся на VII – VIII века, когда столица Сирии Дамаск был столицей всего Арабского халифата. Примерно в 750 г. столица халифата перешла в Багдад, и большее влияние на развитие арабской науки стали оказывать иранские ученые.



Рис. 4.1. Собор Святой Софии в Константинополе.
Построен в 523 – 527 гг.

Большой удар развитию византийской науки был нанесен религией. Хотя в стране и сохранялись античные научные традиции, но после того, как христианство стало государственной религией, наука там оказалась гонимой. Так в 391 г. фанатики



Рис. 4.2. Гипатия

христиане, которых патриарх Александрии призвал уничтожить языческие книги, сожгли Александрийскую библиотеку, много рукописей было безвозвратно утеряно. Под давлением реакционного христианского духовенства закрывались не только языческие храмы, но и находящиеся при них школы. Мусейон также был разорен. В начале V века последние из александрийских ученых были убиты или изгнаны. Их руководитель **Гипатия** (между 350 и 370 – 415) – первая в мире женщина математик растерзана религиозными фанатиками по наущению христианских попов.

Оставшиеся в живых ученые собрались в Афинах, где работали до 529 г., когда официальным указом их деятельность была запрещена. Были закрыты все «языческие» школы, в том числе Академия Платона и Ликей Аристотеля, просуществовавшие тысячу лет. Последним ученым разрешили эмигрировать в Иран, где они устроились работать в Джунди-Шапур – новый университет царя Хосрова. Это, в свою очередь, содействовало распространению античных знаний на Ближнем Востоке.

Несмотря на засилье христианской религии, отрицавшей языческую древнегреческую религию, культуру и науку, Византия все же оставалась хранительницей античного наследия. Благодаря этому к цивилизации приобщились многие народы, в том числе и славянские. В последнее столетие своего существования Византия сыграла важную роль в распространении древнегреческой литературы в Италии в эпоху раннего Ренессанса. Основным центром изучения астрономии и математики к тому времени стала академия Трапезунда.

В IX веке в Византии начинает возрождаться высшее образование. В 855 г. правитель Византии Варда основал в Константинополе светскую Магнавскую высшую школу, ректором которой стал выдающийся ученый **Лев Математик** (ок. 790 – ок. 870). Он также стал одним из основоположников алгебры. Именно византийский ученый стал применять буквенные символы вместо цифр. Лев Математик прославился также как изобретатель, он создал много хитроумных механизмов, которые поражали иностранцев. Это были подвижные статуи, механические певчие птицы и т. п. А самым интересным его изобретением является *световой телеграф*.

Магнавскую школу часто называют старейшим в Европе университетом, хотя в древнем Риме были аналогичные учебные заведения. Константинопольский университет оказал большое влияние на развитие высшего образования в Западной Европе. В нем велась подготовка чиновников, дипломатов и военачальников. Многие выпускники стали видными деятелями византийской культуры. Обучение в Константинопольском университете велось на греческом и латинском языках. Хотя впоследствии образование было переведено на церковную основу, но наряду с богословием студенты изучали труды древних ученых, в частности Платона и Аристотеля. Для этого преподаватели школы собирали хранившиеся в монастырях старинные книги. В результате византийцы заново познакомились с трудами античных ученых, в том числе и с геометрией Евклида и узнали о шарообразности Земли. Наряду с грамматикой, риторикой и философией в Магнавской школе также преподавались и естественные науки – арифметика, геометрия, музыка и астрономия. Школа просуществовала до взятия турками Константинополя в 1453 г. На ее месте по приказу султана Мехмета Завоевателя был основан Стамбульский университет.

Можно отметить достижения византийской медицины, врачи продвинулись в распознавании болезней – диагностики. В области химии были достигнуты важные практические результаты – налажено производство стекла, керамики, эмалей и красок. Был также изобретен «греческий огонь» – подобие современного напалма, с помощью которого сжигали вражеские корабли. Византийские купцы и паломники совершили много важных географических наблюдений.

Из гуманитарных наук в Византии наиболее были развиты правоведение и история. Самым выдающимся византийским историком был **Прокопий Кессарийский** (между 490 и 507 – после 565), который жил в царствование Юстиниана и находился под его покровительством. Самым важным его произведением является восьмитомное сочинение «История войн», посвященное кампаниям полководца Велизария, в которых автор сам принимал участие. Развитые товарно-денежные отношения породили сложную систему гражданского права и способствовали подъему юриспруденции.

В XI веке прославился всесторонне одаренный ученый-энциклопедист **Михаил Пселл** (1018 – около 1078 или позже). Ученый монах философ и математик Пселл был приближенным у многих императоров. Он одним из первых в противовес увлечению Аристотелем выдвинул учение Платона, что способствовало расцвету платонизма в годы Возрождения.

Пселл является автором двух исторических произведений: «Краткие истории царей старшего Рима, а также младшего с опущением тех царей, которые не совершили ничего достопамятного, начинающаяся с Ромула» и «Хронографии». Последнее сочинение охватывает правление четырнадцати императоров и императриц XI века и представляет особый интерес, так как Пселл большую часть жизни провел при императорском дворе и был не только очевидцем, но и непосредственным участником многих описываемых событий.

В 1453 г. турки-османы штурмом овладели Константинополем, Византия погибла. Что касается мусульманского мира, то к XV веку он потерял свою интеллектуальную силу. Но к этому времени на сравнительно высокий интеллектуальный уровень поднялась Западная Европа, прошедшая путь от крушения Западной Римской империи до начала Возрождения.

4.2. Развитие науки в Средние века на Востоке

VII – VIII века период арабских завоеваний. Огромные территории в Азии (Ближний Восток, Средняя Азия, Кавказ, Северо-Западная Индия), Северная Африка, острова в Средиземном море, в том числе Мальта, Родос и Крит, а также Пиренейский полуостров

в Европе были захвачены арабами, объединившимися под знаменем новой религии — ислама. На этой территории был основан огромный Арабский халифат. Арабские завоеватели довершили разгром античной науки и культуры. Уничтожению подверглись многие храмы и памятники. Во время взятия в 642 г. Александрии мусульманским халифом Омаром величайшая в мире библиотека была полностью уничтожена.

Но окончательно истребить культурные и научные традиции древних цивилизаций завоевателям не удалось. Сохранились не только некоторые архитектурные, ирригационные и фортификационные сооружения, но и труды античных и византийских ученых. Потребности халифата в развитии военной техники, строительстве мечетей и других сооружений, развитие ремесел, земледелия и торговли вынудили арабов вернуться к науке и образованию. Они обратились к сочинениям Евклида, Платона, Аристотеля, Архимеда, Герона, Витрувия, Птолемея и их последователей.

В Сирии, Иране и других местах сохранялась эллинистическая философская и научная традиция. На сирийский язык были переведены Аристотель и другие греческие философы. А настоящий прорыв в освоении греческой культуры начался с воцарением в Багдаде династии Аббасидов. Правление **Харуна аль Рашида** (763 или 766 — 809) ознаменовало собой начало первого всестороннего эллинистического ренессанса в арабском мире. Арабы усваивали не только эллинистическую культуру. Они установили важные контакты с Ираном, Индией и Китаем. Уже в конце IX века столица Арабского халифата Багдад стал центром образованности арабского мира. Здесь был открыт находившийся под особым покровительством халифа «дом мудрости». Большая группа ученых, переводчиков и переписчиков занималась переводами научных трактатов с греческого и сирийского языков на арабский. На ранней стадии большая часть переводов делалась христианами. Аль Рашид не только активно поддерживал ученых, которые изучали греческий язык и переводили греческие философские и научные труды, но также посылал людей на Запад для приобретения греческих манускриптов. Поскольку подавляющее большинство научных трудов писалось на арабском языке, науку Востока принято называть арабской, хотя далеко не все ее

представители были арабами. Важной заслугой ученых Востока стало сохранение научного наследия античного мира, но арабские ученые также внесли выдающийся вклад во многие области знания.

Большая работа по переводу иноязычных трудов и их распространению привела к созданию библиотек, которые обычно находились при мечетях и медресе. Переводы часто сопровождались комментариями и дополнялись новыми результатами, полученными авторами в результате собственных исследований и размышлений. Халифы и их приближенные часто оказывались широко образованными людьми, ценителями книг. В Багдаде, Каире, Дамаске, Рее, Гаргандже (Ургенче), Бухаре, Газне, Самарканде и других городах открывались публичные библиотеки, Дома мудрости, учебные заведения.

На первое место в странах ислама выходит вычислительная математика, развивается алгебра, приближенные вычисления, теория чисел, тригонометрия. Арабские ученые в этих науках значительно превзошли уровень, достигнутый в Александрии. Большое развитие на Востоке получили также астрономия, оптика и химия. IX – XI века стали периодом наибольшего расцвета арабской науки.

Многие знания арабские ученые почерпнули в Индии. В математике Индии вплоть до XVIII века также преобладали вычислительно-алгоритмические методы и отсутствовали попытки построения системы доказательств. Геометрия древней Индии также носит практический характер. Рассвет индийской математики начинается в VI веке. В сочинениях ученого того времени **Ариабхаты** не только формулируются правила элементарной математики, но вводится позиционная десятичная система счета. В VII веке другой индийский математик **Брахмагупта** ввел в обращение отрицательные числа и символ для обозначения нуля. При этом он правильно трактовал действия с отрицательными числами. Создание десятичной системы исчисления является выдающимся достижением древнеиндийской науки. Индийским математикам были также известны решения квадратного уравнения и систем уравнений. Распространение десятичной системы исчисления стало важным достижением арабской науки. Из арифметического трактата ал Хорезми «Об индийских числах», переведенного в XII веке на латинский язык, эта система стала известна в Европе, хотя параллельно с ней сохранялась у вавилонян 60-ричная

система. Поскольку европейцы позаимствовали индийские цифры у арабов, у нас они называются арабскими. Десятичные дроби в Европе были введены С. Стевином только в начале XVII века.

Развитие механики в Средние века началось с создания теории **импетуса** – «движущей силы», источником которой является орудие, с помощью которого тело приведено в движение. В процессе движения импетус расходуется и тело останавливается. Основы этой теории заложил александрийский ученый **Иоанн Филопон** (ок. 490 – 570). На первый взгляд кажется, что импетус является аналогом количества движения (импульса) тела. Но на самом деле это величина не векторная, а скалярная, и теория импетуса является попыткой примирить Аристотелево объяснение причин механического движения с практикой.

В странах ислама изучение механики началось с переводов и комментариев античных авторов – Аристотеля, Архимеда, Герона, и в дальнейшем шло по тем же направлениям. В трудах Ибн Сины и ал Бируни получает дальнейшее развитие теория импетуса.

Выдающийся математик **Мухаммед бен Муса ал Хорезми** (ок. 780 – 847) в начале IX века заложил основы алгебры. Примерно в 830 г. он создал первый известный арабский трактат по алгебре. В трудах ал Хорезми алгебра выделилась в самостоятельную науку. Его «Книга об операциях восстановления и приведения», ставшая известной в Европе тоже в XII веке, дала название новой науке (ал Джебр – восстановление). От имени ал Хорезми происходит и термин алгоритм. О жизни ученого известно не много, в 827 г. он принимал участие в измерении длины градуса земного меридиана на равнине Синджара, а при халифе ал Васике в 847 г. ал Хорезми возглавлял экспедицию к хазарам. Это событие и является последним упоминанием о его деятельности.

Особое место в развитии арабской науки занимает **Абу Али Хасан ал Хайсан ал Басри** (965 – 1039). Его главный труд по оптике «Сокровище оптики» во многих отношениях представлял собой прорыв в этой науке. Ал Басри добился большого успеха в изучении линз, сферических и параболических зеркал. Более того, он был выдающимся представителем экспериментального подхода к изучению оптических явлений и сделал точный для своего времени анализ строения и функционирования глаза. Вопреки Аристотелю он утверждал, что луч света исходит от наблюдаемого объекта, а не из глаза. Сегодня ал Басри рассматривается как крупней-

ший физик арабского мира. Он оказал сильное влияние на западную науку, в том числе на Роджера Бэкона, Кеплера и Ньютона. Ал Басри также написал комментарии к «Началам» Эвклида.

Среди других арабских ученых можно выделить следующих:

Абу Рейхан Мухаммед ибн Ахмет ал Бируни (973 – 1048) – выдающийся хорезмийский ученый-энциклопедист. Ал Бируни владел почти всеми науками своего времени, круг его интересов необычайно широк: математика, хронология, география, геология, геодезия, астрономия, физика, ботаника, минералогия, фармакология, этнография, история. В астрономии ал Бируни, наряду с геоцентрической системой признавал гелиоцентрическую. Для решения кубических уравнений Ал Бируни использовал метод проб.

Абу Али Хусейн ибн Абдаллах ибн Сина (980 – 1037) – представитель восточного аристотелизма – философ, врач, астроном, математик, известный в Европе под именем Авиценна. Первым в инструментах использовал нониус. Ибн Сина был ученым, одержимым исследовательским духом и стремлением к энциклопедическому охвату всех современных отраслей знаний. Он отличался феноменальной памятью и остротой мысли. Написал 450 трудов в 29 областях наук, 274 труда дошли до нас. Его произведение «Канон врачебной науки» в течение столетий было настольной книгой не только арабских, но и европейских врачей и оказало большое влияние на развитие европейской медицины.

Омар Хайям (1048 – 1131) – астроном, математик, философ и поэт. В математике установил, что π является иррациональным числом. Нашел графический способ решения уравнения третьей степени. Ученик Омара Хайяма **Аль-Хазини**, деятельность которого развлеклась между 1115 и 1121 гг., написал замечательный трактат по физике, в который вошли таблицы удельных весов твердых и жидких тел, описания опытов по взвешиванию воздуха, наблюдения явления капиллярности, описание применения ареометра для измерения плотности жидкости.

Улугбек Мухаммед Тарагай (1394 – 1449) – узбекский астроном и математик, один из величайших мыслителей и просветителей средневековья. Будучи внуком Тамерлана стал правителем империи Тимуридов – Хорезма. Его основным интересом в науке была астрономия. В 1428 г. Улугбек построил в Самарканде обсерваторию. Основным ее инструментом был грандиозный угломер – секстант (или квадрант), ориентированный точно с

севера на юг. Радиус секстанта был 40,2 м, а его дуга составляла шестую часть окружности с рабочей частью от 20° до 80° . Благодаря огромным размерам каждому градусу прибора соответствует интервал в 70 см. Располагалась обсерватория в трехэтажном цилиндрическом здании диаметром 46,4 м, высотой 30,4 м и с подвалом глубиной 12 м. С помощью секстанта производились измерения высоты небесных светил над горизонтом при прохождении их через небесный меридиан. Азимутальные наблюдения могли производиться на горизонтальном круге на крыше здания. В обсерватории имелись и другие инструменты, которые не сохранились.

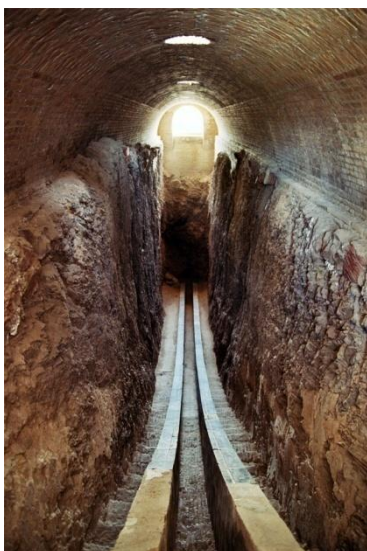


Рис. 4.3. Остатки обсерватории Улугбека в Самарканде



Рис. 4.4. Памятник Улугбеку в Самарканде

В обсерватории Улугбека работали такие крупные астрономы, как **Кази-заде ар-Руми**, **ал-Каши** и **ал-Кушчи**. Здесь к 1437 г. был составлен **Гурганский зидж** – каталог звездного неба, в котором были описаны 1018 звезд. Этот каталог был самым точным в мире до изобретения телескопа. В том же 1437 г. Улугбек определил длину астрономического года – 365 дней, 6 часов, 10 минут, 8 секунд. Погрешность составила + 58 секунд.

Арабские ученые создали такие разделы математики как плоская и сферическая тригонометрия. В обсерватории Улугбека были получены таблицы синусов с точностью девять знаков и частотой одна минута. Ее сотрудник **Джамшид ибн Масуд аль-Каши** (1380 – 1429) разработал итерационный метод решения уравнений третьей степени. Кроме того он создал систематическое изложение теории десятичных дробей и, используя алгоритм Архимеда, определил число π с точностью 16 знаков.

Научная и просветительская деятельность Улугбека вызвала недовольство мусульманского духовенства и реакционных феодалов, обвинявших его в ереси и организовавших против него заговор. Улугбек был предательски убит, а его обсерватория варварски разрушена.

4.3. Упадок арабской науки

Почти во всех областях научного исследования в Средние века – астрономии, математике, медицине и оптике – арабские ученые занимали ведущее положение. На протяжении более чем шести веков арабы в техническом и научном отношении превосходили Запад. Возникают вопросы: почему остановилось развитие арабской философии и науки?; как можно объяснить упадок арабской науки после XIV века?; почему арабская наука не стала источником современной науки?; почему научная революция произошла в XVI – XVII веках в Европе, а не в арабо-исламском мире?

На первый взгляд может показаться, что одной из причин застоя и упадка в XV веке восточной науки являлась арабская попытка «исламизации» греческой науки. Почти без исключения все вышеупомянутые арабские философы зарабатывали себе на жизнь как врачи, правоведы и государственные служащие. Хотя все они были мусульманами, но основывали свою деятельность на греческой философии и науке и не пытались «исламизировать» ее проблемы и результаты. С этим мирились, но в то же время эти ученые все больше становились объектами критики со стороны религиозных кругов. В XII – XIII веках возросло давление со стороны специфически исламских наук. Так называемые «иностранные» науки могли рассчитывать на поддержку только

тогда, когда они были обоснованы религиозно или, скажем, выполняли определенную религиозную функцию (астрономия, геометрия и арифметика были среди этих наук, поскольку для совершения молитвы мусульмане должны были знать точное время и направление на Мекку). Однако многие другие научные области критиковались с религиозной точки зрения как «бесполезные» или как подрывающие картину мира, изложенную в Коране. Таким образом, возрастающая исламизация «иностранных наук», по-видимому, вела к ограничению того, что законно могло трактоваться в качестве актуальных исследовательских задач.

Возможно, другой большой проблемой было и отсутствие в арабской культуре официальных оснований науки. Главным арабским центром образования были религиозные мусульманские школы – **медресе**. Начавшие расцветать в XI веке, они были главными исламскими культурными учреждениями. Медресе преимущественно предназначались для изучения религиозных (исламских) наук. Вся учеба сосредотачивалась на изучении Корана, жизни Пророка и его последователей, а также мусульманском учении о праве (шариате). Философия и естественные науки не изучались, хотя основные связанные с ними тексты копировались в медресе и передавались в библиотеки. Многие философы и ученые были преподавателями в медресе, но они не читали здесь лекций по «иностранным» наукам. В возрастающей степени занятие этими науками становилось личным делом или ассоциировалось с мечетью (астрономия) и двором халифа (медицина). Независимая арабская наука никогда не была официально оформлена и санкционирована арабо-исламской религиозной и политической элитой. Средневековый ислам не признавал гильдий и корпораций. Профессиональные группы студентов и преподавателей не могли быть юридически оформлены, что препятствовало их самостоятельному внутреннему развитию. Соответственно, было почти невозможным создание автономных академических институтов с внутренним самоуправлением, как это было в европейских университетах позднего Средневековья. Поэтому, очевидно, наиболее важной причиной стагнации арабской науки в XIV веке является то, что арабский мир так и не смог создать независимые университеты, к которым относились бы с терпимостью и которые могли бы рассчитывать на поддержку как светской, так и религиозной властей.

4.4. Наука в Средневековой Европе

Наука в Средневековой Европе развивалась в более сложных экономических и политических условиях. Античные научные традиции сохранялись в Византии и в арабском мире. Именно расцвет восточной науки IX – XIII вв. позволил человечеству не только сохранить достижения античной культуры, но и существенно развить некоторые отрасли знаний. Развитие экономики Европы в XII – XV столетиях потребовало и развития научных знаний. В результате первенство в науке постепенно переходит к европейским ученым.

Реанимирование науки в Европе начинается уже в XI веке. Ему способствовали также и крестовые походы, обеспечившие знакомство европейцев с достижениями Востока. В X – XII веках в Европе появляются водяные и ветряные мельницы, механические часы, развивается градостроительство, кораблестроение, строятся крупные гидротехнические сооружения.

Контакты с арабами и расцвет экономической деятельности привели к интеллектуальному пробуждению в Испании, Лотарингии, Франции, Шотландии. В Италии были созданы первые учреждения, служащие для распространения и расширения знаний, – университеты. В 1100 г. университет в Болонье уже достиг славы. К этому времени приобрел известность и Парижский университет. По образцу Парижа и Болоньи были созданы университеты в Падуге (1222 г.), Оксфорде (1229 г.), Кембридже, Неаполе, Риме и др. В XIV веке были открыты университеты в Пизе, Павии, Кракове, Вене, Гейдельберге, Ферраре и др. Преподавание везде велось на латинском языке, который стал общим языком науки.

В XII – XIII веках в Испании и Италии на латинский язык были переведены труды Аристотеля, Евклида и Птолемея. Однако одностороннее изучение античных авторов привело к развитию схоластики. Схоластика отличалась абстрактными и порой совершенно беспредметными и бесплодными рассуждениями. Она основывалась на догматах церкви и стала господствовать в науке. В это время труды Архимеда и Герона еще не дошли до европейцев, так что все изучение механики было основано на трудах Аристотеля и «Проблемах механики», которые также

приписывались Аристотелю. В результате получило развитие кинематическое направление статики, восходящее к Аристотелю. Наряду с античными, становятся известны и труды арабских ученых, таких как ал Хорезми, ибн Корра, ибн Сина и др.

Одновременно росло богатство и могущество католической церкви. Иннокентий II, занимавший папский престол в 1198 – 1216 гг., объявил себя наместником Бога на земле. Основную роль в идеологии стала играть теология. Для борьбы с «ересью» были созданы монашеские ордена доминиканцев и францисканцев, а затем введена инквизиция. Ее жертвами стали многие крупные ученые средневековья.

В результате наука в Средние века развивалась медленными темпами, в ней не было значительных прорывов. Однако упадок античной цивилизации не стал для науки катастрофой. Научные знания удалось сохранить для новой цивилизации. Хотя далеко не все сочинения древних ученых были сохранены, интеллектуальный потенциал античной науки был так высок, и объем знаний так обширен, что это позволило науке не только выжить, но и подняться на более высокий уровень.

Определенную просветительскую роль сыграли и новые мировые религии - христианство и ислам, которые стали естественной реакцией на деградацию и упадок античного мира. Библия и Коран оказали огромное влияние на развитие мировой культуры. Они стали основой для решения политических, правовых, экономических и морально-этических проблем. Начиная с раннего средневековья, на протяжении многих веков, церковь имела монополию на ученость и образование. Только церковные школы и монастыри обеспечивали обучение, сохранение знаний и подготовку духовенства. Именно из церковных школ выросли первые европейские университеты с курсами обучения семи свободным искусствам. Но, наряду с подготовкой духовенства, университеты давали и светские знания. Таким образом, политические, правовые и экономические концепции формировались на основе религиозного мировоззрения. При этом концепции исламских мыслителей, в первую очередь о государстве, его сущности, целях и задачах, а также о взаимоотношениях церкви и государства значительно отличались от учений западноевропейских теоретиков.

4.5. Развитие техники в период Средневековья

Падение Римской империи и создание «варварских королевств», бесконечная череда войн, нашествия арабов, венгров, викингов, эпидемии чумы сильно сократили население Европы. В результате рабочих рук стало меньше, а земельные наделы сократились. Для того чтобы прокормить население Европы необходимо было повысить производительность труда в сельском хозяйстве и урожайность.

Сделать это помогли три ключевых изобретения, внедренные в сельском хозяйстве в доиндустриальную средневековую эпоху и послужившие залогом опережающего развития Европы – это плуг, мельница и хомут.

Основными сельскохозяйственными орудиями для вспашки в Египте и Средиземноморье были мотыга и соха, которыми в земле делали борозды. Глубина запашки сохой составляет обычно 12 – 15 сантиметров. В Северной Европе, где почвы похуже, этого было уже недостаточно. Там для получения приемлемого урожая нужно было перевернуть верхний слой земли. В период римского владычества (I–V века) в Британии стал распространяться плуг – усовершенствованная соха. Помимо сошника (вертикального ножа, разрыхляющего почву), он был оснащен лемехом, взрезающим почву горизонтально, и отвалом, который переворачивал срезанный слой земли. Позднее плуг поставили на колеса, что не только значительно облегчило работу и пахарю, и тягловому животному, но и дало возможность нажимом регулировать глубину запашки в зависимости от качества почвы.

Внедрение колесного плуга и трехпольного севооборота обеспечило Британии, северной Франции и Германии стабильную урожайность на уровне сам-пять – сам-семь.

Основными источниками энергии в Средние века, как и в древнем мире, оставалась мускульная сила людей и животных. На протяжении столетий единственной машиной, применяемой в сельском хозяйстве, была мельница. Конструкцию водяной мельницы описал еще в I веке до нашей эры римский инженер и архитектор Витрувий. Однако актуальным это изобретение стало только тогда, когда рабочих рук стало не хватать. Уже к концу XI века только в Англии насчитывается около 6000 водяных мельниц. В XII столетии Бернارد Клервосский, автор типового монашеского устава католической Европы, предписывает каждому монастырю

иметь собственную мельницу, чтобы не зависеть от поставок хлеба извне. Примерно тогда же в Европе стали появляться и ветряные мельницы, хотя водяные так и остались более распространенными.

Мельницы стали использовать не только при помоле зерна, но и работы пилорам, насосов, прессов, а также первичной обработки камня. Это была первая масштабная механизация хозяйства, ускорившая не только развитие сельского хозяйства, но и ремесел, и торговли.

Длительное время в качестве тягловой силы и при вспашке, и для перемещения тяжелых грузов использовались быки. На лошади ездили либо верхом, либо запрягали ее в легкую повозку – колесницу. Причиной этого является использование в качестве упряжи ярма или ошейника. Ярмо дает нагрузку на голову, ошейник, соответственно, на шею. В силу особенностей их анатомии, быков можно запрягать и в ярмо, и в ошейник. Что же касается лошади, то ярмо просто сломает ей шею, а ошейник можно использовать только при небольшой нагрузке, иначе он ее задушит. В результате лошади были распространены только для поездок знати и для военного дела.

Однако нашествия кочевников принесли в Европу ряд усовершенствований, связанных с лошадьми. Среди них стремяна и хомут. Хомут – это система широких ремней, которая распределяет нагрузку на грудь и шею лошади. Он позволил запрягать в плуг лошадь, которая гораздо проворнее быка. Скорость паашки увеличилась, это позволило увеличить площадь пахотных земель и, соответственно, с теми же трудозатратами производить больше хлеба.

Таким образом, благодаря плугу, мельнице и хомуту Европа к XI – XII векам преодолела аграрный кризис, вызванный сокращением рабочей силы в «темные века». Кроме того, в Средние века в Европе внедрены важнейшие технические достижения, такие как водяной и ветряной двигатели, механические часы, компас, порох, бумага, очки. Они оказали сильное влияние и на дальнейшее развитие науки. Все указанное вызвало рост городов и развитие торговли и культуры. Поздняя средневековая цивилизация уже качественно отличается от античной.

ГЛАВА 5

Наука и техника в эпоху Возрождения

5.1. Крушение феодальной системы и эпоха Возрождения

Ренессанс – эпоха Возрождения, период интеллектуального и художественного возрождения античной культуры. Это эпоха расцвета, который начался в Италии в XIV веке, достигнув пика в XVI веке и оказавшего значительное влияние на европейскую культуру. Ренессанс имел огромное значение для становления экспериментальных наук.

После взятия турками в 1453 г. Константинополя и падения Византии многие интеллектуалы отправились на Запад. Точно так же, как арабы, за несколько веков до этого, принесли в Европу знание натурфилософии Аристотеля, они принесли с собой новое знание об античной греческой философии, в особенности философии Платона.

Возвращение в XV веке в Европу античных теорий создало условия, которые способствовали возникновению экспериментальной науки. В результате вновь пробудился интерес к использованию и преобразованию природы и контролю над ней. Для этого имелись адекватные понятия и теории, заимствованные из греческой философии, а также теоретическая ученость, приобретенная в процессе занятий средневековой схоластической философией. Именно сочетание теории и практической заинтересованности в изучении природы создало условия для возникновения естествен-

ных наук в эпоху Ренессанса. Этому предшествовали процессы развития естественнонаучных понятий в лоне средневековой философии, и накопления технических познаний в рамках ремесел и сельского хозяйства в эпоху Средневековья. Естествознание не могло возникнуть только из теории или только из практического интереса. Необходимо было сочетание этих факторов, что и произошло в эпоху Ренессанса.

Провозвестниками Ренессанса стали поэт **Данте Алигьери** (1265 – 1321) и художник **Джотто ди Бондоне** (1267 – 1337). Их творчество пронизано верой в человека, его возможности, волю и разум, отрицанием схоластики и аскетизма. Начавшись в Италии в XIV веке, Возрождение античных искусства, культуры и науки в течение 200 лет распространилось в Европе. Процветают философские идеи неоплатонизма и пантеизма. Ренессанс отвечал интересам нового зарождающегося класса буржуазии.

Одним из первых гуманистов эпохи Возрождения является немецкий философ, теолог, математик, кардинал римской католической церкви **Николай Кузанский** (1401 – 1464). Отрицая, что Земля является центром Вселенной, он также отвергал и схоластические методы доказательства, пропагандируя опытные знания. Творчество Николая Кузанского оказало большое влияние на Н. Коперника и Дж. Бруно.

Если до этого времени развитие производства и техники происходило на основе эмпирических данных, то в условиях расширяющегося капиталистического производства решающее значение приобретали научно обоснованные знания, не только суммирующие опыт, но и создающие теорию. Прогресс производства обогащал науку опытом, а наука, в свою очередь, помогала совершенствовать технику, технологию и организацию производства.

Развитие механики, например, стимулировалось применением в производстве, строительстве и горнорудном деле различных механизмов. Развитие артиллерии также нуждалось в решении задач механики. Строительство сложных гидротехнических сооружений вызвало появление гидродинамики. Развитие мореплавания требовало совершенствования астрономических знаний. Развитие металлургии, красильного дела и медицины вызвало прогресс химии. Таким образом, производство способствовало совершенствованию средств научного эксперимента.

В тесном взаимодействии с производством создавались основы современных наук. Прогресс в экономике привел не только к зарождению капитализма, но и подготовил коренной переворот в науке – научную революцию, которая произошла в XVII веке.

Достижения медицины. Медицина была одной из немногих отраслей знания, в которой был достигнут прогресс по сравнению с античностью. Влияние византийской медицины сказывалось как в арабских странах, так и в Европе в эпоху Возрождения. Вплоть до XVI века предполагалось, что болезнь является следствием ненормального смещения четырех жидких сред организма (крови, мокроты, желтой и черной желчи). Первым вызов этой теории бросил швейцарский алхимик **Парацельс** (1493 – 1541), который утверждал, что болезни связаны с нарушениями различных органов и могут быть излечены при помощи химических препаратов. Примерно в это же время первое тщательное анатомическое исследование человека было проведено **Андреасом Везалием** (1514 – 1564). Его труд «Строение человеческого тела» был написан на основе многочисленных наблюдений при анатомировании трупов. Однако основы современной медицинской науки были заложены почти через сто лет английским ученым **Уильямом Гарвеем** (1578 – 1657). Он разработал теорию кровообращения, показав, что кровь в теле человека циркулирует по замкнутому кругу благодаря сокращениям сердца, а не печени, как полагали ранее.

Основоположителем научной микроскопии стал нидерландский натуралист **Антони ван Левенгук** (1632 – 1723). Он ввел употребление микроскопа для зоологических исследований. С помощью изготовленного своими руками микроскопа Левенгук открыл микроорганизмы и исследовал структуру различных форм живой материи.

Среди титанов Возрождения одно из первых мест по праву принадлежит **Леонардо да Винчи** (1452 – 1519) – великому итальянскому художнику, изобретателю и ученому. В механике он стал предшественником Галилея в области сопротивления материалов. Леонардо ввел понятия силы и момента, коэффициент трения, а также выработал рекомендации для строительства арок. Сила его ума его гениальные научные предвидения, его замечательные технические изобретения, наконец, его великое

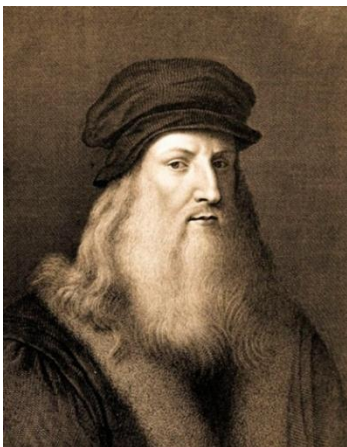


Рис. 5.1. Леонардо да Винчи

реалистическое искусство – все это повергало в изумление людей Ренессанса, склонных воспринимать Леонардо как живое воплощение того идеала всесторонне развитой личности, о котором мечтали лучшие из мыслителей и писателей XV – XVI веков.

Накопление новых знаний о природе рождало **новое** материалистическое **мировоззрение** и новые методы научного исследования. Большой вклад в обоснование новых

методов научного познания, построенных на опыте, внес **Френсис Бэкон** (1561 – 1626). Этот философ был также государственным деятелем и занимал пост лорда-канцлера при дворе английского короля Якова I Стюарта. В сочинении «Новый органон» он резко критикует схоластические методы доказательства истины, выдвигая вместо их познание мира с помощью наших чувств и рассудка. Бэкон разработал методологию экспериментального исследования явлений природы: на первом этапе проводится наблюдение над исследуемым объектом, изучаются его свойства и устанавливаются частные законы; затем на основе обобщения этих данных, полученных при конкретном исследовании, выясняются общие законы. Окончательное суждение об объективности установленной истины принимается только после ее проверки с помощью опыта и практики.

Таким образом, в естественных науках эпохи Возрождения был создан новый метод мышления, освобожденный от догм и схоластики. Благодаря этому наука выдвигается на передовые позиции в духовной культуре. Во всех сферах человеческой деятельности в это время царит дух искусства. Это наложило отпечаток и на характер научных исследований. Научные трактаты писались в литературном стиле. Технические проекты выдающихся ученых и изобретателей не подкреплялись научным обоснованием и порой были совсем фантастичны. Однако в ряде направлений,

таких как механика, оптика, химия, электричество, магнетизм и др. наука достигла порога великих перемен.

Однако в эпоху Ренессанса средневековый мрак не был полностью развеян светом искусства и науки. Централизованные государства этой эпохи были менее демократичными, чем средневековые феодальные королевства. В интеллектуальном плане Ренессанс во многих отношениях был более смутным, чем Средневековье. Достаточно вспомнить сожжение ведьм в период Реформации, инквизицию, зверства которой были хуже средневековой жестокости.

Но в то же время в эпоху Возрождения как широкое идейно-культурное движение сформировался гуманизм. Свобода и раскованность мысли создала предпосылки для создания множества научных направлений в гуманитарной сфере:

- трудами Макиавелли было положено начало политологии;
- социальные идеалы гуманизма сформировались в виде утопических концепций коммунизма;
- в религиозной сфере крупнейшим идейно-политическим движением стала Реформация, которая в духе эпохи призывала к возрождению истинного первоначального христианства, апостольной церкви;
- возникает первая в истории экономической мысли школа – меркантилизм, отражающая подлинные закономерности экономического развития стран Европы в период становления абсолютизма.

5.2. Развитие астрономии и система Коперника

До XVI века, считающегося началом современной эры в науке, преобладал взгляд на Вселенную, основанный на теориях Аристотеля и развившего их астронома Птолемея. Земля помещена в центр Солнечной системы, что соответствовало христианской теологии, сделавшей драму грехопадения и спасения души краеугольным камнем истории. Когда же, производя астрономические наблюдения, ученые обнаружили противоречия в системе Птолемея, орбиты планет были вычерчены по-другому и приобрели весьма замысловатый вид исключительно для того, чтобы соответствовать данной теории.

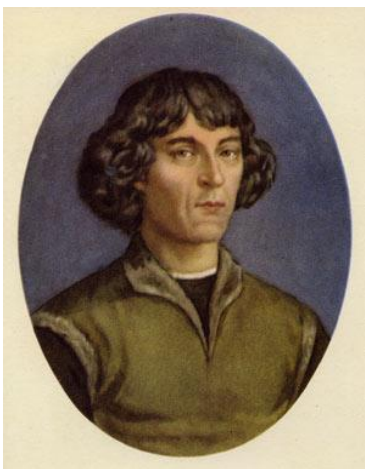


Рис. 5.2. Николай Коперник

Не все ученые разделяли точку зрения Птолемея, однако в течение всего периода средневековья ее никто не оспаривал. Первая тщательно разработанная альтернативная теория была представлена Коперником. Польский ученый **Николай Коперник** (1473 – 1543), будучи кафедральным каноником, большую часть жизни посвятил научным исследованиям. Он получил хорошее образование, обучаясь в Краковском университете, Болонье, Падуе и Фларенции.

Коперник предложил революционно новую модель мироздания – гелиоцентрическую (с Солнцем в центре), кардинально отличавшуюся от известной на тот момент. Он утверждал, что Солнце является неподвижным центром, вокруг которого вращаются планеты; и что Земля – одна из этих планет. Период обращения нашей планеты вокруг Солнца равен году, кроме того, она вращается вокруг собственной оси, совершая полный оборот за сутки. Ученый также полагал, что Луна – это не одна из планет, как считали в то время, а спутник Земли. Коперник первым расположил планеты в правильном порядке по степени их удаленности от Солнца – Меркурий как самую ближнюю, а Сатурн как самую дальнюю (Уран, Нептун и Плутон тогда еще не были открыты). Новая теория в основном была правильной, но в ней имелись и слабые места – для вычислений эта система была почти такой же сложной, как и птолемеяевская, главным образом потому, что Коперник ошибочно считал орбиты планет окружностями.

Создание Коперником гелиоцентрической системы мира, основанной на описательной астрономии, стало величайшим достижением эпохи Возрождения. В теории Коперника, наряду с научными воззрениями, провозглашались гипотезы, имеющие эстетический смысл, характерные для эпохи искусства. Идея Коперника о рядовом месте Земли во Вселенной потрясла мировоззрение эпохи, усилила критический дух, столь необхо-

димый для становления науки. Хотя далеко не все иерархи католической церкви выступали против новых идей, Коперник сознавал, что его выводы не только меняют представления о Вселенной, но могут оказаться и еретическими. Поэтому он считал необходимым подготовить общество к восприятию новой системы и не спешил публиковать свой труд «Об обращениях небесных сфер», который вышел в свет только в год смерти ученого (1543). Книга была посвящена Папе Римскому, а в предисловии было указано, что целью написания труда является желание помочь астрономам при вычислениях, а не критика теории Птолемея.

Хотя в те времена теория Коперника еще не была окончательно подтверждена, устаревшая картина мира стремительно рушилась. Значительный удар ошибочным представлениям был нанесен датским астрономом **Тихо Браге** (1546 – 1601), который в 1572 г. заметил сверхновую звезду – неизмеримо далекую и очень яркую, чье появление в «неизменном» пространстве за Луной было бы невозможно. Спустя несколько лет Браге наблюдал столь же невероятное появление кометы. Точность наблюдений звезд и планет он повысил более чем на порядок (погрешность менее угловой минуты), а положение Солнца по его таблицам находилось с точностью до одной минуты, тогда как прежние таблицы давали ошибку в 15 – 20 минут. В результате масштабных и систематических наблюдений исследователь определил положение многих небесных тел и издал первый современный каталог звезд.

Еще более впечатляющие и убедительные данные были получены итальянским ученым **Галилео Галилеем** (1564 – 1642). Ему повезло, так как он уже мог использовать техническое новшество – зрительную трубу, изобретенную в Голландии примерно в 1600 г. Почти сразу же после получения в 1609 г. известий о ее существовании Галилей сконструировал гораздо более совершенный прибор для наблюдения за небом – телескоп. Его открытия имели огромное значение, так как, помимо всего прочего, Галилей установил существование множества звезд, не видимых невооруженным глазом, пятен на Солнце, кратеров на поверхности Луны, спутников Юпитера и фаз Венеры.

Галилей использовал свои открытия для подтверждения гелиоцентрической теории Коперника. Однако это угрожало традициям и авторитету библейского учения, основанного исключительно на

геоцентрической теории, и Церковь забила тревогу. Сам Папа Римский запретил Галилею отстаивать взгляды Коперника, и ученый долгие годы ничего на эту тему не публиковал. Но, рассчитывая, что слава сможет оградить его от преследований Церкви, в 1632 г. Галилей опубликовал трактат «Диалог о двух главнейших системах мира», в котором опровергал положения системы Птолемея. При этом он сохранил видимость того, что следует указаниям Папы и закончил книгу утверждением, что творения рук Господних в действительности недоступны пониманию человека. Однако это не помогло, 69-летний ученый был вызван в Рим, где предстал перед судом инквизиции и был обвинен в ереси. Под угрозой смертного приговора Галилей вынужден был признать свою «ошибку» и раскаяться. В результате он отделался весьма мягким для того времени наказанием, и в течение оставшихся восьми лет своей жизни находился под домашним арестом на своей вилле в Арчетри.

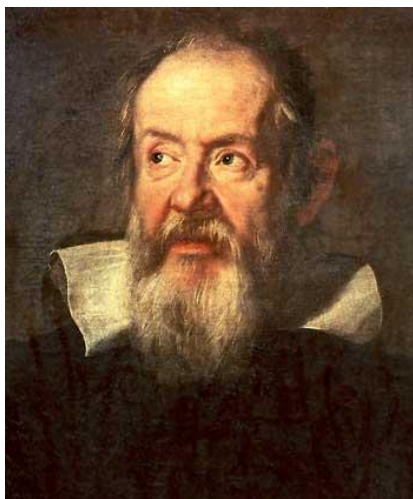


Рис. 5.3. Галилео Галилей и его телескоп, хранящийся в астрономическом музее Лондона.

Попытки Церкви запретить теорию Коперника потерпели неудачу, поскольку книга Галилея была переведена на многие языки и стала популярной в Европе. Кроме того, важные под-

тверждения справедливости теории Коперника предоставил немецкий астроном **Иоганн Кеплер** (1571 – 1630), который в 1609 – 1619 гг. открыл три закона движения планет. Согласно Копернику и Галилею планеты вращаются вокруг Солнца по круговой орбите, Кеплер же определил, что орбиты планет являются эллиптическими, и тем самым устранил ошибки своих предшественников. Он продемонстрировал, что гелиоцентрическая теория проще системы Птолемея, а также свободна от ее противоречий. Несколькоими годами позже Кеплер создал Рудольфовы таблицы, с помощью которых было возможно предсказать движение планет в будущем. Основанные на работах Тихо Браге, эти открытия ознаменовали начало всеобъемлющего и математически точного описания Солнечной системы.

Революция в астрономии, связанная с именами Коперника, Тихо Браге и Кеплера, позволила совершенно по-новому взглянуть на место человека во вселенной и на возможности человека рациональным образом объяснить астрономические явления. То, что небесная механика давала возможность пополнить земную механику, придавало смелости людям науки.

5.3. Развитие математики в эпоху Возрождения

В то время, когда в мусульманском мире наука пошла на спад, в Европе началось бурное развитие математики и механики. Первым значительным сочинением по математике стали «Пять книг о треугольниках всякого рода» немецкого астронома и математика **Иоганна Мюллера** (1436 – 1476), известного также под именем **Региомонтан**. В этой работе тригонометрия впервые трактовалась как самостоятельная наука. Кроме того Региомонтан ввел в обращение радикалы и правила действий над ними. Им в радикалах решены некоторые уравнения третьей и четвертой степеней. Позднее профессор Болонского университета **Сципион дель Ферро** (1465 – 1526) нашел общий метод решения неполного кубического уравнения вида

$$x^3 + px = q, \text{ где } p, q > 0 \quad (5.1)$$

Среди ученых XVI века, внесших большой вклад в развитие математики, можно выделить следующих:

Николо Фонтана, прозванный **Тарталья** (1499 – 1557) – итальянский ученый-самоучка. Сделал первый перевод «Начал» Евклида на итальянский язык. Был видным специалистом в фортификации. Тарталья не только заново открыл решение уравнения (5.1), но также смог решить уравнение, в котором $p < 0$.

Итальянский ученый **Джероламо Кардано** (1501 – 1576) придумал способ сведения полного кубического уравнения к виду, в котором отсутствует член с квадратом неизвестного и распространил его на уравнения четвертой степени. Он ввел отрицательные корни и мнимые числа. Свои результаты ученый опубликовал, включив также в свою книгу и метод решения уравнения четвертой степени, открытый его учеником **Луиджи Феррари** (1522 – 1565). В результате между Тартальей и Кардано возник спор о приоритете на способы решения степенных уравнений, который обсуждается почти 500 лет и вызвал обширную литературу, однако истину вряд ли удастся найти. Положительным же результатом этого спора стало стремление ученых не скрывать свои достижения, чтобы зарабатывать с их помощью деньги на диспутах, а публиковать их в научной печати.

Поиски решения алгебраических уравнений высших степеней занимались многие астрономы и математики в течение следующих 300 лет. Среди них Лаплас, Лагранж, Леверрье, Эйлер и др. Пытаясь отыскать формулу для решения в радикалах уравнения k -й степени, Эйлер нашел общий вид корней для любого уравнения степени не выше четвертой. Но свести общее буквенное уравнение пятой степени к уравнениям низших степеней ему не удалось. В 1770 – 1771 гг. Лагранж предпринял систематическое исследование всех методов решения и пришел к выводу: «Очень сомнительно, чтобы методы ... могли бы дать полное решение уравнения 5-й степени». В 1799 г. итальянский математик **П. Руффини** (с пробелами), а в 1826 г. норвежский математик **Н. Г. Абель** (полностью) доказали, что алгебраические уравнения степени выше четвертой с буквенными коэффициентами не решаются в радикалах.

В работе «Введение в искусство анализа» **Франсуа Виет** (1540 – 1603) излагает основы алгебры и подводит итог математики эпохи Возрождения. В этой работе появляются такие правила:

сложение и вычитание производится только над одномерными величинами; умножение и деление вызывают изменение размерности.

Однако алгебру Виета вскоре вытесняет алгебра Р. Декарта. Декартово понятие «переменная величина» стала поворотным пунктом в математике XVII века. Кроме того он ввел прямоугольную (декартову) систему координат, современные обозначения в алгебре и написал первое сочинение по аналитической геометрии.

Дальнейшее развитие аналитическая геометрия получила в XVII веке в трудах **Пьера Ферма** (1601 – 1665), который также добился выдающихся результатов в теории чисел и в методах бесконечно малых. А современный вид аналитическая геометрия получила благодаря К. А. Клеро и Л. Эйлеру. Появление аналитической геометрии существенно облегчило формирование анализа бесконечно малых.

Из других достижений XVII века следует отметить открытие логарифмов, существенно облегчавших проведение громоздких вычислений на протяжении почти четырех столетий. Теоретические основы логарифмов начали формироваться давно, еще в трудах Архимеда и Диофанта Александрийского. Первые таблицы логарифмов составил в 1603 – 1611 гг. сотрудник обсерватории Кеплера шведский математик **Йост Бюрги** (1552 – 1632). Однако он издал их только в 1620 г., и то по настоянию Кеплера. Его опередил шотландский барон **Джон Непер** (1550 – 1617), издавший в 1614 г. в Англии книгу «Описание удивительных таблиц логарифмов». Логарифмы быстро распространились в вычислительной практике во всем мире.

5.4. Исследования в области статики

Как уже отмечалось, статика на протяжении тысячелетий развивалась самостоятельно. Развивая кинематическое направление, восходящее к Аристотелю, французский ученый XIII века **Иордан Неморарий** (о его личности точных сведений не имеется) не только получил правильное решение задачи о равновесии тела на наклонной плоскости, но и понял, что известный в древности закон равновесия на рычаге и неизвестный ранее закон равновесия

на наклонной плоскости являются частными случаями какого-то общего закона. Влияние школы Иордана можно проследить в работах Леонардо да Винчи. В дальнейшем развитии традиций этой школы занимались также Тарталья и Кардано.

В статике эпохи Возрождения намечается и тенденция к развитию забытого в средние века архимедовского направления – геометрической статики. Началом ее изучения можно считать конец XV – начало XVI века, когда после взятия турками Константинополя в Западной Европе появились привезенные византийскими беженцами остатки собраний античных рукописей.

Франческо Мавролико (1494 – 1575) и **Федерико Командино** (1509 – 1575) принадлежат первые переводы Архимеда на латинский язык и комментарии к ним; причем оба автора помимо комментирования рассматривают и многочисленные собственные задачи на определение центров тяжести различных фигур.

Среди ученых, развивавших геометрическую статику можно отметить ученика Командино **Гвидо Убальди дель Монте** (1545 – 1607), который сам непосредственно занимался инженерной практикой. Вопросы статики он касается в двух сочинениях: «Книга о механике» и «Замечания по поводу трактата Архимеда «О равновесии плоских фигур». Кроме сочинений Архимеда дель Монте ссылается на Паппа и Герона Александрийского, влияние которых сказалось в его описании «простых машин». Дель Монте еще не вводит явно понятие момента силы, но на практике им пользуется. С помощью геометрического метода он рассматривает задачи о равновесии рычага, весов и грузов на наклонной плоскости. Однако в некоторых задачах Дель Монте отступает от геометрической статики и там, где это целесообразно, например, в задаче о равновесии груза, подвешенного на веревке, перекинутой через блоки, он прибегает к одному из элементарных вариантов принципа возможных скоростей.

Значительный вклад в разработку геометрической статики внес крупный представитель науки Возрождения – **Джамбаттиста Бенедетти** (1530 – 1590). Хотя он был учеником Тартальи, в статике ученый придерживался традиции Архимеда. Более того, в первых главах своего основного труда «Книга различных математических и физических рассуждений» Бенедетти не только рассматривает ошибочные положения своего учителя, но и

подвергает принципиальной критике основные положения школы Иордана. Бенедетти пользуется понятием момента силы, при этом достаточно четко его формулирует, хотя сам этот термин еще не вводит. С помощью сравнения моментов сил Бенедетти получает окончательное решение поставленной еще Аристотелем задачи об устойчивости Т-образных весов в прямом и перевернутом положениях.

Следует отметить, что и дель Монте, и Бенедетти в практических вопросах при выработке кратких технических правил расчета равновесия тел использовали и некоторые положения кинематической статики.

Наиболее последовательным представителем геометрического направления был фламандский математик, механик и физик **Симон Стевин** (1548 – 1620). С 1583 г. он преподавал в Лейденском университете, где читал лекции по математике. В 1620 г. организовал при нем инженерную школу. В последние годы жизни ученый был инспектором водных сооружений.

Стевин был наиболее ревностным последователем Архимеда и решительно отвергал традиции кинематической статики, в которой не видел строгости и четкости изложения. Основным его трудом по механике являются «Начала статики», изданные на фламандском языке в 1586 г. Свою статику Симон Стевин строит аксиоматически. Вначале он дает определения, в основу которых положена совокупность основных постулатов геометрической статики Архимеда. Затем ученый, опираясь на принципы Архимеда, выводит закон равновесия рычага. Впоследствии его доказательство правила равновесия прямого неравноплечего рычага было воспроизведено в «Беседах» Галилея. Далее закон равновесия рычага Стевин использует для вывода условий равновесия в более сложных случаях. Ученый дополнительно вводит еще один принцип, согласно которому нарушение равновесия в системе невозможно, если это нарушение не меняет ни величины, ни расположения в ней грузов. Он также ввел в механику термин **равновесие**. Стевин первым сформулировал теорему о треугольнике сил, дал новое доказательство закону равновесия сил на наклонной плоскости, основанное на невозможности вечного двигателя и предложил способ изображения сил с помощью линий. Стевин сформулировал закон гидростатического давления, ввел понятие метацентра.

Таким образом, его труды сыграли завершающую роль в развитии геометрического направления элементарной статики и гидростатики эпохи Возрождения.

Завершает построение геометрической статики на плоскости французский математик **Пьер Вариньон** (1654 – 1722). В книге «Новая механика или статика», вышедшей после его смерти в 1725 г., он изложил курс статики для плоской системы сил, опираясь на закон параллелограмма сил и уравнение моментов. Закон параллелограмма он, независимо от Ньютона, также, доказывал при помощи сложения движений точки. Вариньону принадлежит и теорема о моменте равнодействующей плоской системы сил, которая носит его имя. Отдельно в его книге рассматривается определение условий равновесия на основании принципа возможных перемещений. Закон параллелограмма сил стал основанием для создания графических методов статики. Вариньон разработал метод веревочного многоугольника для определения равнодействующей сил, лежащих в одной плоскости.

В XVIII веке в развитии геометрической статики наступает застой. Ученые занимаются аналитическими методами динамики. Забытым оказывается и веревочный многоугольник Вариньона, его заново открывает немецкий инженер **Карл Кульман** (1821 – 1881).

В эпоху Возрождения опыт, накопленный греками и римлянами в искусстве строительства и частично утраченный в средние века, был поднят на прежнюю высоту. Это вызвало интерес к проблеме прочности. Первым, кто ею занялся, стал Леонардо да Винчи. Механика вызывала у него особый интерес. Он писал: «Механика – это рай для математической науки, поскольку мы получаем в ней плоды математики». Леонардо ввел понятия силы и момента, коэффициент трения. Ученый применяет «золотое правило механики» (впоследствии оно выросло в принцип виртуальных перемещений) к расчету различных подъемных механизмов, представляющих собой систему блоков и рычагов. Он также пользуется методом моментов и получает с его помощью правильные решения задач о равновесии стержневых систем. По-видимому, Леонардо да Винчи имел также правильное представление о распоре, возникающем в арках.

Леонардо да Винчи экспериментально изучал прочность строительных материалов. На рис. 5.4 приведена установка для определения нагрузки, которую может выдержать железная проволока. Ученый исследовал также сопротивление балок изгибу и некоторые исследования по сопротивлению колонн. Однако его труд остался неопубликованным и не оказал влияния на развитие науки о прочности.

Начало изучению сопротивления материалов положил Галилео Галилей. Он впервые обосновал необходимость применения аналитических методов расчета взамен эмпирических правил. В Лейдене в 1638 г. издается его книга «Беседы и математические доказательства относительно двух новых наук, касающихся механики и законов падения», которая и знаменует собой возникновение науки о прочности.

Галилей утверждает, что если возводить геометрически подобные сооружения, то по мере увеличения их размеров, они будут становиться все менее прочными. Ученый разрабатывал методику проведения опытов по абсолютному сопротивлению разрыву и устанавливает, что прочность бруса при растяжении пропорциональна площади его поперечного сечения и не зависит от длины.

Галилей рассмотрел задачу об изгибе консольной балки и балки, лежащей на двух опорах. Решая эти задачи, он вводит понятие напряжений.

В случае консольной балки прямоугольного поперечного сечения Галилей исходил из того, что опасным является сечение AB в заделке, а разрушение происходит из-за появления трещины у верхнего ребра балки A и вращения вокруг нижнего ребра B сечения AB (см. рис. 5.5). Для оценки прочности он принимает растягивающие усилия в этом сечении равномерно распределенными, полагая, таким образом, что нейтральная линия находится на внутренней поверхности деформированной балки. В этом случае момент сопротивления изгибу в три раза выше действительного и, соответственно, значение разрушающей нагрузки тоже должно быть в три раза выше. Однако, если вспомнить, что реальные материалы не следуют закону Гука вплоть до момента разрушения, можно заметить, что ошибка Галилея будет значительно меньше.

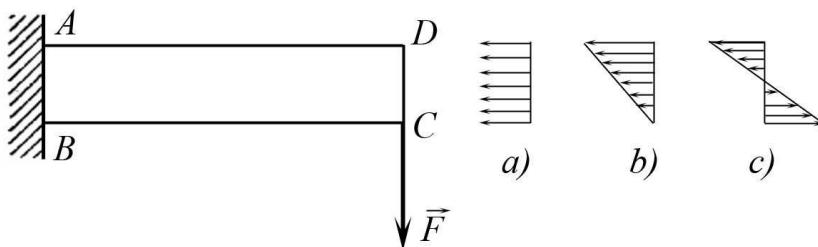


Рис. 5.4. Схема изгиба консольной балки и графики распределения напряжений по Галилею (поз. *a*), Мариотту и Лейбницу (поз. *b*) и Парану и Навье (поз. *c*)

Исследуя балку, лежащую на двух опорах, ученый приходит к выводу, что изгибающий момент имеет максимальное значение в той точке, где приложена нагрузка, а для ее уменьшения нагрузку следует поместить в середину пролета. При этом Галилей замечает, что можно сэкономить на материале, уменьшая поперечное сечение балки вблизи опор. Далее он дает полное решение задачи о защемленном брус равного сопротивления.

В заключение Галилей исследует прочность полых балок, указывая, что такие балки «находят разнообразнейшие применения в технике – а еще чаще в природе – в целях возможно большего увеличения прочности без возрастания в весе; примерами тому могут служить кости птиц и разного вида тростники: и те и другие отличаются большой легкостью и в то же время хорошо сопротивляются как изгибу, так и излому». Таким образом, несмотря на некоторые ошибки, великий ученый получил ряд правильных результатов и заложил основы сопротивления материалов. При этом следует отметить, что его интересует только предельное состояние материала, Галилей не рассматривает деформацию.

5.5. Зарождение классической механики

В XVII веке была создана **классическая механика**. У истоков новой неаристотелевой механики стояли следующие ученые.

Джероламо Кардано заложил основы теории механизмов и машин. Изобрел шарнир, передающий вращение между валами,

составляющими произвольный изменяющийся угол, предложил исследование механизма путем разложения его на элементарные звенья, ввел передаточное число.

Длительное время эфемерная теория импетуса и деление движения на естественное и насильственное довели над учеными и препятствовали развитию динамики. Однако постепенно в динамике зарождаются представления об инерции. Николай Кузанский, рассматривая случай движения идеального шара по идеальной горизонтальной плоскости, делает вывод о том, что, будучи однажды приведен в движение, шар будет двигаться всегда. Дж. Кардано приходит к такому же выводу.

Истинно научная динамика зародилась в конце XVI века, и с ее появлением механика превратилась в науку о движении, в которой появились попытки объяснить все явления природы на основе развития логических принципов.

Достоверность научных представлений в рамках механической картины мира была тесно связана с развитием экспериментальных методов исследования. В исследованиях в области механики нуждались и астрономия, и военное дело (особенно артиллерия), и гидротехника, и строительство, и архитектура.

Именно механика, а точнее ее раздел динамика, испытала наиболее сильное влияние экспериментальных методов. Статика, в отличие от динамики, не подтверждалась в такой степени экспериментами. Динамика, отвечая на вопрос о переходе тела или механической системы из начального состояния к последующему под действием заданных сил, могла быть подтверждена соответствующим экспериментом. Это и придало механическому естествознанию ту необратимость развития и ту достоверность, которые отличают науку XVII века от научных представлений предыдущего периода. Становление классической механики можно считать основной составляющей научной революции XVII века. Классическая механика формировалась в ходе решения небольшого числа проблем. Первая проблема – это закон свободного падения тела и связанная с ним задача внешней баллистики (полет тела,

брошенного под углом к горизонту). Эта задача стала очень актуальной в связи с развитием артиллерии.

Рассматривая в сочинении «Новая наука» баллистическую задачу, Николо Тарталья приходит к выводу о том, что траектория выпущенного снаряда на всем ее протяжении есть кривая линия, в то время как до него считалось, что она состоит из двух прямых, соединенных кривой линией. Он также делает заключение о том, что наибольшая дальность полета снаряда соответствует углу возвышения 45° . Вывод последнего утверждения не сохранился, и поэтому неизвестно как оно получено.

Решительный удар по аристотелевой механике нанес ученик Тартальи Джамбаттиста Бенедетти. Он работал при дворе герцога Савойского в Турине, был последователем Коперника и является одним из основоположников современной механики. Бенедетти выдвинул теорию сообщающихся сосудов, ввел понятие момента силы относительно точки. С помощью принципа инерции ученый объясняет ускорение, которое приобретает тело под действием постоянной силы. Он заложил основы новых представлений о свободном падении, исследовал принцип наклонной плоскости, прямолинейное и вращательное движение, падение тел. В частности, ускорение, которое приобретает тело под действием постоянной силы, ученый объясняет с помощью принципа инерции. Согласно Бенедетти, скорость падения зависит только от разности между плотностью тела и плотностью среды. Таким образом, тела разной массы, но одинаковой плотности должны падать одинаково быстро, однако, в отличие от современной точки зрения, он считает, что в пустоте тела разной плотности должны падать с разными скоростями. Бенедетти первым в печати открыто критикует Аристотеля, указывая при этом, что удивительно, как это две тысячи лет никто не замечал его заблуждений. В начале своей научной деятельности Галилей находился под сильным влиянием Бенедетти.

Большой вклад в развитие динамики внес Симон Стевин. Он приводит более общие рассуждения: «Любые тяжести, движимые по горизонтали, каковы корабли на воде, телеги на равнинах полей и т. п., не нуждаются для своего движения даже в силе одной мухи,

если оставить в стороне те препятствия, которые создает окружающая среда и которые мешают движению, каковы вода, воздух, трение колес, осей, толчки и удары о мостовую дорог и т. п.». таким образом, ученые уже в первой половине XVI века приблизились к закону инерции.

Стевин одним из первых занимался систематическим экспериментальным изучением падения тел. Ученый исследовал магнетизм Земли, ввел в употребление в Европе десятичные дроби и предложил десятичную систему мер. Фламандский математик сформулировал условия нахождения корня в данном интервале и предложил способ его приближенного вычисления. Он также предложил учитывать отрицательные корни уравнений.

Правильный равномерно-переменный закон движения падающего тела формулирует и испанский ученый, последователь Оксфордской школы **Доменико Сото** (1494 – 1560). Он дает для пути, пройденного падающим телом закон, совпадающий с современным.

Решительный шаг в создании новой механики сделал Г. Галилей. Он окончательно доказал, что скорость падения не зависит от веса тела. Проводя экспериментальные исследования движения тела на наклонной плоскости, ученый вывел закон равноускоренного движения. Галилей также определил, что траектория брошенного тела является параболой. На основании этих результатов он установил принципы относительности движения, инерции и независимости действия сил, а также понятия скорости в данной точке, ускорения, сложения движений.

Галилей одним из первых исследовал колебания маятника. Еще в годы учебы в Пизанском университете, скучая во время мессы, он заметил тот факт, что частота колебаний огромного паникадила, подвешенного к куполу собора, не зависит от их амплитуды. Молодой студент опытным путем установил пропорциональность между длинами маятников и квадратами времени их качания. Позднее свойство маятника сохранять частоту свободных колебаний при малых отклонениях ученый хотел использовать для создания часов.

Большой вклад в формирование новой динамики внес Р. Декарт. Он сформулировал принцип постоянства количества движения и принцип сохранения работы, которые у него являлись аксиомами. В своих «Началах философии» Декарт не обосновывает эти принципы ничем, кроме ссылки на неизменность «божественной воли». При этом, говоря о количестве движения, Декарт не учитывает направление движения, ошибочно считая его скалярной, причем существенно положительной величиной.

Христиан Гюйгенс дает формулировку закона количества движения уже с учетом направления движения, у него же приводится и первая формулировка закона сохранения движения центра масс. Ньютон излагает эти законы в более четкой форме, однако у него нигде не указано, что они, по сути, являются одним и тем же законом. Закон сохранения количества движения стали применять для решения задач об ударе тел.

Гюйгенс также был одним из первых исследователей, работавших над законом сохранения механической энергии. Он правильно понимал понятие «сила», полагая, что ее «надо измерять не сообщенной ею скоростью в равномерном движении, а тем ускоренным движением, которое получается под ее влиянием». Ученый также правильно определяет центробежную силу инерции. Он, в частности, знал о влиянии вращения Земли на период колебаний маятника на разных широтах.

Результаты своих исследований Гюйгенс опубликовал в трактате «Маятниковые часы», в котором не только приводит описание изобретенных им часов, но и дает их глубокое теоретическое обоснование. Автор, в отличие от Галилея, знает о влиянии амплитуды колебаний маятника на его период при больших отклонениях. Он находит циклоидальный маятник, у которого этого влияния нет. Гюйгенс также излагает учение об эволютах и эвольвентах и приводит общие методы определения центра качания. В конце книги он, хотя и без доказательств, приводит теоремы, касающиеся центробежных сил. Эта работа, наряду с трудами Галилея и законами Кеплера, стала основой для создания Ньютоном классической механики.

Хотя эти понятия и принципы не были доведены до своего окончательного выражения, они составили основу классической

механики и позволили в сочетании с законами Ньютона создать единую механику. Создателем новой динамики стал Исаак Ньютон.

5.6. Изобретения и распространение знаний

Итак, к XVII веку наука действительно далеко продвинулась в своем развитии. Научные достижения постоянно множились, интерес к науке проявлялся повсеместно. Этому способствовало и то, что научные знания были еще не очень специализированными, и любой образованный человек мог провести эксперимент и совершить открытие.

Развитию экспериментальных методов исследования способствовало изобретение различных приборов. В XVI – XVII вв. были созданы микроскоп и телескоп, в результате чего были открыты неизведанные до тех пор микро- и макромир. Появились такие обычные для нашего времени приборы, как термометр, ртутный барометр и воздушный насос.

Важнейшим достижением науки XVII века стало создание маятниковых часов. Точные часы (хронометр) были крайне необходимы мореплавателям для определения местоположения корабля. В 1636 г. Галилей предложил правительству Голландии изготовить часы с маятником. Однако дальше писем дело не пошло. В 1641 г. он все-таки взялся за изготовление часов, но смерть помешала довести исследования до конца. Его сын, **Винченцо Галилей**, продолжая дело отца, в 1648 г. принялся за изготовление часов, но тоже скоро скончался.

Первые часы с маятником построил Христиан Гюйгенс, который в 1657 г. получил на них патент Генеральных штатов (правительства) Голландии. В 1673 г. Гюйгенс издал книгу «Маятниковые часы», в которой рассказывает о положительных результатах испытаний маятниковых часов в море. В том же году парижский мастер Исаак Тюре изготовил часы с учетом всех усовершенствований. Но последующие испытания показали недостатки применения маятниковых часов на качающемся судне, и Гюйгенс пришел к выводу, что хронометр должен представлять собой пружинные часы с балансиrom. Такой хронометр удалось создать только в 1735 г. Дж. Харрисону.

Знаменитыми английскими экспериментаторами были **Уильям Гилберт** (1544 – 1603), заложивший основы изучения электричества и магнетизма, и **Роберт Гук** (1635 – 1703), который в биологии ввел понятие «клетка» для описания того, что увидел через линзы усовершенствованного им микроскопа. Ирландец **Роберт Бойль** (1627 – 1691) изобрел вакуумный насос и сформулировал закон, известный под названием закона Бойля – Мариотта, который устанавливает соотношение между объемом газа и давлением.

Подлинной революцией в развитии науки и просвещения было изобретение книгопечатания (середина XV в.) и производство дешевого писчего материала – бумаги. Честь изобретения книгопечатания принадлежит **Иоганну Гуттенбергу** (ок. 1399 – 1468). Но без тряпичной бумаги книгопечатание не могло бы иметь таких огромных успехов. От арабов европейцы впервые научились делать хлопчатую писчую бумагу, но она была непрочна и неудобна для скорописи. Поэтому к ней начали примешивать льняные ткани и, наконец, стали делать бумагу из тряпок. Эта тряпичная бумага, по своей крепости, дешевизне и удобству для письма к концу средних веков вошла во всеобщее употребление. Книгопечатание чрезвычайно увеличило число книг и сделало их несравненно дешевле, чем прежде, и доступнее для народа. А вместе с распространением книг быстрее начали распространяться и знания, то есть скорее пошло вперед просвещение человечества.

Огнестрельное оружие, порох, компас и корабли, способные пересекать океаны, позволили европейцам открыть, исследовать и нанести на карту значительную часть мира, а изобретение книгопечатания означало, что любая информация быстро становилась доступной ученым всего континента. К. Маркс отмечает: «Порох, компас, книгопечатание – три великих изобретения, предваряющие буржуазное общество. Порох взрывает на воздух рыцарство, компас открывает мировой рынок и основывает колонии, а книгопечатание становится орудием протестантизма и вообще средством возрождения науки, самым мощным рычагом для создания необходимых предпосылок духовного развития».

Начиная с XVI века, взаимосвязь между обществом, наукой и техникой становилась все более тесной, поскольку прогресс в

одной из областей знания подталкивал к развитию других. Новая наука пыталась подтвердить справедливость наблюдений путем экспериментов и перевести результаты на универсальный язык математики. Галилей был первым ученым, осознавшим, что именно такой подход является ключом к пониманию всего сущего, и утверждал, что «книга природы... написана математическими знаками».

5.7. Развитие мануфактурного производства

В последней трети XVI – начале XVII века происходит буржуазная революция в Нидерландах, сыгравшая важную роль в развитии капиталистических отношений в протестантских странах. В 1642 – 1688 гг. буржуазная революция разворачивается и в Англии, наиболее развитой в промышленном отношении европейской стране. Эти ранние буржуазные революции были подготовлены развитием мануфактурного производства, пришедшего на смену ремесленному труду. Вплоть до начала XVIII века производство в Европе строилось на основе цехов (гильдий ремесленников). Цехи устанавливали обязательные правила изготовления продукции, ее количество и номенклатуру. Цехам в городах принадлежало монопольное право производства и продажи большинства промышленных товаров. Это право должны были контролировать городские власти. Чтобы избежать конкуренции, цехи препятствовали совершенствованию способов производства.

Однако в XVII веке стало интенсивно развиваться промышленное производство в сельской местности, где не действовали цеховые ограничения. Издавна крестьяне после окончания летней страды занимались прядением, ткачеством, шитьем, выделкой кож и др., прежде всего, для собственных нужд, а также и на продажу. Включение в XVII веке торгового капитала дало новый импульс этому производству. В Англии, во Франции, а затем и в других странах все больше крестьян-надомников стали работать по заказу купцов-перекупщиков. Отдельные селения и даже целые местности стали специализироваться на конкретных видах производства. Скупщик постепенно превращался в организатора и координатора домашнего промышленного производства, а домашнее сельское производство приобретало характер рассредоточенного предпри-

ятия. Система рассеянных мануфактур была очень выгодна для купцов-предпринимателей, поскольку крестьяне-надомники имели собственные средства производства и помещения. К тому же их труд, как правило, обходился намного дешевле труда городских рабочих. Так зародилось мануфактурное производство, которое к началу XVIII века получило большое развитие. Постепенно в сферу деятельности купцов-предпринимателей стало входить и городское цеховое ремесло.

Переход к мануфактуре способствовал быстрому росту производительности труда, поскольку производственный процесс был основан на его разделении. В свою очередь разделение труда вызвало потребность в рациональной организации производственных процессов, которая невозможна без привлечения современных достижений науки и техники. Как раз в это время, в конце XVII – начале XVIII века наука переживает период своего становления – научную революцию. Бурно развивается естествознание, основанное на экспериментальных исследованиях и математическом описании явлений природы.

Наиболее быстрый рост промышленности в Европе наблюдался в первых буржуазных государствах – Голландии, Англии и Швеции, а также во Франции, где уже сложился буржуазный уклад. Наиболее развитой в промышленном отношении страной Европы была, безусловно, Англия.

В России в результате преобразований Петра I в первой четверти XVIII века также начало развиваться мануфактурное производство. В отличие от Западной Европы его организовывало государство, в первую очередь для вооружения и обмундирования армии и строительства флота. Поэтому особенно большие успехи были достигнуты в металлургической и текстильной промышленности. При Петре I в России возникли новые отрасли: судостроение, шелкопрядение, стекольное и фаянсовое дело, производство бумаги. Из-за господства феодального строя мануфактурная промышленность носила крепостнический характер. Кроме вольнонаемного труда на мануфактурах использовался и принудительный труд крестьян, работавших на вотчинных предприятиях своих помещиков, а также приписанных к заводам крестьян.

ГЛАВА 6

Научная революция XVII века и эпоха просвещения

6.1. Научная революция XVII века

Следующим шагом в развитии науки стала так называемая **Научная революция**. Наибольший вклад ее подготовку сделал великий итальянский ученый Галилео Галилей, заложив основы классической механики и сопротивления материалов. Свои экспериментальные исследования он проводил на основных, самых простых задачах механики, изучая падение тяжелых тел, их движение по наклонной плоскости, колебания маятника и баллистическую задачу. Основным трудом Галилея являются «Беседы о двух системах мира птолемеевой и коперниковой». Среди многих выдающихся ученых XVII века, которые внесли вклад в подготовку научной революции можно отметить следующих:

Голландский математик **Исаак Бекман** (ок. 1570 – 1637), который независимо от Галилея вывел законы скоростей и расстояний при падении тел. Он также экспериментально исследовал колебания натянутой струны.

Марен Мерсенн (1588 – 1648) – французский физик, математик и богослов. Он одним из первых возрождал

экспериментальные методы в механике, в частности, исследовал колебания маятника и струны и измерял скорость звука в воздухе. Предложил схему зеркального телескопа. Мерсенн вел переписку со всеми выдающимися учеными того времени из разных стран и, благодаря этому, играл роль связующего центра. В 1932 – 1970 гг. издано 11 томов писем, адресованных Мерсенну. Деятельность ученого способствовала научному общению – на основе кружка Мерсенна в 1666 г. была организована Парижская Академия наук.

Рене Декарт (латинизированное имя **Картезий**) (1596 – 1650) – французский философ, физик, математик и физиолог. Заложил основы аналитической геометрии, ввел систему координат, усовершенствовал алгебру. Вывел закон сохранения количества движения. Создал философское учение картезианство.

Пьер Гассенди (1592 – 1655) – французский философ-материалист, математик и астроном. Свой курс философии он строил таким образом, что сначала излагал учение Аристотеля, а потом показывал его ошибочность. Открытия Коперника и сочинения Джордано Бруно окончательно убедили Гассенди в непригодности аристотелевской физики и астрономии. По учению Гассенди, все существующее состоит из атомов и пустоты и находится в пространстве, как бесконечной возможности наполнения, и времени; время и пространство никем не сотворены и не могут быть уничтожены, в отличие от атомов, которые, по Гассенди, созданы богом. Тела состоят не из первичных атомов, а из их соединений, которые Гассенди называл «молекулами» (от слова *moles* – «масса»). Атомное учение Гассенди было благожелательно принято естествоиспытателями XVII века. Многие из них, в том числе Р. Бойль, И. Ньютон и Р. Гук, основываясь на построениях Гассенди, излагали в своих трудах корпускулярные учения.

Пьер Ферма (1601 – 1665) – французский математик, один из создателей аналитической геометрии и теории чисел (теорема Ферма). Труды по теории вероятностей, исчислению бесконечно малых и оптике (принцип Ферма). В создании математического анализа является предшественником Лейбница и сводит задачу интегрирования к алгебраической.

Бенедетто Кастелли (1577 – 1644) – итальянский физик и математик, друг и ученик Галилея. Основные труды Кастелли относятся к гидравлике и гидрометрии. Из сочинений Кастелли

наиболее известно «Измерение текущей воды» (1628), в котором он впервые изложил основы гидрометрии. Он также продолжил исследования Галилея в области гидростатики.

Ученик Кастелли и Галилея, математик и физик **Эванджелиста Торричелли** (1608 – 1647). Известен как автор концепции атмосферного давления и продолжатель дела Галилея в области разработки новой механики. В 1641 г. Торричелли переехал к Галилею в Арчетри, где стал его учеником и секретарем, а после смерти Галилея (1642) – его преемником на кафедре математики и философии Флорентийского университета. В 1644 г. разработал теорию атмосферного давления, доказал возможность получения так называемой «торричеллиевой пустоты» и изобрел ртутный барометр.

Блез Паскаль (1623 – 1662) – французский математик, механик, физик, литератор и философ. Является одним из основателей математического анализа, теории вероятностей и проективной геометрии. Создал первую счетную машину.

Джованни Альфонсо Борелли (1608 – 1679) итальянский ученый-универсал, основоположник биомеханики, ученик Кастелли и Галилея, автор трудов по физике, медицине, астрономии, геологии, математике и механике. Борелли одним из первых рассмотрел проблему динамики планетных движений, которую решил И. Ньютон, открывший закон всемирного тяготения.

Винченцо Вивiani (1622 – 1703) – итальянский физик и математик. В 1639 г. Вивiani становится учеником Галилея и совместно с Торричелли проводит различные физические опыты. Он стал неоценимым помощником слепого ученого, который в то время находился под надзором инквизиции. После смерти Галилея и Торричелли Вивiani продолжил научные исследования своих наставников. Подготовил к печати сборник трудов Галилея и первую биографию ученого.

Нильс Стенсен (1638 – 1686) датский анатом и геолог. Одной из главных его заслуг является объяснение роли мускулов. Ученый показал, что движения осуществляются за счет сокращений мускулов, которые происходят сами собой. Стенсен внес также большой вклад в развитие палеонтологии.

Христиан Гюйгенс (1629 – 1695) – нидерландский ученый, математик, астроном и физик, один из основоположников волновой

оптики. В 1665 – 1681 гг. работал в Париже. Изобрел (1657) маятниковые часы со спусковым механизмом, дал их теорию, установил законы колебаний физического маятника, заложил основы теории удара. В 1678 г. создал волновую теорию света (опубликовано в 1690 г.), объяснил двойное лучепреломление. Совместно с Робертом Гуком установил постоянные точки термометра. Усовершенствовал телескоп; сконструировал окуляр, названный его именем. Открыл кольцо у Сатурна и его спутник Титан. Автор трактата «Маятниковые часы» (1673) и одного из первых трудов по теории вероятностей (1657).

В XVII веке появляются и первые сообщества ученых – академии. Старейшая из них **Академия деи Линчеи** (Академия рысьеглазых) была основана в 1603 г. в Риме графом Федерико Чези и сразу стала интеллектуальным центром итальянской науки. Наиболее авторитетным ученым академии был Галилей, который стал ее членом в 1611 г. После смерти графа Чези в 1630 г. и суда инквизиции над Галилеем (1633 г.), деятельность академии пошла на убыль, и в 1651 г. Академия деи Линчеи прекратила свое существование.

Второй стала **Академия дель Чименто** (Академия опыта), основанная во Флоренции в 1657 г. на средства Леопольда де Медичи. Одними из первых в Европе члены академии использовали в естествознании экспериментальные методы Галилея. В числе ее первых членов были ученики Галилея Винченцо Вивiani и Джованни Альфонсо Борелли, а также врач великого герцога тосканского Фердинанда II Нильс Стенсен.

В 1667 г. Академия дель Чименто издала на итальянском языке описание многих опытов над давлением воздуха, упругостью воды, теплотой, светом, звуком, движением тел и т.д. Эти записки сыграли большую роль в развитии науки в Европе. **Питер ван Мушенбрук** (1692 – 1761) перевел их на латинский язык и обогатил их своими примечаниями. В том же 1667 г. академия была распущена.

Подвел итог научной революции великий английский ученый **Исаак Ньютон** (1643 – 1727). Он создал классическую физику и заложил основы современного естествознания. Ньютон сделал решительный шаг в развитии механики. Он поставил перед собой грандиозную задачу – объяснить с единых позиций движение в

Космосе и на Земле. «Экспериментальным материалом» ему послужили законы Кеплера. Он вывел закон всемирного тяготения и сформулировал три аксиомы динамики (законы Ньютона). Дал основные понятия механики: масса, плотность, количество движения, сила, выдвинул концепцию абсолютного – единого пространства и времени и развил идеи относительности движения Галилея. Все это позволило Ньютону движение планет Солнечной системы, особенности движения Луны, прецессии и сжатия Юпитера, форму Земли, описать явление приливов и отливов. Ньютонова модель Вселенной оставалась неизменной вплоть до новой научной революции начала XX века.



Рис. 6.1. Э. Торричелли



Рис. 6.2. Исаак Ньютон

Ньютон стал создателем новой динамики. Основополагающим сочинением для классической механики является его труд «Математические начала натуральной философии», написанный в 1686 и опубликованный в 1687 г. В нем основоположник современного естествознания вводит основные понятия механики и устанавливает три аксиомы (законы Ньютона). При этом под философией автор, как и древние мыслители, понимает совокупность всех знаний о природе и человеке. Так что правильнее было бы латинское название «*Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*» перевести как «Математические начала естествознания».

Первым понятием у Ньютона вводится масса тела как количество материи. При этом ученый указывает, что масса

известна, если известен вес тела. Он, в отличие от предыдущих авторов, не путает эти два понятия, а их пропорциональность доказывает с помощью экспериментов с маятником. Количество движения Ньютон вводит как произведение массы на скорость, а точного определения силы не дает.

Свои принципы Ньютон применил на практике. Первой задачей, которую он решил, была следующая: «Зная законы движения планет определить силу, которая производит их движение». При этом он использует точные законы движения планет, найденные Кеплером. Первоначально Ньютон решает эту задачу с помощью созданного им анализа бесконечно малых. Однако в «Началах» он приводит решение, полученное традиционным геометрическим методом. В результате им получена сила, выражающая закон всемирного тяготения.

Триумфом ньютоновской механики стало открытие Нептуна – восьмой планеты солнечной системы. Математики англичанин **Джон Адамс** и француз **Урбен Леверье** независимо друг от друга, используя законы Ньютона, расчетным путем по отклонению Урана от своей орбиты нашли его положение на небе. В 1846 г. немецкие астрономы **Иоганн Галле** и **Генрих д'Аррест** обнаружили его в телескоп. Следует отметить, что Нептун невооруженным глазом не видно, и открыть его можно было только путем вычислений.

Ньютон открыл дисперсию света, хроматическую аберрацию, исследовал интерференцию и дифракцию, развивал корпускулярную теорию света, высказал гипотезу, сочетавшую корпускулярные и волновые представления. Он продемонстрировал, что поток света, кажущийся нам белым, состоит из спектральных цветов, на которые его можно разделить при помощи призмы.

Гениальное сочинение Ньютона «Математические начала натуральной философии» ознаменовало научную революцию, которая стала возможной благодаря динамичному развитию общества, уже достигшего значительного технологического прогресса.

6.2. Создание анализа бесконечно малых

Важнейшим достижением математиков на рубеже XVIII века стало создание анализа бесконечно малых. Оно стало завершением длительного процесса и началом революционных преобразований,

изменивших математику и поднявших ее роль в системе естественных наук. Основы для создания дифференциального и интегрального исчисления были заложены еще Евдоксом и Архимедом. Однако в стремлении к абсолютной строгости древние греки отказались от понятия бесконечность. В отличие от них математики XVII века при вычислении объемов и определении центров тяжести различных фигур рассматривали их как суммы бесконечно большого числа бесконечно малых элементов. При построении касательных они рассматривали кривую как ломаную линию с бесконечно большим числом бесконечно малых сторон. Это связано с тем, что для ученых XVII века математика была уже не упражнением в логике, а средством решения практически важных задач.

В поисках общих методов построения касательных, вычисления площадей и объемов принимали участие самые выдающиеся математики, среди которых: И. Кеплер, Г. Галилей, Б. Кавальери, Э. Торричелли, Б. Паскаль, Дж. Валлис, Ж. Роберваль, П. Ферма, П. Гассенди, Р. Декарт, И. Барроу и др. Создание математического анализа стало, таким образом, результатом многогранного творчества большого количества ученых.

Одним из первых осознал, что максимум и минимум функции достигается там, где скорость изменения переменной величины обращается в ноль Пьер Ферма. Поэтому задачи о поисках экстремума он сводит к построению касательной. Таким путем Ферма решил задачи об определении вписанных в шар конуса и цилиндра наибольшего объема. Начиная с работ Ферма, математика обрела новое приложение – отыскание максимума и минимума и стала применяться для оптимального решения технических задач и построения оптимальных конструкций.

Дифференциальное и интегральное исчисление возникли под влиянием возросших запросов естественных наук, в первую очередь механики почти одновременно в трудах И. Ньютона (в виде теории флюксий) и **Готфрида Вильгельма Лейбница** (1646 – 1716) (в форме исчисления дифференциалов). Появление математического анализа превратило математику в науку о переменных величинах.

Ньютон не спешил с публикацией своих результатов в теории флюксий. Хотя большинство их было получено в 60 – 70 гг. XVII столетия, его знаменитые «Математические начала натуральной

философии» были написаны без этой теории. При этом многие результаты ньютоновской механики первоначально получены именно с помощью математического анализа. Причиной этого была недостаточная логическая обоснованность новой математики.

Впервые в печати дифференциальное исчисление появилось в небольшом мемуаре Лейбница в 1684 г. При этом его вид во многом напоминал современный, в частности, уже там введены символы dx и dy , сформулированы правила дифференцирования ряда функций. В 1686 г. вышло сочинение Лейбница, посвященное интегрированию многих элементарных функций. В 1693 г. Лейбниц распространил новое исчисление на трансцендентные функции путем разложение их в ряды с помощью метода неопределенных коэффициентов. А в 1696 г. Лейбниц решил задачу о брахистохроне – кривой кратчайшего спуска, заложив тем самым основы вариационного исчисления.

В отличие от Ньютона, Лейбниц хорошо продумал терминологию, отражающая существо дела. У него введены термины дифференциал, дифференциальное исчисление, функция, координаты, дифференциальное уравнение, алгоритм. Понятие функции играет в математике такую же роль основного и самостоятельного предмета изучения, как ранее понятие величины и числа. Однако и в трудах Лейбница проблема теоретического обоснования анализа бесконечно малых решена не была.

Идеи Лейбница были подхвачены братьями Яковом и Иоганном Бернулли, которые много сделали для развития математического анализа в начале XVIII века. Ознакомившись в 1686 г. с первым мемуаром Лейбница по дифференциальному исчислению, они вступили с ним в переписку. Профессор математики Базельского университета **Якоб Бернулли** (1654 – 1705) применил новые идеи к изучению свойств ряда кривых. К занятиям математическим анализом Якоб привлек и своего брата **Иоганна Бернулли** (1667 – 1748). Совместно с ним он развил вариационное исчисление. Ученый внес большой вклад в аналитическую геометрию, теорию вероятностей и теорию чисел. В 1691 г. И. Бернулли, Лейбниц и Гюйгенс опубликовали решение задачи о форме цепной линии (плоская кривая, форма которой соответствует однородной гибкой нерастяжимой тяжелой нити, закрепленной в обоих концах и провисающей под действием силы тяжести). При этом Бернулли и Лейбниц пользовались дифференциальным исчислением, а Гюйгенс, незнакомый с новым методом, решил ее, применяя

старые подходы. Совпадение результатов стало прекрасным доказательством правильности и полезности новых методов.

В 1696 г. появился первый учебник математического анализа – «Анализ бесконечно малых» маркиза **Гийома Франсуа де Лопиталья** (1661 – 1704). В основу этого учебника положен конспект И. Бернулли, переданный автором Лопиталю. Парижский аристократ собрал воедино формальный аппарат математического анализа и представил его в удобной для восприятия форме, а также подобрал множество примеров и задач. Новое исчисление позволило математикам решать множество трудных и практически важных задач.

В 1705 г. после смерти Якоба Иоганн Бернулли принял кафедру математики Базельского университета. Его достижения в дифференциальном и интегральном исчислениях тесно связаны с работами Я. Бернулли и Лейбница. Совместно с Лейбницем, Иоганн Бернулли разработал метод интегрирования рациональных функций (путем разложения на простые дроби), используя при этом комплексные переменные. В 1718 г. он дал определение термина функции и ввел понятие «интеграл». Важнейшим достижением ученого является первый систематический учебник по интегральному исчислению, опубликованный в 1742 г.

В трудах И. Бернулли получила систематическое развитие теория решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Одно из таких уравнений носит имя Бернулли. В дальнейшем работу в этом направлении продолжил **Винченцо Риккати** (1707 – 1775). Он ввел гиперболические функции и применил к задачам интегрального исчисления теорию рядов.

И. Бернулли также вывел метод нахождения пределов функций, раскрывающий неопределенности вида $0/0$ и ∞/∞ , который, благодаря изданному учебнику, получило название «правило Лопиталья».

В середине XVIII века зарождается линейная алгебра. Ее основы заложил ученик Иоганна Бернулли **Габриэль Крамер** (1704 – 1752). Швейцарский ученый предложил способ решения системы линейных алгебраических уравнений с квадратной матрицей с помощью определителя. В трактате «Введение в анализ алгебраических кривых», опубликованном в 1750 г., он впервые доказал, что алгебраическая кривая n -го порядка в общем случае полностью определена, если заданы ее $n(n + 3)/2$ точек. Для

доказательства Крамер строит систему линейных уравнений, которую решает с помощью алгоритма, названного позже его именем. При этом Крамер дал точный алгоритм вычисления определителя. Термин определитель (детерминант) ввел в обращение К. Гаусс в 1801 г.

6.3. Появление первых вычислительных устройств

В XVII веке появляются вычислительные устройства, способные существенно облегчить труд расчетчика. Первые шаги в создании арифмометров сделал гениальный Леонардо да Винчи. В его трудах были обнаружены эскизные наброски суммирующей вычислительной машины на зубчатых колесах, способной складывать 13-разрядные десятичные числа. Специалисты американской фирмы IBM выполнили реконструкцию машины и убедились в полной ее состоятельности. Этот первый механический цифровой сумматор с ручным управлением является прообразом будущего электронного сумматора – важнейшего элемента современных ЭВМ.

Однако, как и многие другие изобретения Леонардо, его арифмометр остался только в виде эскизов. Недостаточный уровень развития техники не позволил реализовать его замыслы. Тем не менее, развивающаяся наука XVI века ощущала потребность в проведении сложных расчетов, в частности умножения и деления многозначных чисел. Шотландский математик Джон Непер (1550 – 1617) предложил счетный прибор (**Неперовы палочки**), состоявший из 10 палочек, имевших форму удлиненного прямоугольного параллелепипеда. В нем вместо сложной операции умножения используется процесс сложения, основанный на применении специальных таблиц. Благодаря этой схеме, трудоемкий процесс деления, хотя и с гораздо меньшими удобствами также может заменяться на операцию вычитания. Это изобретение позволило заметно облегчить работу вычислителям.

Палочки Непера стали толчком к появлению нового арифметического действия – логарифмов. Вскоре после их открытия в 1622 г. **Уильямом Отредом** (1575 – 1660) была изобретена **логарифмическая линейка**. Она позволяла выполнять несколько математических операций, в том числе умножение и деление чисел, возведение в степень (чаще всего в квадрат и куб) и вычисление квадратных и кубических корней, вычисление логарифмов, тригонометрических функций и другие операции.

Принцип действия логарифмической линейки основан на том, что умножение и деление чисел заменяется соответственно сложением и вычитанием их логарифмов. Относится она к аналоговым вычислительным устройствам.



Рис. 6.3. Счетные палочки Непера

Первая **механическая счетная машина** была изготовлена в 1623 г. профессором математики **Вильгельмом Шиккардом** (1592 – 1636). В ней были механизированы операции сложения и вычитания, а умножение и деление выполнялось с элементами механизации. Но машина Шиккарда вскоре сгорела во время пожара, не сохранились также и ее чертежи. Поэтому приоритет в создании работающего механического вычислительного устройства закреплен за Блезом Паскалем, изготовившим в 1642 г. суммирующую машину. Его механический «компьютер» мог складывать и вычитать десятичные цифры. «**Паскалина**» – так называли машину – состояла из набора вертикально установленных колес с нанесенными на них цифрами от 0 до 9. При полном обороте колеса оно сцеплялось с соседним колесом и поворачивало его на одно деление. Число колес определяло число разрядов – так, два колеса позволяли считать до 99, три – уже до 999 и так далее. «Паскалина» предназначалась для работы с 6–8-разрядными числами, имела размеры 36×13×8 сантиметров. Паскаль получил королевскую привилегию на их производство машины, было создано примерно 50 ее образцов, но практического применения эти устройства не нашли.

Более практичной стала счетная машина Вильгельма Готфрида Лейбница, способная не только складывать, но и умножать 12-

разрядные десятичные числа. Идею механического умножения без последовательного сложения великий немецкий ученый высказал в 1673 г. К зубчатым колесам он добавил ступенчатый валик, позволяющий осуществлять умножение и деление. В 1694 г. Лейбниц построил окончательный вариант механического калькулятора. Арифмометр Лейбница имел внушительные размеры: 100×30×20 см и требовал для установки специального стола. Но именно несколько видоизмененные колеса Лейбница стали основой массовых счетных приборов.



Рис. 6.4. Машина Паскаля



Рис. 6.5. Калькулятор Лейбница

6.4. Эпоха просвещения

После открытий эпохи Возрождения и научной революции в развитии науки произошел некоторый спад. Великий Ньютон намного обогнал в своих трудах современников, а его труды имели достаточно законченный вид. Поэтому понадобилось определенное время для того, чтобы ученые смогли в полной мере воспользоваться новым математическим аппаратом и классической механикой. Спаду интереса к науке способствовал и упадок дворянства, на смену которому приходил новый класс буржуазии, еще не осознавший пользы науки для промышленности. На протяжении первой половины XVIII века промышленность, основанная в большинстве случаев еще на ручном труде, не нуждалась в достижениях науки.

Однако во второй половине XVIII столетия ситуация стала меняться. Промышленная революция стимулировала подъем научной деятельности и стала давать ей поддержку. В среде буржуазии и просвещенного дворянства росло стремление

использовать достижения науки для развития мануфактур. Интерес к науке становится более практическим.

Под влиянием научной революции XVII века научные знания стали широко распространяться в Европе. Это интеллектуальное движение получило название **«Эпоха Просвещения»**. В основе философии Просвещения лежала критика существовавших в то время традиционных институтов, обычаев и морали. На первый план выходят принципы рационализма и свободомыслия. Просвещение поколебало авторитет аристократии и церкви, а также оказало большое влияние на последовавшие изменения в этике и социальной жизни Европы и Америки. Под влиянием идей просвещения во многих странах проводились реформы, перестраивавшие жизнь общества. Наступила эпоха просвещенного абсолютизма. Но наиболее значительным последствием идей Просвещения стали Американская и Великая французская революции. Именно принципы Просвещения были положены в основу американской **«Декларации независимости»** и французской **«Декларации прав человека и гражданина»**.

В эпоху Просвещения происходит отказ от религиозного миропонимания и обращение к разуму как к единственному критерию познания человека и общества. Впервые в истории был поставлен вопрос о практическом использовании достижений науки в интересах общественного развития.

В 1728 г. английский переводчик и книгоиздатель **Эфраим Чемберс** (1680 – 1740) подготовил двухтомный энциклопедический словарь под заглавием «Циклопедия или всеобщий словарь ремесел и наук». Книга стала очень популярной и выдержала пять изданий, а ее автор был принят в Лондонское Королевское общество. Парижский издатель А. Ф. Ле Бретон привлек к переводу Циклопедии на французский язык философа Дени Дидро и математика и механика Жана Лерона д'Аламбера. Однако эти ученые переводом не ограничились, они увеличили объем словаря и внесли в него полемические заметки. Дидро написал для него 6000 статей, а д'Аламбер – 1600. С главными редакторами сотрудничали философы Вольтер, Руссо, Монтескьё, Гольбах, скульптор Фальконе, архитектор Блондель и другие. Работа продолжалась почти тридцать лет (1751 – 1780). Первое издание содержало 17 томов статей и 11 томов иллюстраций, а тираж в 4 тысячи экземпляров

разошелся очень быстро. Следующее издание вышло меньшим форматом, на бумаге более низкого качества и с меньшим количеством иллюстраций. Зато эти меры сделали издание доступным не только для зажиточных читателей, но и для студентов.

«Энциклопедия» Дидро собрала воедино все накопленное человечеством до того времени знание. В нем в доступной форме объяснялись все стороны мира, жизни, общества, наук, ремесла и техники, повседневных вещей. «Энциклопедия» стала не просто справочной книгой, но сыграла огромную роль в распространении идей Просвещения и идеологической подготовке Французской революции. Французские просветители стали «властителями дум» общества. Французская просветительная литература в лице Вольтера, Монтескье, Руссо, Дидро и др. писателей получила в XVIII веке общеевропейское значение.

Во второй половине XVIII века появляются ученые нового типа, которые стремятся распространять знание, популяризировать его. Теперь знание должно быть доступно всем и иметь практическую пользу, а не являться исключительной собственностью избранных и посвященных. Оно становится достоянием широких слоев общества, предметом общественных дискуссий. К знаниям получают доступ и женщины, ранее не имевшие возможности учиться. Латынь перестала быть научным языком, ее место в европейской науке занимает французский язык. Популярная и ненаучная литература писалась на национальных языках.

6.5. Появление академий наук

В XVIII веке центрами развития науки становятся не университеты, как это было в эпоху Средневековья и Возрождения, а академии наук. Среди них особо можно выделить Парижскую, Берлинскую и Петербургскую академии. Преподавание в университетах имело меньшее значение. Это был период, когда некоторые из ведущих европейских стран управлялись просвещенными деспотами: среди них прусский король Фридрих II, российская императрица Екатерина II и французские короли Людовик XV и Людовик XVI. Эти монархи любили окружать себя учеными людьми и понимали значение естествознания и прикладной математики в повышении боеспособности армии и улучшении мануфактур, естественно, что правительства финансировали через академии наук, прежде всего работы прикладного характера.

Например, отличные качества французского флота связаны с тем, что при конструировании кораблей кораблестроители частично основывались на математической теории. Многие работы Эйлера имеют прикладное значение для армии и флота. Астрономия также пользуется покровительством королей и императоров.

В 1662 г. по образцу итальянских академий было создано Лондонское Королевское общество, а в 1666 г. на основе кружка Мерсенна была организована Королевская (ее часто называют Парижской) академия наук. Инициатором ее создания стал глава правительства Людовика XIV Жан-Батист Кольбер, который способствовал развитию национального флота, торговли и промышленности.

В первой половине XVIII века наука распространяется широко за пределы Англии, Франции и Голландии – стран, где она развивалась в XVII веке. Благодаря усилиям Лейбница и покровительству прусского короля Фридриха-Вильгельма I в Берлине в 1700 г. создается ученое общество. Однако король отказался его финансировать, предоставив вместо этого монопольное право на издание календарей. И только, когда в 1740 г. королем стал Фридрих II, наука получила финансирование, в 1744 г. общество было переименовано в Королевскую Академию наук. Академия получила лаборатории, в нее были приглашены самые выдающиеся ученые. В XVIII веке там работали Л. Эйлер, Вольтер, Мопертюи и Лагранж. Берлинская академия наук стала одним из самых авторитетных научных учреждений.

Позднее академии наук появляются в Австрии и различных государствах Германии. В Швейцарии важным научным центром был Базель – свободный имперский город с 1263 г. Науки и искусства процветали в Базеле, как и в голландских городах, под управлением торговой буржуазии. В XVII столетии из Антверпена в Базель, спасаясь от испанцев, переехала купеческая семья Бернулли. Этой семье довелось дать миру целую плеяду выдающихся ученых. Родоначальниками династии стали два математика, Якоб и Иоганн Бернулли. Они были самыми выдающимися учениками Лейбница. В 1687 г. Якоб Бернулли (1654 – 1705) занял кафедру математики в Базельском университете, тогда же он начал переписываться с Лейбницем. Иоганн Бернулли (1667 – 1748) в 1697 г. стал профессором в Гронингене (Голлан-

дия), а после смерти брата Якоба перешел на его кафедру в Базельском университете, где преподавал сорок три года.

В 1724 г. указом императора Петра I была основана **Петербургская академия наук**. По структуре она отличалась от западноевропейских академий, поскольку должна была совмещать функции научного исследования и обучения. Для этого при ней были созданы Академический университет и гимназия. Академия была государственным учреждением, и ее члены должны были обеспечивать научно-техническое обслуживание государства.

Среди первых академиков были сыновья Иоганна Бернулли – Николай (по кафедре механики) и Даниил (по кафедре физиологии). После смерти Николая Даниил занял его место по кафедре механики, а на свое предложил принять Леонарда Эйлера, который и стал академиком в 1727 г. в возрасте 20 лет.

В 1739 г. была организована **Шведская Королевская академия наук**. Одним из ее организаторов был **Карл Линней** (1707 – 1778) – создатель единой системы классификации растительного и животного мира. Он обобщил и упорядочил все предыдущие знания в области биологии. Одной из главных заслуг Линнея является введение точной терминологии при описании биологических объектов. В качестве исходной категории в систематике стало выделение биологического вида на основе разработанных критериев отнесения природных объектов к одному виду. В Швеции Линнея также почитают как одного из создателей литературного шведского языка. Он также способствовал введению преподавания естественных наук в систему университетского образования.

Создание этих научных обществ, а также издание научных журналов позволяло быстро распространять сведения о каждом научном открытии, давая возможность исследователям использовать новейшую информацию. Сотрудничество ученых и публикация результатов исследований ускорила развитие научного прогресса. В результате этой «революции» в XVI – XVII веках, наука становится одним из ярчайших примеров деятельности во благо человека. С этого момента научные знания приобрели необратимый характер, а их объем, а также и количество ученых удваивается каждые 10 – 15 лет.

ГЛАВА 7

XVIII век – аналитический период развития науки

7.1. Достижения в области математического анализа

Вторая половина XVIII века становится очень плодотворной для развития наук, особенно бурно развивается математика. Математический анализ, который культивировала школа Лейбница, становится аппаратом исследователя в механике и в других науках. Одной из характерных черт развития математического анализа в XVIII веке, было его разветвление на несколько наук: дифференциальное и интегральное исчисления, теорию дифференциальных уравнений, в свою очередь расчленившейся на учение об обыкновенных дифференциальных уравнениях и об уравнениях в частных производных, вариационное исчисление, теорию специальных функций, теорию функций комплексного переменного. Выделяется также учение о бесконечных рядах. В рамках дифференциального и интегрального исчисления в качестве нового отдела вырастает анализ функций многих переменных.

Среди математиков можно выделить сыновей Иоганна Бернулли Николая и Даниила, которые были в 1725 г. приглашены в Санкт-Петербургскую АН. **Николай Бернулли** (1695 – 1726) успел в Петербурге написать всего одну работу по теории вероятностей. Задача, которую предложил, известна как Петербургская задача (или Петербургский парадокс).

Даниил Бернулли (1700 – 1782) работал в Петербурге до 1733 г., после чего вернулся на родину и до 1777 г. был профессором Базельского университета. Там его деятельность была посвящена математике, астрономии, физике и гидродинамике. Д. Бернулли был академиком (с 1725 г.), а с 1733 г. почетным членом Петербургской АН, членом академий: Болонской (1724), Берлинской (1747), Парижской (1748), Лондонского Королевского общества (1750).

Сочинение «Гидродинамика» появилось в 1738 г. В нем ученый вывел уравнение стационарного течения несжимаемой жидкости (уравнение Бернулли), лежащее в основе динамики жидкостей и газов. В том же году он заложил основы кинетической теории газов. С точки зрения молекулярной теории, утверждая, что причиной давления газа является тепловое движение молекул, он объяснил закон Бойля – Мариотта.

Д. Бернулли также принадлежит одна из первых формулировок закона сохранения энергии, (до середины XX века она называлась живой силой), а также (одновременно с Эйлером) первая формулировка закона сохранения момента количества движения (1746).

Вместе с д'Аламбером, Эйлером и Лагранжем Д. Бернулли занимался важнейшей для развития математики и теории колебаний задачей о колебаниях натянутой струны – первой задачей, решаемой с помощью дифференциального уравнения в частных производных. Таким образом, наряду с д'Аламбером и Эйлером, Д. Бернулли является основателем математической физики. В теории колебаний этот выдающийся ученый ввел понятие гармонического колебания и принцип суперпозиции колебаний.

Д. Бернулли первым в 1768 г. применил математический анализ к задачам теории вероятностей (до этого использовались только комбинаторный подход). Он опубликовал ряд исследований по теории вероятностей, рассмотрев с применением вероятностных методов ряд практически важных задач. Ученый также продвинул математическую статистику, рассмотрев с применением вероятностных методов ряд практически важных задач.

Из Базеля вышел также самый плодовитый математик всех времен - **Леонард Эйлер** (1707 – 1783). С 1727 по 1741 гг. он работал в Петербургской академии, с 1741 по 1766 г. Эйлер находился в Берлинской академии под особым покровительством

Фридриха II, а в 1766 г., во время правления императрицы Екатерины II вернулся в Петербург, где и работал до своей кончины в 1783 г. Хотя в 1735 г. он потерял один глаз, а в 1766 г. - второй, это не повлияло на его продуктивность. Обладая феноменальными трудоспособностью и памятью, слепой ученый продолжал диктовать свои труды. Типография Петербургской академии не успевала за ним, и публиковала труды Эйлер в течение 47 лет после его смерти. Всего он написал около 850 научных трудов, среди которых два десятка объемных книг.



Рис. 7.1. Даниил Бернулли

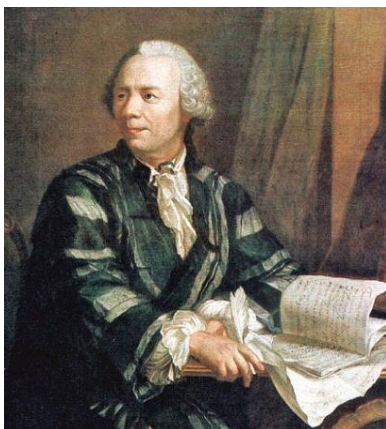


Рис. 7.2. Леонард Эйлер

Научные интересы Эйлера относились ко всем областям естествознания, но основным полем его деятельности была математика и механика. Именно Эйлеру принадлежит первое место в разработке дифференциального и интегрального исчисления, как и всего анализа в целом. В математике XVIII век можно назвать веком Эйлера. Ему принадлежат заметные результаты во всех областях математики, существовавших в его время. Великий ученый является одним из основоположников дифференциального и интегрального исчисления, а также вариационного исчисления. Эйлер предложил многочисленные приемы интегрирования и решения дифференциальных уравнений. Кроме того он создал несколько новых математических дисциплин – теорию чисел, дифференциальную геометрию поверхностей, теорию комплексных функций, где он ввел обозначение i для мнимой единицы и получил

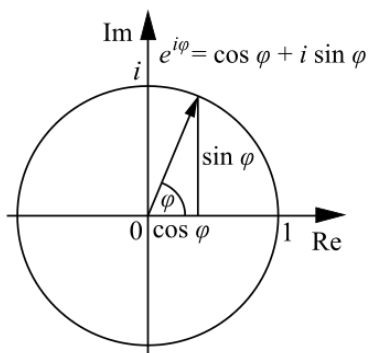


Рис. 7.3. Формула Эйлера

фундаментальную формулу Эйлера $e^{i\pi} = -1$. Он также заложил основы теории специальных функций. Ему принадлежат операция сравнения по целому модулю, полная теория непрерывных дробей, число e , ряд специальных функций и многое другое. Благодаря Эйлеру в математику вошла общая теория рядов.

Эйлер впервые объединил отдельные разделы математики: анализ, алгебру, геометрию, тригонометрию, теорию чисел и другие дисциплины в единую систему. В некоторых областях математики изложение «по Эйлеру» сохранилось до сих пор. Ученый также заложил фундамент аналитической механики.

Жан Лерон д'Аламбер (1717 – 1783) – французский ученый-энциклопедист. Широко известен как философ, математик и механик. Член Парижской академии наук (1740), Французской Академии (1754), Петербургской (1764) и других академий. Основные математические исследования д'Аламбера относятся к теории дифференциальных уравнений. В частности он дал метод решения дифференциального уравнения 2-го порядка в частных производных, описывающего поперечные колебания струны (волнового уравнения).

Выдающийся вклад д'Аламбер внес также в небесную механику. Он обосновал теорию возмущения планет и первым строго объяснил теорию предварения равноденствий и нутации.

Одной из основных проблем, которую разрешали крупнейшие математики XVIII века, была теория движения Луны. Ее разработка имела глубокое теоретическое значение и была важна для практики. Практическое значение этой теории было связано с созданием метода достаточно точного определения географической долготы мест. В основном теория движения Луны была создана в середине века Л. Эйлером, **Алексисом Клодом Клеро** (1713 – 1765) и д'Аламбером. В ряде мемуаров 1747 – 1756 гг. д'Аламбер независимо от своих двух великих современников дал теорию

движения Луны с тщательно вычисленными таблицами, которые он постепенно уточнял и улучшал. В трактате, вышедшем в свет в 1749 г., д'Аламбер показал, что не только явление прецессии, ранее математически исследованное Ньютоном, но и явление нутации, незадолго до этого обнаруженное Брадлеем, обусловлены гравитационным воздействием Луны.



Рис. 7.4. Жан Лерон д'Аламбер



Рис. 7.5. Жозеф Луи Лагранж

Жозеф Луи Лагранж (1736 – 1813). Великий математик и механик родился в Турине, окончил Туринский университет и в 17 лет начал преподавать в Артиллерийской школе в Турине, а в 19 лет стал ее профессором. В 1766 г. перебирается в Берлин, где вначале руководит физико-математическим отделением Берлинской АН, а позже становится ее президентом вместо вернувшегося в Петербург Эйлера. Берлинский период был самым плодотворным в творчестве Лагранжа. Там он подготовил свою знаменитую «Аналитическую механику», которая была опубликована 1788 г. уже после того, как автор переехал в Париж. Во Франции Лагранж ведет активную преподавательскую работу, а также решает и практические задачи.

В XVIII веке главным направлением в математике стало развитие анализа бесконечно малых. Из метода, придуманного для решения определенного класса задач, он превратился в универ-

сальный метод анализа функций. Его успехи в решении многих задач заставили критиков плохой его обоснованности умолкнуть. Главным методом исследования в естествознании стало составление и решение дифференциальных уравнений. С использованием этого подхода успешно развиваются аналитическая механика, механика жидкости и газа и др.

В конце XVIII века происходит разделение математики на «чистую» и прикладную. При этом чистая математика занимается исследованием математических проблем самих по себе, а прикладная решением конкретных задач естествознания и техники. Соответственно и в университетах появились кафедры чистой и прикладной математики. В XVIII веке математикой занимаются уже не любители, а профессионалы, получающие материальное вознаграждение за решение математических проблем, а не только за преподавание математики. XIX век принес дальнейшее развитие профессии математика.

7.2. Создание аналитической механики

Хотя «Начала» Ньютона и означали создание новой механики, физические основы, принятые им, были для многих современников сомнительны или даже неприемлемы, а используемый математический аппарат устаревшим. Что касается трех законов, то первый – закон инерции был дан в формулировке Декарта, а сам Ньютон называл его законом Галилея. Второй закон не ставили Ньютону в особую заслугу, считая его естественно вытекающим из накопленных ранее результатов. То, что этот закон дает дифференциальное уравнение движения точки оценили позднее. Третий закон, дающий возможность решать задачи для несвободной материальной точки, также оценили позднее. В связи с этим в течение многих десятилетий развитие механики шло не под влиянием «Начал», а опиралось на труды других ученых, прежде всего Декарта и Гюйгенса. Оценить все значение труда Ньютона смогли только в XIX столетии.

В континентальной Европе в XVIII веке аппаратом исследователя в механике становится математический анализ. Благодаря этому появилась аналитическая механика, в деле создания которой самые большие заслуги принадлежат д'Аламберу, Эйлеру и Лагранжу. Этому предшествовали труды

многих выдающихся ученых, которые формулировали общие законы динамики, в частности предложенный Р. Декартом и Х. Гюйгенсом закон сохранения количества движения.

Вторым был закон сохранения живых сил (так до середины XX века называлась кинетическая энергия). Галилей и Гюйгенс использовали частный случай этого закона. Лейбниц сформулировал его уже в общем виде и противопоставил закону сохранения количества движения. Он положил закон сохранения живых сил в основу механики и применял его для решения некоторых задач. Широко применяли его также Иоганн и Даниил Бернулли. Для общего случая системы материальных точек этот закон был получен Лагранжем.

Закон сохранения момента количества движения впервые появляется у Кеплера в форме закона площадей (второй закон Кеплера). В 1747 г. французский ученый **Патрик д'Арси** (1725 – 1779) сформулировал его для системы тел.

Законы сохранения первоначально выдвигались как всеобщие законы природы, но в последующем они стали следствием общих теорем динамики.

На протяжении многих лет в качестве основополагающих выдвигались различные принципы (аксиомы), решались частные задачи, однако общих методов решения задач не существовало. Первым предложил универсальный способ составления дифференциальных уравнений движения Ж. д'Аламбер. В 1743 г. был опубликован его основной труд по механике – знаменитый «Трактат о динамике». В первой части трактата д'Аламбер формулирует основные принципы механики, которыми он считает ***принцип инерции, принцип сложения движений и принцип равновесия.***

Принцип инерции сформулирован отдельно для случая покоя и для случая равномерного прямолинейного движения. Принцип сложения движений представляет собой закон сложения скоростей по правилу параллелограмма. «Принцип равновесия» сформулирован в виде следующей теоремы: «Если два тела, обладающие скоростями, обратно пропорциональными их массам, имеют противоположные направления, так что одно тело не может двигаться, не сдвигая с места другое тело, то между этими телами будет иметь место равновесие».

Во второй части трактата д'Аламбер предложил общий метод составления дифференциальных уравнений движения любых материальных систем, основанный на сведении задачи динамики к статике. Здесь для любой системы материальных точек формулируется правило, названное впоследствии принципом д'Аламбера. Согласно этому правилу, приложенные к точкам системы силы можно разложить на «действующие», т.е. вызывающие ускорение системы, и «потерянные», необходимые для равновесия системы.

Высоко оценил значения труда д'Аламбера Лагранж. Он писал: «Появившееся в 1743 г. сочинение д'Аламбера «Трактат по динамике» положило конец всем подобного рода вызовам ученых; в нем предложен прямой и общий метод, с помощью которого можно разрешить, или, во всяком случае, выразить в виде уравнений, все проблемы механики, какие только можно себе представить. Этот метод приводит все законы движения тел к законам их равновесия и таким образом сводит динамику к статике».

В построении аналитического аппарата, основанного на принципе ускоряющих сил, главная заслуга принадлежит Леонарду Эйлеру. В 1736 г. было издано его двухтомное сочинение «Механика» – первая большая работа, в которой к учению о движении был применен математический анализ. В нем разработан аналитический аппарат динамики материальной точки и введены силы инерции. Эйлер использует предложенный Маклореном метод разложения движений и сил по трем взаимно перпендикулярным (декартовым) координатным осям. В результате задача о движении материальной точки сводится к решению трех дифференциальных уравнений.

В работе «Scientia Navalis» («Корабельная наука»), которая была издана в 1743 г. Л. Эйлер рассматривает задачи качки и устойчивости корабля и тем самым закладывает основы теории колебаний и статической устойчивости. Через 20 лет исследования Эйлера привели к конкретным рекомендациям для кораблестроителей.

Эйлер является также основоположником механики твердого тела. В сочинении «Теория движения твердых тел» он последовательно рассматривает поступательное и вращательное движения, а затем и общий случай движения твердого тела. В результате ученый впервые выводит уравнения движения свободного твердого тела, используя для этого оригинальные способы описания

положения твердого тела (углы Эйлера). Эйлер также ввел в механику основные понятия динамики твердого тела, в том числе моменты инерции и свободные оси вращения.

Новый универсальный аппарат для решения задач механики создал Жозеф Луи Лагранж. Он подошел к механике как к математической дисциплине и поставил себе целью написать книгу по механике, в которой не будет ни одного рисунка. Такой книгой стала «Аналитическая механика» («*Mécanique analytique*»), изданная в Париже в 1788 г. О ней автор пишет: «В этой работе совершенно отсутствуют какие-либо чертежи. Излагаемые мною методы не требуют ни построений, ни геометрических или механических рассуждений, они требуют только алгебраических операций, подчиненных планомерному и единообразному ходу. Все любящие анализ с удовольствием убедятся в том, что механика становится новой отраслью анализа, и будут мне благодарны за то, что этим путем я расширил область его применения».

В «Аналитической механике» Лагранж подвел итог всему, что было сделано в механике в XVIII веке, и сформулировал новый подход к решению ее проблем. В учении о равновесии он отказался от геометрических методов статики и предложил принцип возможных перемещений (принцип Лагранжа). В динамике Лагранж, применив одновременно принцип д'Аламбера и принцип возможных перемещений, получил общее вариационное уравнение динамики, которое также носит название принципа д'Аламбера – Лагранжа. Наконец, он ввел в обиход понятие обобщенных координат* и получил уравнения движения в наиболее удобной форме – уравнения Лагранжа II рода.

Длительное время аппарат аналитической механики ограниченно применялся для решения задач. Препятствием служили громоздкие выкладки, необходимые для получения уравнений движения при исследовании достаточно сложной механической системы. И только внедрение систем компьютерной алгебры, способных в качестве исходных данных воспринимать аналитические выражения и производить над ними не только алгебраические действия, но и дифференцирование, позволили для дискрет-

* Термины обобщенные координаты, обобщенные скорости и обобщенные силы были введены У. Томсоном и П. Г. Тэтом в «Трактате по натуральной философии»

ных механических систем любой сложности строить уравнения движения, используя аппарат аналитической механики.

На основе механики Ньютона зарождается новая наука – теория механических колебаний. Именно с ее помощью были решены многие частные задачи. Л. Эйлер в работе «Корабельная наука» заложил основы теории статической устойчивости и теории малых колебаний. Д'Аламбер в своих многочисленных трудах рассмотрел отдельные задачи, такие как колебания маятника, плавающего тела, пружины и т.д. Ш. Кулон использовал крутильные колебания проволоки для определения жесткости своих знаменитых крутильных весов.

Среди задач первого периода особое место занимает задача о поперечных колебаниях натянутой струны. Экспериментальные исследования были проведены еще в XVII веке И. Бекманом и М. Мерсенном. Установленные ими закономерности были в 1715 г. теоретически подтверждены Бруком Тейлором, который свел задачу к системе с одной степенью свободы и решил соответствующее дифференциальное уравнение.

В развернувшейся позже острой полемике между д'Аламбером, Эйлером, Д. Бернулли и Лагранжем не только была решена эта задача, но и сформировались понятия периода и частоты колебаний, формы колебаний, вошел в обиход термин малые колебания, сформулирован принцип суперпозиции решений, сделаны попытки разложения решения в тригонометрический ряд. Для развития механики важным результатом стало применение принципа д'Аламбера для записи дифференциальных уравнений движения, а для математики – решение дифференциальных уравнений в частных производных и уточнение важнейшего в анализе понятия – функции.

Таким образом, в течение XVIII века в теории колебаний были выработаны основные физические схемы и разъяснены принципы, существенные для математического анализа проблем. Однако, несмотря на определенные успехи в решении отдельных задач, ученые не создали единой теории колебаний. Этот важнейший шаг в развитии механики удалось совершить Лагранжу.

Именно с работами Лагранжа связано начало второго периода развития теории колебаний. Если до него все ученые, включая великих Эйлера и д'Аламбера, решали только отдельные задачи теории колебаний, составляя для каждой задачи новые уравнения,

то создатель аналитической механики, развивая и углубляя работы своих предшественников в области теории колебаний и устойчивости, заложил основы общей аналитической теории малых колебаний. Уравнения Лагранжа II рода стали основой для создания теории малых колебаний, описываемых линейными дифференциальными уравнениями с постоянными коэффициентами. В дальнейшем она получила название теории линейных колебаний. Линейность редко присуща механической системе, а в большинстве случаев является результатом ее упрощения. Простота теории линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами, описывающих колебания, обусловила их широкое распространение в технике.

В своем гениальном труде «Аналитическая механика» Лагранж получил уравнение частот в общем виде (его часто называют вековым уравнением). Лагранж придал утверждению Д. Бернулли о том, что общее колебательное движение системы дискретных точек состоит в одновременном совершении всех ее гармонических колебаний, вид математической теоремы, воспользовавшись теорией интегрирования дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами, созданной Эйлером в 40-е годы XVIII века и достижениями д'Аламбера, показавшего, как интегрируются системы таких уравнений.

Вместе с тем великий ученый повторяет ошибку, допущенную д'Аламбером в 1761 г., о том, что кратные корни векового уравнения соответствуют неустойчивому решению, так как якобы при этом в решении появляются вековые или секулярные члены, содержащие t не под знаком синуса или косинуса. В связи с этим и д'Аламбер, и Лагранж считали, что уравнение частот не может иметь кратных корней (парадокс д'Аламбера – Лагранжа). Достаточно было Лагранжу рассмотреть хотя бы сферический маятник или колебания стержня, сечение которого является круглым или квадратным, чтобы убедиться, что кратные частоты в консервативных механических системах возможны. Однако Лагранж всегда пренебрегал примерами, в то время как Ньютон утверждал, что примеры не менее поучительны, чем теоретические выкладки. Леонард Эйлер же всегда начинал свои работы с примеров и только потом переходил к теории.

Ошибка, допущенная в первом издании «Аналитической механики» повторилась и во втором издании (1812 г.), и в третьем

(1853 г.), изданным под редакцией знаменитого математика Жозефа Бертрана после смерти Лагранжа. Научный авторитет д'Аламбера и Лагранжа был так высок, что эту ошибку повторили и Лаплас, и Пуассон, а исправили ее только лишь спустя почти 100 лет независимо друг от друга К. Вейерштрасс (1858) и О. И. Сомов (1859).

7.3. Наука о сопротивлении материалов в XVIII веке

Дальнейшее развитие в XVIII веке получила и наука о сопротивлении материалов. Следующий после Галилея шаг в науке о прочности сделал Роберт Гук. В 1660 г. он открыл закон, устанавливающий пропорциональность между нагрузкой и деформацией. Ученый опубликовал этот закон только в 1678 г. Его работа «О восстановительной способности или об упругости» стала первым печатным трудом, в котором рассматривались упругие свойства материалов. В ней Гук описывает опыты с удлинением струны, с винтовыми и спиральными пружинами, а также рассматривает опыты с изгибом консоли, изготовленной из бруска сухой древесины. В последнем опыте он приходит к важнейшему выводу о том, что «на выпуклой поверхности волокна растягиваются, а на вогнутой – сжимаются». Роберт Гук не только установил линейную связь между величиной сил и производимыми ими деформациями, но и указал, где этим можно воспользоваться для решения весьма важных задач.

Заслуга Гука оценивается еще выше, поскольку в XVII веке почти не было предметов, обнаруживающих свойства упругости на глаз или на ощупь. Гибких стальных изделий, кроме шпаг и рапир, почти не было, винтовая пружина изобретена именно Гуком для его опытов. В дальнейшем закон Гука послужил фундаментом, на котором развивалась механика твердого деформируемого тела. Однако длительное время понятие упругости применялось для тонких металлических или деревянных стержней, но считалось совершенно неприменимым к камню и чугуну – важнейшим строительным материалам XVIII и XIX веков. Так упругость камня была установлена опытным путем только в XIX веке. В результате инженеры-строители свойство упругости считали чем-то абстрактным и непригодным для практики.

Упругость материала и закон Гука, теряющие справедливость задолго до разрушения, совершенно не связывали с проблемами прочности вплоть до начала XIX века.

Следующим ученым, внесшим большой вклад в развитие сопротивления материалов, стал французский физик и механик, основатель Французской АН Эдм Мариотт. Проектируя трубопровод для водоснабжения Версальского дворца, он заинтересовался сопротивлением балок изгибу. Экспериментальным путем ученый пришел к выводу, что теория Галилея дает завышенные значения разрушающей нагрузки. Мариотт создает свою теорию изгиба, в которой учитываются упругие свойства материала. В 1680 г. независимо от Гука он открыл закон пропорциональности деформации приложенной нагрузке и распространил его на случай изгиба.

Мариотт исправил ошибку Галилея, приняв другой закон распределения напряжений при изгибе, и поместил нулевую точку в середине высоты сечения, признав тем самым наличие сжатых волокон. Однако допущенная ошибка помешала ему прийти к правильной формуле для случая разрушения балки, материал которой следует закону Гука. Тем не менее, Мариотт существенно продвинул теорию механики упругих тел. Он не только усовершенствовал теорию изгиба балок, но и проверил ее экспериментально, а также дал формулу для определения прочности труб на разрыв под воздействием внутреннего давления.

В XVIII веке научные результаты, полученные в области сопротивления материалов, нашли практические применения. Во Франции открываются первые высшие технические учебные заведения, выходят первые руководства по строительной механике. Получает дальнейшее развитие задача об изгибе балки. В 1702 г. Пьер Вариньон вывел формулы Галилея и Мариотта как частные случаи своей теории, поместив при этом нейтральную линию, как и Галилей, на вогнутой стороне балки.

Разрабатывая основы математического анализа, швейцарские математики братья Яков и Иоганн Бернулли искали области приложения этого нового инструмента исследователя. Одна из рассматриваемых Яковом задач о форме кривой изгиба упругого стержня положила начало важному разделу механики упругого тела. Если Галилей и Мариотт исследовали только прочность балки, то Я. Бернулли поставил задачу о вычислении прогибов, применив к исследованию упругой линии изогнутой полосы (он называл

брус полосой) исчисление бесконечно малых. В 1705 г. ученый приходит к выводу о том, что кривизна линии изгиба в каждой точке пропорциональна изгибающему моменту в этой точке.

Однако и у Якова Бернулли не обошлось без ошибки, в результате которой величина прогиба определяется неверно. На основании своего ошибочного расчета он даже вывел неверную теорему о том, что положение нейтральной линии не оказывает никакого влияния на сопротивление изгибу и благодаря своему колоссальному авторитету, тем самым задержал на целое столетие развитие учения об изгибе.

Первое правильное решение задачи о прочности балки при изгибе дал французский военный инженер **Антуан Паран** в 1713 г., однако его работа осталась незамеченной современниками. Это решение в 1729 г. подтвердил петербургский академик **Георг Бернгард Бильфингер**, но и его работа на эту тему, первая работа в России по строительной механике, также прошла незамеченной.

Больше всех ученых в XVIII веке дал развитию механики упругого тела **Шарль Огюстен Кулон** (1736 – 1806). В 1773 г., через 60 лет после Парана, Кулон, незнакомый с его работами, повторил решение задачи об изгибе балки, но еще долго заблуждения продолжали повторяться. Кулон указывает, что влиянием поперечных сил на прочность балки можно пренебречь, если высота балки мала по сравнению с ее длиной.

Следующая задача, рассматриваемая Кулоном – исследование сжатия призмы осевой силой. Он предполагает, что разрушение происходит в результате скольжения по некоторой плоскости и начинается, когда составляющая силы по этой плоскости становится больше сопротивления скалыванию. Статья, опубликованная в 1773 г. стала основанием теории Мора – Кулона, описывающей зависимость касательных напряжений материала от величины приложенных нормальных напряжений.

В 1784 г. Кулон издает мемуар о кручении. Экспериментируя с крутильными весами, он делает вывод о пропорциональности крутящего момента $M_{кр}$ углу закручивания проволоки φ

$$M_{кр} = \frac{\mu d^4}{l} \varphi, \quad (7.1)$$

где l – длина проволоки, d – ее диаметр, μ – постоянная материала. Для каждого типа проволоки он находит предел упругости при кручении, превышение которого приводит к появлению остаточной деформации. Кроме того он показал, что если проволока подвергнута предварительному закручиванию, то материал становится более твердым, т.е. предел упругости его повышается. Таким образом, ученый приходит к выводу о том, что для описания свойств материала при кручении необходимы две характеристики – число μ , определяющее упругие свойства материала и число, указывающее предел упругости.

Обширные опытные исследования механических свойств материалов были выполнены Питером ван Мушенбруком. Он построил целый ряд машин для испытаний при различных видах деформации. Мушенбрук также провел первые практические исследования продольного изгиба и пришел к выводу, полученному Эйлером теоретически – критическая нагрузка обратно пропорциональна длине стойки.

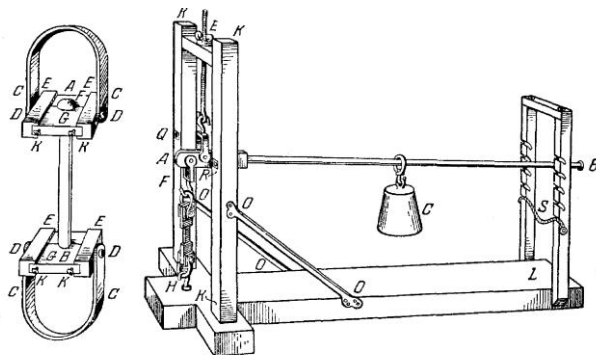


Рис. 7.6. Машина Мушенбрука для испытаний на растяжение. Слева показан тип применявшихся образцов и способ их захвата по концам.

К задаче о продольном изгибе Эйлер применил созданное им вариационное исчисление. Из условия минимума потенциальной энергии он определял уравнивающую нагрузку. Работы Эйлера по продольному изгибу продолжил Лагранж. Он впервые обнаружил возможность продольного изгиба по нескольким полуволнам и дал значение критической силы при различных концевых закреплениях. Однако ни Лагранж, ни Эйлер не определяли значение упругой константы, входящей в решение, в

связи с чем оно не могло быть использовано при строительстве сооружений. Это еще раз показывает, насколько в XVIII веке наука была далека от практики.

7.4. Изучение статического электричества

Важнейшим достижением науки XVIII века стало изучение статического электричества. Первые наблюдения явлений, известных под названием электричества и магнетизма, относятся ко времени античности и были произведены народами, живущими в бассейне Средиземного моря, особенно греками. Началось с обнаружения свойства натертого янтаря притягивать легкие предметы. Кроме того, в древнем мире наблюдали явления атмосферных разрядов и анестезирующее действие некоторых видов рыб при соприкосновении их с человеческим телом. Но представлений о том, что в этом проявляются электрические явления, не возникало.

Сам термин «электричество» появился на рубеже XVI и XVII веков, а затем постепенно наполнялся содержанием. Начиная с XVIII века, происходит более быстрое накопление знаний, но только в XIX веке электричество стало служить человеку.

Переломный момент в истории электричества произошел в 1600 г., когда вышел в свет замечательный труд английского естествоиспытателя **Уильяма Гильберта** (1544 – 1603) «De Magnete», представляющий собой один из первых научных трактатов, написанных на основе экспериментов. До этого считалось, что электрические силы присущи только янтарию и одной из разновидностей турмалина – линкуриону, а магнитные только железу. Гильберт экспериментально доказал, что электризация при трении обнаруживается у многих веществ – стекла, смолы, минералов и пр., а Земля является огромным магнитом, хотя и не состоит из одного только железа. Гильберт ввел понятие «*vis electrica*» («сила янтаря»), т.е. электрической силы. С XVIII века производный термин «*electricitas*» стал широко применяться. В русской научной литературе в XVIII веке получил распространение термин «электричество».

Следующий крупный шаг в учении об электричестве сделал немецкий физик, инженер и философ **Отто фон Гери́ке** (1602 – 1686). В 1663 г. он изобрел один из первых электростатических

генераторов – шар из серы, натираемый руками. Расплавленной серой наполняли полый стеклянный шар, который, когда сера застывала, разбивали. Сквозь шар пропускали железную ось и помещали на особом стакане так, что его можно было вращать вокруг оси. На вращающийся шар нажимали рукой, и он наэлектризовывался трением.

В 1672 г. фон Герике первым наблюдал электролюминесценцию, обнаружив, что заряженный шар потрескивает и светится в темноте. Кроме того, им было обнаружено свойство электрического отталкивания однополярно заряженных предметов.

Английский ученый **Стивен Грей** (1666 – 1736) в 1720-е гг. провел ряд опытов, приведших к открытию передач электричества на расстояние и разделению всех веществ на проводники и изоляторы.

Питер ван Мушенбрук обратил внимание на различный характер электризации стекла и янтаря, что способствовало открытию в 1733 г. **Шарлем Франсуа Дюфе** «смоляного» и «стекляного» электричества (положительного и отрицательного, согласно терминологии Бенджамина Франклина). К числу наиболее известных достижений Мушенбрука принадлежит лейденская

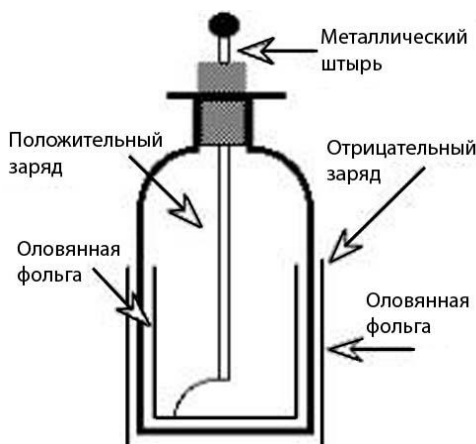


Рис. 7.7. Схема лейденской банки

банка – первый конденсатор, изобретенный им в 1745 г. При этом он создал первый прообраз его внешней обкладки (поначалу ею служила рука экспериментатора, державшего банку). Мушенбрук обратил внимание на физиологическое действие разряда, сравнив его с ударом скака (ученому принадлежало первое использование термина

«электрическая рыба») Он провел опыты для проверки своих предположений. При этом Мушенбрук отрицал электрическую природу молнии, пересмотрев свои взгляды лишь после опытов Франклина.

Американский ученый **Бенджамин Франклин** (1706 – 1790) объяснил принцип действия лейденской банки, установив, что главную роль в ней играет диэлектрик, разделяющий проводящие обкладки; ввел общепринятое теперь обозначение электрически заряженных состояний «+» и «-»; разработал общую «унитарную» теорию электрических явлений, исходившую из предположения о существовании единой электрической субстанции, недостаток или избыток которой обуславливает знак заряда тела. Большая заслуга Франклина – установление тождества атмосферного и получаемого с помощью трения электричества и доказательство электрической природы молнии. Обнаружив, что металлические острия, соединенные с землей, снимают электрические заряды с заряженных тел даже без соприкосновения с ними, Франклин предложил эффективный метод защиты от грозового разряда – молниеотвод.

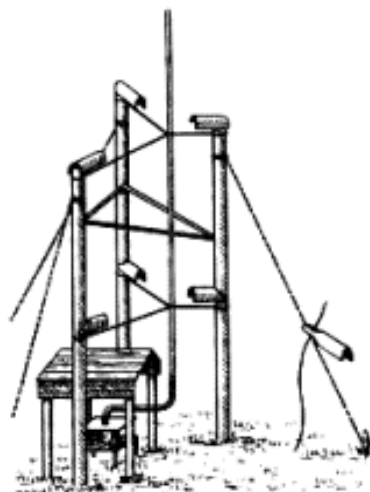
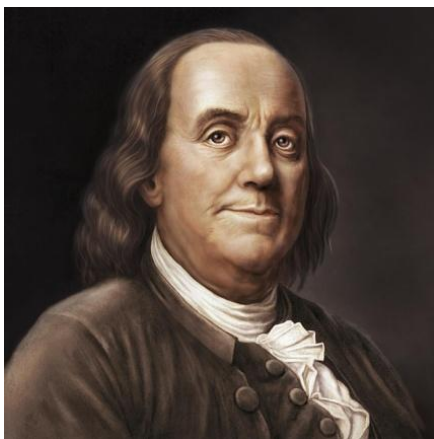


Рис. 7.8. Бенджамин Франклин и конструкция молниеотвода

Франклину принадлежит также ряд других технических изобретений: лампы для уличных фонарей, экономичная «франклиновская» печь, особый музыкальный инструмент – «электрическое колесо», вращающееся под действием электростатических сил, применение электрической искры для взрыва пороха и др.

Сущность электрических и магнитных явлений и связи между ними тогда не знали. Гильберт считал эти явления совершенно различными, и этот взгляд главенствовал до середины XVIII века, когда, благодаря трудам члена Петербургской АН Франца **Ульриха Теодора Эпинуса** (1724 – 1802), было положено начало новым взглядам: наука обогатилась представлениями о сходстве электрических и магнитных явлений. Вплоть до конца XVIII века ученые занимались изучением только статического электричества и его применением в практических целях: для лечения, для взрыва пороха от искр при разряде и для передачи зарядов на расстояние – первой попытки создания электрического телеграфа.

В течение XVIII века накопился большой опытный материал о статическом электричестве. Было установлено, существование проводников и непроводников электричества, доказано существование двух его родов – положительного (стеклянного) и отрицательного (смоляного). Удалось найти более совершенные методы получения значительных статических зарядов с помощью машин, изобрести способы их накопления при помощи лейденских банок и конденсаторов. Было обнаружено явление электростатической индукции. В конце XVIII века французский физик Шарль Кулон и независимо от него английский физик **Генри Кавендиш** (1731 – 1810) установили и количественную характеристику взаимодействия зарядов (закон Кулона).

Хотя все эти достижения еще не предвещали широкого применения электричества для практических целей, они имели существенное значение. Были созданы первые теории электричества, усовершенствована методика эксперимента, разработан ряд приборов. В результате процесса изучения электрического тока, электротехника в последней трети XIX века стала важной самостоятельной отраслью науки и техники и оказала революционное влияние на всю технику в целом, а в связи с этим и на все развитие производительных сил общества.

Разнообразные применения электрической энергии можно разделить на две группы:

– в первой группе электрическая энергия используется в значительных количествах с целью ее превращения в другие виды энергии: механическую (привод, тяга), световую (освещение), тепловую (термические процессы, отопление), химическую (электролиз) и т.п.

– ко второй группе относятся такие применения электрической энергии, при которых, хотя и происходят ее превращения в другие виды энергии, но они не являются целью. Здесь используются электрические импульсы или малые токи для воздействия на какие-либо индикаторы или приемники (телеграф, телефон, измерительные приборы, приборы управления или регулирования и т.д.).

В последнее десятилетие XVIII века внимание ученых обратилось к новым электрическим явлениям, обнаруженным **Луиджи Гальвани** (1737 – 1798) и развитых **Алессандро Вольты** (1745 – 1827). Был найден новый вид электричества, который считали отличным от статического – электрический ток. В 1800 г. Вольты, анализируя опыты и выводы Гальвани, приходит к построению первых источников электрического тока – вольтова столба и чашечной батареи. Началось изучение электрического тока, которое показало, что он может дать для практики то, что не способны дать другие области физики.

7.5. Великая Французская революция и реформа науки и образования

Важнейшим социально-политическим событием, наложившим печать на общественную и интеллектуальную жизнь Европы первой половины XIX века, стала Великая Французская буржуазная революция 1789 г. Она послужила мощным толчком для философского естественнонаучного мышления XIX века. Одним из результатов революции стала реформа высшего образования. В 1794 г. были организованы высшие учебные заведения нового типа – Политехническая и Нормальная школы. Политехническая школа стала первым в мире высшим техническим учебным заведением широкого профиля. В ее работе принимали участие выдающиеся математики **Лазар Карно** (1753 – 1823) и **Гаспар Монж** (1746 – 1818).

Средневековые университеты в ходе промышленной революции изменились, а их образовательные стандарты приблизились к современным. Кроме того, появились новые высшие учебные заведения, в частности, политехнические и специализированные институты и академии. Во Франции, да и в других странах, важную роль в подготовке ученых в XVIII веке играли военные, военно-инженерные, морские школы, математи-

ческие программы которых нередко превосходили по содержанию и объему университетские курсы.

Что касается практических применений достижений науки, то надо отметить, что в XVIII веке они почти не находили приложения в бурно развивающемся машиностроении, не говоря уже о других отраслях промышленности. Это объясняется тем, что громоздкие и тихоходные машины не нуждались пока еще в проведении расчетов на прочность. Развитие физики также пока еще не имеет связи с производством, а такие науки как теплотехника, электромагнитная теория и др. находились еще в зачаточном состоянии и не могли помочь развитию промышленности. Из наук в этот период развиваются, прежде всего, механика и математика, к концу его появляется химия, электромагнетизм и др.

Знания, которых требовало развитие техники, как правило, носили эмпирический характер. Это были знания о конкретных вещах, не противоречащие законам природы. Однако развивающееся машинное производство потребовало объединения в одном технологическом цикле различных механических и физико-химических процессов, использования новых материалов и видов энергии. Благодаря этому неизмеримо выросла роль науки в создании новой техники.

Наиболее выдающимся деятелем новой эпохи был Бенджамин Франклин – не только ученый, но и политический деятель. В основе его политических воззрений лежала концепция естественных и неотъемлемых прав человека, к которым относятся жизнь, свобода и собственность. Он был решительным противником рабства. Будучи человеком из народа, Франклин являлся фактическим духовным лидером новой американской нации, зарождавшейся во второй половине XVIII века. Находясь во Франции в качестве посла, он оказал там большое влияние на развитие политики и науки. Франклин не только заложил научные основы статического электричества и изобрел молниеотвод, но создал также целый ряд других полезных вещей, таких как экономичную малогабаритную печь для дома, кресло-качалку, бифокальные очки, выдвинул идею электрического двигателя, работающего на статическом электричестве и др.



Рис. 7.10. Антуан Лоран Лавуазье

В конце XVIII века открытиями **Антуана Лорана Лавуазье** (1743 – 1794) завершился процесс превращения химии в науку. Переломный этап в развитии химии, названный «химической революцией» начался с создания им в 1777 г. кислородной теории горения. Отказавшись от теории флогистона, Лавуазье пересмотрел все основные принципы и понятия химии. В 1779 г. он издал учебник «Элементарный курс химии», основанный на кислородной теории горения и новой химической номенкла-

туре. Основываясь на опытных данных, Лавуазье создал список химических элементов. Он сформулировал закон сохранения массы и создал рациональную классификацию химических соединений, основанную на различии в элементном составе соединений и на характере их свойств. Вся система Лавуазье представляет логическую стройность и единство.

Теория Лавуазье произвела химическую революцию и превратила химию в рациональную количественную науку, занимающуюся экспериментальным изучением состава тел. В результате произошел окончательный отказ от алхимических представлений о природе вещества и его свойств.

В целом XVIII век с точки зрения развития науки можно охарактеризовать не только как век просвещения, но и как аналитический период. В это время происходит становление теоретических основ таких фундаментальных наук как математика, механика, химия, биология, закладываются также основы многих разделов физики.

ГЛАВА 8

Создание паровой машины и промышленная революция XVIII века

8.1. Создание пароватмосферной машины

Мануфактурное производство, возникшее в конце XVII века, было основано на применении мускульной силы животных и энергии воды и ветра. Но в конце XVII века, когда началось бурное развитие горнодобывающей, металлургической, металлообрабатывающей, станкостроительной и других отраслей производства возникла острая потребность в значительно более мощных источниках механической энергии. Дальнейшее развитие промышленности тормозилось отсутствием источников энергии. Развитие промышленного производства, таким образом, к концу XVII века зашло в тупик. Выход заключался в развитии тепловой энергетики, т.е. использовании энергии сгораемого топлива. Внимание изобретателей обратилось к движущей силе пара или огня. Так в сочинении французского архитектора Соломона де Ко (1615 г.) говорится о возможности подъема воды посредством действия огня. В 1629 г. итальянский математик и инженер Джованни Бранка предложил проект турбины в виде укрепленного на вертикальной оси диска с лопатками, вращаемого струей пара, которая подводилась по касательной к диску. Турбина Бранка предназначалась для привода ткацких станков, однако вследствие малой производительности и очень низкой экономичности она не получила промышленного применения. В дальнейшем принцип работы колеса Бранка лег в основу активных паровых турбин.

Применение паровых турбин являлось очень заманчивым, так как в них сразу получается равномерное вращательное движение ротора, и нет необходимости в механизмах, преобразующих поступательное движение поршня во вращение вала, как это происходит в паровых машинах и ДВС. Однако изготовление паровой турбины возможно только при высоком уровне технологии, наличии специальных материалов и методов очень точной обработки металлов. Кроме того, создание паровой турбины требует знания свойств пара и законов его истечения. Без всего перечисленного КПД паровых турбин находился на чрезвычайно низком уровне, и они могли играть только роль занимательных игрушек.

Открытие атмосферного давления и научно поставленные опыты Э. Торричелли, Б. Паскаля и О. фон Герике побудили использовать его в качестве движущей силы. Для этого необходимо было создать в цилиндре, снабженном поршнем, разрежение. Поршень в этот момент должен находиться в крайнем положении и совершить ход под давлением воздуха. Это и легло в основу создания атмосферных машин. Первые предложения таких машин принадлежат аббату **Готфрейлю** (1678 – 1681 гг.) и Х. Гюйгенсу (1681). Для создания разрежения они намеревались использовать не пар, а взрывы пороха внутри рабочего цилиндра и считаются пионерами, выдвинувшими идею ДВС.

Дени Папен (1647 – 1712), работавший у Гюйгенса ассистентом, убедился в опасности и неудобстве использования взрыва пороха и предложил осуществлять разрежение с помощью водяного пара. В 1690 г. в Марбурге он создал паровой двигатель, который совершал полезную работу за счет нагревания и конденсации пара. Вода в цилиндре при нагревании превращалась в пар и двигала поршень вверх. Через специальный клапан пар выталкивал воздух, а при конденсации пара создавалось разреженное пространство и наружное давление двигало поршень вниз. Опускаясь, поршень тянул за собой веревку с грузом. Такие машины, в которых поршень возвращается в исходное положение под действием атмосферного давления, получили название пароатмосферных.

Двигатель Папена не мог осуществить непрерывное действие. Чтобы заставить поршень поднимать груз, необходимо было манипулировать стержнем-клапаном и стопором, перемещать источник пламени и охлаждать цилиндр водой. Недостатком

машины Папена было также объединение в цилиндре функций котла, цилиндра и конденсатора. А заслугой Папена является изобретение предохранительного клапана для парового котла, позволяющего регулировать давление пара.

Из всех проблем, стоящих перед изобретателями, наиболее острой была тогда проблема откачки воды из шахт, глубина которых становилась все больше. Первым успеха добился английский механик и изобретатель **Томас Севери** (1650 – 1715). В 1698 г. он изобрел работающий без поршня паровой насос, предназначенный для откачки воды из шахт. Не случайно насос получил название «друг рудокопов».

Севери отделил котел от сосуда, где производилась конденсация. Его паровой насос состоял из парового котла и рабочего цилиндра. У машины было два рабочих цикла: цикл всасывания и цикл выталкивания. Всасывание воды происходило путем конденсации пара и создания разреженного пространства над уровнем воды в сосуде. Для этого кран во всасывающей трубе открывают, а кран подачи пара и кран в напорной трубе закрывают. Затем рабочий цилиндр обливают холодной водой, и пар, находящийся в нем, начинает конденсироваться. В рабочем цилиндре создается разрежение, и в него из шахты под действием атмосферного давления поступает вода. На цикле выталкивания рабочий, обслуживающий насос, открывает кран в напорной трубе и закрывает кран в подающей трубе, после чего открывает паровой кран. Вода выталкивается из рабочего цилиндра под давлением пара. Высота подъема воды зависит от давления пара, и фактически ограничивается механической прочностью всех систем. Обычно она не превышала 30 м, поэтому в глубоких шахтах приходилось ставить одну машину над другой. Несмотря на то, что этот насос стоил дорого, угрожал взрывом и обладал низкой экономичностью, он нашел широкое применение.

Впоследствии паровая машина Севери была значительно усовершенствована **Джоном Теофилом Дезагюлье** (1683 – 1744). Он предложил для конденсации пара впрыскивать воду внутрь цилиндра. Это позволяло значительно сократить время на конденсацию пара, и машина Севери стала работать значительно быстрее. Кроме того Дезагюлье внедрил предохранительный клапан и двухходовой распределительный кран. Машины, усовершенствованные Дезагюлье, строились до начала XIX века.

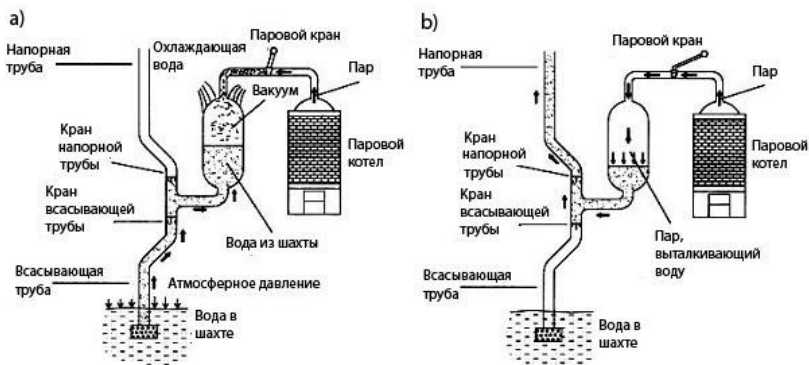


Рис. 8.1. Схема работы парового насоса Томаса Севери.
а – цикл всасывания, б – цикл выталкивания

Более радикально проблему откачки воды из шахт решил **Томас Ньюкомен** (1663 – 1729). Машина, созданная им в 1707 г., представляет собой искусную комбинацию идей Севери и Папена. В ней пар приготавливался в отдельном котле, а поршневой двигатель был отделен от откачивающего воду поршневого насоса. Система клапанов регулировала поступление пара и воды в цилиндры. Эти машины широко применялись, имели потрясающую надежность и служили по сто лет и более. Последняя машина Ньюкомена была демонтирована в Англии в 1934 г.

Хотя паровые насосы успешно работали, однако промышленность все более остро нуждалась в универсальном двигателе, не зависящем, как водяные колеса, от места или, как ветряные, от погоды. И в 1763 г. русский инженер **И. И. Ползунов** предложил, а к 1766 г. построил такую машину. Она работала на угле, холостой ход исключался с помощью двух цилиндров, работавших на общий вал, парораспределение было автоматическим, правда, машина оставалась пароатмосферной. Изобретатель умер до пуска машины, которая после небольшой неполадки была остановлена и забыта, хотя за короткое время работы не только себя окупала, но и принесла большую прибыль.

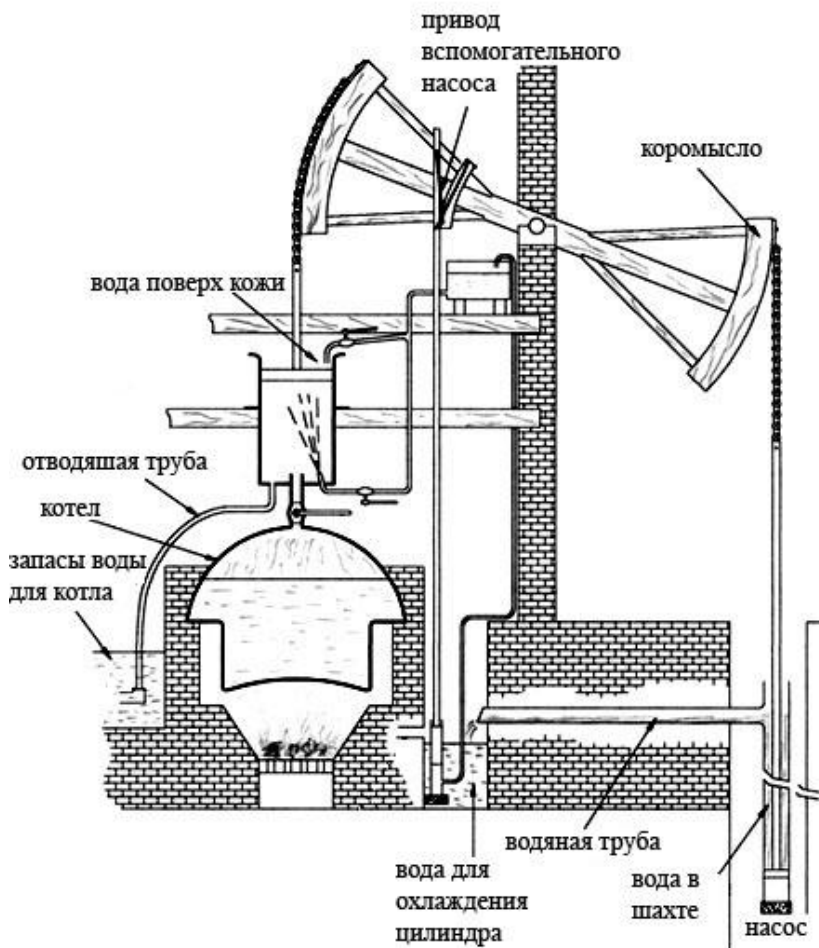


Рис. 8.2. Схема работы пароатмосферной машины Томаса Ньюкомена

8.2. Создание универсальной паровой машины

Создать первый универсальный паропоршневой двигатель удалось англичанину **Джеймсу Уатту** (1736 – 1819). В 1769 г. он получил патент на усовершенствования ньюкоменовской водо-подъемной машины: отделение конденсатора от цилиндра и использование в качестве движущей силы вместо атмосферного

давления упругости пара, подаваемого сверху поршня. При этом в отличие от пароатмосферных машин, цилиндр сохранялся все время горячим и даже изолировался материалом, плохо проводящим тепло.

Несмотря на получение патента, дело постройки машины из-за финансовых и других трудностей не продвигалось, пока за него в 1773 г. не взялся новый инвестор **Мэттью Болтон** (1728 – 1809). В результате в 1774 г. машина была построена. Ее испытания показали хорошие эксплуатационные качества и в два раза меньший расход топлива по сравнению с машиной Ньюкомена.

В 1782 г. Уатт взял патент на расширение пара в цилиндре паровой машины, которое, однако, не сразу нашло применение на практике в силу отсутствия достаточно подготовленных машинистов. Тогда же изобретатель занялся более важным вопросом – созданием машины с непрерывным вращением. Поскольку применение кривошипно-шатунного механизма в паровых машинах было защищено патентом, Уатт применил балансир и планетарную передачу. Для обеспечения непрерывного хода он также ввел двойное действие (пар поочередно поступал сверху и снизу поршня), золотниковое парораспределение и маховое колесо. В 1784 г. изобретатель конструирует двухцилиндровую машину.

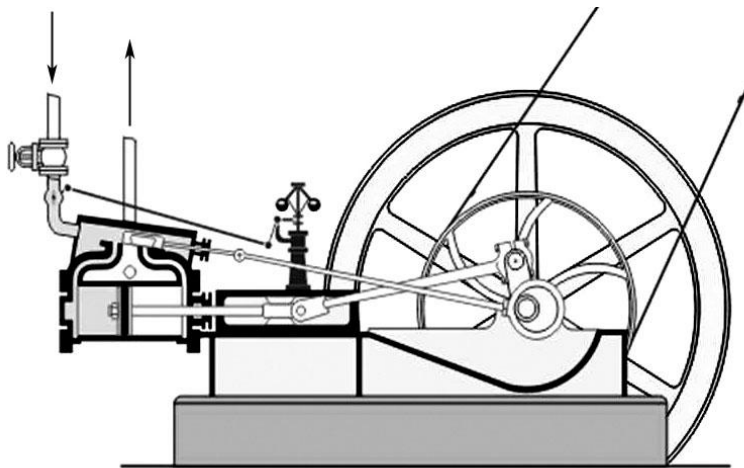


Рис. 8.3. Универсальная паровая машина Джеймса Уатта

Для режима автоматического поддержания работы машины Уатт в 1788 г. предложил центробежный регулятор оборотов. Это одно из важнейших его изобретений. Центробежные регуляторы и в настоящее время являются обязательной принадлежностью любого ДВС или турбины.

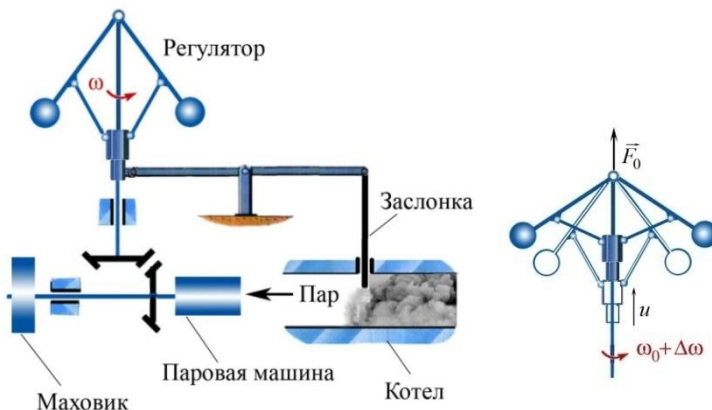


Рис. 8.4. Схема системы регулирования паровой машины Уатта и принцип работы центробежного регулятора

8.3. Распространение машин Уатта

Машины Уатта получили широкое признание. Если за 70 лет (с 1699 по 1769 гг.) пароатмосферных машин было изготовлено около 140, то за 10 лет (с 1775 по 1785 гг.) машин на заводе Болтона и Уатта выпущено 66 единиц. Создание Уаттом машин двойного действия с непрерывным вращением способствовало еще более быстрому их распространению. Наибольшее применение они нашли в хлопчатобумажной промышленности, где к 1800 г. было внедрено 84 машины общей мощностью 1382 л. с.* На втором месте стоит металлургия, включая рудники, угольные копи, литейные и металлообрабатывающие заводы (80 машин, 1438 л. с.),

* * В данном учебнике мощность машин указывается в лошадиных силах. Однако это внесистемная единица. Для перевода мощности в киловатты (кВт) следует умножить показатель в л. с. на 0,7355.

и, наконец, водоподъемные машины, обеспечивающие водопроводы и каналы (31 машина, 502 л. с.). В XIX веке темпы строительства паровых машин выросли на порядок. В 1826 г. в Великобритании насчитывалось уже 1500 машин общей мощностью 80 000 л. с.

Производство паровых машин было не только большим достижением в области энергетики. Это был шаг вперед и в машиностроении. При проектировании новых машин Уатт пользовался выработанными им эмпирическими формулами. Кроме того завод Болтона – Уатта стал первым в мире специализированным заводом. На нем с самого начала стремились к возможно более точному изготовлению деталей. Это в основном заслуга М. Болтона, который выработал правила производства деталей и внедрял их не только у себя, но и на других заводах, изготавливающих комплектующие паровых машин. В 1779 г. была выработана инструкция по сборке машин с рисунками и подробным порядком установки каждой ее части. В 1784 г. появляются и правила по уходу за машиной непрерывного вращательного движения.

Машины Уатта в небольшом количестве поставлялись на экспорт, но уже в 1780 г. их производство начинается во Франции, на рубеже XIX века – в Германии и США, а в 1818 г. в Бельгии.

К началу XIX в. английский инженер Ричард Тревитик и американец Оливер Эванс совместили бойлер и двигатель в одном устройстве, что позволило использовать его для создания паровозов и пароходов. Больших успехов достигло строительство паровых машин в США. Развитие американских машин с самого начала пошло по пути, отличному от европейского. Уже в конце XVIII века там создается машина высокого давления Эванса. В начале XIX века в США строятся оригинальные пароходные машины. В 1830-х гг. там строятся паровозы, существенно отличающиеся от европейских.

Несмотря на то, что расширение пара в цилиндрах машины стало обязательным условием, устройства парораспределения были весьма несовершенны. В конце 1840-х гг. в США появляется новый тип паровых машин изобретателя **Джорджа Генри Корлисса** (1817 – 1888). В 1849 и 1851 гг. он получил патенты на устройство впускного и выпускного клапанов, которые существенно повышали КПД паровой машины. Новая система парораспределения

основывалась на применении вращающихся кранов с изменением степени наполнения непосредственно от регулятора. Благодаря ей и очень качественному исполнению машин, они отличались малым расходом пара и высокой равномерностью хода. Большое внимание Корлисс уделял также котельной установке, применяя сухой перегретый пар.

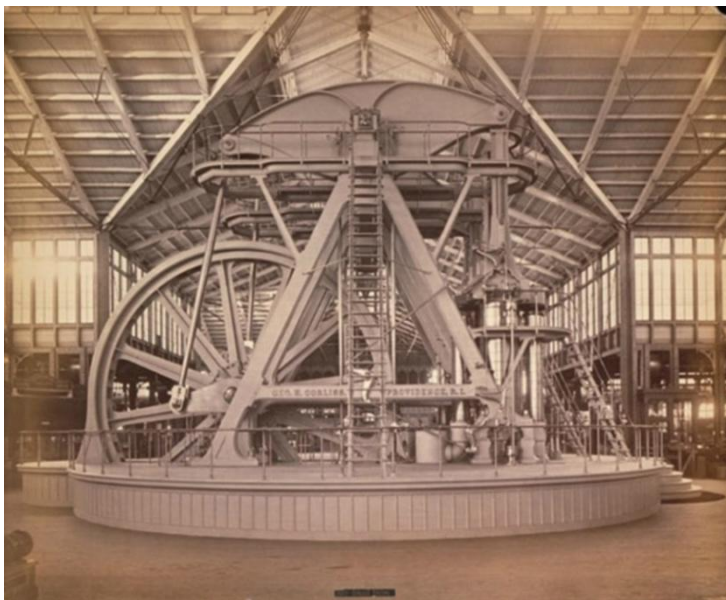


Рис. 8.5. Паровая машина Корлисса. На Выставке Столетия в Филадельфии в 1876 г. от нее приводились в действие все экспонаты Машинного павильона. Мощность машины 2500 л. с., высота 13,5 м, масса 607 т.

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 способ расчета сил, действующих в этом механизме.

Создание эффективного парового двигателя – паровой машины вызвало промышленную революцию XVIII века. Это изобретение по своему значению в жизни человечества может сравниться

только с освоением огня и созданием компьютера. Несмотря на более сложное устройство механизма по сравнению с паровой турбиной, паровая машина значительно проще в изготовлении и не требует таких знаний в области теплотехники и применения специальных сплавов для изготовления, как паровые турбины и тем более, газовые турбины и двигатели внутреннего сгорания.

Создана паровая машина была именно в Великобритании не случайно. Англия была мировым промышленным и торговым лидером, владела обширными колониями, поэтому располагала огромными финансовыми ресурсами. Кроме того, государство не подавляло экономическую активность.

8.4. Революция на транспорте

В XIX веке паровые машины находят широкое применение не только в промышленности, но и на транспорте. Следует отметить, что пока не была создана универсальная паровая машина Уатта, все попытки построить судно или наземное транспортное средство, движимое силой пара либо приводили к неудаче, либо оставались на бумаге.

В США изобретателем Робертом Фултоном был создан первый пароход, имевший коммерческий успех. Судно под названием «North River Steamboat of Clermont» (в литературе его неправильно называют «Клермонт») совершало регулярные рейсы по реке Гудзон между Нью-Йорком и Олбани с 1807 г. Вскоре после этого не только в Соединенных Штатах, но и в Англии, и в других странах развернулось строительство пароходов.

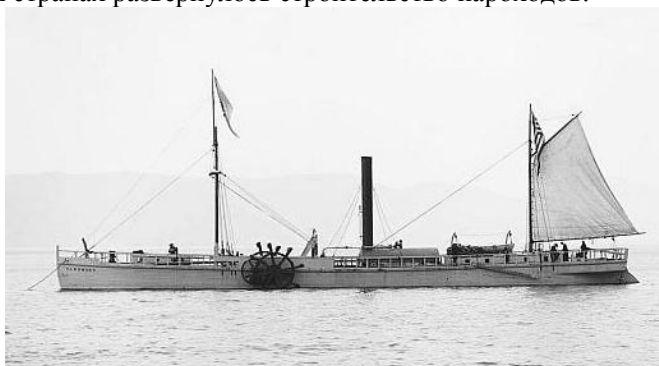


Рис. 8.6. Пароход Роберта Фултона

прошло под парусами. И только в 1838 г. английский пароход «Сириус» пересек Атлантику без применения парусов. В военном флоте окончательный переход на паровые двигатели состоялся только после Крымской войны 1853 – 1856 гг. Однако архаичные паруса сохранялись на большинстве боевых кораблей еще лет 30.

Именно судовые паровые машины были самыми совершенными. В 1829 г. немецкий инженер Мориц Рентген, работавший в Голландии, предложил машину типа компаунд. Машина имела два рабочих цилиндра разного диаметра. Пар из котла поступал в меньший цилиндр высокого давления, а отработав там, перепускался в больший цилиндр низкого давления. Это позволяло более полно использовать энергию пара и повысить КПД машины.

Однако на первом этапе компаунд-машины не нашли широкого применения, поскольку в судовых машинах тогда применялось очень низкое давление – порядка 1,2 атм., в то время, как в стационарных оно достигало 3 атм. Применение в судовых котлах более высокого давления долго считалось опасным из-за несчастных случаев. С повышением в 1860-х гг. давления в паровых котлах до 5 – 7 атм. машины двойного действия получили широкое распространение. В 70-х, 80-х годах XIX столетия мощности машин достигли 5000 л. с., что вынудило из-за увеличения размеров разделить цилиндр низкого давления на два.

На этом развитие паровых машин не остановилось, при дальнейшем увеличении давления до 10 – 12 атм. был сделан переход к машинам тройного расширения. При этом расход угля сократился почти в полтора раза. Мощность машин возросла до 8 – 9 тыс. л. с., а диаметр цилиндра низкого давления достиг трех метров. Поэтому его также часто делили на два. Такая конструкция к тому же оказалась удобной для уравнивания сил инерции по способу, предложенным в 1893 г. немецким инженером **Эрнстом Отто фон Шликом** (1840 – 1913). Машины такого типа мощностью 14 000 л. с. были построены в 1897 г. в Штеттине (сейчас Щецин, Польша) заводом «Вулкан» для парохода «Кайзер Вильгельм дер Гроссе», а затем строились для броненосцев кайзеровского флота.

Самыми большими паровыми машинами стали машины четырехкратного расширения, построенные для роскошного

лайнера «Дойчланд». Они имели мощность 17 500 л. с., по шесть цилиндров и давление пара 16 атм. Этот пароход поставил рекорд скорости (23,15 узла) и держал его до введения в строй английских турбинных лайнеров «Мавритания» и «Лузитания». Однако всех надежд лайнер не оправдал из-за повышенных вибраций корпуса, наступающих от резонанса при максимальных оборотах машин. Это беспокоило пассажиров, что привело к падению спроса на билеты и стало причиной финансового краха данного парохода.

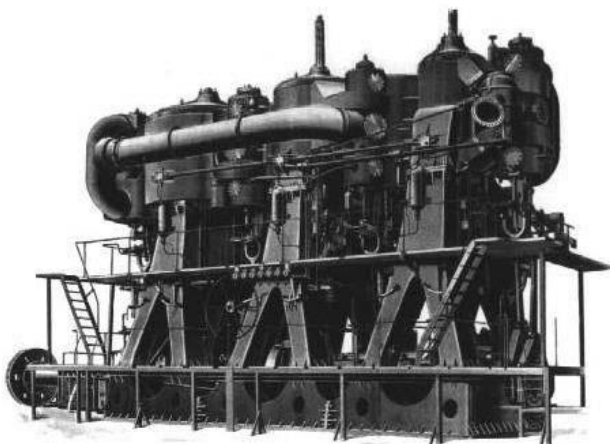


Рис. 8.7. Паровая машина парохода «City of Paris» мощностью 9 000 л. с., Англия, 1888 г.

Что касается машин четырехкратного расширения, то их дальнейшее развитие было прекращено из-за перехода судостроения в начале XX века на применение паровых турбин и дизелей. Но, несмотря на это, строительство морских пароходов продолжалось до 1980-х гг., значительно дольше, чем строительство паровозов, которое прекратилось в конце 1950-х гг. Это объясняется более высоким КПД судовых паровых машин. Дело в том, что пароходы, в отличие от паровозов, могут использовать конденсацию пара для снижения давления на выходе из цилиндров, что существенно повышает КПД. Кроме того, на пароходах могут применяться более эффективные водотрубные котлы по сравнению с жаротрубными, устанавливаемыми на паровозы. Пароходы также могут использовать различное топливо.

Речные пароходы прекратили строить значительно раньше, так как на малых судах дизель намного эффективнее паровой машины.

Паровые машины произвели также революцию и в наземном транспорте. Первое действующее паровое транспортное средство создал в 1769 г. французский офицер **Жозеф Кюньо** (1725 – 1804). Деревянная повозка имела три колеса, небольшой паровой котел и машину с вертикальным паровым цилиндром. Переднее управляемое колесо было ведущим и снабжалось зубцами. Повозка двигалась без остановки только 15 минут и проходила за это время 1000 м, после чего нужно было останавливаться и заправлять котел.

Двигатель повозки Кюньо имел малую мощность из-за низкого давления в цилиндре. После аварии в 1770 г. на парижской улице она была признана опасной и сдана в музей.



Рис. 8.8. Паровая повозка Кюньо

В 1784 г. американский изобретатель **Оливер Эванс** получил патент на малогабаритную паровую машину высокого давления (10 атм.), которая могла устанавливаться на небольших транспортных средствах.

В 1801 г. **Ричард Тревитик** (1771 – 1833) построил карету с паровым двигателем, которую продемонстрировал на улицах города Кэмборна. «Пыхтящий дьявол» имел огромные задние колеса, которые приводились в движение одноцилиндровой паровой машиной с давлением 9,5 атм. и горизонтально расположенным цилиндром. Автомобиль вмещал восемь пассажиров, но ходил также на небольшие расстояния. Через три дня эксплуатации по недосмотру машина вышла из строя. Восстанавливать автомобиль

Тревитик не стал, а построил аналогичный в Лондоне. Хотя он и привлек большое внимание публики, но оказался очень неудобным по сравнению с обычными каретами и был на некоторое время забыт. Однако уже в 1829 г. паровые omnibus-ы стали самым быстрым пассажирским транспортом, развивая на обычных шоссе-йных дорогах скорость 24 км/ч. Опасаясь конкуренции, владельцы железных дорог и конных дилижансов добились принятия в 1865 г. закона, ограничивающего скорость паровых omnibus-ов 7 км/ч за городом и 4 км/ч в городах. Кроме того перед экипажем должен был бежать человек с красным флажком и предупреждать всех об опасности. Этим законом развитие парового безрельсового транспорта было остановлено на три десятилетия.



Рис. 8.9. Паровой omnibus Ричарда Тревитика

В конце XIX века паровые и электрические автомобили получили широкое распространение. Так в США в 1900 г. примерно половина автомобилей была на паровом ходу. Первое время после появления автомобилей с ДВС паровые автомобили превосходили их по своим характеристикам. Но, несмотря на ряд достоинств (хорошая тяга, многотопливность), паровые автомобили к 1930 гг. сошли со сцены из-за своей неэкономичности и сложностей при эксплуатации. К началу 1920-х гг. паровые автомобили производились совсем в небольшом количестве. Но все

же до 1960-х гг. промышленность выпускала паровые грузовики, которые, в частности, использовались фермерами США и Великобритании.



Рис. 8.10. Омнибус «Enterprise» Уолтера Хэнкока, 1833 г.
Скорость 32 км/ч, запас хода 32 км

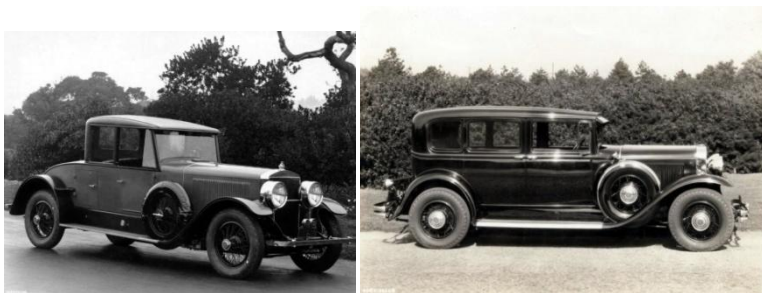


Рис. 8.11. Паровые автомобили братьев Добл. Имели ключ зажигания, более мощный и практичный двигатель, работавший на керосине, были просты в управлении. Машины разогревались всего за полторы минуты, в то время как более старым паровым автомобилям для этого требовалось не менее получаса. Максимальная скорость модели «Е» 1924 г. (на рис. слева) составляла 160 км/ч, а до 100 км/ч она разгонялась всего за 10 секунд. Автомобили братьев Добл не нашли применения из-за высокой стоимости.

Однако производство паровых автомобилей не прошло бесследно. Некоторые важные элементы современных автомобилей внедрены именно для них. Так в 1834 г. американский инженер Робертс изобрел дифференциал, а в 1843 его соотечественник

Хилл – коробку перемены передач. Колеса со спицами, легкие рамы из труб, шарикоподшипники и пневматические шины автомобиль получил от велосипеда.

Создание первых паровозов. Значительно дольше паровые машины использовались в железнодорожном транспорте. К моменту появления железных дорог в начале XIX века рельсовый путь уже достиг определенного уровня развития. Первые рельсовые пути использовались в шахтах и на рудниках и представляли собой два ряда деревянных брусьев, по которым перемещались тележки с грузом. Их колеса имели желоба для предотвращения схода с направляющих брусьев.

В 1767 г. англичанин Рейнолдс применил чугунные рельсы, которые прибавали к продольным брусьям. Поскольку с такого пути вагонетки часто сходили, в 1776 г. Кюр применил в качестве рельсов чугунные уголки с высокими боковыми краями. Такие колеиные дороги получили в Англии широкое распространение и перевозили не только грузы, но и пассажиров. Составы из нескольких вагонов тянули лошади, которые могли двигаться и вне колеи. Использовался этот вид транспорта вплоть до начала XX века.

В 1789 г. англичанин Джесоп ввел в употребление рельсы грибовидного сечения, которые скреплялись особыми чугунными подушками. Рельсы отливались из чугуна, имели «рыбовидную» форму, т.е. неравномерную толщину и укладывались на каменные опоры. Колеса снабжались ребордами (закраинами). В результате был создан путь, обеспечивающий безопасное движение со значительной скоростью.

Впоследствии ненадежные хрупкие чугунные рельсы заменили на железные, а позднее и на стальные. Поскольку движение по дороге с жесткими каменными опорами приводило к повышенному износу рельсов и вагонов, а также было некомфортным, путь сделали более упругим, укладывая деревянные шпалы на каменный балласт. В 1830 г. американец Стивенс предложил конфигурацию рельса, сохранившуюся до нашего времени.

Параллельно развивались и сухопутные транспортные средства с паровым двигателем. Уже к началу XIX века был создан паровой автомобиль Ричарда Тревитика, и для создания первого паровоза оставалось только поставить экипаж на рельсы, что и сделал Тревитик в 1803 г. Он построил свой паровоз «Непобо-

римый» по заказу металлургического предприятия в Южном Уэльсе для замены конной тяги на рельсовой дороге, по которой возили уголь. Рельсы были уголковые, поэтому колеса диаметром 1372 мм гребней не имели. Масса паровоза была примерно 5 т. Хотя скорость достигала 8 км/ч, путь в 16 км паровоз с составом общей массой 25,4 т преодолел за 4 часа и 5 мин. Это связано с частыми остановками из-за поломок рельсов, чего не было при использовании конной тяги. Вместо того чтобы усилить рельсовый путь хозяин паровоза Гомфри использовал его в качестве стационарной установки для откачки воды. Все последующие проекты Тревитика по разным причинам не были реализованы. Умер он в нищете, хотя его идеи нашли широкое применение.

В период 1810 – 1813 гг. ряд изобретателей создали более совершенные локомотивы. В 1812 г. инженер Муррей создал паровоз «Бленкинсоп», передвигавшийся по обычным рельсам. Однако в движение его приводило зубчатое колесо, которое катилось по зубчатой рейке, расположенной рядом с рельсами. Паровоз инженера Муррея возил уголь до 1834 г., проработав 22 года. Позже было доказано, что гладкое колесо, катящееся по гладкому рельсу, в полной мере может обеспечить тягу локомотива. В настоящее время зубчатые железные дороги сохранились только на горных участках с очень большими подъемами.

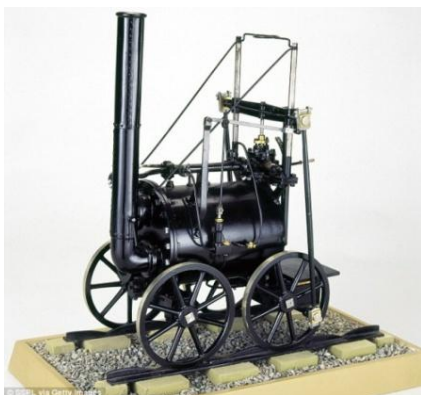


Рис. 8.12. Паровоз Тревитика

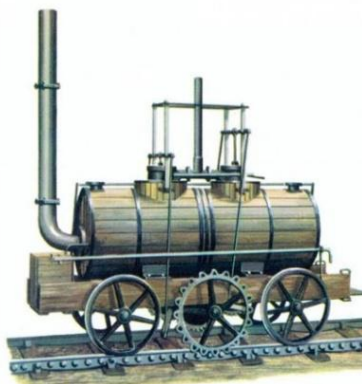


Рис.8.13. Паровоз «Бленкинсоп»

В 1813 г. **Блекет** и **Хёдли** построили паровоз «Пыхтящий Билли» с гладкими ведущими колесами, который работал на

Вулатской дороге 50 лет. Позднее он стал экспонатом Кенсингтонского музея в Лондоне и является самым старым из сохранившихся паровозов.

А самыми удачными оказались паровозы, спроектированные и построенные **Джорджем Стефенсоном** (1781 – 1848). В 1814 г. он создал свой первый паровоз «Блюхер», а в последующие годы еще множество машин. Все они работали на промышленных дорогах небольшой протяженности.

В результате развития паровозов на повестку дня был поставлен вопрос создания междугородних дорог общего назначения. Строительство первой в мире железной дороги общего пользования протяженностью 21 км между Стоктоном и Дарлингтоном началось в 1822 г. Для этой дороги Стефенсон построил три паровоза типа «Locomotion» – «Самодвижение», мощностью 7 – 8 л. с., обеспечивающих скорость 13 км/ч. Именно от него вошло в обиход слово «локомотив». Паровозы «Самодвижение» непрерывно проработали до 1904 г., т.е. более 80 лет. Строились они на первом в мире паровозостроительном заводе в Ньюкасле. 27 сентября 1825 г. дорога была открыта. В жизни человечества началась новая эпоха.

Однако паровозы на дороге Стоктон – Дарлингтон водили только тихоходные угольные составы. Пассажиров перевозили в специальных вагончиках, запрягая в них лошадей, поскольку паровозы имели малую скорость. Тем не менее, эксплуатация первой дороги приносила хорошую прибыль, и в Англии была заложена дорога Ливерпуль – Манчестер.

Ряд выдающихся инженеров внес вклад в развитие паровозов. Среди них можно отметить Гакворта, который создал трехосный паровоз «Король Георг» в котором предложил целый ряд нововведений, а именно:

- спарники для передачи вращения ведущим колесам;
- осевой выпуск мятого пара через конус в трубе для интенсификации подачи воздуха в топку;
- рессоры на двух передних осях (задняя во избежание качки от сил инерции в вертикально расположенных цилиндрах рессор не имела);
- насос для питания котла водой;
- пружинный предохранительный клапан на котле.

В 1828 г. завод Стефенсона построил для США паровоз «Америка». Он имел железные бандажы колес вместо чугунных. Вторым важным нововведением стало расположение цилиндров под наклоном 33° , что позволило подвесить на рессорах все оси.

В том же 1828 г. Сеген поставил на паровоз Стефенсона, предназначенный для французской железной дороги Лион – Сент-Этьен жаротрубный котел. Его конструкция применялась почти без изменений в течение всей последующей эксплуатации паровозов. Именно жаротрубный котел позволил паровозу Стефенсона «Ракета» победить в 1829 г. на знаменитом состязании в Рейнхилле и пройти дистанцию с грузом в 13 т со средней скоростью 19 км/ч при максимальной скорости 48 км/ч. Без груза «Ракета» показала скорость 56 км/ч. Восемь паровозов типа «Ракета» были заказаны для дороги Ливерпуль – Манчестер, открытой 15 сентября 1830 г. Она стала первой в мире дорогой, где и грузовое, и пассажирское движение осуществлялось паровозами. Дорога Ливерпуль – Манчестер также стала эталоном при создании железных дорог не только в Англии, но и в других странах по устройству рельсового пути, паровозам, вагонам и различным инженерным сооружениям. До сих пор 75% дорог имеют стефенсоновскую ширину колеи (1435 мм). «Ракета» стала прообразом и первого русского паровоза, который в 1833 г. создали отец и сын **Черепановы** на Урале.



Рис. 8.14. Паровоз Стефенсона «Ракета»

В 1830-е годы в Англии развернулось масштабное строительство железных дорог. Кроме того их стали строить сразу в нескольких государствах Европы и в Америке. Это потребовало резкого

увеличения выпуска паровозов и соответственно заводов по их выпуску. Тогда же был заложен классический тип паровоза. Паровые машины, как правило, имели два цилиндра. К паровозу стали цеплять специальный вагон с запасом воды и топлива – тендер. На этом можно считать закончился период формирования паровоза.

Объемы перевозки пассажиров на линии Ливерпуль – Манчестер превосходили ожидания, что вызвало разделение паровозов на пассажирские и грузовые. Рост размеров двухосных паровозов привел к тому, что из-за короткой базы локомотив стал подвержен сильным боковым колебаниям, что в свою очередь оказывало неблагоприятное воздействие на путь. В связи с этим на паровозе установили поддерживающую ось. Это дало такие хорошие результаты, что повсеместно двухосные паровозы больше не строили, перейдя к трехосным.

Самым мощным локомотивом в мире стал грузовой паровоз Стефенсона «Атлас» с тремя ведущими колесными парами и внутренними цилиндрами. В 1835 г. Стефенсон также построил и очень удачный пассажирский паровоз «Патентованный». Для лучшего прохода поворотов ведущие (средние) колеса не имели гребней на бандажах. Именно паровозы этой серии стали основой паровозного парка в Великобритании и копировались в разных странах. Пять таких паровозов обслуживали первую в России железную дорогу Санкт-Петербург – Царское Село.



Рис. 8.15. Паровоз Стефенсона «Патентованный»

В паровозах также стали применяться двухцилиндровые компаунд-машины. Однако их существенным недостатком стала невозможность трогания паровоза при остановке в мертвой точке поршня в цилиндре высокого давления. Для преодоления этого недостатка паровозы с компаунд-машиной оснащались сложными приборами трогания, кратковременно пускавшими свежий пар одновременно в оба цилиндра. В дальнейшем улучшения экономичности паровозов стали добиваться путем перегрева пара и от компаунд-машин в локомотивостроении отказались

8.5. Развитие металлургии

Увеличение числа машин вызвало повышенную потребность в металле, что потребовало развития металлургии. Главным достижением этой эпохи в металлургии была замена древесного угля, использовавшегося средневековыми кузнецами, на каменно-угольный кокс. Его ввел в употребление в XVII в. Клемент Клерк и его мастера кузнечных дел и литья.

С 1709 г. в местечке Коулбрукдэйл **Абрахам Дарби**, основатель целой династии металлургов и кузнецов, использовал кокс для получения чугуна из руды в доменной печи. Из него поначалу делали лишь кухонную утварь, которая отличалась от работы конкурентов лишь тем, что ее стенки были тоньше, а вес меньше. В 1750-х гг. сын Дарби построил еще несколько домен, и к этому времени его изделия были еще и дешевле, чем изготовленные на древесном угле. В 1778 г. внук Дарби, Абрахам Дарби III, из своего литья построил в Шропшире знаменитый Железный мост, первый мост в Европе, полностью состоящий из металлических конструкций.

Для дальнейшего улучшения качества чугуна в 1784 г. **Генри Корт** разработал процесс пудлингования. Рост производства и улучшение качества английского металла к концу XVIII в. позволило Великобритании полностью отказаться от импорта шведского и русского железа. Развернулось сооружение каналов, позволявших перевозить уголь и металлы.

К концу XVIII века подавляющая часть чугуна уже выплавлялась на коксе, была усовершенствована система загрузки домен, стали применяться системы водяного охлаждения сводов печей. Загрузочное устройство для доменной печи изобрел в 1850 г. англичанин Парри. Была решена и проблема горячего дутья и

возможность использования образующихся в печи доменных газов, которые раньше уходили в атмосферу. Первое исследование по вопросу использования доменных газов опубликовал в 1814 г. французский исследователь Пьер Бертье. В 1857 г. английский инженер **Эдуард Альфред Каупер** (1819 – 1893) изобрел воздухонагревательный аппарат (каупер), ставший постоянным спутником доменных печей.

Резкий рост машиностроения и металлообработки поставил вопрос не только об увеличении выплавки чугуна, но и переработки его в железо. Однако с ростом выплавки чугуна в этом вопросе наметилось отставание. Это связано с применением малопроизводительного и несовершенного способа передела чугуна на железо кричных горнах, работавших на древесном угле. Только в 1766 г. англичане, братья **Томас и Джордж Кранеджи**, переконструировали кричный горн в газопламенную печь, а их соотечественник, мастер **П. Онъен** предложил в 1783 г. способ передела чугуна в железо, напоминающий пудлингование (от англ. puddling – перемешивать).

Год спустя другой английский металлург **Генри Корт** запатентовал пудлинговую печь, на поду которой осуществлялось пудлингование, которое окончательно вытеснило «кричный передел». Суть пудлингования заключалось в том, что расплавленный чугун вручную перемешивали металлической штангой, в процессе чего на нее налипал металл, а расплав становился более вязким. На конечной стадии процесса образовавшуюся тяжелую тестоподобную массу разламывали ломami на несколько кусков и затем вновь сплавляли их в печи. Для получения железа из чугуна процесс плавки повторяли до 9 раз. Также Генри Корт в 1783 г. установил в Ланкастере первый прокатный стан.

Расширение производства стали потребовало замены существовавших в то время чисто эмпирических методов исследования научными. Появилась новая наука – металловедение, тесно связанная с металлофизикой и представляющая научную основу для получения металлов с заданными свойствами. Ее основоположником был начальник Алтайских горных заводов и Томский гражданский губернатор **Павел Петрович Аносов** (1796 – 1851). Он первым начал исследования влияния на сталь различных элементов, и первым доказал, что физико-химические и механические свойства стали могут быть значительно изменены и улучшены

добавками некоторых легирующих элементов. Он стал зачинателем производства специальных сталей – титановых, марганцевых, хромистых и др. Русский ученый заложил основы металлографии, впервые применив в исследованиях строения стали микроскоп. Аносов также раскрыл утерянные секреты булатной стали, производимой в древности и в средние века в восточных странах.

Однако самой актуальной проблемой в XIX веке было удешевление стали и ее производство в большом объеме. Английский изобретатель **Генри Бессемер** (1813 – 1898), занимаясь улучшением качества стали для оружейных стволов, разработал в 1856 г. способ получения стали без дополнительного нагрева. Для этого в резервуаре грушевидной формы (бессемеровский конвертер), через расплав чугуна продувался воздух. В 1860 г. был изобретен вращающийся конвертер с подачей воздуха через днище.

На первых этапах в промышленных объемах сталь получалась низкого качества, однако годы труда принесли свои плоды, ученый выработал способ удаления вредных примесей – серы и фосфора. В результате была получена хорошая низкоуглеродистая сталь.

В 1856 г. английский металлург **Роберт Форест Мюшет** (1811 – 1891) получил патент на очень сходный с бессемеровским процесс, отличие которого состояло в том, что содержание включений, не выжигаемых полностью потоком воздуха, регулировалось добавкой так называемого зеркального чугуна, содержащего марганец. Именно добавка марганца в конце продувки обеспечила успех бессемеровского процесса. В 1857 г. Мюшет сделал рельсы из стали, а не из чугуна. Стальные рельсы были намного прочнее чугунных, что позволило делать их длиннее. Это стало важнейшим фактором для развития железных дорог во всем мире. В 1868 г. Р. Мюшет ввел в сталь в качестве легирующей добавки примерно 5% вольфрама и получил инструментальную сталь, обладающую свойством самозакалки.

Однако бессемеровский способ имел существенные недостатки – большие ограничения по химическому составу чугунов. В 1864 г. французский артиллерист **Пьер Мартен** (1824 – 1915) разработал способ получения литой стали в пламенной регенеративной печи. Он использовал разработанный незадолго до

этого немецкими инженерами Фридрихом и Вильгельмом Сименсами принцип регенерации тепла продуктов горения. Полученные в мартеновских печах болванки прокатывались затем в листы и профильные полосы. Этот способ обеспечил промышленность недорогим строительным материалом, более прочным, чем железо. Мартеновский процесс получения стали дополнял бессемеровский, позволяя перерабатывать стальные отходы бессемеровского производства, скопившиеся в больших количествах на заводах. При этом оборудование в мартеновском цехе стоило намного дешевле, чем в бессемеровском.

Еще одним важнейшим достижением металлургии стал дешевый алюминий. Длительное время ученые искали способы получения алюминия, но металл выходил очень дорогим. И только в 1886 г. двое молодых людей – американский студент **Чарльз Мартин Холл** и французский инженер **Поль Луи Туссен Эру**, независимо друг от друга открыли способ получения алюминия с помощью разложения электрическим током окисла алюминия, предварительно расплавленного в криолите. Правда, электролитический способ требовал большого количества энергии, но к тому времени уже были достаточно мощные электростанции. Этот очень легкий металл не подвергается коррозии, стоек к органическим кислотам, достаточно пластичен для получения проката и проволоки, хорошо заполняет форму при отливке и имеет малое омическое сопротивление. Это сделало его незаменимым в технике.

8.6. Последствия промышленной революции

Промышленная революция (промышленный переворот, великая индустриальная революция) – это переход от ручного труда к машинному, от мануфактуры к фабрике, от аграрной экономики к индустриальному производству. Термин «промышленная революция» был введен в научный оборот выдающимся французским экономистом Жеромом Бланки. Промышленный переворот происходил в разных странах не одновременно, но в целом можно считать, что период этих изменений начинался от второй половины XVIII века и продолжался в течение XIX века. Характерной чертой промышленной революции явился стремительный рост производительных сил на базе крупной

машинной индустрии и утверждение капитализма в качестве господствующей мировой системы хозяйства.

Важной составляющей промышленного переворота было внедрение в транспорт и производство рабочих машин и механизмов, которые заменили ручной труд людей.

Механизация в первую очередь коснулась ткацкой промышленности – ведущей отраслью XVIII века. С ней связана деятельность англичанина **Эдмунда Картрайта** (1743 – 1823). Он изобрел чесальную машину, паровую обработку волокнистых веществ и в 1785 г. ткацкий станок с ножным приводом, который в 40 раз увеличил производительность труда. По ходатайству 50 фабрикантов за свои изобретения Картрайт получил от парламента вознаграждение в 10 000 фунтов стерлингов.

Развитие буржуазного общества меняет не только экономику, политику и социальные отношения, но и порождает изменения в сознании людей. Характерной чертой промышленной революции явился стремительный рост производительных сил на базе крупной машинной индустрии и утверждение капитализма в качестве господствующей мировой системы хозяйства. Промышленная революция связана не просто с началом массового применения машин, но и с изменением всей структуры общества. Она сопровождалась резким повышением производительности труда, быстрой урбанизацией, началом быстрого экономического роста (до этого экономический рост, как правило, был замечен лишь в масштабах столетий), исторически быстрым увеличением жизненного уровня населения.

В результате промышленной революции появилось конвейерное производство, на порядок повысившее производительность труда и подготовившее общество массового производства. Она позволила на протяжении жизни всего лишь 3 – 5 поколений перейти от аграрного общества (где большинство населения вело натуральное хозяйство) к индустриальному.

ГЛАВА 9

Развитие техники в XIX веке

9.1. Переворот в машиностроении

Первая половина XIX века время триумфального шествия паровой машины. Паровая машина, первоначально служившая водяным насосом, была приспособлена для дутья в горнах,ковки железа, а также для замены водяного колеса в силовых установках. Машинная индустрия, основанная на паровом двигателе, как источнике энергии, охватывала все новые и новые отрасли промышленности. На смену гужевому транспорту пришли железные дороги и паровые автомобили и тракторы, паровые машины на водном транспорте вытесняли паруса и весла.

Ведущей в начале XIX века продолжала оставаться ткацкая промышленность. Именно ее в первую очередь коснулась механизация. Создавались ткацкие станки, уже рассчитанные на применение парового двигателя. В 1804 г. **Жозеф Мари Жаккар** (1752 – 1834) создал ткацкий станок с программным управлением, способный автоматически ткать узорчатую ткань. Управление впервые осуществлялось с помощью перфокарт. В 1825 – 1830 гг. английский механик **Ричард Робертс** изобрел автоматическую прядильную машину. Механизируется и труд швеи, появляется множество вариантов швейных машинок, самой удачной из которых становится машинка американца **Исаака Меррита Зингера**, изобретшего для нее челнок.

В начале XIX века происходит переворот в машиностроении. Следует заметить, в начале XIX века самым передовым было английское машиностроение, которое стояло значительно выше машиностроения стран континентальной Европы. На место старого токарного станка приходят новые высокоточные автоматические станки. Начало автоматизации положил английский изобретатель и промышленник **Генри Модсли** (1771 – 1831). Он изобрел множество станков, в том числе поперечно-строгальный станок с кривошипно-шатунным механизмом и механизированный суппорт токарного станка, позволяющий независимо перемещать резец в двух взаимно перпендикулярных направлениях. А его токарно-винторезный станок стал первым металлорежущим станком, позволившим стандартизировать размеры резьбы. Это стало началом стандартизации деталей, имевшей огромное значение для развития машиностроения. Модсли также впервые объединил станки в одну поточную линию. В 1794 г. Генри Модсли изобрел «крестовый суппорт», представляющий собой две каретки, которые могут независимо перемещаться в двух взаимно перпендикулярных направлениях с помощью винта.

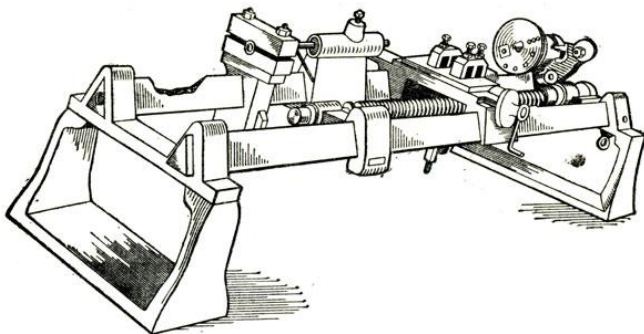


Рис. 9.1. Токарно-винторезный станок Генри Модсли

Большой вклад в развитие машиностроения внес американский изобретатель и промышленник **Эли Уитни** (1765 – 1825). Он создал хлопковый волокноотделитель и один из первых фрезерных станков. Однако самым главным стало то, что Уитни заложил основы организации массового производства в машиностроении. В 1800 г. он построил мушкетный завод, на котором впервые внедрил принцип взаимозаменяемости деталей на сборке. Новые токарные и

фрезерные станки позволили заменить ручной труд при высокоточной обработке металлов.

Так зарождалось крупное производство. На фабриках и заводах рабочие машины приводились в действие общим центральным двигателем (паровой машиной), а передача энергии производилась с помощью механической, как правило, ременной трансмиссии. К концу XIX века на смену паровой машине приходят новые тепловые двигатели, а механический привод вытесняется электроприводом. Появление металлорежущих станков, таких как токарный, позволили упростить процесс изготовления металлических частей паровых машин и в дальнейшем создавать все более совершенные станки и для разнообразных целей. Внедрение точных станков не только повысило производительность труда, но и позволило использовать труд менее квалифицированных рабочих и тем самым расширять производство. В военном деле внедрение высокоточных станков позволило перейти к нарезному, а позднее и казнозарядному оружию.

Большой вклад в развитие станкостроения внес шотландский астроном и инженер **Джеймс Несмит** (1808 – 1890). В 1829 – 1831 гг. он построил фрезерный станок с делительной головкой для крепления заготовки. Это приспособление используется до сих пор.

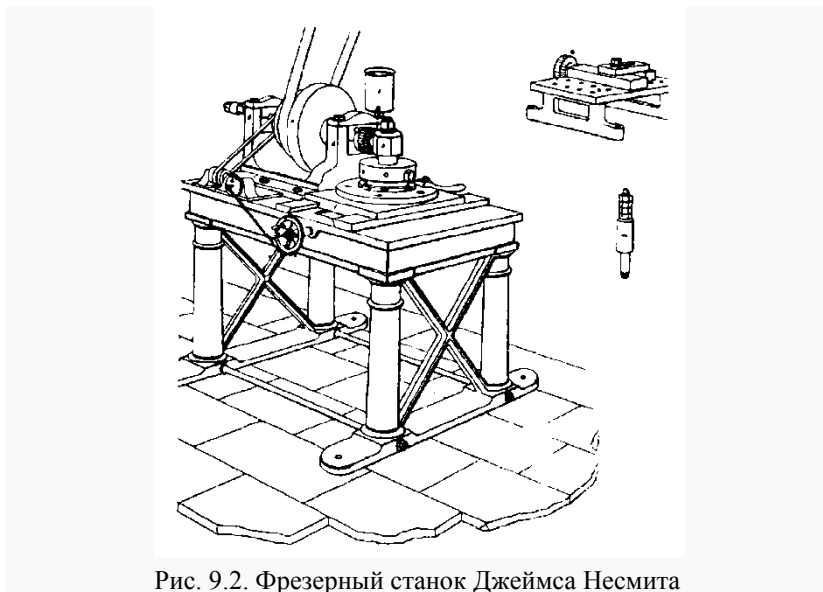


Рис. 9.2. Фрезерный станок Джеймса Несмита

В 1842 г. Несмит запатентовал паровой молот. Первые молоты использовали свободное падение, но позже было сделано падение с усилием. Оператор получил возможность управлять силой каждого удара. Несмит любил хвастать возможностью молота. Сначала молот разбивал яйцо, помещенное в фужер, не повреждая бокала, а затем наносил удар в полную силу, который сотрясал здание. Молот Несмита получил широкое распространение, к 1856 г. было произведено 490 единиц, которые были проданы не только в Европе, но и в Индии и даже в Австралии.

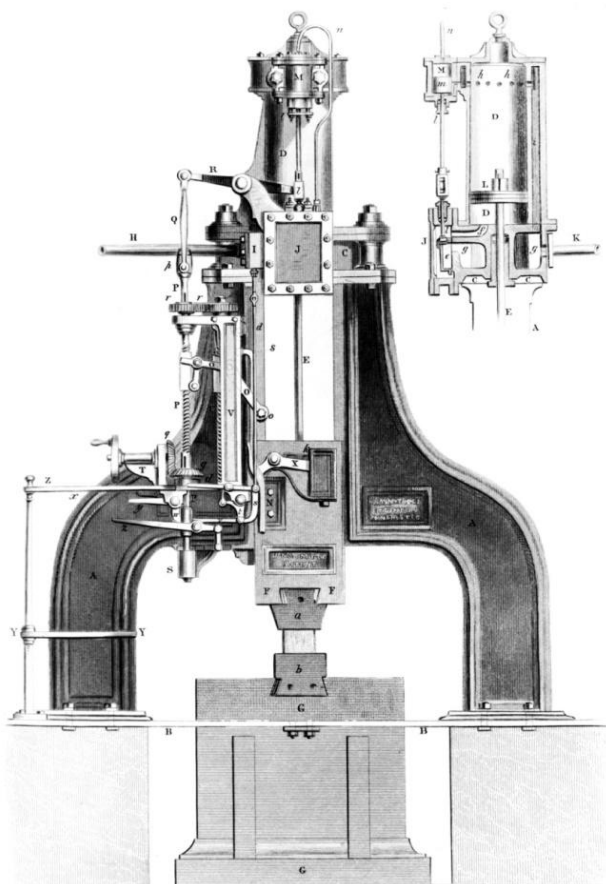


Рис. 9.3. Паровой молот Джеймса Несмита.

Принцип парового молота Несмит применил в машине по забивке свай, которую он изготовил в 1843 г. При демонстрации возможностей новой машины 3 июля 1845 г., сваю длиной 21 м она забила за четыре с половиной минуты, в то время как традиционным методом на это потребовалось двенадцать часов.

Несмит был также одним из первых производителей инструментов, предложившим стандартизацию ряда станков, до него производители изготавливали инструменты в соответствии со спецификациями индивидуальных клиентов, минимумом стандартизации, что вызвало проблемы совместимости.

Еще одним из достижений промышленной революции стало уличное освещение. Его появление в британских городах стало возможным благодаря шотландскому инженеру **Уильяму Мердоку**. Он изобрел процесс получения светильного газа путем пиролиза каменного угля, а также способы его накопления, транспортировки и использования в газовых фонарях. Светильный газ – смесь водорода (50 %), метана (34 %), окиси углерода (угарный газ – 8 %) и других горючих газов, получаемая при пиролизе каменного угля или нефти. Первые газовые светильники были установлены в Лондоне в 1812 – 1820 гг. Вскоре большая часть угля, добываемого в Великобритании, шла на нужды освещения, так как оно не только повышало комфорт и безопасность на городских улицах, но и способствовало удлинению рабочего дня на фабриках и заводах. Ранее заводы освещались дорогостоящими свечами и масляными лампами.

Вторая половина XIX века это период развитого капитализма. К ведущим капиталистическим странам присоединяются Германия, ставшая в 1871 г. единым государством и США, в которых после гражданской войны 1861 – 1865 гг. бурно развивается промышленность. Эти страны догоняют Англию в промышленном развитии, а к концу века США даже начинают ее опережать. После отмены в 1861 г. крепостного права на путь капиталистического развития становится и Россия.

Политические условия для стремительного роста капитализма были созданы в США после победы в войне за независимость. Это всесторонняя поддержка правительством предпринимательства и отсутствие цеховых организаций. Важную роль также играло использование опыта английских промышленников. Высокими темпами развивалось станкостроение, текстильная и пищевая

промышленность. Еще больше способствовала промышленному развитию победа северян в гражданской войне. Важным стимулом развития промышленности стала очень высокая заработная плата ее работников, превышающая европейскую в несколько раз. Ускоренному росту машиностроения США способствовало массовое применение паровых машин, причем самыми распространенными стали экономичные и мощные машины Корлисса.

Стремительными темпами развивается добывающая промышленность. К концу XIX века США заняли первое место в мире по добыче угля – основного источника энергии в то время. Они также обошли Англию по выплавке чугуна и стали. В 50-е гг. начинается добыча нефти. В начале XX века США добывали больше половины медной руды мира, вышли на первое место по добыче нефти и цинка. В 90-е гг. развиваются новые отрасли промышленности – химическая и электротехническая, зарождается турбостроение и автомобильная промышленность. По численности выпускаемых машин, их распространению и качеству Америка значительно превосходит все европейские страны, включая Англию. Иногда этот период называют второй промышленной революцией.

9.2. Кораблестроение – самая прогрессивная отрасль техники в XIX веке

В качестве примера рассмотрим развитие кораблестроения – самой передовой отрасли техники в XIX веке. Хотя деревянные парусные корабли, составлявшие основу флотов в первой половине XIX века, имели водоизмещение до 5000 т и поражали воображение современников, они были скорее произведением искусства «мастеров доброй пропорции», чем инженерным сооружением. На рис. 9.4 представлен чертеж 120-пушечного линейного корабля «Двенадцать Апостолов», одного из последних парусных кораблей и самого большого в Российском флоте (водоизмещение 4790 т).

В начале XIX века на реках начинают успешно эксплуатироваться пароходы. Однако долгое время паровые машины в военном флоте считались вспомогательными двигателями. Внедрение парового двигателя на боевых кораблях сдерживалось несовершенством колесного движителя. Громоздкие гребные колеса не позволяли расположить полноценную бортовую батарею, приходилось устанавливать в носовой и кормовой частях

корабля небольшое количество орудий крупного калибра. К тому же колеса были уязвимы для огня противника.

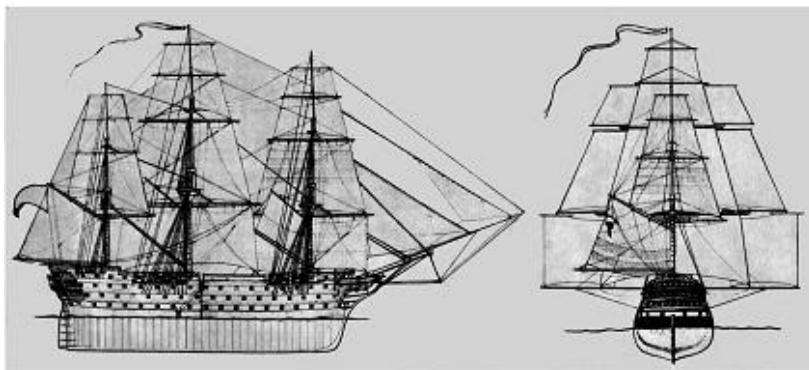


Рис. 9.4. Линейный корабль «Двенадцать Апостолов», Россия.
Построен в Николаеве в 1841 г.

Внедрение гребного винта решило эти проблемы. Первый винтовой пароход «Архимед» построен в Англии в 1838 г. В 1841 г. в строй вступил французский винтовой пароходофрегат «Гомер», водоизмещением 2700 т, вооруженный 20 орудиями. Ходовые качества винтовых пароходов оказались значительно выше, чем у колесных.

В 1848 г. во Франции был заложен первый в мире парусно-винтовой 90-пушечный линейный корабль «Наполеон», водоизмещением 5047 т. Две паровые машины суммарной мощностью 900 л. с. сообщали ему скорость 13,5 узлов. В ряде стран часть парусных линейных кораблей переоборудовали в парусно-винтовые, делая вставку с паровой машиной. Однако в Крымскую войну 1853 – 1856 гг. основная часть флотов не только России и Турции, но даже таких промышленно развитых стран, как Англия и Франция, была парусной. Например, из 16 линейных кораблей союзников, вошедших в Черное море, только пять были винтовыми, сохранявшими при этом полное парусное вооружение. В русском же Черноморском флоте все 14 линейных кораблей были парусными. Именно отсутствие паровых кораблей не позволило Черноморскому флоту дать бой противнику в открытом море, и опыт войны показал, что парусные суда отжили свой век, а будущее за пароходами с винтовыми движителями.

Крымская война оказала огромное влияние на развитие военно-морского флота. После нее боевые корабли, не имевшие машин, были исключены из списков военных флотов. Последнее сражение парусного флота при Синопе показало также большую уязвимость деревянных кораблей от огня современных бомбических орудий. Это привело к созданию броненосцев. В 1859 г. во Франции был введен в строй первый броненосный корабль «Ла Глуар» водоизмещением 5 600 т, вооруженный 30 162-мм гладкоствольными орудиями, располагавшимися в забронированной батарее. На самом деле это был не новый корабль, а переделанный по проекту инженера **Дюпюи де Лома** деревянный винтовой линейный корабль типа «Наполеон», на котором была срезана одна палуба для компенсации веса брони.

Первым броненосцем, полностью построенным из железа, стал английский «Уорриор» (1860 г.). Применение для конструкции корпуса железа позволило увеличить длину корабля до 116 м, вследствие чего водоизмещение выросло до 9 360 т. «Уорриор» был вооружен 26 68-фунтовыми (203 мм) гладкоствольными пушками и 10 110-фунтовыми (178 мм) нарезными казnozарядными орудиями Армстронга, располагавшимися в каземате, защищенном 112-мм броней. Отсутствие брони в оконечностях корабля компенсировалось установкой там водонепроницаемых переборок. Однако казnozарядные орудия на тот момент оказались крайне ненадежными, а гладкоствольные бесполезными в бою с бронированными кораблями, и «Уорриор» был перевооружен нарезными, но дульнозарядными орудиями. В настоящее время первый в мире броненосец сохраняется в качестве плавучего музея.

Развитие металлургии позволило сначала широко использовать в кораблестроении железо, а затем перейти к более дешевому, но более прочному материалу – стали. Строительство железных, а затем и стальных судов с паровыми машинами и винтовыми движителями потребовало применения в кораблестроении проведения расчетов на основе современных достижений науки. В результате из мастерства деревянной архитектуры кораблестроение превратилось в наиболее развитую отрасль промышленности, использующую самые разнообразные специальности. Строительство гигантских бронированных кораблей потребовало разработки теоретических основ строительной механики корабля, а также изучения законов остойчивости и качки. В отличие от предыдущих

лет, когда тип корабля не претерпевал существенных изменений на протяжении столетий, во второй половине XIX и начале XX веков корабль зачастую успевал устаревать еще до спуска на воду.



Рис. 9.5. Броненосец «Уорриор». Современный вид

Появление броненосцев свело на нет все военные флоты мира, что и послужило причиной спешного строительства новых кораблей. Если для прикрытия корабля от огня гладкоствольных орудий было достаточно тонкой железной брони, то появление нарезных орудий заставило увеличивать ее толщину. Это, в свою очередь, привело к повышению калибра орудий. Совершенствование броневого защиты вынудило увеличивать калибр орудий, в результате чего вместо многочисленной артиллерии корабли стали вооружать несколькими орудиями крупного калибра, располагавшимися в барбетных или башенных установках. Уже в 1873 г. английская фирма Армстронг построила 406-мм орудия. Четырьмя такими орудиями (в двух башнях) был вооружен английский броненосец «Инфлексибл», вступивший в строй в 1878 г.

Еще более мощные 450-мм орудия массой 100 т были изготовлены английской фирмой «Элсвик» для итальянских броненосцев «Дуилио» и «Дандоло» водоизмещением 12 000 т, вступивших в строй в 1878 г. В результате соревнования между броней и артиллерией не только вырос калибр орудий, но и толщина брони достигла 600 мм. Пушки парусных кораблей располагались на

колесных лафетах и стреляли почти горизонтально, а энергия выстрела погашалась просто откатом орудия по палубе. Для дальнобойных нарезных орудий были созданы поворачивающиеся на платформе лафеты, а для погашения сильнейшей отдачи стали использовать гидротормоза. Дульная энергия башенных орудий броненосцев «Инфлексибль» и «Дуилио» превышает энергию старых гладкоствольных орудий в 60 раз.

За каких-нибудь два – три десятка лет в военном флоте произошел переход от парусных деревянных кораблей, водоизмещение которых не превышало 5 000 т к стальным гигантам, водоизмещением 15 000 т. Для управления движением и вооружением этих кораблей использовалось множество механизмов.

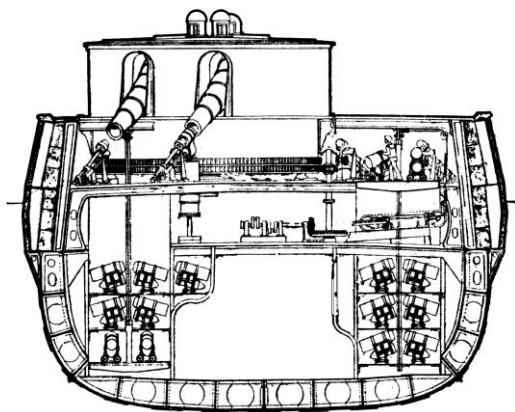


Рис. 9.6. Процесс заряжания орудий броненосца «Дуилио». Снаряды калибра 450 мм и массой 908 кг подавались с помощью специальных паровых машин.

То же явление наблюдалось и в коммерческом судостроении. Так, уже в 1858 г. в Англии был построен гигантский пароход «Грейт Истерн» водоизмещением 32 700 т и длиной 210,4 м. Пароход предназначался для грузопассажирских перевозок и наряду с двумя паровыми машинами суммарной мощностью 7500 л. с., одна из которых работала на винт, а вторая приводила в движение гребные колеса, имел еще и шесть мачт с парусами, площадь которых составляла 3400 м². Правда, эксплуатация этого гиганта оказалась экономически невыгодной, и его использовали для прокладки трансатлантического кабеля, а в 1890 г. разобрали на металлолом.

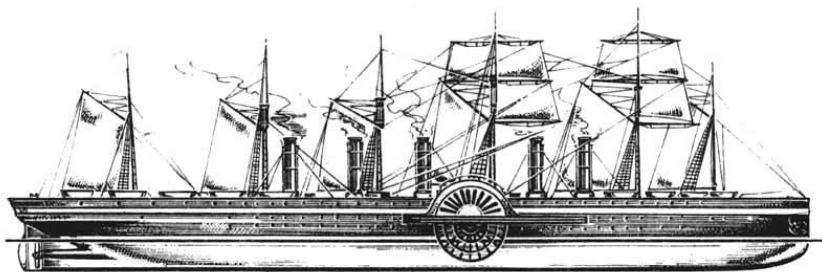


Рис. 9.7. Пароход «Грейт Истерн»

Переход на новые строительные материалы, сопровождавшийся облегчением судовых конструкций, поставил перед судостроителями целый ряд новых проблем, в том числе и динамических, и потребовал проведения новых типов расчета, таких как исследование концентрации напряжений, колебания судовых корпусов и др. Основы строительной механики корабля заложил еще Л. Эйлер, который в 1770 г. получил премию Парижской Академии наук за мемуар «Исследование усилий, которые должны выносить все части корабля во время боковой и килевой качки». Им были разработаны правила нагрузки корабля, правила устройства связей и выработана рациональная система конструкции деревянных судов. Спустя 100 лет, в 1870 г. этот мемуар послужил главному кораблестроителю Британского флота **Эдварду Риду** в разработке правил постройки железных судов.

Особые сложности возникли, когда размеры судна совпали с длиной океанской волны (свыше 130 м). Тогда корабль оказывается между гребнями двух волн (рис. 9.8, а) или повисает на гребне одной волны посередине (рис. 9.8, б). Первыми с этой проблемой столкнулись английские кораблестроители, и суда, у которых длина корпуса соизмерима с длиной волны, называются судами Рида. К тому же коррозионное воздействие морской воды может существенно снизить предел выносливости при циклических нагрузках. Ситуация, когда судно ломается в средней части, не выдержав нагрузки, довольно распространенный вид аварии.

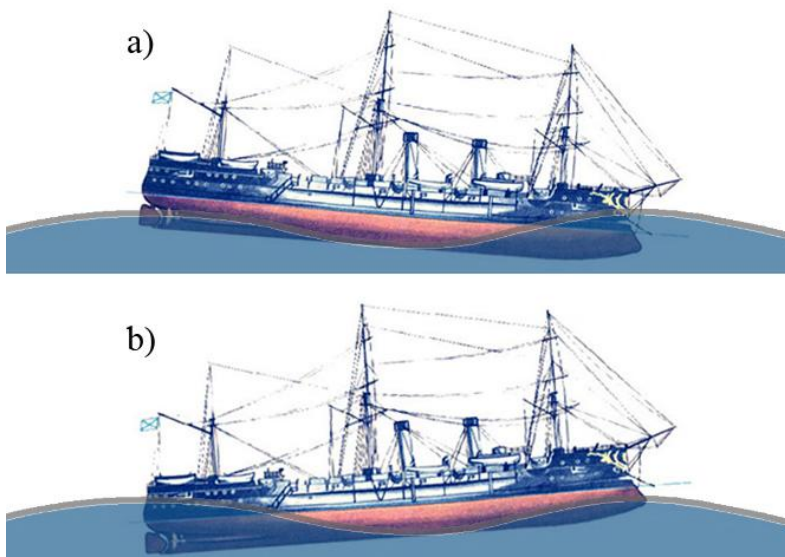


Рис. 9.8. Броненосный крейсер «Рюрик», Россия, 1892 г. Длина 132,6 м, водоизмещение 11 650 т. Две паровых машины общей мощностью 13 250 л. с. позволяли крейсеру развивать скорость около 19 узлов, а для большей автономности плавания он сохранял еще полное парусное вооружение.

В военном кораблестроении потребности в динамических расчетах были еще выше, так как корпуса военных кораблей легче коммерческих, а машины у них более быстроходные. Кроме того, они должны рассчитываться на такие нагрузки как выстрелы из своих орудий, попадания вражеских снарядов и даже гидравлический удар при подводных взрывах.

Если первоначально паровая машина служила в качестве вспомогательного двигателя, то со временем на военных кораблях от парусов вовсе отказались, обратив все внимание на совершенствование машин, мощность которых в считанные годы выросла в десятки раз. Увеличение мощности и скорости паровых машин при одновременном облегчении конструкции корпуса породило проблему колебаний последнего. Решение этой задачи сыграло большую роль в развитии теории колебаний континуальных систем. Вторая глобальная проблема – крутильные колебания валов паровых машин также возникла впервые в судостроении.

К концу XIX века во всех флотах сложился тип эскадренного броненосца – основного класса боевых кораблей. Как правило, он имел водоизмещение от 10 до 15 тыс. т, вооружался четырьмя 12-дюймовыми (305 мм) орудиями, расположенными в двух башнях, 12 – 16 6-дм (152 мм), и множеством малокалиберных пушек калибра 37 – 76 мм для защиты от миноносцев. Обязательными атрибутами были также оружие ближнего боя – таран и торпедные аппараты. Двигателями служили паровые машины, обеспечивающие скорость 16 – 18 узлов. Броней толщиной 200 – 300 мм прикрывались жизненно важные участки, в том числе артиллерия крупного калибра и боевые рубки, а также имелся броневой пояс по ватерлинии. Основная часть надводного борта брони не имела.

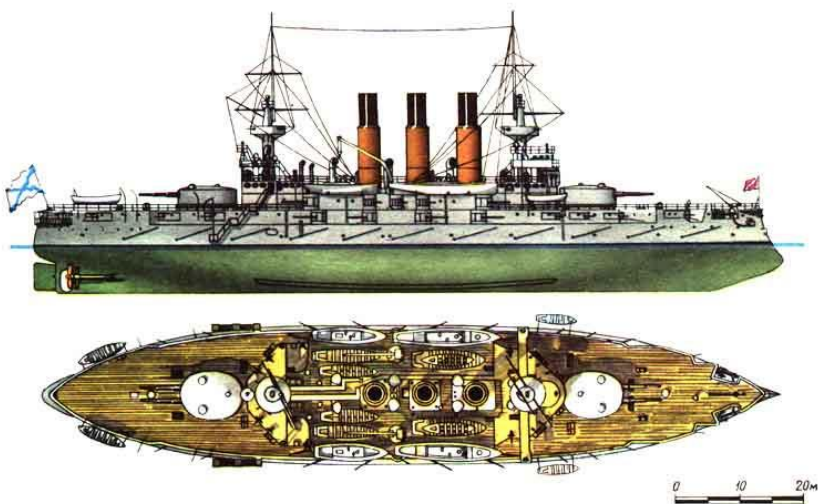


Рис. 9.9. Эскадренный броненосец «Ретвизан», Россия, 1901 г. Длина 117,9 м, ширина 22 м, осадка 7,9 м, водоизмещение 13 106 т, мощность машин 17 600 л. с., скорость 18 узлов, бронирование до 229 мм, вооружение: 4 × 305-мм орудия, 12 × 152-мм, 20 × 75-мм, 24 × 47-мм, 8 × 37-мм, 2 × 63,5-мм десантных орудия, 4 пулемета, 6 торпедных аппаратов калибра 380 или 450 мм. Броненосец строился в Филадельфии (США) по русским чертежам и был в годы Русско-японской войны одним из лучших кораблей Российского флота.

9.3. История развития электротехники

Развитие электротехники начинается в 1800 г. с открытия Алессандро Вольта химического источника тока. Поскольку вольтов столб был маломощным и ненадежным в эксплуатации, **первый период развития электротехники** (1800 – 1831 гг.) стал сравнительно малопродуктивным для практики, но весьма богатым для изучения свойств электричества и потенциальных возможностей его практического применения.

В 1800 г. **Карлейль** и **Никольсон** разложили с помощью тока воду на водород и кислород. **У. Крейкшенк** показал в том же году, что и соли различных металлов также разлагаются током. В 1801 г. **У. Х. Вулстен** опытным путем доказал идентичность тока, получаемого от вольты столба с теми зарядами, которые получаются при явлениях статического электричества. Было обнаружено тепловое действие тока – нагревание проводника.

В 1802 г. выдающийся русский физик **Василий Владимирович Петров** (1761 – 1834) сконструировал большую гальваническую батарею, состоящую из 2100 медно-цинковых элементов с электродвижущей силой около 1700 В. Он исследовал свойства этой батареи как источника тока и показал, что действие ее основано на химических процессах между металлами и электролитом. Одним из выдающихся успехов ученого стало открытие в 1802 г. явления электрической дуги, которую он получил между угольными электродами. Петров доказал возможность практического применения электрической дуги для целей плавки, сварки металлов, восстановления их из руд и освещения. Тогда же он обнаружил и явление тлеющего разряда при прохождении электрического тока через разреженные газы. Производя электролиз жиров и масел, Петров обнаружил изоляционные свойства этих веществ. Результаты своих работ он опубликовал в 1803 г. в книге «Сообщение о гальвано-вольтых опытах».

В. Риттер в 1803 г. обнаружил возможность аккумуляирования энергии гальванического тока. В 1807 – 1808 гг. **Х. Дэви** произвел электролиз многих металлических солей и получил металлы в чистом виде (натрий, калий, кальций, стронций, магний, барий, бор).

Свойство тока почти мгновенно распространяться на большие расстояния породило идею использовать его для создания электрической проводной связи. Вторым важным свойством была способность тока разлагать жидкости на составные части. На этой основе

Земмеринг построил электролитический телеграф, индикатором в котором служили пузырьки газа, образуемого при разложении жидкости током. Для практики этот телеграф оказался непригоден, однако он пробудил общий интерес к этому виду связи.

Второе применение – гальванический способ подрыва мин на расстоянии. В 1812 г. в Петербурге на Неве, а в 1815 г. в Париже на Сене **Павел Львович Шиллинг** демонстрировал методы гальванического взрыва подводных мин.

Важное значение имело открытие **Х. Эрстедом** в 1819 г. электромагнетизма, т.е. действия тока на магнит. Опыты Эрстеда, продолженные и развитые **Араго**, **Ампером** и др., привели к созданию соленоида, мультипликатора, электромагнита и гальванометра. Опытами **Барлоу**, **Фарадея** и **Генри** была показана возможность превращения электрической и магнитной энергии в механическую, т.е. возможность создания электродвигателя, в котором очень нуждалась бурно развивающаяся промышленность. Однако тормозом являлось то, что химические источники тока были пригодны только для лабораторных испытаний. Открытие в 1821 г. **Зеебеком** термоэлектричества также не обеспечило создания пригодных для практики генераторов.

В этот период **Андре Мари Ампер** (1775 – 1836) разработал многие вопросы взаимодействия токов, обобщенные в опубликованной в 1826 – 1827 гг. теории электродинамических явлений; начал свои эксперименты, в области индукции **Майкл Фарадей** (1791 – 1867). **Ж. Б. Био**, **Ф. Савар** и **П. Лаплас** дали математическое выражение для силы взаимодействия между токами и магнитами, а **Ампер** для силы взаимодействия между токами.

В 1826 г. **Георг Ом** (1787 – 1854) экспериментальным путем открыл основной закон электрической цепи и ввел понятие сопротивление. Он также научился вычислять сопротивление металлических проводников. Ученый мир поначалу не воспринял закон Ома. Первыми его признали русские физики **Ленц** и **Якоби**. И только в 1842 г. к Ому пришло признание – Лондонское Королевское общество наградило его золотой медалью.

Таким образом, в первом периоде развития электротехники были созданы предпосылки для ее развития, для последующих применений электрического тока.

С выдающегося открытия **Майкла Фарадея** (1791 – 1867) – электромагнитной индукции начинается второй период

развития электротехники (1831 – 1867 гг.). До открытия способа превращать магнетизм в электричество применение последнего не выходило за пределы опытов и научных развлечений. Вся современная электротехника, основанная на применении больших токов, имеет своим истоком открытие Фарадея. Кроме этого Фарадей открыл количественные законы электролиза.

Однако в этот период, независимо от открытия Фарадея развивалась и те области электротехники, для которых было достаточно импульсов или малых токов. В 1828 – 1932 гг. Шиллинг создал пригодный для практики электромагнитный телеграф, используя в качестве индикатора переданных по определенному коду импульсов мультипликатор. Этим он открыл путь многим ученым в этой области, таким как **Яко́би, Морзе, Уитстон** и др. Телеграфия в 1840-е гг. стала основной областью применения электрического тока. К концу 1860-х гг. Европа и Северная Америка были покрыты густой сетью телеграфных линий. Что касается подводных линий, то сначала они были проложены через реки, а в 1850 г. был проложен кабель через Ламанш, правда только через год удалось добиться хорошей связи. В 1856 г. была образована Атлантическая телеграфная компания для устройства телеграфной связи между Англией и США. Кроме огромных средств к ее работе были привлечены крупные научные силы во главе с У. Томсоном (лорд Кельвин). Длина этой линии составляла 3 600 км. В 1866 г. после десяти лет тяжелых трудов и устранения многочисленных аварий и неполадок была, наконец, установлена связь между Европой и Америкой. Развитие телеграфа сыграло важную роль в разработке и установлении системы международных электрических единиц, способствовало возникновению и совершенствованию электрометрии и построению измерительных приборов.

Электромагнитный принцип использовали изобретатели для создания электродвигателя. Первые электромоторы были с постоянными магнитами. Сначала появились электротехнические устройства с возвратно-поступательным или качательным движением якоря, которые не нашли практического применения. В 1834 г. русский ученый **Борис Семенович Яко́би** (1801 – 1874) создает первый в мире электродвигатель с непосредственным вращением рабочего вала. Вращательное движение якоря в двигателе Якоби происходило вследствие попеременного

притяжения и отталкивания электромагнитов. Неподвижная группа U-образных электромагнитов питалась током непосредственно от гальванической батареи, причем направление тока в этих электромагнитах оставалось неизменным. Подвижная группа электромагнитов была подключена к батарее через коммутатор, с помощью которого направление тока в каждом электромагните изменялось раз за один оборот диска. Полярность электромагнитов при этом соответственно изменялась, а каждый из подвижных электромагнитов попеременно притягивался и отталкивался соответствующим неподвижным электромагнитом, отчего вал двигателя начинал вращаться. Мощность такого двигателя составляла всего 15 Вт.



Рис. 9.10. М. Фарадей



Рис. 9.11. Б. С. Якоби

В 1839 г. Якоби построил лодку с электродвигателем мощностью 1 л. с., который работал от 69 гальванических элементов Грове и двигал лодку с 14 пассажирами по Неве против течения. Это стало первым практическим применением электромагнетизма для передвижения. Однако для широкого применения электромоторов необходимы были надежные источники тока, которыми не могли служить батареи гальванических элементов.

Академик Якоби в 1838 г. изобрел гальванопластику. Эта технология быстро распространилась в Российской империи.

В частности, таким способом были созданы скульптуры на нефах Исаакиевского собора в Санкт-Петербурге. Борис Семенович получил за это открытие Демидовскую премию и большую золотую медаль Парижской выставки.

В это время велись опыты и в области использования тока в электротермических процессах. **Джеймс Прескотт Джоуль** (1818 – 1889) в 1841 г. и независимо от него в 1842 г. **Эмилий Христианович Ленц** (1804 – 1865) открыли закон выделения теплоты при прохождении тока – закон Джоуля – Ленца. Кроме того Джоуль определил механический эквивалент тепла. Это сыграло огромную роль в установлении закона сохранения и превращения энергии. Ленц сформулировал правило, по которому наведенный ток всегда направлен так, что его магнитное поле противодействует процессам, вызывающим индукцию. Отметим также установленные **Робертом Густавом Кирхгофом** (1824 – 1887) законы разветвленной электрической цепи и работы Вебера и Гаусса в области теории магнетизма.

Наибольший интерес во втором периоде развития электротехники, после телеграфии, вызывало электрическое освещение. Тогда уже были созданы основные типы дуговых ламп, и множество ламп накаливания.

Но для всего этого нужен был надежный источник дешевой электроэнергии. Таким стал электромашинный генератор, основанный на принципе электромагнитной индукции, открытой Фарадеем. Созданию его способствовало развитие науки. Познакомившись с экспериментальными исследованиями Фарадея в области электричества, Максвелл понял, что для торжества и развития его идей необходимо переложить их на строгий математический язык. В 1873 г. он создал обобщающую теорию электричества и магнетизма.

Третий период развития электротехники (1867 – 1891 гг.) начался в то время, когда на основе явления электромагнитной индукции и принципа самовозбуждения («динамоэлектрический принцип») был построен генератор Грамма, дававший дешевую электроэнергию. В третьем периоде использовался в основном постоянный ток, и происходило дальнейшее развитие его неэнергетического применения – телеграфия, телефонная связь, электрическая сигнализация, автоматические устройства и др.

Однако при этом в области энергетических применений происходит постепенный переход от опытов к практике.

Во второй половине 1870-х гг., благодаря работам **Павла Николаевича Яблочкова** (1847 – 1894), появились генераторы однофазного переменного тока. Они получили применение лишь благодаря свече Яблочкова. Она представляла собой два стержня, зажатых в клеммах подсвечника и разделенных изоляционной прокладкой из каолина. На верхних концах зажигался дуговой разряд, и пламя дуги ярко светило, постепенно сжигая угли и испаряя изоляционный материал.

П. Н. Яблочков сконструировал первый генератор переменного тока, который, в отличие от постоянного тока, обеспечивал равномерное выгорание угольных стержней и не требовал регулятора. Он первым применил переменный ток для промышленных целей, создал трансформатор переменного тока, электромагнит с плоской обмоткой и впервые использовал статические конденсаторы в цепи переменного тока. Яблочков первый в мире создал систему электрического освещения с большим количеством свечей, питающихся от одного генератора переменного тока. Свеча Яблочкова дала возможность установить электрическое освещение в общественных помещениях, улицах, парках и т.д. В 1879 г. была изобретена лампа накаливания Т. Эдисона.

В 1880-е гг. появляются первые линии электрифицированного железнодорожного транспорта, в том числе и городские (трамваи), изобретена электросварка, строятся электрические печи, подъемники и другие транспортирующие устройства. Электричество широко внедряется в химические технологии (электролиз). В это время ярко расцветает талант **Томаса Алва Эдисона** (1847 – 1931). Еще в 1870-е гг. он усовершенствовал телеграф, телефон, киноаппаратуру, изобрел фонограф. Эдисон разработал один из первых коммерчески успешных вариантов электрической лампы накаливания, идея которой принадлежит русскому изобретателю **Александру Николаевичу Лодыгину** (1847 – 1923).

В 1882 г. Эдисон запустил в эксплуатацию первую в мире масштабную электросеть, которая снабжала электроэнергией 59 клиентов в районе Нью-Йорка Нижний Манхеттен. Сеть была постоянного тока, напряжением 110 В. Изобретатель основал компанию Edison General Electric по изготовлению электрогене-

раторов, лампочек, кабелей и осветительных приборов. В 1892 г. компания Эдисона объединилась с другими компаниями в корпорацию General Electric. Томас Эдисон сочетал талант изобретателя с даром организатора «изобретательской индустрии». В 1889 г. на Всемирной промышленной выставке в Париже он продемонстрировал европейцам плоды своего творчества: телеграф, телефон, фонограф, различные электротехнические приборы.

Временные преимущества переменного тока с отмиранием свечи Яблочкова и широким распространением электродвигателей постоянного тока, укрепили позиции сторонников последнего. Однако увеличение спроса на электроэнергию и стремление понизить ее стоимость, выдвинули проблему создания больших электростанций и передачи энергии на большие расстояния. В 1880 г. **Д. А. Лачинов** и **М. Депре** установили, что для уменьшения тепловых потерь надо передавать ток высокого напряжения. Все попытки передавать постоянный ток высокого напряжения, вырабатываемый специальными генераторами, к успеху не привели. В 1885 г. венгерскими инженерами **М. Дери**, **О. Блатти** и **К. Циперновским** был создан промышленный тип однофазного трансформатора. Началось строительство электропередач на переменном токе, однако однофазный ток не годился для применения в электроприводах. Поэтому для этой цели применялись старые электростанции постоянного тока и старые генераторы в режиме двигателей.

Неудобство от существования двух электросетей были преодолены с открытием Феррарисом явления вращающегося магнитного поля и созданием на его основе двухфазной (Никола Тесла) и трехфазной (Михаил Иосифович Доливо-Добровольский) систем.

Четвертый период развития электротехники начался в 1891 г. и продолжается до сих пор. Его начало связано с созданием линии электропередачи трехфазного тока Лауффен – Франкфурт протяженностью 175 км. Трехфазный ток трансформировался, а работающие на нем электродвигатели обладали хорошими пусковыми качествами и допускали возможность перегрузки, обеспечивая потребности электропривода. В том же 1891 г. появляются паровые турбины Парсонса, пригодные для установки на электростанциях. Благодаря экономичности турбин Парсонса, которая в несколько раз выше, чем у паровых машин, электроэнергия стала еще более доступной.

В этот период широко проявляется талант **Никола Тесла** (1856 – 1943). Он хорошо известен благодаря своему вкладу в создание устройств, работающих на переменном токе, многофазных систем, синхронного генератора и асинхронного электродвигателя, позволивших совершить так называемый второй этап промышленной революции.

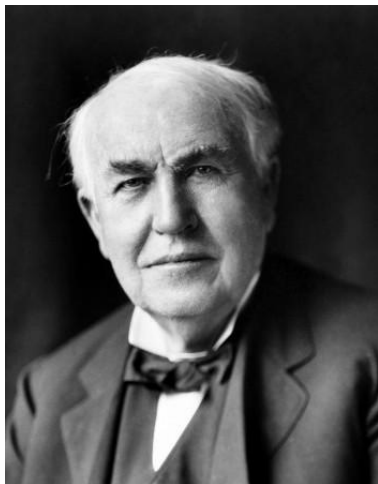


Рис. 9.12. Томас Алва Эдисон

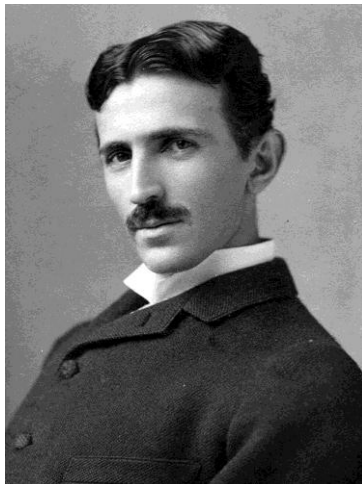


Рис. 9.13. Никола Тесла

12 октября 1887 г. Тесла дал строгое научное описание сути явления вращающегося магнитного поля. 1 мая 1888 г. он получил свои основные патенты на изобретение многофазных электрических машин (в том числе асинхронного электродвигателя) и системы передачи электроэнергии посредством многофазного переменного тока.

С 1889 г. Тесла приступил к исследованиям токов высокой частоты (ВЧ) и высоких напряжений. Изобрел первые образцы электромеханических генераторов ВЧ (в том числе индукторного типа) и высокочастотный трансформатор (трансформатор Теслы, 1891 г.), создав тем самым предпосылки для развития новой отрасли электротехники – техники ВЧ. Он обнаружил, что при частоте свыше 700 Гц электрический ток протекает по поверхности тела, не нанося вреда тканям организма. Электротехнические аппараты, разработанные Теслой для медицинских исследований, получили широкое распространение в мире.

Переход к технике двух- и трехфазного переменного тока и решение проблемы передачи электроэнергии на большие расстояния резко увеличили возможности ее использования в промышленности, на транспорте и в быту. Условия экономичности диктуют создание мощных электростанций вблизи источников водной энергии или в местах добычи топлива, и передачу вырабатываемой энергии по линиям высокого напряжения в города и промышленно развитые районы. В результате электростанции постоянного тока, бывшие основными на начальной стадии электрификации, постепенно вытесняются установками переменного тока. Во второй половине 90-х гг. XIX века в передовых капиталистических странах широко развернулось строительство электростанций, получивших название районных. К 1900 г. мировое производство электроэнергии достигло уже 15 млрд. кВт·ч.

Первой районной электростанцией стала Ниагарская ГЭС (1895) в США. Она использовала двухфазную систему, которую Тесла считал наиболее экономичной. Мощность крупнейшей в те годы станции составила 37 тыс. кВт. Энергия от нее использовалась в основном для электрохимических и электротермических производств, а ее эксплуатация показала высокую экономичность и послужила основанием для дальнейшего развития гидроэлектроэнергетики.



Рис. 9.14. Ниагарская ГЭС

Гидроэлектростанции в начале XX века приобрели большое значение не только в США, где их доля в общем производстве

электроэнергии составила в 1912 г. 32%, но и во Франции, Италии, Швеции, Норвегии. Тепловые электростанции часто служили лишь резервом для работы во время маловодья. Исключение представляла Германия, где преобладали тепловые станции, расположенные вблизи залежей бурого угля.

Российская империя в начале XX века существенно отставала в промышленном развитии от развитых Западных стран. Россия по общей выработке электроэнергии занимала лишь восьмое место в мире (2 млрд кВт·ч в 1913 г.), уступая лидеру, США, в 30 раз. Однако уже перед Первой мировой войной академиком **Владимиром Ивановичем Вернадским** (1863 – 1945) был предложен полноценный проект электрификации всей страны.

К строительству некоторых электростанций приступили. Так сооружение Волховской ГЭС мощностью 20 МВт началось в 1910 г. Другие проекты остались только на бумаге – реализации планов помешали война и революция. Но еще до окончания Гражданской войны в 1920 г., правительство РСФСР под руководством В. И. Ленина разработало перспективный план электрификации страны. Для этого была создана Государственная комиссия по разработке плана электрификации России под руководством **Г. М. Кржижановского**. К работе комиссии было привлечено около двухсот ученых и инженеров. В декабре 1920 года выработанный комиссией план ГОЭЛРО (сокр. от Государственная комиссия по электрификации России) был одобрен VIII Всероссийским съездом Советов, через год его утвердил IX Всероссийский съезд Советов.

ГОЭЛРО был планом развития не одной энергетики, а всей экономики и предполагал рост добычи топливно-энергетических ресурсов, а также строительство крупных потребителей электроэнергии. В нем предусматривалось строительство предприятий, обеспечивающих эти стройки всем необходимым, а также опережающее развитие электроэнергетики. План был рассчитан на 10 – 15 лет и предусматривал строительство 30 районных электрических станций (20 тепловых и 10 гидравлических) общей мощностью 1,75 млн кВт. Он охватывал восемь основных экономических районов (Северный, Центрально-промышленный, Южный, Приволжский, Уральский, Западно-Сибирский, Кавказский и Туркестанский). Параллельно велось развитие транспортной системы страны – восстановление старых и

строительство новых железнодорожных линий, а также сооружение Волго-Донского канала.

Уже в 1927 г. количество электростанций возросло с 75 в 1917 году до 858. Среди них достроенная к 1926 г. Волховская ГЭС, и уникальная Шатурская электростанция, первоначально работавшая на торфе. В 1927 г. в Запорожье началось и строительство самой крупной в Советском Союзе электростанции – знаменитого Днепрогэса, завершённое спустя пять лет (на проектную мощность в 560 МВт он вышел в 1939 г., после ввода в строй дополнительных агрегатов). Станция была крупнейшей в Европе. Длина ее дамбы составляла 760 м, высота – 60 м, а радиус дуги – 600 м. Электроэнергия Днепрогэса была самой дешевой в мире и позволила развернуть в Запорожье масштабное металлургическое производство.

План ГОЭЛРО стал основой индустриализации СССР. К 1931 г. он, в основном, был перевыполнен. А в 1932 г. выработка электроэнергии по сравнению с 1913 г. увеличилась почти в 7 раз (с 2,0 до 13,5 млрд кВт·ч), хотя планировалось увеличить ее только в 4,5 раза. В результате СССР вышел на третье место в мире по производству электроэнергии.



Рис. 9.15. Митинг, посвященный открытию 1 мая 1932 г. Днепровской гидроэлектростанции имени В. И. Ленина.

IV период характеризуется огромным ростом производства электроэнергии на тепловых и гидро-, а позднее и атомных электростанциях. Электричество становится важнейшим производственным фактором. Происходит электрификация промышленности, транспорта, быта и сельского хозяйства, зарождаются и невероятно развиваются радиотехника и электроника. Масштабы производства электроэнергии становятся важнейшим показателем развития государства.

Большое значение в развитии городского хозяйства сыграло появление электротранспорта. Первым транспортом на электрической тяге, получившим широкое распространение, стал трамвай. Этому предшествовало применение в городах рельсового общественного транспорта на конной тяге – так называемой конки.

Изобретателем действующего трамвая является немецкий инженер и предприниматель **Вернер фон Сименс**. В 1879 г. на Германской промышленной выставке он продемонстрировал игрушечный электровоз мощностью 3 л. с., который использовался для катания посетителей по территории выставки. Локомотив питался постоянным током напряжением 160 В от третьего рельса, скорость составляла 6,5 км/ч.



Рис. 9.16. Электровоз Сименса (1879 г.)

В 1881 г. электротехническая фирма «Сименс и Гальске», используя идею русского ученого **Ф. А. Пироцкого** о передаче электроэнергии на расстояние, построила в Берлине первый в мире электрический трамвай. В том же году Сименс строит такую же трамвайную линию в Париже. В 1885 г. трамвай появился в английском городе-курорте Блэкпуле.

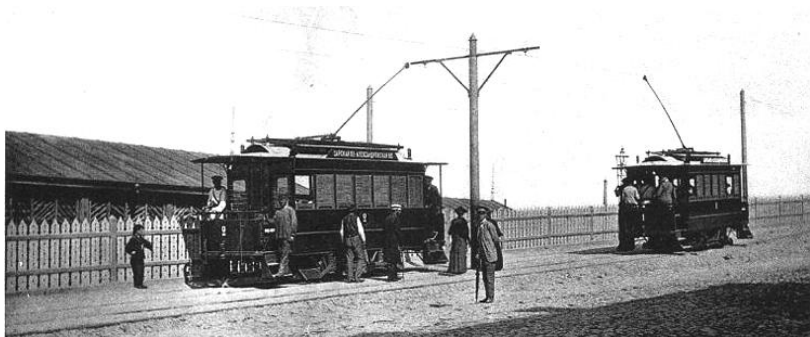


Рис. 9.17. Первый в мире берлинский трамвай в конце XIX века.

Первый троллейбус, как и трамвай, изобрел Вернер фон Сименс. Компания «Сименс и Гальске» в 1882 г. открыла в предместье Берлина экспериментальную троллейбусную линию протяженностью 540 м. Съём тока осуществлялся восьмиколесной тележкой, катившейся по двум параллельным контактным проводам. Провода располагались достаточно близко друг от друга, и при сильном ветре нередко перекрещивались, что приводило к коротким замыканиям. Более надежный штанговый токоприемник еще в 1888 г. использовал для трамвайной сети Фрэнк Спрейг. Однако на троллейбус штанговые токоприемники Спрейга Макс Шиманн установил лишь в 1909 г. В усовершенствованном виде эта система применяется до наших дней.

В настоящее время больше всех в мире троллейбусных систем имеется в России – на начало апреля 2015 г. их было 85. Самым длинным троллейбусным маршрутом в мире является линия Симферополь – Алушта – Ялта. Его протяженность составляет 86 км. На момент строительства это была единственная в СССР и Европе горная междугородная троллейбусная линия.

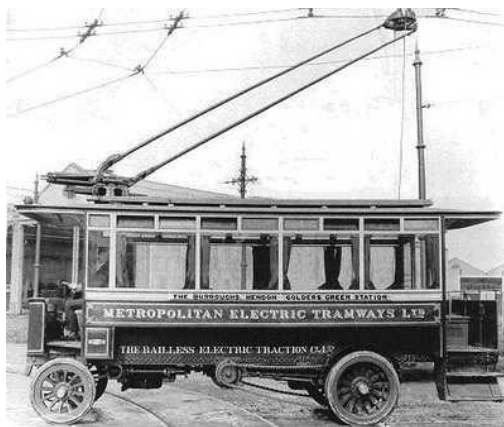


Рис. 9.18. Первый британский троллейбус

Широкое распространение электротяга получила на железной дороге. Первый электровоз построил в 1883 г. американский изобретатель **Лео Дафт**. Его локомотив «Ампер» мощностью 25 л. с. и массой две тонны мог тянуть состав массой десять тонн с максимальной скоростью 17 км/ч. Дафт также, независимо от европейцев, построил и трамвайную линию в Балтиморе.

Поначалу, кроме трамвайных линий, электрическая тяга применялась в основном на промышленных предприятиях, рудниках и в угольных копях. Но с увеличением мощности электровозов ее стали применять на горных железных дорогах. Особенно эффективным оказалось применение электрической тяги на перевальных и тоннельных участках. В 1895 г. в США были электрифицированы тоннель в Балтиморе и тоннельные подходы к Нью-Йорку. На ней электроэнергия подводилась к электровозу по третьему рельсу, напряжение постоянного тока в котором было 650 В. Для этих участков были построены электровозы мощностью 185 кВт (251 л. с.), развивавшие скорость 50 км/ч. Вскоре электротягу стали применять и в пригородном движении.

После Первой мировой войны электрификация железных дорог начинается во многих странах. Электрическая тяга вводится на магистральных линиях с большой плотностью движения. В СССР в 1930-е гг. был электрифицирован ряд трудных по профилю участков железных дорог на Кавказе. Первый советский электровоз был лицензионной копией электровозов американского

производства. Подготовка его производства началась в 1929 г. – электрическое оборудование изготавливалось на Московском электромашиностроительном заводе «Динамо», а механическая часть на Коломенском заводе. Электровоз получил наименование Сс (Сурамский Советский) и был обкатан в ноябре 1932 г.

В 1932 г. за рекордно короткий срок на заводе «Динамо» и в Центральном локомотивопроектном бюро (ЦЛПБ) был спроектирован, а к 5 ноября того же года, менее чем за три месяца, был построен первый электровоз, конструкция которого была разработана в СССР. Он получил наименование ВЛ-19 в честь Владимира Ленина, 19 означало нагрузку от движущих колесных пар на рельсы. Уже к 1935 г. в СССР было электрифицировано 1907 км путей, на которых работало 84 электровоза.



Рис. 9.19. ВЛ-19-01 – первый в СССР грузовой электровоз

В настоящее время общая протяженность электрических железных дорог во всем мире достигла 200 тыс. км, что составляет примерно 20% общей их длины. Это, как правило, наиболее грузонапряженные линии, горные участки с крутыми подъемами и многочисленными кривыми участками пути, пригородные узлы больших городов с интенсивным движением электропоездов.

Еще одним транспортным средством с электромотором стал электромобиль, который появился задолго до создания двигателя внутреннего сгорания. В 1830-е гг. шотландец Роберт Андерсон

изобрел первый экипаж на электрической тяге. Также небольшой электромобиль был разработан и построен голландцами Стратином Гронингеном и его помощником Кристофером Беккером в 1835 г. В начале 1840-х гг. Роберт Андерсон и американский кузнец Томас Давенпорт создали более совершенные модели.

Однако скорость всех этих машин не превышала 4 км/ч. Это было связано с отсутствием надежного, компактного и заряжаемого аккумулятора. Подзаряжаемые, компактные и емкие аккумуляторные батареи появились только в 1880-е гг. Тогда и были созданы электромобили, способные развивать скорость 30 км/ч с запасом хода, достаточным для совершения небольших поездок в течение всего дня. Большим достоинством электрических транспортных средств, по сравнению с паровыми и бензиновыми автомобилями были бесшумность, отсутствие запахов и вредных выхлопов и легкость в управлении. Скорость электромобилей также была выше. В 1899 г. бельгиец Камиль Иенатци поставил рекорд скорости – 106 км/ч.

Электромобили с успехом использовались как такси, скорая помощь и даже в качестве пожарных автомобилей. В 1880-х гг. Ральф Уорд запустил в Лондоне линию движения электрических омнибусов. А наибольшее распространение электромобили получили в США, где их было больше, чем автомобилей с ДВС.



Рис. 9.20. Электромобиль производства Baker Motor Vehicle Company 1908 г. выпуска



Рис. 9.21. Электрический фургон Walker 1909 г. выпуска

Разработкой электромобилей занимались и в Советском Союзе. В 1935 г. на базе автомобиля ГАЗ-А был построен первый советский электромобиль. Тогда же в лаборатории электрической тяги Московского энергетического института под руководством профессора В. Е. Резенфорда и инженера Ю. М. Галкина был создан двухтонный электромобиль на базе ЗИС-5. Был построен и первый советский электробус.

Но уже со второго десятилетия XX века автомобили с ДВС становятся более удобными, надежными и дешевыми, повышаются их эксплуатационные характеристики. К этому следует добавить расширение добычи нефти и развитие технологии ее перегонки, в результате чего бензин становится на порядок дешевле. Строительство автомобильных дорог дало возможность дальних путешествий, для которых электромобили не приспособлены. В результате в 1920-е гг. электромобилей выпускали уже менее одного процента от общего производства, а к концу 1930-х выпуск практически прекратился. Однако в последние годы интерес к электромобилям вновь пробудился и в настоящее время объем их реализации составляет 500 тысяч в год.

9.5. Развитие двигателей внутреннего сгорания

Паровая машина во второй половине XVIII века получила широкое применение и совершила переворот в технике. Она быстро стала главным двигателем и в промышленности, и на транспорте. Однако громоздкие паровые машины с их огромными котлами не могли удовлетворить потребности малых предприятий. Их нельзя было устанавливать вблизи жилых зданий. К тому же

КПД паровых машин был очень низок, и существенно повысить его было невозможно. Основоположник термодинамики Сади Карно еще в 1824 г. в своей работе «Размышления о движущей силе огня и машинах, способных развивать эту силу» показал бесперспективность поршневых паровых машин. Вместо них он предлагает двигатель внутреннего сгорания. Однако развитие теории теплотехники и технологии машинного производства позволило создать более совершенные, чем паровые машины тепловые двигатели – паровые турбины и двигатели внутреннего сгорания только во второй половине XIX века. С их распространением происходит переворот в энергетике.

Первые попытки создания двигателя внутреннего сгорания (ДВС) предпринимаются еще до возникновения теоретических основ двигателестроения – науки термодинамики. В 1794 г. англичанин Стрит взял патент на поршневой двигатель, на дно цилиндра которого наливалась горючая жидкость. Она испарялась и смешивалась с воздухом, а полученная горючая смесь воспламенялась и подбрасывала поршень, соединенный рычажной передачей с насосом. В начале XIX века выдается еще несколько патентов на ДВС. Однако они остаются только на бумаге. И только в 1824 г. основоположник термодинамики С. Карно предсказывает рабочий цикл четырехтактного ДВС, соответствующий четырем ходам поршня.

Особенно остро потребность в компактных и экологически более чистых двигателях ощущалась во Франции с ее развитой мелкой промышленностью. Именно французский механик **Жан Этьен Ленуар** (1822 – 1900) первым добился успеха в деле создания ДВС. В 1860 г. он начинает строить и продавать двухтактные ДВС, работающие на светильном газе, с зажиганием от электрической искры. Применение в качестве топлива светильного газа было продиктовано потребностями городской промышленности и широким распространением газового освещения. Однако для сельской местности газовые двигатели были неприменимы. Двигатель Ленуара был первым, практически работающим и серийно выпускаемым ДВС. Но по существу он был просто модернизацией парового двигателя, за исключением того, что поршень в цилиндре перемещался не под давлением пара, а под воздействием воспламененной в цилиндре смеси воздуха и светильного газа. Работали двигатели Ленуара плавно и довольно надежно, их запуск

не вызывал затруднений ввиду отсутствия предварительного сжатия. Однако отсутствие сжатия воздуха в цилиндре ограничивает КПД двигателей Ленуара, он составляет 3 – 6 %, как и у паровых машин того времени. Но, несмотря на высокую стоимость получаемой энергии (в два раза выше, чем у больших паровых машин), они получили широкое распространение.

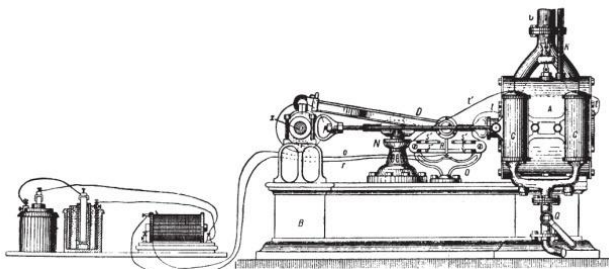


Рис. 9.22. Газовый двигатель Ленуара

Ленуар не занимался совершенствованием своего двигателя, и его обошел немецкий изобретатель и коммерсант **Николаус Август Отто** (1832 – 1891). В 1877 г. он создал четырехтактный ДВС с предварительным сжатием и искровым зажиганием. КПД двигателя достигал 20 %. Цикл, по которому он работал, называли циклом Отто. В настоящее время большинство автомобильных двигателей и многие другие ДВС работают по циклу Отто.

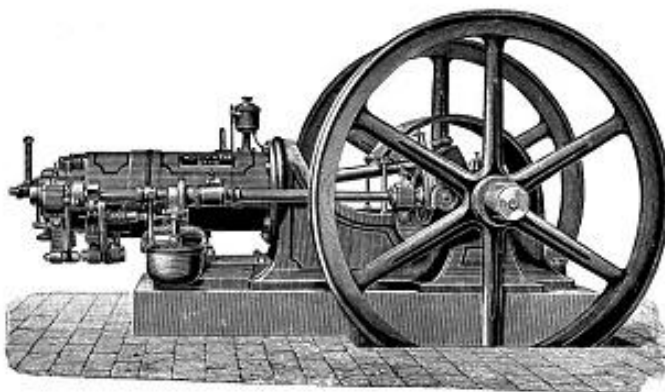


Рис. 9.23. Газовый двигатель Отто

В компании Отто в Дейтце начинали свою деятельность **Готтлиб Даймлер** и **Вильгельм Майбах**, а в 1880 г. они открыли свое дело. Изобретатели решили, что топливом для их двигателя должен быть наиболее легко воспламеняемый продукт перегонки нефти – бензин. Он в то время в основном применялся для чистки одежды и продавался в аптеках. Бензиновый двигатель не очень сильно отличается от газового, но требует карбюратора для приготовления горючей смеси. Первый карбюраторный двигатель Даймлер и Майбах сконструировали в 1885 г. Двигатель получился достаточно компактным и пригодным для установки на небольшие транспортные средства. Так постепенно ДВС превосходят паровые двигатели и по компактности и по экономичности. В 1887 г. Даймлер и Майбах начали выпуск лодочных моторов, которые стали главной продукцией фирмы на нескольких лет. 10 августа 1888 г. совершил первый полет воздушный шар, приводимый в движение двигателем внутреннего сгорания Даймлера.

В 1886 г. Даймлер и Майбах построили свой первый автомобиль, больше похожий на бричку без лошади. Другим изобретателем автомобиля стал **Карл Бенц** (1844 – 1929). В 1885 г. он закончил работу над трехколесным автомобилем. Четырехтактный бензиновый двигатель, размещенный между задних колес, приводил их во вращение с помощью цепной передачи.



Рис. 9.24. Автомобиль Даймлера и Майбаха, 1886 г.



Рис. 9.25. Автомобиль Бенца, 1885 г.



Рис. 9.26. Двигатель Дизеля

Самый экономичный, получивший широчайшее распространение двигатель, создал немецкий инженер **Рудольф Дизель** (1858 – 1913). Основная идея дизельмотора – постепенное сгорание топлива была высказана еще С. Карно. Для реализации этой идеи Дизель предложил сжимать в цилиндре чистый воздух, а после его нагрева в результате сжатия впрыскивать туда топлива. В 1892 – 1897 гг. он разрабатывает компрессорный ДВС с воспламенением от предварительно сильно сжатого в цилиндре воздуха. Первоначально в качестве топлива предполагалось использо-

вать угольный порошок, так как своей нефти Германия не имела. Однако решить проблему очистки цилиндра от продуктов сгорания ему не удалось, к тому же угольная пыль служила абразивом, и трущиеся поверхности очень быстро изнашивались. Зато новый двигатель прекрасно работал на отходах перегонки нефти, которые стали называть дизельным топливом и даже на сырой нефти.

Первый двигатель, построенный Дизелем в 1897 г. на заводе в Аугсбурге, имел один цилиндр диаметром 250 мм, ход поршня составлял 400 мм. Высота двигателя была 3 м. Двигатель развивал мощность около 20 л. с. при 172 об/мин. Он работал на сырой нефти, расходуя 258 г топлива на 1 л. с. в час. В 1898 г. этот мотор был представлен на выставке в Мюнхене. Через год в Мюнхене были представлены уже пять дизельных двигателей, произведенных на Аугсбургском машиностроительном заводе, а также заводах Отто и Круппа. Еще больший успех имел двигатель Дизеля на Парижской выставке 1900 г. В 1904 г. в России Г. В. Тринклер создает менее громоздкий и еще более экономичный бескомпрессорный дизель.

Все это побудило целый ряд ведущих машиностроительных заводов приступить к выпуску дизелей. За период 1912 – 1932 гг. только три ведущих дизельных завода Европы: «Братья Зульцер» (Швейцария), «MAN» (Германия) и «Бурмейстер и Вейн» (Дания) выпустили множество различных дизелей общей мощностью 9 300 тыс. л. с. Дизель находит широкое применение не только как стационарный двигатель для замены паровых машин, но и в речном и морском флоте, а также на локомотивах.

Особенно бурно дизелестроение начало развиваться с 1930-х гг. Если к началу 1931 г. автотранспортных дизелей еще не было, то через три года в Германии насчитывалось уже 16 000 автомобилей с дизельными двигателями, в Англии – 8 000, а во всех остальных странах еще порядка 10 000. Лидером в производстве автомобильных дизелей в начале 1930-х гг. была, безусловно, Германия, где 75 % выпускаемых грузовиков и автобусов оснащались этими двигателями.

Успешное применение дизелей в автомобилях и тракторах побудило конструкторов к разработке авиационных дизельмоторов. В этом также особенно преуспела Германия, где еще в период Первой мировой войны фирмой «Юнкерс» был спроектирован авиационный дизель. В 1933 г. создали ЮМО-205 (700 л. с.), позднее – ЮМО-207 (1 000 л. с. с турбонаддувом). 700-сильные авиадизели были также и у фирмы «Даймлер – Бенц». Усиленно вели разработку BMW и Сименс. На втором месте были США, где к началу 1930-х гг. дизели уже ставили на самолеты. Наибольших успехов добились фирмы Паккард, Авиэйшн и Гиберсон.

В Советском Союзе под руководством А. Д. Чаромского был создан авиадизель АЧ-1.

В настоящее время КПД автомобильного дизеля достигает 40%, в то время как у карбюраторного двигателя он не выше 30%. Что касается огромных тихоходных судовых дизелей, то их КПД может превышать 50%.

9.6. Развитие турбостроения

Другой альтернативой паровой машине стали паровые турбины, заменившие паровые машины на электростанциях и морских судах. Идея двигателя внешнего сгорания с получением непосредственно вращательного движения появилась намного раньше поршневой паровой машины. Первыми изобретателями таких устройств были Герон Александрийский и Джованни Бранка. Однако для получения практически пригодного двигателя одних идей было мало, и, несмотря на простоту в кинематическом отношении, по сравнению с паровой машиной, паровые турбины, пригодные для практического использования, появились только в конце XIX века. Создание экономически выгодных паровых, а тем более газовых турбин требовало знаний свойств пара или газа и законов их истечения. Как показали более поздние исследования, турбина имеет экономически обоснованный КПД только при достаточно высоких параметрах (температура и давление) пара и высокой угловой скорости вращения ротора. Производство таких турбин требует, в свою очередь, соответствующей технологии, специальных жаропрочных сталей и достаточно точных расчетов на прочность.

Первые масштабные опыты над истечением пара и газа были проведены в 1839 г. Барре де Сен-Венаном и П. Вантцелем и дали числовые данные о высокой скорости пара и газа при истечении из сосуда. В это же время Ж. В. Понселе разработал основы теории водяных турбин. Его исследования показали, что для получения максимального КПД скорость на окружности колеса турбины должна быть не меньше половины скорости потока. Указанные обстоятельства мешали созданию эффективных паровых турбин.

Тем не менее, попытки создать турбинный двигатель предпринимаются во многих промышленно развитых странах. За первые две трети XIX века было предложено свыше 200 паровых турбин. В основном они имеют небольшие размеры и мощность и

применяются там, где требуется большая угловая скорость вращения — на лесопилках для дисковых пил, в молочных сепараторах, центробежных насосах и вентиляторах. Производство этих турбин носило кустарный характер и не имело особого успеха, так как они имели невысокий КПД и применялись там, где в качестве топлива для котлов использовались различные отходы.

Что касается более мощных турбин, то для повышения их КПД была предложена идея многоступенчатых турбин, в которых пар теряет свое давление постепенно, действуя на лопатки, размещенные соответствующим образом, несколько раз. Так в 1853 г. Тёрнер предложил конструкцию многоступенчатой паровой турбины, состоящей из нескольких осей, на которые насажены облопаченные диски. зубчатые колеса передают вращение от этих осей на общий вал. Вслед за этим целый ряд изобретателей предлагает свои идеи многоступенчатых паровых турбин. Однако эти турбины не нашли применения из-за отсутствия материалов и технологии.

В последней трети XIX века в связи с электрификацией производства и электрическим освещением городов, возникает потребность в экономичном и мощном тепловом двигателе, пригодном для установки на электростанциях. К 1880-м гг. созрели все условия для создания эффективной паровой турбины. Наука теплотехника достигла определенных успехов, достаточно хорошо были изучены свойства водяного пара и законов его истечения. Машинное производство и металлургия были способны удовлетворить потребности турбостроения. Больших высот достигли также сопротивление материалов и теория упругости.

Особый интерес вызывает однодисковая паровая турбина активного типа шведского инженера **Карла Густава Патрика де Лавалья** (1845 — 1913), созданная в 1889 г. и предназначенная для молочного сепаратора. Первая его турбина мощностью 5 л. с. со скоростью вращения 30 000 об/мин была продемонстрирована на выставке в Чикаго в 1893 г. Позже изобретатель построил более крупные турбины, самая мощная из которых в 500 л. с. с числом оборотов 9 870 имела средний диаметр колеса 750 мм. Необходимость применения громоздких зубчатых понижающих передач помешала широкому внедрению турбин де Лавалья. Однако, благодаря де Лавалю, был решен целый ряд проблем турбостроения. Среди них:

1. расширяющееся сопло, позволяющее понизить давление пара ниже критического и повысить скорость его истечения до величины выше скорости звука (1200 – 1500 м/с);
2. гибкий вал, позволяющий понизить критические обороты турбины и вывести их за пределы рабочего диапазона. Это позволило применить такие высокие числа оборотов (до 32 000 об/мин), которые намного превышали числа оборотов распространенных в то время двигателей.;
3. диск равного сопротивления, допускаящий его работу с большими окружными скоростями (350 м/с);
4. система закрепления лопаток;
5. шаровые подшипники;
6. «разрушитель вакуума» при слишком больших оборотах турбины;
7. применение специальных материалов – никелевой стали для дисков и лопаток;
8. зубчатая передача с большим передаточным отношением.

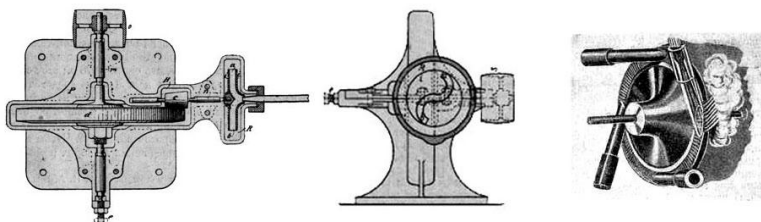


Рис. 9.27. Однодисковая турбина Лавалья

Особенностью творчества Лавалья является отсутствие у него теоретических основ для изобретений. Именно это обстоятельство не позволило ему добиться больших успехов, к тому же он был человеком увлекающимся и легко переключался с одной темы на другую. С появлением многоступенчатых турбин область применения однодисковых турбин Лавалья ограничилась машинами, требующих большого числа оборотов. Однако она вызвала к себе огромный интерес частностями своей конструкции и облегчила пути дальнейшего развития турбостроения.

В 1884 г. англичанин **Чарльз Алджернон Парсонс** (1854 – 1931) патентует паровую реактивную многоступенчатую турбину. Парсонс с самого начала правильно предугадал одну из наиболее

перспективных областей применения паровых турбин – для привода электрических генераторов. В 1885 г. он сконструировал турбину, получившую в дальнейшем широкое применение на тепловых электростанциях. Она имела следующее устройство: на центральный вал был насажен ряд вращающихся колес с лопатками. Между этими колесами находились неподвижные диски с лопатками, имевшими обратное направление. Пар под большим давлением подводился к одному из концов турбины. Поскольку давление на другом конце было меньше атмосферного, пар стремился пройти сквозь турбину. Сначала он поступал в промежутки между лопатками первого венца. Эти лопатки направляли его на лопатки первого подвижного колеса. Пар проходил между ними, заставляя колеса вращаться. Далее он поступал во второй венец. Лопатки второго венца направляли пар между лопатками второго подвижного колеса, которое тоже приходило во вращение. Из второго подвижного колеса пар поступал между лопатками третьего венца и так далее. Всем лопаткам была придана такая форма, что сечение междулопаточных каналов уменьшалось по направлению истечения пара. Лопатки как бы образовывали насаженные на вал сопла, из которых, расширяясь, истекал пар. Здесь использовалась как активная, так и реактивная его сила. Вращаясь, все колеса вращали вал турбины. Снаружи устройство было заключено в крепкий кожух.

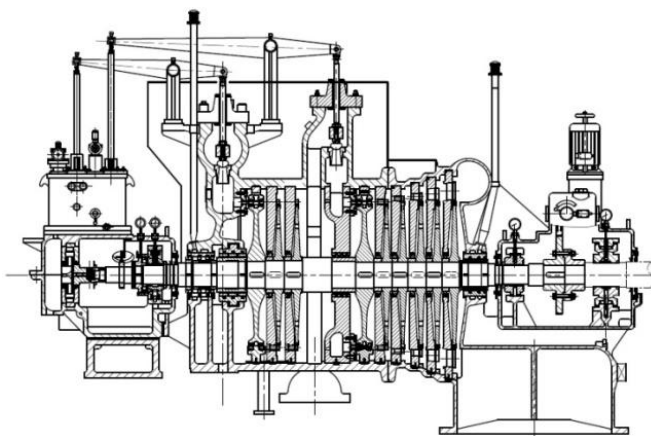


Рис. 9.28. Многоступенчатая реактивная турбина Парсонса

В 1889 г. уже около трехсот таких турбин использовались для выработки электроэнергии. В 1891 г. паротурбинный двигатель (ПТД) снабжается конденсатором, что делает его более экономичным, чем поршневой, при сохранении превосходства над последним в удельной мощности. Мощность и экономичность паровых турбин стремительно растут и постепенно они в электроэнергетике вытесняют все прочие двигатели.

Стремясь расширить сферу применения своего изобретения, Парсонс решил применить турбины в морском флоте. Поначалу он в 1894 г. построил небольшое опытное судно «Турбиния», оснащенное паровой турбиной. На испытаниях оно продемонстрировало рекордную скорость – 60 км/ч (см. рис. 9.29).

После этого паровые турбины стали устанавливать на многих быстроходных судах. В 1906 г. в Англии были построены первый турбинный броненосец «Дредноут» (см. рис. 11.1), давший начало новому классу боевых кораблей – линкоров и огромные трансатлантические лайнеры «Мавритания» и «Лузитания» (см. рис. 9.30), также оснащенные турбинами Парсонса.

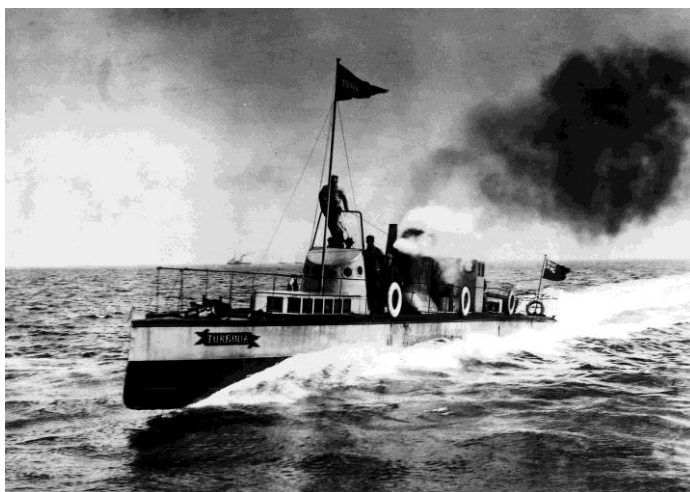


Рис. 9.29. Экспериментальное судно «Турбиния».
Водоизмещение 44,5 т, длина около 32 м

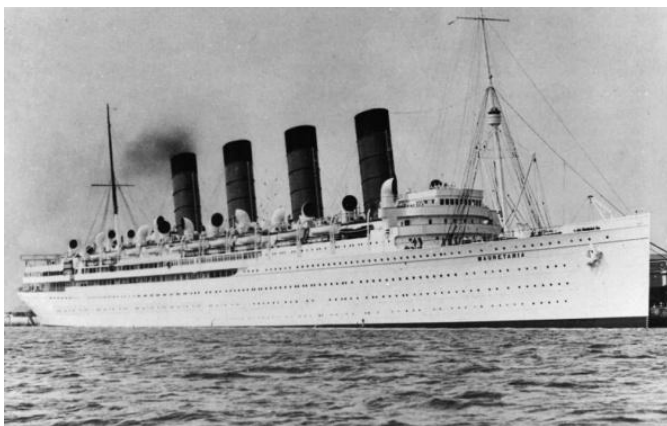


Рис. 9.30. Турбинный лайнер «Мавритания». Длина 240 м, вместимость 32 000 брутто-регистрационных тонн, мощность четырех паровых турбин Парсонса 68 000 л.с., скорость хода 26,06 узла (48,26 км/ч).

Для активных турбин ступени давления впервые были введены в практику французским профессором **Огюстеном Рато** (1863 – 1930), который в 1900 г. построил на французском заводе Соттэ-Гарле первую активную многоступенчатую турбину мощностью 1000 л.с. В 1900 г. на Международном конгрессе по прикладной механике в Париже Рато делает доклад, в котором сообщает результаты проведенных опытов по истечению пара и приводит основные формулы для нахождения его скорости. Он исследует и другие вопросы, играющие большую роль в турбостроении, в частности вопрос о трении колеса турбины о пар, а также проблемы прочности частей паровой турбины.

Тип турбины, предложенный Рато, получил большое распространение в Швейцарии, Германии и Франции. Наряду с этим французский ученый создал первый тепловой аккумулятор, позволивший выгодно использовать отработанный пар низкого давления. Важным его достижением стали также турбокомпрессоры, вытеснившие на металлургических заводах прежние поршневые воздуходувки. Рато также одним из первых применил в авиамоторах турбонаддув. Турбина, работавшая от выхлопных газов, соединялась с турбокомпрессором для подачи в цилиндры двигателя воздуха. Это не только повысило мощность двигателя, но и позволило летать на больших высотах, где воздух сильно разрежен.

Инженер швейцарского завода Эшер-Висс в Цюрихе **Генрих Целли** усовершенствовал турбину Рато, применив в 1903 г. сопла с косым срезом. За счет этого удалось увеличить скорость пара на выходе из сопла и сократить число ступеней давления до пяти – восьми. Целли также оптимизирует размер рабочих дисков, диаметры которых увеличиваются по мере падения давления пара. В турбинах Рато рабочие диски имели одинаковый диаметр, а число ступеней было 16 – 20.

Другой тип турбин предложил американец **Чарльз Гордон Кёртис** (1860 – 1953). В его турбине пар, проходя через расширяющееся сопло Лавалья, приобретал большую скорость и использовался в нескольких рядах лопаток, расположенных на одном диске. Между подвижными рядами лопаток расположены неподвижные, которые служат для изменения направления движения пара. С 1901 г. турбины Кёртиса строит американская компания «Дженерал Электрик», которая стала одной из ведущих турбостроительных фирм не только в США, но и во всем мире. Наряду с ней крупнейшими производителями турбин стали немецкая Всеобщая компания электричества и швейцарская Броун-Бовери в Европе, а также компания Вестингауза в США.

В течение XIX века происходят огромные сдвиги в развитии техники. Строятся железные дороги, стальные паровые суда, крупные предприятия – фабрики и заводы. В промышленности внедряются новые эффективные методы производства стали, бурно развивается химическое производство.

Изменение технической основы промышленности, переход от мануфактур к большой машинной индустрии, поменяло сферу общественных отношений. Промышленность полностью отделяется от сельского хозяйства и становится ведущей отраслью хозяйства. Рост машинной индустрии приводит к возникновению центров производства – крупных промышленных городов. В результате в XIX столетии сформировалась индустриальная цивилизация. Дальнейший прогресс в промышленности связан с новейшей революцией в естествознании, которая произошла на рубеже XX века.

ГЛАВА 10

Развитие науки в XIX веке

10.1. Сближение науки и производства

Бурное развитие промышленности в XIX веке ставит перед наукой множество новых проблем. Возникают новые отрасли науки – прикладная механика, теория упругости, теория колебаний, термодинамика и др. Важнейшие открытия сделаны во многих областях, чем закладываются основы для развития науки XX века.

В 1836 – 1848 гг. **Чарльз Бэббидж** (1791 – 1871) разработал проект аналитической машины, которая стала прототипом всех вычислительных машин. В этом проекте предполагалось иметь пять основных устройств: арифметическое, памяти, управления, ввода, вывода. Именно они и составляют основу современного компьютера. Для арифметического устройства Бэббидж использовал зубчатые колеса, подобные тем, что использовались ранее. На них же ученый намеревался построить устройство памяти из 1000 50-разрядных регистров (по 50 колес в каждом!).

Программа выполнения вычислений записывалась на перфокартах (до этого они использовались в ткацких станках Жаккара), на них же записывались исходные данные и результаты вычислений. В число операций, помимо четырех арифметических, была включена операция условного перехода и операции с кодами команд. Автоматическое выполнение программы вычислений обеспечивалось устройством управления. Однако механический

принцип построения устройств и использование десятичной системы счисления, затрудняющей создание простой элементной базы, не позволили Ч.Бэббиджу полностью реализовать свой далеко идущий замысел, пришлось ограничиться скромными макетами. Иначе по размерам машина сравнялась бы с локомотивом, а для приведения в движение этой машины понадобился бы мощный паровой двигатель.

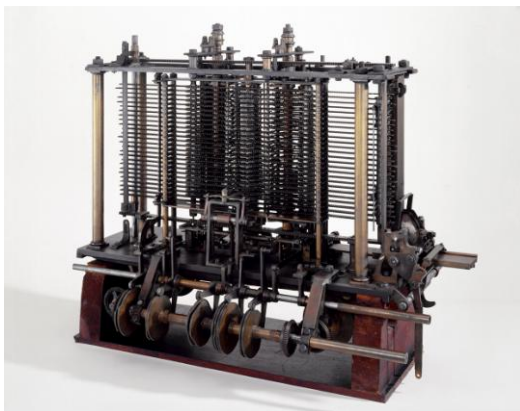


Рис. 10.1. Модель аналитической машины Бэббиджа

В XIX веке бурно развивается химия, ставшая в это время одной из основных наук. В ней победила атомистическая теория. Важными для развития химии стали газовые законы, открытые в 1802 – 1808 гг. французским ученым **Жозефом Луи Гей-Люссаком** (1778 – 1850) и в 1811 г. итальянцем **Амедео Авогадро** (1766 – 1856), а также закон теплоемкости, открытый в 1819 г. **Пьером Делонгом** и **Алексисом Пти**.

Анализ различных веществ растительного и животного происхождения показал, что они в основном состоят из нескольких элементов: углерод, кислород, водород, азот и некоторых других. Шведский химик **Йёнс Якоб Берцелиус** (1779 – 1848) в 1806 г. ввел понятие «органическая химия». Он проводил систематические исследования органических соединений, в частности, получил состав пищевых кислот. Берцелиус сыграл большую роль в развитии атомно-молекулярного учения.

В начале XIX века английский ученый **Джон Дальтон** (1766 – 1844) выдвинул атомистическую теорию, ставшую основой совре-

менных представлений о строении вещества. Он также ввел понятие атомного веса – первой количественной характеристики атома.

Александр Михайлович Бутлеров (1828 – 1886) разработал теорию химического строения и предложил способ для его отображения в виде формул. Этим способом мы пользуемся до сих пор.

Промышленная революция сделала возможным промышленное производство некоторых наиболее востребованных на рынке химикатов, чем было положено начало развитию химической промышленности.

Один из фундаментальных законов природы – периодический закон химических элементов открыл в 1869 г. великий русский ученый **Дмитрий Иванович Менделеев** (1834 – 1908). Система Менделеева не только дала понимание закономерности, позволившей определить место элементов, но и предсказать наличие новых элементов, неизвестных в то время и даже определить их свойства и атомный вес. Периодическая таблица Менделеева помогла получить представление о строении атома и природе химической валентности, установленных в XX веке.

Таким образом, в химии окончательно победила атомистическая теория. Химия смогла заниматься всеми видами веществ. Дешевые синтетические материалы позволили создать не только краски, различные примеси, духи, заменившие естественные материалы, но и новые пороха, взрывчатые и отравляющие вещества и пр. В 1856 г. английский химик-органик **Уильям Генри Перкин** (1838 – 1907) открыл анилиновый краситель. Изобретателю на тот момент было всего 18 лет. Шелковые ткани, окрашенные анилином, сохраняли цвет и после многократной стирки, и при воздействии солнечных лучей. Новый краситель вырабатывался из каменноугольного дегтя – побочного продукта процесса производства коксового газа и каменноугольного кокса.

Основным веществом в химической промышленности становится азотная кислота. Она применяется в производстве минеральных удобрений, в производстве красителей (анилин) и лекарств (нитроглицерин) и как окислитель ракетного топлива, в синтезе различных веществ, в том числе отравляющих, а также в основном органическом синтезе. Из нее делают нитроалканы (растворители) и нитроцеллюлозу, которая применяется в военной промышленности при производстве бездымного пороха, в частности пироксилин и кордит, а также взрывчатых веществ

(тротил). Нитроцеллюлоза также применяется для изготовления целлулоида и является пленкообразующей основой нитроцеллюлозных лаков, красок и эмалей.

Развитие пластмасс началось с использования химически модифицированных природных материалов, таких как резина, нитроцеллюлоза, галалит и др. Первой пластмассой, полученной английским металлургом и изобретателем **Александром Парксом** в 1855 г. стал целлулоид (такое название дано позднее), полученный на основе нитроцеллюлозы, растворенной в этаноле. Однако стремление Паркса к снижению затрат привело к закрытию его производства из-за низкого качества продукции. Твердая смесь нитроцеллюлозы с камфарой была создана **Джоном Уэсли Хайатом** и зарегистрирована под торговой маркой целлулоид в 1870 г. Целлулоид стал известен как материал, использующийся в первой гибкой кино- и фотопленке.

Таковыми же большими темпами развиваются медицина и биология. Русский ученый **Николай Иванович Пирогов** (1810 – 1881) – основоположник военно-полевой хирургии, положил начало анатомо-экспериментальному направлению в хирургии. В годы Крымской войны он впервые применил наркоз при операции на поле боя и неподвижную гипсовую повязку. Создал научную школу хирургии, его четырехтомный атлас «Топографическая анатомия» приобрел мировую известность.

Крупнейшим достижением биологической науки стало создание в 1838 – 1839 гг. немецкими учеными физиологом **Теодором Шванном** и ботаником **Маттиасом Шлейденом** клеточной теории. Согласно ей все растительные и животные организмы, начиная с низших и кончая самыми высокоорганизованными, состоят из простейших элементов – клеток. Клеточная теория явилась одним из общебиологических обобщений и стала основой эволюционного учения.

Английский натуралист **Чарльз Роберт Дарвин** (1809 – 1882) обосновал идею о том, что все виды живых организмов происходят от общих предков и эволюционируют во времени. Основным механизмом эволюции Дарвин назвал естественный отбор. Эволюционная теория Ч. Дарвина была изложена им в книге «Происхождение видов путем естественного отбора, или Сохранение благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь»,

вышедшей в 1859 г. Ему также принадлежит одно из первых обобщающих исследований о происхождении человека.

Теория Дарвина составляет фундамент современной теории эволюции, которая является основой биологии. Теория естественного отбора – основного механизма эволюции в середине XX столетия стала общепризнанной. Эволюционную теорию часто называют дарвинизмом. По мнению многих историков науки Ч. Дарвин, наряду с Архимедом и Ньютоном, входит в тройку величайших ученых за всю историю науки.

Австрийский биолог и ботаник, монах **Грегор Иоганн Мендель** (1822 – 1884) заложил основы учения о наследственности, позже названного менделизмом. Законы Менделя стали первым шагом на пути развития генетики.

Весьма значительный вклад в области биологии сделали французы – медик **Клод Бернар** (1813 – 1878) и химик-микробиолог **Луи Пастер** (1822 – 1895). Бернар является основоположником эндокринологии – науки о функциях и строении желез внутренней секреции. Он исследовал процессы внутренней секреции, много лет занимался исследованием процессов пищеварения. Ученый объяснил роль слюнных желез, желудочного и кишечного сока, и значение поджелудочной железы. Бернар заложил основы учения о гомеостазе, выдвинув концепцию о значении постоянства внутренней среды организма.

Луи Пастер является одним из основоположников иммунологии и микробиологии. Он выявил микробиологическую сущность брожения и многих болезней человека. Ученый опытным путем доказал невозможность самозарождения некоторых форм жизни в настоящее время, поставив точку в многовековом споре на эту тему. Работы Пастера в области строения кристаллов и явления поляризации стали основой стереохимии. Его имя широко известно благодаря созданной им и названной в его честь технологии пастеризации – термической обработки продуктов.

Немецкий микробиолог **Роберт Кох** (1843 – 1910) открыл возбудителя туберкулеза (палочка Коха), бациллу сибирской язвы и холерный вибрион. За открытие туберкулезной палочки он был награжден Нобелевской премией.

В результате бактериологи смогли разработать препараты для предотвращения заболеваний и лечения сибирской язвы, холеры, туберкулеза, дифтерита и других, неизлечимых прежде болезней.

Огромную роль в борьбе с эпидемиями сыграло хлорирование воды, ставшее наиболее распространенным методом ее обеззараживания на водопроводных станциях. Впервые обработка больших объемов воды хлорной известью была применена в Германии в 1894 г. Благодаря хорошим результатам этот метод вскоре нашел широкое применение в Западной Европе и США. В России хлорирование водопроводной воды впервые было применено в 1910 г. во время эпидемий холеры в Кронштадте и брюшного тифа в Нижнем Новгороде.

10.2. Достижения прикладной механики

В XVIII веке очень часто ученый был математиком, механиком и астрономом в одном лице. Астрономия играла исключительно большое значение в выводе и подтверждении законов механики. Все законы механики и ее основные положения выводились методами математического анализа, а Лагранж вообще считал механику частью математического анализа. В XIX веке для механики появилось более обширное поле деятельности – техника.

С появлением во Франции учебных заведений нового типа, отличающихся практической направленностью, впервые появляются и специалисты-инженеры. Для их подготовки в математике и механике разрабатываются и новые, более наглядные методы. Наряду с аналитическим, в механику возвращается геометрический подход. Зачинателем этого метода является **Гаспар Монж** (1746 – 1818). Еще в 1760 – 1770 гг. он разработал начертательную геометрию, предметом которой является изложение и обоснование способов изображения и построения трехмерных объектов на двумерной плоскости чертежа и методов решения задач геометрического (чертежного) характера с этими изображениями. Сам Монж придавал этой науке прикладное значение, называя чертеж языком техника. Первой книгой новой механики стал «Элементарный трактат статики», который Монж издал в 1786 г. Изложение в нем начинается с закона сложения параллельных сил, за которым излагается закон параллелограмма сил, а также определение равнодействующей плоской системы сил. Затем вводится понятие о моменте силы. Потом излагается определение центра тяжести без помощи математического анализа. Книга заканчивается главой, посвященной теории машин; в качестве простых машин указываются три: рычаг, наклонная плоскость и веревка.

Другим механиком нового направления был ученик **Монжа Лазар Карно** (1753 – 1823). В 1793 г. военный инженер Карно стал «организатором победы» в борьбе с феодальными интервентами. В 1783 г. вышла его книга «Опыт о машинах вообще», которая переиздавалась в 1797 г. и в 1803 г. под названием «Основные принципы равновесия и движения». В изложении статики Карно пользуется методикой Лагранжа, которая чувствуется и в динамике.

Родоначальником геометрического направления в «Механике» является **Луи Пуансо** (1777 – 1859). Он считал, что механика должна непосредственно обслуживать запросы практики. Поэтому добиваясь строгой обоснованности научных выводов, ученый при этом опирается на геометрическую трактовку вопросов механики. В области геометрической статики важнейшими трудами Пуансо стали мемуар «О сложении моментов и площадей в механике» и трактат «Начала статики», вышедшие в 1803 г. Во введении к данному трактату Пуансо четко обосновывает целесообразность изучения статики отдельно от динамики, не рассматривая те движения, которые могли бы сообщить материальным телам действующие на них силы. Ученый определяет силу как некоторую причину движения. При этом он в отличие от Лагранжа, который задавал силу тремя проекциями на координатные оси, обозначал буквами ***P, Q, R, S*** и т.д., помещенных на прямых, изображающих их направление. При этом указывается также точка приложения силы и ее величина. От современного обозначения силы обозначение Пуансо отличается только отсутствием стрелки на линии действия.

В начале трактата формулируются основные аксиомы статики. За ними следуют четыре теоремы, в которых Пуансо определяет правила сложения параллельных и сходящихся сил.

Пуансо впервые вводит фундаментальное понятие ***реакции связей*** и впервые четко формулирует ***принцип освобожденности от связей***. Одной из важнейших его заслуг стало введение им в статику ***пары сил***. В результате разработки теории пар сил была обоснована и реализована возможность изложения статики на основе ***принципа сложения и разложения сил***, который Пуансо кладет в основу преобразований системы сил и пар, приложенных к твердому телу. В частности, Пуансо показал, что действие силы на

твердое тело не изменится, если эту силу перенести в другую точку, добавив одновременно пару сил с моментом, равным моменту данной силы относительно новой точки приложения.

На основе теории пар оказалось возможным при помощи эквивалентных преобразований привести произвольную систему сил, действующих на твердое тело, к заданному центру. Пуансо нашел *статические инварианты* (характеристики систем сил, не меняющиеся при их эквивалентных преобразованиях) и проанализировал все возможные случаи приведения, отличающиеся значениями статических инвариантов. Рассматривая случай, когда как результирующая сила, так и момент результирующей пары равны нулю (случай равновесия твердого тела), он впервые вывел шесть *уравнений равновесия* твердого тела. Затем Пуансо, опираясь на принцип освобожденности от связей и на принцип отвердевания, распространяет теорию равновесия на случаи несвободного твердого тела и системы тел.

Треть всего объема трактата посвящена рассмотрению примеров на практическое применение общей теории равновесия систем взаимосвязанных твердых тел. Таким образом, в трудах Пуансо статика окончательно сформировалась как самостоятельный раздел механики, имеющий большое практическое значение.

За трудами, заложившими основы статики, последовал мемуар Пуансо «Общая теория равновесия и движения систем», опубликованный в 1806 г. Здесь автор применяет теорию пар уже к динамике, получая существенно более простые доказательства ряда результатов, найденных его предшественниками.

А в трактате «Новая теория вращения тел» (1834) Пуансо рассматривает в основном вопросы кинематики и динамики твердого тела с неподвижной точкой, внося существенный вклад в эти разделы механики. В частности, в кинематике он ввел понятия *пары вращений*, *мгновенной оси вращения* твердого тела, совершающего сферическое движение, и *центральной оси* системы вращений и поступательных движений (*мгновенная винтовая ось*). При этом основные положения не уточнялись физически, а понятие «сила» оставалось неопределенным. Связи предполагались идеальными: опорные поверхности без трения, стержни и нити невесомыми, а если вес нити все же учитывался, то она считалась

вполне однородной и абсолютно гибкой. Даже в статике Пуансо нет упоминания о трении.

Практическое применение механики, однако, требовало не общих, а частных и удобных методов для решения задач. Поэтому в XIX веке, наряду с теоретической механикой, появляется прикладная или техническая механика. Ее создателем является **Жан Виктор Понселе** (1788 – 1867). Первым его трудом стал «Трактат о проективных свойствах фигур», напечатанный в 1822 г. Этот трактат создал эпоху в истории математики – разработанные в XVIII веке аналитические методы сменяются геометрическими. Для решения практических задач Понселе написал «Курс механики, примененный к машинам», и более элементарно изложенное «Введение в индустриальную физическую или экспериментальную механику». Важные для практики теоремы теоретической механики: о мгновенном центре скоростей и винтовом движении твердого тела вывел **Мишель Шаль** (1793 – 1880).

Большой вклад в развитие прикладной механики внес **Гаспар Кориолис** (1792 – 1843). Основным его произведением является «Курс механики твердых тел и расчета мощности машин» (1829). Носящая его имя теорема дана в «Исследовании о приложении принципа живых сил в относительных движениях системы тел».

На первый план в прикладной механике выдвинулось понятие работы. Эффект движущей силы и способов ее получения из источника силы – двигателя можно оценить с помощью работы и мощности. Авторы понятия «работа» (Понселе и Кориолис) подчеркнули ее экономическое значение: «Работа есть то, что оплачивают». В связи с применением теоремы об изменении кинетической энергии (живой силы) Кориолис предложил выражать ее не как mv^2 , как предлагал Лейбниц в XVIII веке, а как теперь принято $mv^2/2$.

Практика также требовала более точных формулировок основных понятий механики и выбора наиболее удобных методов решения задач. Наконец в механике утвердились предложенные Эйлером понятия «материальная точка» и «абсолютно твердое тело». Шарль Огюстен де Кулон в 1789 г. вывел законы трения скольжения. Задачи на опытное определение коэффициентов трения различных тел, а также исследование его изменения в различных условиях, также относятся к области прикладной механики.

Статика абсолютно твердого тела не позволяет решить все задачи на равновесие, поскольку число неизвестных может превысить число уравнений равновесия. Это так называемые статически неопределимые системы и их решение требует знания упругих свойств тел. Таким образом, появляется еще один раздел прикладной механики – «Сопротивление материалов».

В целом создание теоретической и прикладной механики всячески способствовали сближению науки с промышленностью. Это сближение произошло в XIX веке.

10.3. Возникновение математической теории упругости

Решающую роль в развитии сопротивления материалов и становления теории упругости в XIX веке сыграла задача об изгибе балки. В сопротивлении материалов делается предположение, что поперечные сечения балки в процессе деформирования остаются плоскими, а ее материал следует закону Гука. Желая подвести под механику упругого тела более глубокие обоснования, ученые в начале XIX века выдвигают молекулярную теорию упругого тела, в которой свойство упругости объясняется силами притяжения и отталкивания, действующими между мельчайшими его частицами.

Крупный вклад в развитие науки о прочности сделал **Луи Мари Анри Навье** (1785 – 1836). Он подвел итог решению задачи об изгибе балки. Сначала он предполагал, что нейтральная линия делит поперечное сечение таким образом, что момент относительно ее растягивающих напряжений равен моменту сжимающих напряжений. Лишь в 1824 г. ученый отказался от этого ошибочного предположения и доказал, что для материалов, подчиняющихся закону Гука, нейтральная линия проходит через центр тяжести поперечного сечения. Окончательно правильное решение задачи об изгибе балки Навье опубликовал в 1826 г. Он также внес большой вклад в теорию изгиба кривого бруса. Таким образом, решение данной задачи заняло 188 лет, если считать от первой работы Галилея, что убедительно демонстрирует, как сложно развивалась наука в XVII – XVIII веках.

В 1826 г. Навье издал книгу по сопротивлению материалов. С самого начала он указывает, насколько важно знать предел упругости, до которого сооружение не получают остаточной деформации. Ученый первым разработал метод решения статически неопре-

делимых задач в сопротивлении материалов. Для этого к уравнениям статики он добавляет условия совместности деформаций.

Для расчетов статически неопределимых балок было получено уравнение трех моментов. Так как идея основной системы с неизвестными моментами над опорами впервые была высказана Клапейроном, это уравнение связывают с его именем. А на практике впервые уравнение трех моментов для расчета неразрезных балок применил мостостроитель и путейский инженер Берто в 1855 г. Опубликовано оно Клапейроном в трудах Академии наук только в 1857 г. Дальнейшее развитие теория неразрезных балок получила в работах Отто Мора, который обобщил теорию на случай, когда опоры расположены на разной высоте (1860).



Рис. 10.2. Бюст А. Навье



Рис. 10.3. Томас Юнг

Очень много для научного построения сопротивления материалов сделал английский ученый **Томас Юнг** (1773 – 1829). В 1807 г. в двухтомном труде «Курс лекций по натуральной философии и механическому искусству» Юнг обобщил результаты своих теоретических и экспериментальных работ и изложил исследования по деформации сдвига. Он ввел числовую характеристику упругости при растяжении и сжатии – так называемый модуль Юнга (в механике его называют модуль упругости). Он стал основоположником изучения напряжений,

вызываемых ударом, для чего впервые рассмотрел механическую работу как величину, пропорциональную энергии. Под энергией (термин ввел Юнг), он понимал величину, пропорциональную массе и квадрату скорости тела.

Большой вклад в развитие науки о прочности внес Жан Виктор Понселе. В 1826 г. он изучал продольный удар по стержню и возникающие при этом продольные колебания. Он показал, что внезапно приложенная к упругой конструкции нагрузка вызывает вдвое большее перемещение, чем та же нагрузка, приложенная статически.

В начале XIX века самой передовой в Европе была французская математическая школа. Именно ее представители А. Навье, О. Коши, Д. Пуассон, Г. Ламе и Э. Клапейрон в 20–30-е гг. заложили основы теории упругости. В 1821 г. Навье представил Парижской академии наук «Мемуар о законах равновесия и движения упругих твердых тел», в котором были получены уравнения равновесия упругого тела. Введя инерционные члены, он получил также

и уравнения колебаний твердого тела. Именно от этого мемуара ведет свою историю механика твердого деформируемого тела.

В следующем, 1822 г. французский математик **Огюстен Луи Коши** (1789 – 1857) в работе «Исследование равновесия и внутреннего движения твердых тел и жидкостей, упругих и неупругих» развил общий континуальный подход в механике сплошной среды. Вместо молекулярных сил он вводит понятия **деформации** и **напряжения**, упрощая вывод основного уравнения теории



Рис. 10.4. Огюстен Луи Коши

упругости. Коши дает также для изотропного тела соотношение между шестью компонентами напряжения и шестью компонентами деформации. Он приходит к выводу, что для определения упругих свойств изотропного материала требуется не одна, а две упругие постоянные.

В результате для решения задач упругости изотропных тел получена полная система уравнений. Коши, с помощью предложенного Л. Эйлером метода выделения элементарного объема и рассмотрения действующих на него сил, получил общие уравнения равновесия сплошной среды в напряжениях и установил свойства взаимности напряжений. В результате им получены классические уравнения динамики изотропного упругого тела.

В 1828 г. Коши и Пуассон применили общие уравнения для оценки пригодности элементарной теории изгиба тонких стержней, а в 1829 г. Коши вывел приближенные формулы для кручения тонких прямоугольных стержней. Эти исследования подвигли **Барре де Сен-Венана** (1797 – 1886) на создание общей теории изгиба и кручения призматических стержней – крупнейшего практического достижения теории упругости середины XIX века. Работами французского ученого открывается эпоха инженерных приложений теории упругости.

А первыми применили общие уравнения равновесия упругих тел к реальным задачам выдающиеся ученые и инженеры **Габриэль Ламе** (1795 – 1870) и **Эмиль Клапейрон** (1799 – 1864). В 1827 – 1828 гг. В мемуаре «О внутреннем равновесии однородных твердых тел» они рассмотрели задачи о растяжении бесконечной призмы, кручении бесконечного кругового цилиндра, равновесии шара под действием взаимного притяжения его частиц, равновесии полого кругового цилиндра и шара под действием внутреннего и внешнего давления. В 1852 г. Ламе издал «Лекции по математической теории упругости» – первую книгу, посвященную этой науке.

Уравнения теории упругости содержат производные от смещений, т.е. определяют деформации тел. Условия совместности деформаций получены Барре де Сен-Венаном в 1860 г. Он также предложил полуобратный метод решения задач теории упругости и ввел принцип, в соответствии с которым уравновешенная система сил, приложенная к некоторой части сплошного тела, вызывает в нем напряжения, быстро убывающие по мере удаления от этой части (принцип Сен-Венана).

Условия совместности для напряжений получены итальянским математиком **Эудженио Бельтрами** в 1892 г. и в более общей форме австралийским математиком и механиком **Джоном Генри Мичеллом** в 1899 г. Важный вопрос о единственности решения

задачи теории упругости исследован Г. Р. Кирхгофом в 1858 г., а вопрос о его существовании позже, в XX веке.

10.3. Развитие теории механических колебаний

В области теории колебаний в XIX веке дальнейшее развитие получила теория малых, линейных колебаний дискретных систем. Большой вклад в нее внес **Осип Иванович Сомов** (1815 – 1876). Он показал, что корни векового уравнения вещественны и положительны. Им также впервые разобрана аналитическая теория общего случая свободных колебаний, где координаты не являются нормальными. Таким образом, для определения частот и форм свободных колебаний линейной системы без сопротивления нужно решить степенное вековое уравнение. Поскольку аналитического решения алгебраические уравнения степени выше четвертой не имеют, многие ученые искали численные методы решения этой задачи.

Интересный метод для отделения корней уравнения предложил в 1829 г. **Ж. Штурм**. В «Лекциях по алгебраическому и трансцендентному анализу» (1837) **Михаил Васильевич Остроградский** (1801 – 1861) проанализировал, упростил и изложил важнейшие методы, начиная от метода Ньютона и кончая методом Штурма. Задачу определения частот и форм свободных колебаний можно также рассматривать как одну из основных задач линейной алгебры определения собственных значений и собственных векторов матрицы.

В 1846 г. **Карл Густав Якоб Якоби** (1804 – 1851) для решения полной проблемы собственных значений предложил итерационный метод вращений. При этом для определения собственных значений матрицы размерности n требуется $30n^3$ арифметических операций, а для собственных векторов еще $20n^3$ операций. В связи с этим метод в XIX веке не нашел применения и был забыт более чем на сто лет.

Следующим важным шагом в развитии теории колебаний были работы **Рэлей***, особенно его фундаментальный труд «Теория звука», впервые опубликованный в 1877 г. В этой книге Рэлей с

* **Лорд Рэлей** до получения в 1873 г. титула после смерти отца **Джон Уильям Стрэтт** (1842 – 1919). Правильнее английское Rayleigh писать Рэйли, некоторые авторы пишут Рэйлей, однако мы остановимся на более привычном написании – Рэлей.

единой точки зрения рассматривает колебательные явления в механике, акустике и электрических системах. Основное и непреходящее значение «Теории звука» состоит в том, что она является первым систематическим изложением общего учения о колебаниях. Она подытожила предшествующие достижения в этой области и наметила ряд проблем и направлений для развития теории колебаний. Рэлею принадлежит ряд фундаментальных теорем линейной теории колебаний (теоремы о стационарности и свойствах собственных частот), которые были опубликованы в большой работе «Некоторые общие теоремы, касающиеся колебаний» в 1873 г. и обобщены в «Теории звука». Там же Рэлей сформулировал и принцип взаимности. По аналогии с кинетической и потенциальной энергией он ввел диссипативную функцию, которая является однородной квадратичной функцией скоростей, положительной для всех значений переменных. Функция получила имя Рэля и представляет собой половину скорости рассеивания энергии.

В «Теории звука» Рэлей также предлагает приближенный метод определения первой собственной частоты консервативной системы

$$k_1^2 = \Pi_{\max} / T_{\max}^*, \quad (10.7)$$

Где $T_{\max}^* = T_{\max} / k^2$. При этом для вычисления максимальных значений потенциальной и кинетической энергий берется некоторая форма колебаний. Если она совпадет с первой формой колебаний системы, мы получим точное значение первой собственной частоты, а в противном случае это значение всегда завышено. Метод дает вполне приемлемую для практики точность, если в качестве первой формы колебаний взять статическую деформацию системы.

Таким образом, еще в XIX веке в трудах О. И. Сомова и Рэля сформировалась методика построения дифференциальных уравнений, описывающих малые колебательные движения дискретных механических систем с помощью уравнений Лагранжа II рода

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_j} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_j} + \frac{\partial R}{\partial \dot{q}_j} + \frac{\partial \Pi}{\partial q_j} = Q_j(t), \quad (10.8)$$

$$(j = 1, 2, \dots, s),$$

где в обобщенную силу $Q_j(t)$ должны быть включены все силовые факторы, за исключением упругих и диссипативных, охваченных функциями R и Π .

Уравнения Лагранжа (10.8) в матричной форме, описывающие вынужденные колебания механической системы, после подстановки всех функций выглядят так

$$\mathbf{I}\ddot{\mathbf{q}} + \mathbf{B}\dot{\mathbf{q}} + \mathbf{C}\mathbf{q} = \mathbf{Q}(t). \quad (10.9)$$

Здесь $\mathbf{B}$ – матрица демпфирования, а $\mathbf{q}$, $\dot{\mathbf{q}}$ и $\ddot{\mathbf{q}}$ – векторы-столбцы соответственно обобщенных координат, скоростей и ускорений. Общее решение данного уравнения состоит из свободных и сопровождающих колебаний, которые всегда являются затухающими и вынужденных колебаний, происходящих с частотой возмущающей силы. Ограничимся рассмотрением только частного решения, соответствующего вынужденным колебаниям. В качестве возбуждения Рэлей рассматривал обобщенные силы, изменяющиеся по гармоническому закону. Многие относили этот выбор к простоте рассматриваемого случая, однако Рэлей приводит более убедительное объяснение – разложение в ряд Фурье. Используя это разложение для обобщенных сил

$$Q_j(t) = Q_0 + \sum_{i=1}^N Q_{ji}^C \cos(i\omega t) + Q_{ji}^S \sin(i\omega t), \quad (10.10)$$

$$(j = 1, 2, \dots, s)$$

и принцип суперпозиции, запишем решения в виде

$$q_j = \sum_{i=1}^N A_{ji}^C \cos(i\omega t) + A_{ji}^S \sin(i\omega t), \quad (10.11)$$

$$(j = 1, 2, \dots, s).$$

При поочередной подстановке (10.11) в (10.9) получим для каждой гармоники систему $2s$ линейных алгебраических уравнений

$$\begin{cases} (\mathbf{C} - \mathbf{I}i^2\omega^2)\mathbf{A}_j^s - \mathbf{B}i\omega\mathbf{A}_j^c = \mathbf{Q}_j^c \\ \mathbf{B}i\omega\mathbf{A}_j^s + (\mathbf{C} - \mathbf{I}i^2\omega^2)\mathbf{A}_j^c = \mathbf{Q}_j^s \end{cases}. \quad (10.12)$$

Таким образом, для механической системы, имеющей свыше двух степеней свободы, решение системы уравнений (10.12) представляет определенные трудности, которые лавинообразно возрастают при возрастании порядка системы. Уже при пяти – шести степенях свободы задача о вынужденных колебаниях классическим способом вручную решена быть не может.

В теории колебаний механических систем малые (линейные) колебания дискретных систем сыграли особую роль. Разработанная для линейных систем спектральная теория не требует даже построения дифференциальных уравнений, а для получения решения можно сразу записать системы линейных алгебраических уравнений. Хотя в середине XIX века и были разработаны методы определения собственных векторов и собственных значений (Якоби), а также решения системы линейных алгебраических уравнений (Гаусс), о практическом их применении даже для систем с небольшим числом степеней свободы не могло быть и речи. Поэтому до появления достаточно мощных ЭВМ было разработано множество различных способов решения задачи о свободных и вынужденных колебаниях линейных механических систем. Многие выдающиеся ученые – математики и механики занимались этими задачами, речь о них пойдет ниже. Появление мощной вычислительной техники позволило не только в доли секунды решать линейные задачи большой размерности, но и автоматизировать сам процесс составления систем уравнений.

Задачи о колебаниях континуальных систем близки к задачам сопромата и теории упругости. Из них наиболее практически важной была задача о поперечных колебаниях бруса. Первым ее для бруса постоянного сечения исследовал Даниил Бернулли. Он использовал для вывода уравнений упругих кривых вариационное исчисление. А полностью задачу о колебаниях призматических стержней при различных граничных условиях решил Леонард

Эйлер. Это решение было опубликовано в «Журнале Петербургской академии» за 1782 г.

Задачи на колебания континуальных систем, т.е. систем, массы которых считаются распределенными непрерывно (твердых тел) близки к задачам сопротивления материалов и теории упругости. Поэтому теория колебаний континуальных систем развивалась вслед за развитием этих дисциплин. Задачи на колебания упругих тел рассматривались как колебания континуума точек с предельным переходом к бесконечности. В отличие от дискретных систем, континуальные описываются дифференциальными уравнениями в частных производных. При этом рассматривается однородный изотропный материал, подчиняющийся закону Гука.

Большой интерес к колебаниям пластин появился после знаменитых опытов Хладни. Уравнения колебаний пластины вывела **Софи Жермен** (1776 – 1831), которая, однако, допустила серьезную ошибку, правильное решение было получено Лагранжем.

Кроме двумерных уравнений, Лагранжем было выведено трехмерное уравнение для распространения колебаний (волн) в трехмерной однородной неограниченно протяженной во всех направлениях среде.

Однако математические успехи в XVIII веке были достигнуты только в одномерных задачах. Для более сложных задач не хватало знаний в области сопротивления материалов. Тем не менее, успехи физической теории имели глобальное значение. В частности в теории колебаний:

- было осознано значение ограничения малости колебаний для линейной постановки задач;
- введен принцип суперпозиции решений;
- вошли в научный обиход понятия частоты, периода и амплитуды колебаний;
- в задаче о колебаниях струны в математической форме была установлена связь между колебаниями и волнами.

Дальнейшее развитие теории колебаний континуальных систем связано с развитием теории упругости в основном представителями французской математической школы. В течение XIX века были разработаны аналитические методы расчетов колебаний различных твердых тел геометрически правильной формы. Из всех ученых можно отметить труды Пуассона,

Кирхгоффа и основоположника Российской школы теории упругости А. Н. Динника.

Колебаниям упругих тел в XIX веке были посвящены многочисленные исследования. Интегралы уравнений колебания упругого пространства были получены Д. Пуассоном и М. В. Остроградским в конце 20-х гг. Тогда же Пуассон обнаружил существование двух волн, распространяющихся в изотропном упругом теле, со скоростями, относящимися как $\sqrt{3}:1$. **Дж. Г. Стокс** (1819 – 1903) показал, что более быстрая волна – это продольная волна объемного сжатия, а медленная – поперечная волна вихря смещений, не вызывающая изменения плотности.

Задача колебаний круговой пластины была решена Г. Р. Кирхгофом. Он также вычислил частоты некоторых видов колебаний для пластинки со свободным контуром.

Продольные и крутильные колебания стержней были впервые исследованы Хладни. В «Теории звука» Релей предлагает свой, более полный вывод уравнения продольных колебаний стержня, аналогичного уравнению колебаний струны постоянной плотности.

Аналитическое исследование некоторых частных случаев колебаний стержней переменного поперечного сечения впервые проведены Кирхгоффом. Рассматривая вибрации клинообразного стержня, он путем остроумного преобразования заменяет уравнение четвертого порядка двумя уравнениями второго порядка и интегрирует их с помощью степенных рядов. **Дж. Морроу** в работе «О поперечных колебаниях брусьев» (1905 г.), решает эту же задачу с помощью метода Рэлея. При этом он предполагает, что стержень искривляется по параболе второго порядка. Наконец в 1913 г. **П. Ф. Вард** опубликовал работу, в которой рассмотрел поперечные колебания стержня переменного сечения.

Таким образом, в течении XVII – XIX вв. были разработаны аналитические методы расчетов в основном свободных колебаний различных твердых тел геометрически правильной формы. При этом теоретические результаты были проверены соответствующими экспериментами. Этим методика составления и решения дифференциальных уравнений получила подтверждение. Как будет показано ниже, эти результаты имели большое значение и при решении задач для тел более сложной формы.

В 1915 г. Екатеринославским горным институтом была издана «Теория вибраций» А. Н. Динника. В ней даны решения многих задач вибраций струн, стержней, пластин и объемных тел. Так, например, исследованы задачи о продольных и поперечных колебаниях стержней переменного сечения: клина, конуса, усеченного конуса и др. Рассмотрены колебания кругового цилиндра, как сплошного, так и полого, крутильные колебания диска.

10.4. Развитие термодинамики

В XIX веке появляется новый раздел физики, изучающий наиболее общие свойства макроскопических систем и способы передачи и превращения энергии в таких системах – термодинамика. Новая наука оказалась очень важной не только для совершенствования паровых машин, но и для создания новых типов тепловых двигателей. Следует отметить, что на протяжении более чем 100 лет паровые машины строились без соответствующей теории. Успехи паровых двигателей не дают покоя многочисленным изобретателям. Число изобретений различных типов двигателей быстро растет, предлагается немало и «вечных двигателей». Рассмотрение последних настолько отвлекало ученых, что в 1775 г., за 70 лет до установления закона сохранения энергии и за 90 лет до открытия второго начала термодинамики, Парижская Академия наук первой в мире принимает решение их больше не рассматривать.

В античные и средневековые времена считалось, что носителями тепла в теле является невесомое вещество, позднее получившее название теплород (флогистон). В противовес теории теплорода в трудах **Френсиса Бэкона** (1561 – 1626) зарождается теория о кинетической природе тепла, в рамках которой теплота представляется как определенный вид движения частиц. Понимание связи между действием огня и механической работой паровой машины в некоторой степени помогало первым изобретателям.

Однако представления о природе тепла еще долго оставались предметом споров. Шотландский химик **Джозеф Блэк** (1728 – 1799), изучая природу теплоты, установил, что различные виды вещества нагреваются в разной степени одним и тем же количеством теплоты. В результате он выявил теплоемкость различных видов вещества. Блэк установил, что при таянии льда и снега в течение определенного времени они поглощают тепло, не

становясь при этом теплее. Это позволило ему обнаружить скрытое состояние теплоты.

При этом Блэк также понимал теплоту как некую материальную субстанцию, которую великий химик Антуан Лоран Лавуазье назвал теплородом. Попытки взвесить ее оказались неудачными, поэтому теплоту стали рассматривать как особого рода невесомую неуничтожаемую жидкость, способную перетекать от нагретых тел к холодным. Лавуазье считал, что подобная концепция была в полном соответствии с его идеей получения теплоты с помощью химических соединений. Увлечение этой концепцией оказалось столь велико, что она продержалась до середины XIX века, и кинетическая теория теплоты отступила на второй план, несмотря на то, что ее разделяли Ньютон, Гук, Бойль, Д. Бернулли и Ломоносов.

XIX век является веком триумфального шествия паровой машины. Она стала не просто главным, а практически единственным двигателем в промышленности и на транспорте. Однако паровые машины имели очень низкий КПД, и их дальнейшее совершенствование требовало развития теоретических основ теплотехники. При этом конструкторы паровых машин, в том числе и Дж. Уатт, пользуются эмпирическими данными.

Первый фундаментальный труд по теории теплотехники «Размышления о движущей силе огня и машинах, способных развивать эту силу» издал в 1824 г. французский инженер **Сад Карно** (1796 – 1832). Он предсказал, что тепловым машинам «суждено совершить большой переворот в цивилизованном мире», и задался целью определить причины их несовершенства. В своем труде Карно заложил основы термодинамики, поскольку там содержались (хотя и полученные с помощью теории теплорода) и оба начала термодинамики, и ее основные понятия, и идеальный цикл тепловых машин, и другие важные положения. Основоположник термодинамики предлагает рабочий цикл четырехтактного двигателя внутреннего сгорания (ДВС), соответствующий четырем ходам поршня: 1-й – всасывание воздуха; 2-й – сжатие его, в конце которого происходит подача и сгорание топлива; 3-й – расширение газообразных продуктов сгорания, т.е. рабочий ход; 4-й – выпуск отработавших газов.

Работа Карно прошла почти незамеченной. И лишь через 10 лет, после издания «Мемуара о движущей силе теплоты»

Б. Клапейрона, она стала почти сенсацией. Клапейрон «перевел» ее на математический язык, вскрыв великое содержание этого труда, и первым применил графический метод исследования работы тепловых машин – метод циклов.

В 1845 – 1847 гг. трудами Р. Майера, Д. Джоуля, Г. Гельмгольца окончательно формулируется закон сохранения и превращения энергии – первое начало термодинамики. Недоверие к новому закону быстро рассеивалось благодаря трудам В. Томсона (лорда Кельвина), Р. Клаузиуса, У. Ренкина и др.

В 1855 – 1865 гг. Клаузиус вводит понятия обратимых и необратимых процессов и энтропии – величины, рост которой в необратимых процессах характеризует ту часть энергии тел, которая не может быть превращена в работу, а рассеивается в виде теплоты. Поскольку все реальные процессы вследствие трения, теплопроводности и конечности времени их протекания необратимы, энтропия изолированных систем всегда возрастает. Эту формулировку второго начала термодинамики Клаузиус без должных оснований распространил на Вселенную, объявив о неизбежности ее «тепловой смерти». Это означало, что когда-то вся энергия, имеющаяся на Земле и в других частях Вселенной, превратится в тепло, а равномерное распределение последнего между телами земной природы и Вселенной приведет к выравниванию температуры и к полному прекращению превращений энергии. Однако эта теория не учитывает бесконечности Вселенной, в которой процессы рассеивания и концентрации энергии должны чередоваться и во времени, и пространстве. Этим объясняется наличие запасов энергии на Земле и в Солнечной системе. Кроме того, австрийский физик Л. Больцман, один из творцов молекулярно-кинетической теории газов, доказал, что закон возрастания энтропии неприменим к Вселенной еще и потому, что он справедлив лишь для статистических систем, состоящих из большого числа хаотически движущихся частиц, поведение которых подчиняется законам теории вероятностей. Для них возрастание энтропии лишь наиболее вероятно, но с необходимостью должно наступать и маловероятное событие – ее уменьшение. Во Вселенной же действуют динамические законы.

Так был заложен фундамент термодинамического метода, и началась разработка его приложений, прежде всего к теории тепловых машин.

ГЛАВА 11

Наука и техника в первой половине XX века

11.1. Кризис в физике. Новейшая революция в естествознании

В конце XIX века считалось, что в области физики уже все известно и осталось выяснить только некоторые незначительные детали физических процессов. По этой причине одаренных выпускников школы отговаривали заниматься изучением физики. В первой половине XIX века учение об электрических и магнитных явлениях основывалось на представлении о существовании сил дальнего действия между зарядами и токами. Исключение составляли только взгляды М. Фарадея, которые разделял **Джеймс Клерк Максвелл** (1831 – 1879). Последний задался целью изложения теории Фарадея строгим математическим языком. Свои исследования Максвелл строит на основе метода аналогий между различными физическими явлениями. Так появляется идея электрического поля. Ученый приходит к выводу о том, что «свет состоит из поперечных колебаний той же среды, которая является причиной электрических и магнитных явлений». В 1865 г. Максвелл разработал электромагнитную теорию.

Генрих Герц (1857 – 1894) экспериментально подтвердил существование электромагнитных волн, создав для этого вибратор и резонатор. Он подробно исследовал такие свойства этих волн, как отражение, интерференция, дифракция и поляризация. Он также доказал, что скорость распространения электромагнитных волн совпадает со скоростью света, который, таким образом, представляет собой разновидность электромагнитных волн.

В 1895 г. **Петр Николаевич Лебедев** (1866 – 1912) повторил опыты Герца и получил электромагнитные волны по длине близкие к инфракрасному излучению. Кроме того Лебедев поставил опыты по измерению давления световых волн, получив результаты, соответствующие теории Максвелла.

Также в 1895 г. **Вильгельм Конрад Рентген** (1845 – 1923), создав трубку специальной конструкции, открыл лучи, названные его именем. Эксперименты с рентгеновскими лучами помогли получить новые сведения о строении вещества. Ученому первому из физиков в 1901 г. присудили Нобелевскую премию. Через некоторое время рентгеновские трубки нашли широкое применение в медицине и различных областях техники. Появились новые направления науки и техники – рентгенология, рентгенодиагностика, рентгенометрия и др.

В 1896 г. **Антуан Анри Беккерель** (1852 – 1940) установил, что кристалл урановой соли является источником постоянного излучения, способного проникать через светонепроницаемые экраны и засвечивать фотопластинки. Так было открыто явление радиоактивности.

Через два года **Мария Склодовская-Кюри** (1867 – 1934) и **Пьер Кюри** (1859 – 1906) выделили из урановых руд новый элемент – радий, обладающий радиоактивностью гораздо большей, чем уран. В том же 1898 г. ими был открыт полоний. Мария и Пьер Кюри провели всесторонние исследования радиоактивных элементов. В 1903 г. они совместно с Анри Беккерелем получили Нобелевскую премию по физике «за выдающиеся заслуги в совместных исследованиях явлений радиации». Еще одну Нобелевскую премию Мария Склодовская-Кюри получила в 1911 г. по химии и на сегодняшний день является единственной в мире женщиной – дважды лауреатом Нобелевской премии.

Вторым направлением исследований стало выяснение природы электричества. Представления об атомарном его строении стали складываться у ученых во второй половине XIX столетия. Об этом, в частности, свидетельствовал закон электролиза Фарадея. В 1880-е гг. выяснилось также, что газы, хотя и слабо, тоже проводят электрический ток.

Идею о корпускулярной теории электричества разработал голландец **Хендрик Антон Лоренц** (1853 – 1928). Он создал классическую электронную теорию, объединив концепцию

непрерывного электромагнитного поля с идеей о дискретных электрических зарядах, входящих в состав вещества.

Лоренц применил свою теорию для решения множества частных задач: получил выражение для силы, действующей на движущийся заряд со стороны электромагнитного поля (сила Лоренца), вывел формулу, связывающую показатель преломления вещества с его плотностью (формула Лоренца), разработал теорию дисперсии света и др. На основе электронной теории ученый развил электродинамику движущихся сред, выдвинув гипотезу о сокращении тел в направлении их движения. Он ввел понятие о «местном времени» и получил релятивистское выражение для зависимости массы от скорости, вывел соотношения между координатами и временем в движущихся относительно друг друга инерциальных системах отсчета (преобразования Лоренца). Работы Лоренца лежат в основе специальной теории относительности и квантовой физики. Кроме того ему принадлежат важные результаты в термодинамике, общей теории относительности и теории теплового излучения.

Джозеф Джон Томсон (1856 – 1840) проводил эксперименты по изучению катодных лучей, рассматривая их отклонения в электрических и магнитных полях. Своими опытами он доказал, что катодные лучи имеют корпускулярную природу и состоят из отрицательно заряженных частиц субатомного размера. При этом все частицы тождественны друг другу и входят в состав атомов вещества. В результате в 1897 г. Томсон открыл электрон и измерил отношение его заряда к массе. За это открытие он в 1906 г. получил Нобелевскую премию по физике. Первые снимки треков отдельных электронов были получены **Чарльзом Вильсоном** при помощи созданной им камеры.

В 1898 г. **Эрнест Резерфорд** (1871 – 1937) открыл альфа- и бета-лучи. Спустя год **Поль Вийяр** открыл гамма-излучение. Изучая природу альфа-лучей, Резерфорд установил, что это поток ядер гелия.

В 1909 – 1911 гг. Резерфорд и его сотрудники **Эрнст Марсден** и **Ганс Гейгер** провели первые прямые эксперименты по исследованию внутренней структуры атомов. Результатом стало открытие атомного ядра – крупнейшее событие в атомной физике. Полученные в результате эксперимента данные привели Резерфорда к разработке планетарной модели атома.

В 1920 г. Резерфорд высказал предположение, что должна существовать частица массой, равной массе протона, но не имеющая электрического заряда – нейтрон. Экспериментально ее существование было доказано **Джеймсом Чедвиком** в 1932 г. Однако планетарная модель атома Э. Резерфорда оказалась несовместима с электродинамикой Максвелла.

В самом начале XX столетия **Макс Планк** (1858 – 1947) вывел формулу распределения энергии в спектре абсолютно черного тела, из которой следовало, что энергия излучается не равномерно, как предполагали раньше, а частями – квантами. На этой основе **Альберт Эйнштейн** (1879 – 1955) в 1905 г. развил квантовую теорию фотоэффекта.

Датский физик **Нильс Бор** (1885 – 1962) предложил модель атома, основанную на квантовой теории. Он известен как создатель первой квантовой теории и как участник разработки основ квантовой механики и процессов взаимодействия элементарных частиц. Бор сформулировал принцип соответствия, связывающий квантовую теорию с классической физикой. Он сыграл огромную роль при построении последовательной квантовой механики. В 1921 – 1923 гг. Бор на основе своей модели атома и спектроскопических данных представил схему заполнения электронных орбит, объяснив тем самым свойства элементов периодической системы Менделеева.

Открытие зависимости массы электрона от его скорости, гипотеза о чисто электромагнитной природе массы как будто лишали тела материальности. Некоторые физики и философы высказывали мнение о том, что «материя исчезла», что развитие науки заставляет отказаться от признания существования материи и справедливости общих важнейших физических законов сохранения массы, количества движения, энергии и др. Открытие радиоактивности усугубляло ситуацию, поскольку не было ответа на вопрос об источнике энергии, которую несет с собой радиоактивное излучение.

Ситуацию, сложившуюся в физике на рубеже XX в., **Анри Пуанкаре** (1854 – 1912) назвал кризисом физики. Причины этого кризиса он в первую очередь связывал с возможностью отказа от фундаментальных принципов физического познания. Таким образом, к концу XIX века механистическая метафизическая методология себя исчерпала.

Начало новой научной революции положил Альберт Эйнштейн, разработавший в 1905 г. на основе работ Пуанкаре, Лоренца и др. **специальную теорию относительности**. Эта теория, описывает движение, и пространственно – временные отношения при произвольных скоростях, в том числе близких к скорости света. При этом классическая механика Ньютона является приближением теории относительности, справедливым при малых скоростях движения.

В 1916 г. Эйнштейн создает **общую теорию относительности**, которая является обобщением специальной теории относительности для гравитационных полей. Новая теория перевернула представления всех ученых того времени. В соответствии с этой теорией, гравитация это не процесс взаимодействия полей и тел в пространстве, а результат искривления пространства – времени. Эта теория объяснила появление во Вселенной так называемых черных дыр, а также искривление световых лучей от звезд при их прохождении рядом с Солнцем.

Таким образом, в начале XX века началась научная революция в естествознании, в основе которой были новые достижения в физике, разрушившие ньютоновскую космологию. Она сопровождалась крушением прежних представлений о строении материи, ее свойствах, формах движения и типах закономерностей, о пространстве и времени. Это означало кризис физики и всего естествознания, основанного на метафизических философских основаниях классической науки.

Значительные успехи были достигнуты к началу XX века и в других отраслях науки. В биологии получила дальнейшее развитие дарвиновская теория эволюции. На ее основе выросли науки о строении и развитии клеток (цитология) и тканей (гистология). Изучение проблем наследственности, начало которому положил Мендель, выделилось в отдельную науку – генетику. Наиболее важными в ней были работы немецкого зоолога **Августа Вейсмана** и американского биолога **Томаса Ханта Моргана**.

Всемирное признание получили исследования **Ивана Петровича Павлова** (1849 – 1936) в области физиологии человека. Он не только создал теорию условных рефлексов, но и разработал новый общий методологический подход к решению проблем физиологии.

11.2. Развитие промышленности

В конце XIX века были сделаны изобретения, коренным образом изменившие жизнь человечества в XX веке. К ним относятся более совершенные, чем паровая машина, тепловые двигатели – ДВС и паровая турбина, новые средства связи – телефон и радио, новые транспортные средства – автомобиль и трактор и др. Отличие нового этапа научного прогресса заключалось в том, что его достижения быстро находили практическое применение, воплощаясь в технические устройства.

XX столетие часто называют веком электричества. Основным источником энергии на электростанциях становятся паровые и гидротурбины. Электроэнергия стала широко использоваться не только в промышленности и в быту, но и на транспорте. Электрическая тяга оказалась очень эффективной, уже к началу века появляются электрические локомотивы, пассажирские вагоны, оснащенные тяговыми электродвигателями и электрические трамваи. На электрическую энергию переводятся также линии метро.

Начало XX века характеризуется процессом концентрации производства электроэнергии на основе создания крупных районных электростанций. Особенно стремительно этот процесс протекал в США и Германии. Мощность отдельных электростанций за первое десятилетие века выросла с 200 до десятков тысяч киловатт. Например, в 1914 г. две крупнейшие станции США Ниагарская ГЭС и компании Эдисона выработали 2020,6 млн. кВт·ч, почти столько же, сколько все станции России вместе взятые. Станция Гольденберг в Германии перед Первой мировой войной имела четыре генератора по 15 тыс. кВт.

Научные достижения в области электротехники позволили создать новые виды связи. 14 февраля американец шотландского происхождения **Александр Грехам Белл** подал заявку на изобретенный им телефон. В 1878 г. Т. Эдисон создал новый тип аппарата. Телефон стал быстро распространяться, в конце XIX века появились уже междугородние линии. В XX столетии телефон стал основным средством связи. В 1921 г. создан радиотелефон, а в 1930-м – автоматические телефонные станции. Во второй половине XX столетия создан сотовый телефон. В настоящее время сотовая связь является самым распространенным видом связи.

Открытые в конце 80-х гг. XIX века радиоволны послужили основой для создания радио. В 1895 г. русский ученый **Александр Степанович Попов** (1859 – 1906) продемонстрировал свой первый радиоприемник. Через несколько лет на маневрах Черноморского флота в 1899 г. он установил радиосвязь на расстоянии свыше 20 км. Началось ее внедрение в русской армии и на флоте. В начале 1900 г. радиосвязь была успешно использована во время спасательных работ в Финском заливе, а в 1901 г. дальность передачи была уже 150 км. Однако патента на свое изобретение Попов не взял. В то же время, независимо от русского ученого, итальянец **Гульельмо Маркони** (1874 – 1937) запатентовал в Англии «способ передачи электрических импульсов без проводов». В следующем году было создано акционерное общество по внедрению и эксплуатации этого изобретения. Маркони получил значительные средства для дальнейшей работы и в начале XX века смог осуществить радиопередачу через Атлантический океан.

Радио стало не только средством связи и важнейшим средством массовой информации в первой половине XX века, но и дало начало таким научно-техническим направлениям, как радиолокация, радиоастрономия, радионавигация, радиометрология и др.

Во второй половине XX века наиболее массовым средством распространения информации становится телевидение. В первой четверти века было создано механическое телевидение, основой которого послужил сканирующий диск, изобретенный **Паулем Нипковым** в 1884 г. В 1907 г. российский ученый **Борис Розинг** получил патент на электрический способ передачи изображения на расстояние. В 1926 г. **Б. П. Грабовский** и **И. Ф. Белинский** в Ташкенте осуществили первую передачу движущегося изображения на основе электронно-лучевой трубки. Правда изображение было нечеткое.

В 1930-е гг. началась регулярная трансляция телевизионных передач. Первое действующее телевидение организовал в США русский эмигрант **Владимир Козьмич Зворыкин** в 1931 г. В СССР трансляция передач по одному часу 12 раз в месяц была организована в Москве в 1931 г. В 1953 г. в США появилось цветное телевидение в стандарте NTSC, используемом до сих пор. В Советском Союзе цветное телевидение внедрялось с 1967 г., при этом использовался французский стандарт SECAM, совместимый с черно-белым телевидением.

Прогресс в области химии позволил начать производство искусственных материалов: пластмасс, каучука, шелка и др. Развитие пластмасс началось с использования природных пластических материалов. Позднее для производства пластмасс стали применять полностью синтетические молекулы: бакелит, эпоксидная смола, поливинилхлорид, полиэтилен и др.

В 1872 г. немецкий химик **Евгений Бауман** создал **поливинилхлорид (ПВХ)**, не нашедший тогда применения. Применяться ПВХ стал только после того, как в 1926 г. американец **Вальтер Симон** усовершенствовал материал. На сегодняшний день винил занимает второе место в мире по объему производства. Он используется для изготовления различных приборов, напольной плитки, краски и поверхностных покрытий, изоляции проводов, плащей, каблуков, мячей для гольфа и др.

Прекрасным упаковочным материалом стал целлофан – прозрачная пленка, изготавливаемая из регенерированной целлюлозы. В 1908 г. швейцарский инженер **Жак Э. Бранденбергер** разработал первую машину по ее производству.

В 1909 г. американским химиком **Лео Бекеландом**, бельгийцем по происхождению, был открыт **бакелит** – один из первых видов пластика, изготовленных из синтетических компонентов. Благодаря низкой электрической проводимости и термостойкости он применяется в электрических изоляторах, корпусах для радио и телефонов, а также для изготовления посуды, ювелирных изделий, труб и детских игрушек.

Первым синтетическим каучуком, имевшим промышленное значение, был полибутадиеновый каучук, производившийся синтезом по методу **С. В. Лебедева**. В 1932 г. в СССР, в Ярославле запущен первый в мире завод по производству синтетического каучука в промышленных масштабах.

В 1935 г. сотрудники британской компании «Империя химической промышленности» **Реджинальд Гибсон** и **Эрик Фосетт** открыли **полиэтилен** – дешевый, гибкий, прочный и химически стойкий материал. Он производится из этилена – продукта, синтезируемого из газа или нефти и является самым распространенным в мире полимером. Полиэтилен низкой плотности используется для изготовления пленок и упаковочных материалов, в том числе пакетов. Полиэтилен высокой плотности или **полипропилен** был открыт в 1951 г. Он гораздо более крепкий и

используется для изготовления пластиковых бутылок, контейнеров, сантехники, пластиковой мебели и даже автомобильных запчастей.

В последующие годы были открыты следующие полимеры:

- **акрил** (1936), применяющийся в жидком виде в красках и синтетических волокнах, а в твердом виде как заменитель стекла;

- **полиуретан** (1937), используемый в виде эластичного пенопласта в обивке, матрацах, химически стойких покрытиях, в специальных клеях, в герметиках и упаковке. В твердой форме полиуретан используется в материалах для термоизоляции зданий, в водонагревателях, при рефрижераторных перевозках;

- **полистирол** (1938) – прочный пластик, который можно изготавливать литьем под давлением, прессованием или формованием с раздувом. Материал широко применяется в пластиковых стаканах, картонных упаковках, а также в строительных материалах и электроприборах;

- **тефлон** (1938), который наносили на металлические поверхности в качестве защитного покрытия с низким коэффициентом трения для предотвращения царапин и коррозии. С 1960-х гг. огромной популярностью пользуются тефлоновые антипригарные сковороды;

- **нейлон** (1938), известный также как «чудо-волокно» – синтетический материал, имитирующий натуральную ткань. С этого момента в текстильной промышленности началось активное использование искусственных волокон, изготовленных исключительно на основе нефтехимических веществ.

- **неопрен** (1938) – синтетический каучук;

- **ненасыщенный полиэстернеопрен** (1942), другие названия **полиэфир, лавсан** и **дакрон**. Применяется для изготовления синтетических волокон, бутылок, механических запчастей и др.;

- **пенополистирол** или **пенопласт** (1954) – теплоизолирующий материал, который в 30 раз легче обычного полистирола;

Научные и технические достижения XX века заметно отразились на росте благосостояния общества и образовании. По мере внедрения более совершенных машин труд становился менее тяжелым. Объем ручного труда стал сокращаться и в сельском хозяйстве. На рубеже XX века рабочий день на предприятиях западноевропейских стран составлял уже 10 часов с более короткой рабочей субботой. Одной из основных целей трудящихся в первые

десятилетия XX века стала борьба за 8-часовой рабочий день. Индустриализация повлекла за собой значительный рост городского населения.

Были повышены требования и к системе образования. Потребности в специалистах, способных управлять новой техникой привели к установлению в большинстве европейских стран всеобщего неполного среднего образования (шесть – восемь лет). Получили развитие средние профессиональные учебные заведения – технические и коммерческие училища, сельскохозяйственные школы, в которых ученики на основе неполной средней школы, могли приобрести ту или иную профессию.

11.3. Гонка вооружений и мировые войны

Первая половина XX века характеризуется борьбой за передел колоний. Первой мировой войне предшествовала небывалая до того гонка вооружений. Это в первую очередь создание нового «дредноутного» флота. Уже перед Русско-японской войной (1904 – 1905) кораблестроители всерьез задумались о модернизации флота. Как промежуточный тип корабля строятся броненосцы с увеличенным калибром средней артиллерии. Русско-японская война показала, что главным оружием броненосных кораблей являются орудия крупного калибра. Важнейшим качеством корабля является его скорость. Наличие тарана, бесполезного в бою, но очень опасного при случайных столкновениях со своими кораблями, снижает скорость примерно на два узла. Опыт войны также показал, что, кроме главного броневых пояса необходимо также бронировать весь надводный борт, хотя бы не очень толстой броней (примерно 100 мм), поскольку в небронированном борту фугасные снаряды делают пробоины площадью до 50 м².

Первым кораблем, в котором был учтен опыт Русско-японской войны, стал английский «Дредноут». По своей огневой мощи этот корабль стоил целой эскадры броненосцев. Его имя дало название новому классу линейных кораблей – дредноутов. Впервые на таком крупном боевом корабле в качестве двигателей были применены паровые турбины.

Появление нового класса броненосных кораблей свело на нет все флоты мира. Всем морским державам пришлось срочно

приступить к постройке аналогичных кораблей. Поскольку строительство флота приходилось начинать с нуля, Германия попыталась создать флот более мощный, чем английский. Началась небывалая гонка вооружений, направленная на создание как можно большего количества dreadnoughtов, получившая название «Dreadnoughtная лихорадка». В Англии традиционно при создании флота придерживались правила «два килля против одного», т.е. англичане закладывали столько кораблей, чтобы их флот превосходил следующий по численности в два раза. Именно это обеспечивало безопасность островного государства. В итоге dreadnoughtной лихорадки, к началу Первой мировой войны соотношение английских и германских dreadnoughtов, включая линейные крейсера (крейсера dreadnoughtного типа), составило 42 против 26. От этих стран стремились не отставать США и Япония, построившие большое количество линейных кораблей. Кроме них dreadnoughtы также строились во Франции, Италии, Австро-Венгрии и России, правда, в меньших количествах. В ходе этой гонки вооружений водоизмещение линкоров возросло до 40 000 т, а калибр орудий до 381 мм в Англии и Германии, и даже до 406 мм в США и Японии.

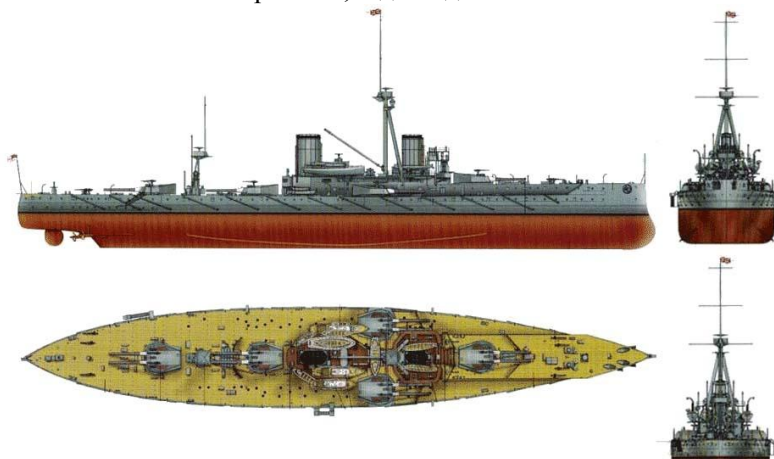


Рис. 11.2. Линейный корабль «Дредноут», Великобритания, 1906 г. Длина 160,74 м, ширина 25 м, осадка 9 м, водоизмещение 21 067 т, мощность машин (4 турбины Парсонса) 26 350 л.с., скорость 21,6 узла, бронирование (главный пояс): 179 – 279 мм, вооружение: 10 × 305-мм орудий, 27 × 76-мм, 20 × 75-мм, 24 × 47-мм, 8 × 37-мм, 2 × 63,5-мм десантных орудия, 4 пулемета, 5 торпедных аппаратов калибра 456 мм.

Нововведения коснулись и других классов боевых кораблей. Строятся новые скоростные крейсера, оснащенные турбинными силовыми установками. Водоизмещение эскадренных миноносцев возрастает в несколько раз и достигает 1500 т. Эти большие эсминцы вооружаются 100-мм орудиями и большим количеством торпедных аппаратов и имеют при этом самую высокую скорость. Так русский эсминец «Новик», оснащенный турбинной силовой установкой поставил в 1911 г. мировой рекорд скорости – 37,3 узла.

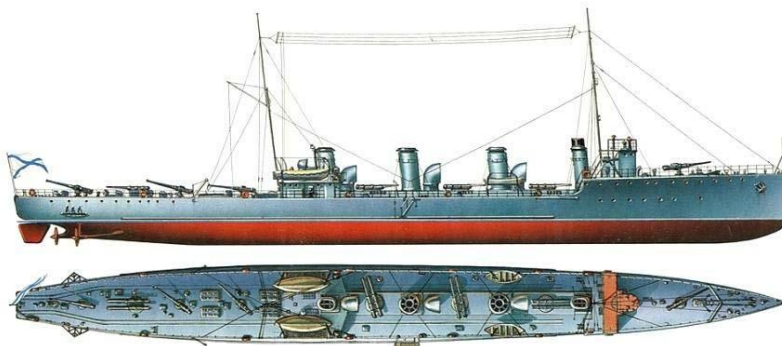


Рис. 11.1. Эскадренный миноносец «Новик», Россия, 1911 г. Длина 102,4 м, ширина 9,5 м, осадка 3,5 м, водоизмещение 1360 т, мощность машин (3 паровых турбины «А. Е. Г. Кёртис-Вулкан») 42 000 л.с., скорость 37,3 узла, вооружение: 4 102-мм орудия и 4 двухтрубных торпедных аппарата калибра 457 мм.

В 1915 г. Германия объявила неограниченную подводную войну, при которой подводные лодки топят торговые суда без соблюдения правил морской войны, установленных Гаагской и Женевской конвенциями.

На фоне строительства флота сухопутные вооружения кажутся скромнее. Но и тут произошли серьезные изменения. В войсках широко внедряются пулеметы – не только станковые, но и ручные, на вооружение начинают поступать самозарядные винтовки. Совершенствуются боеприпасы для артиллерии, наряду с тяжелыми полевыми орудиями калибра 6 дюймов, появляются сверхтяжелые, калибр которых превышает даже 16 дюймов. В начале XX века разрабатываются первые бронев автомобили. Для военных целей применяются аэропланы, пока только для разведки.

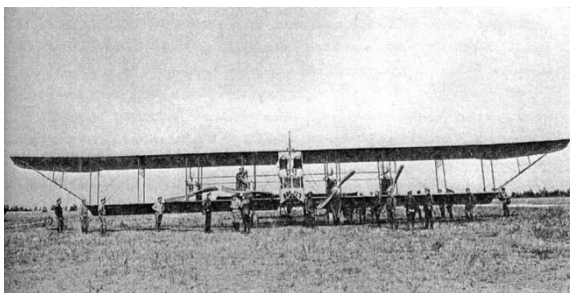


Рис. 11.3. Первый в мире тяжелый четырехмоторный бомбардировщик «Илья Муромец», Россия, 1913 г. Главный конструктор Игорь Иванович Сикорский. Взлетная масса до 5 т, потолок 3000 м, скорость 130 км/час, вооружение 4 – 6 пулеметов и 500 кг бомб. Самолет последней модификации вооружался 8 пулеметами и нес до 1500 кг бомб. Мог использоваться в качестве пассажирского самолета.

В ходе войны не только совершенствовались существующие, но появились и новые виды вооружений: танки, пистолеты-пулеметы (автоматы), отравляющие газы. Авиацию стали применять в боевых целях – появились истребители и бомбардировщики, а в конце войны и самолет-торпедоносец.

Первый танк Mark I был создан в Англии в 1916 г. А самым удачным танком Первой мировой войны стал французский легкий танк Рено FT-17, который был разработан в 1916 - 1917 гг. как танк непосредственной поддержки пехоты. Он имел компоновку, ставшую классической, и определил дальнейшее развитие танкостроения.

В период между мировыми войнами основным видом сухопутных войск стали танковые войска. Без масштабного применения танков не обошлась ни одна наступательная операция Второй мировой войны.

Первым в мире танковые войска, способные решать стратегические задачи, создал Советский Союз. Одним из ведущих танкостроительных предприятий стал Харьковский паровозостроительный завод (ХПЗ) имени Коминтерна. На нем выпускались быстроходные колесно-гусеничные танки БТ-2, БТ-5 и БТ-7, которые в предвоенные годы не имели себе равных в скорости, маневренности и, обладая достаточной огневой мощностью, стали наиболее любимыми машинами советских танкистов, гордостью и

заслуженным символом автобронетанковых войск Красной Армии. Они в наибольшей степени соответствовали представлению о танках как о главной ударной силе сухопутных войск.

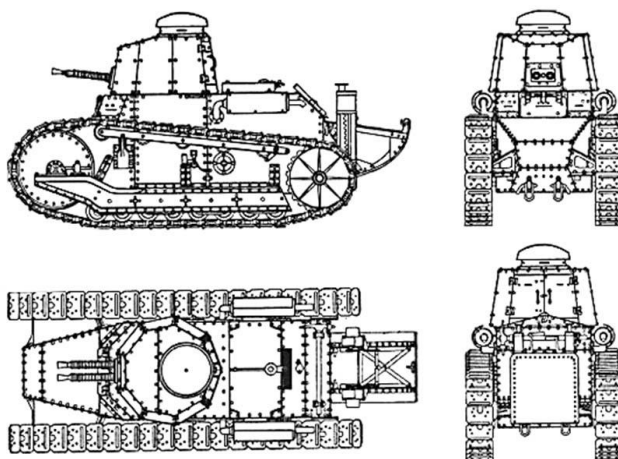


Рис. 11.4. Танк Рено FT-17. Вооружение либо 37-мм пушка «Гочкисс», либо 8-мм пулемет. Масса танка соответственно 6,5 или 6,2 т, экипаж два человека.



Рис. 11.5. Танк БТ-7, установленный на Харьковском заводе транспортного машиностроения имени В. А. Малышева (бывший ХПЗ)

Во Второй мировой войне танки сыграли очень важную роль. Именно танковые соединения позволили гитлеровцам применять стратегию «блицкрига» (молниеносной войны). Основными достоинствами немецких танков были высокая мобильность и надежность, прекрасная оптика, и отличные радиостанции.

В 1940 г. на ХПЗ был создан танк Т-34, который стал первой в мире машиной, удачно реализующей концепцию универсального танка с надежной броней, высокой маневренностью и огневой мощностью. Кроме того в Харькове был также выпущен первый в мире специальный танковый дизель В-2. Его применение во всех средних и тяжелых танках обусловило превосходство советских танков в годы Второй мировой войны.

В послевоенные годы в Харькове сформировалась самобытная научно-техническая школа танкостроения. Ее отличает тщательная проработка компоновки танка, компактность и простота его конструкции, достигаемые за счет отсутствия всяческих излишеств. Это позволяет не только снизить габариты, а, следовательно, и массу танка, но и повысить его надежность. Важнейшей составляющей успеха харьковских машин является применение специальных танковых дизелей, также разрабатываемых и производимых на Харьковском заводе. На счету Харьковской школы танкостроения создание лучшего танка всех времен Т-34, а также танков Т-44, Т-54 и Т-64А, определивших развитие мирового танкостроения.

Межвоенный период отмечен существенным прогрессом и в самолетостроении. Боевая авиация становится важнейшим видом вооруженных сил, наряду с фронтовой появляется стратегическая и морская авиация. За эти годы мощность авиамоторов возрастает в 10 раз. Самыми распространенными авиамоторами стали V-образные 12-цилиндровые двигатели жидкостного охлаждения и 9-цилиндровые радиальные (звездообразные) двигатели воздушного охлаждения. К началу Второй мировой войны, когда скорости самолетов возросли предпочтение было отдано V-образным моторам, так как у радиальных велико лобовое сопротивление. В связи с этим были созданы двухрядные «звезды» с 14 и даже с 18 цилиндрами

В боевых действиях Второй мировой войны на Тихом океане основным классом боевых кораблей стали авианосцы. В решающих морских сражениях флоты Японии и США не обмениваются ни одним выстрелом, а все задачи решает авиация.



Рис. 11.6. Авианосец «Лексингтон», США, 1927 г. Длина 270,6 м, ширина 32 м, осадка 7,5 м, водоизмещение 33 000 т, бронирование: борт 178 мм, палуба – 76 мм; вооружение: 8 203-мм орудий и 12 127-мм, 78 самолетов. Силовая установка турбоэлектрическая, четырех-вальная, мощность 180 000 л.с.; скорость 33 узла, дальность плавания 12 000 миль, при скорости 14 узлов.

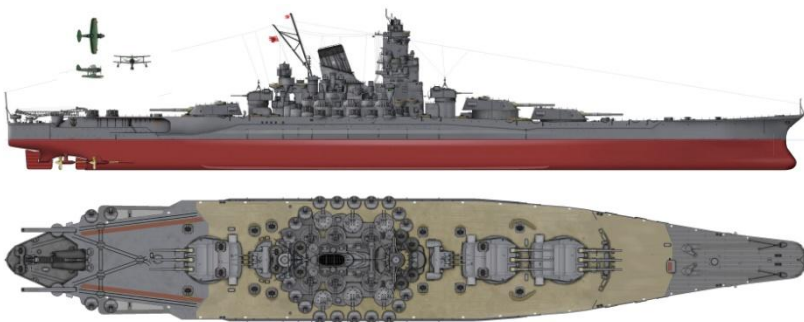


Рис. 11.7. Крупнейший в мире линейный корабль «Ямато», Япония, 1941 г. Длина 256 м, ширина 36,9 м, осадка – 9 м, водоизмещение 72 810 т, бронирование: борт – 410 мм, палуба – 200 мм, рубка – 500, башни – 650 мм; вооружение: 9 460-мм орудий, 12 – 152-мм, 12 – 127-мм, 24 – 25-мм, 8 – 13-мм пулеметов, мощность четырех турбин 150 000 л.с., скорость 27 узлов, дальность плавания 12 800 миль при скорости 16 узлов.

11.4. Автомобилестроение – одна из основных отраслей промышленности в XX веке

Важнейшей отраслью промышленности в XX веке становится автомобилестроение. Прототипом современного автомобиля стала двухместная спортивная машина, изготовленная в 1900 г. по проекту инженера Вильгельма Майбаха. В честь одиннадцатилетней дочери одного из совладельцев компании, австрийского предпринимателя Эмиля Еллинека автомобиль был назван «Мерседес». Он имел классическое расположение агрегатов и послужил основой для целой серии моделей, выпускавшихся под маркой «Мерседес».

Однако автомобили с ДВС не сразу завоевали первенство. Более широкое распространение в конце XIX века получили паровые и электрические автомобили. Так в США в 1900 г. примерно половина автомобилей была на паровом ходу. Дело в том, что паровые и электромобили превосходили своих бензиновых собратьев по основным характеристикам. И только в 1910-х гг. бензиновые автомобили стали вытеснять паровики и электромобили, которые, несмотря на ряд достоинств, сошли со сцены к 1930-м гг.



Рис. 11.8. Первый «Мерседес»

Подлинную революцию в автомобилестроении сделал американский конструктор и промышленник **Генри Форд** (1863 – 1947). Он впервые стал производить автомобили на конвейере. Ради массового производства была создана максимально упрощенная конструкция – Форд Т. При этом машина по техническим

характеристикам, комфорту и оборудованию не уступала большинству автомобилей своего времени, а по габаритным размерам и объему двигателя (2,9 л) соответствовала моделям среднего класса. Благодаря конвейерной сборке и упрощению конструкции, сделанному, однако не в ущерб качеству, себестоимость автомобиля была намного ниже, чем у других производителей. При средней стоимости автомобиля порядка 1500 долларов, начальная цена на модели «Т» была не более 850 долларов, т.е. на треть меньше, чем у самого дешевого автомобиля других фирм. При этом Форд постоянно снижал цену, и в 1917 г. она упала до 350 долларов.



Рис. 11.9. Форд Т и пикап на его базе, 1908 г.

В результате производство автомобилей на заводе Форда выросло с 18 тыс. в 1909 – 1910 гг. до 1 250 тыс. в 1920 – 1921 гг. Со временем совершенствовался кузов автомобиля, на шасси Форд Т выпускались пикапы, автобусы, грузовики и различные специальные автомобили. При этом неизменной оставалась его основа – двигатель, трансмиссия и ходовая часть. Всего с 1908 по 1927 гг. было выпущено более 15 миллионов автомобилей модели Т. Эта модель выпускалась во многих странах мира. В частности, филиалы «Форд мотор компани» имелись в Германии, Великобритании, Франции, Австралии. В 1920-е гг. автомобилей марки Форд Т в мире было больше, чем всех других вместе взятых. Генри Форд не просто сделал автомобиль доступным для американца среднего класса, он превратил США в автомобильную страну. Подавляющее большинство американцев уже в 30-е гг. не представляли себе жизнь без автомобиля. Развитие автомобильной индустрии преобразило Америку и повлияло на общее развитие промышленности. К середине 1920-х гг. модель Т устарела, и Генри Форд в 1926 г. начал создание новых моделей А и АА.

До революции в России автомобили не производились. Исключением является «Руссо-Балт» Русско-Балтийского завода, располагавшегося в Риге. Первый советский автомобиль АМО-Ф-15 был произведен заводом АМО (Автомобильное московское общество) в 1924 г. С этого момента начинается развитие советского автомобилестроения. В 1931 – 1933 завод был реконструирован и получил имя Сталина (ЗИС, после развенчания культа личности Сталина – завод имени Лихачева, ЗИЛ). ЗИС стал крупным производителем автомобилей, основной его продукцией являлись трехтонные грузовики ЗИС-5.



Рис. 11.10. Трехтонный грузовик ЗИС-5, выпускавшийся с 1933 по 1948 г. в Москве и в 1944 – 1947 гг. на Урале.

Тогда же, в 1930 – 1932 гг. по лицензии фирмы Ford Motor в Нижнем Новгороде (позже Горький) был построен еще более крупный автозавод (ГАЗ), выпускавший легковые и грузовые автомобили типа Форд А и Форд АА. После внесения в конструкцию некоторых изменений эти машины получили наименования ГАЗ-А и ГАЗ-АА. Был налажен также выпуск трехосных машин повышенной проходимости с колесной формулой 6×4 – ГАЗ-ААА. На их базе выпускались бронеавтомобили. В 1938 г. грузовик ГАЗ-АА был модернизирован и получил 50-сильный мотор и марку ГАЗ-ММ, но внешне автомобили не отличались. Тот же двигатель устанавливалась на легковой автомобиль ГАЗ-М1. ГАЗ-АА и ГАЗ-ММ стали самыми массовыми советскими автомобилями. На их базе выпускались различные специальные автомобили, в том числе автобусы и самосвалы.

Наряду с московским и горьковским гигантами были построены менее крупные предприятия. Среди них автобусный завод в Павлово-на-Оке Горьковской области (марка ПАЗ). Автосборочный завод в Москве, который в 1945 г. переименован в Московский завод малолитражных автомобилей (МЗМА), а в 1968 г. в Автозавод имени Ленинского комсомола (АЗЛК) и выпускал автомобили «Москвич». Выпуском тяжелых грузовиков занимался Ярославский автозавод. Эти предприятия обеспечили к 1938 г. выход СССР на пятое место в мире по выпуску автомобилей и второе место в мире (после США) по выпуску грузовиков. К началу Великой Отечественной войны промышленность СССР произвела свыше 1 млн. автомобилей.

В послевоенный период советский автопром занимает лидирующие позиции в Европе. В СССР разрабатываются новаторские автомобили, в том числе на Горьковском автозаводе «Победа» М-20, являвшийся новшеством в дизайне – первым в мире серийный автомобиль без выступающих крыльев, седан представительского класса ЗИМ ГАЗ-12 – первый в мире автомобиль с тремя рядами сидений в несущем кузове. На Всемирной выставке в Брюсселе в 1958 г. автомобилям ГАЗ-21 «Волга», ГАЗ-13 «Чайка» и грузовику ГАЗ-52 была присуждена высшая награда – Гран-при.



Рис. 11.14. ГАЗ-51



Рис. 11.15. «Победа» М-20

В годы войны на базе эвакуированного оборудования автозавода ЗИС были созданы новые автомобилестроительные предприятия в Ульяновске (УАЗ) и на Урале в Миассе (автомобили «Урал»). В подмосковный город Ликино с завода имени Лихачева (ЗИЛ – так был переименован ЗИС) было передано производство автобусов (марка ЛиАЗ). В столице Абхазии Кутаиси был освоен

выпуск седельных тягачей ЗИЛ, а затем выпущена своя модель «Колхида», лучше приспособленная для дальних рейсов. Появилась автомобильная промышленность в Белоруссии, где на Минском заводе выпускались большегрузные автомобили МАЗ и в городе Жодино огромные карьерные самосвалы БелАЗ.



Рис. 11.16. Самый большой в мире карьерный самосвал БелАЗ-75710 грузоподъемностью 450 т. Объем кузова 269,5 м³. Оснащен двумя двигателями MTU 16V 4000 мощностью 2300 л.с. каждый и электромеханической трансмиссией переменного тока. Масса самосвала без груза 360 т, максимальная скорость – 64 км/ч.

Следует также отметить, что на базе всех основных моделей грузовиков создавались армейские двух- и трехосные полноприводные автомобили. На Минском автозаводе был создан полноприводной четырехосный тягач, производство которого было затем развернуто на Курганском заводе колесных тягачей.

До начала 1970-х приоритет отдавался грузовым автомобилям. Легковые выпускались в Горьком – это автомобили высокого класса ЗИМ и «Чайка» и среднего – «Победа» и «Волга». Кроме того на Горьковском заводе был освоен выпуск джипов ГАЗ-64, ГАЗ-67 и ГАЗ-69. Позднее их производство было передано в Ульяновск, где был создан новый джип УАЗ-469.

Положение с легковыми автомобилями стало меняться в 1970-е гг. В Тольятти (Куйбышевская, а ныне Самарская область РФ) был построен Волжский автомобильный завод (ВАЗ). Завод

начал выпуск модернизированного Фиат-124 – лучшего автомобиля 1966 г. (ВАЗ-2101). А модель ВАЗ-2121 «Нива» стал первым массовым комфортабельным безрамным полноприводным внедорожником в Европе. Объем выпуска на ВАЗе превысил 900 тыс. автомобилей в год. А за все время ВАЗ выпустил 28 млн. автомобилей марки «Жигули», «Нива», «Лада», «Спутник» и др. Около 57% российских автомобилей это автомобили марки ВАЗ. Свыше 7 млн. машин продано на экспорт.



Рис. 11.17. «Жигули» ВАЗ-2101

Рис. 11.18. ВАЗ-2121 «Нива»

Другим новым, но менее крупным производителем легковых автомобилей стал Ижевский завод, выпускавший в основном модель Иж-2125 «комби», созданным на базе «Москвича-412» с новым типом кузова хэтчбек.

В 1959 г. в Риге было начато производство первых отечественных микроавтобусов РАФ (Рижская автобусная фабрика), созданных на основе агрегатов «Волги». В 1976 г. в городе Елгава под Ригой был введен в строй новый завод, на котором было начато производство 11-местных микроавтобусов РАФ 2203 «Латвия». Полноприводной микроавтобус УАЗ-452В выпускался на Ульяновском автозаводе.

В 1976 г. в городе Набережные Челны вошел в строй крупнейший в Европе завод грузовых автомобилей КамАЗ. Годовая мощность предприятия была рассчитана на выпуск 150 тысяч грузовиков и 250 тысяч дизельных моторов. С его вводом доля дизельных автомобилей в грузовом парке СССР возросла с 7 – 8 % до 25 %.

Автомобильная промышленность Украины зародилась в 1958 г., когда в Кременчуг было передано производство тяжелых грузовиков ЯАЗ-214 и ЯАЗ-219 с Ярославского автомобильного завода, который стал выпускать только автомобильные моторы.

К началу 1978 г. завод выпускал шесть моделей грузовиков в 28 модификациях. КраЗы использовались не только на всей территории СССР, но и экспортировались в 57 стран мира. В 1986 г. завод достиг максимума – 30 655 автомобилей. Всего Кременчугский автозавод выпустил около 820 тыс. автомашин.

В конце 1950-х гг. начал деятельность Запорожский автомобильный завод (ЗАЗ). Модель ЗАЗ-965 стала не только первой в СССР микролитражкой, но и первым в Украине легковым автомобилем. Его отличает не только дешевизна, но и хорошая проходимость, а также неплохой дизайн.

Крупнейшим производителем автобусов в Советском Союзе и в мире был Львовский автобусный завод. В 2008 г. он занесен в Книгу рекордов Гиннеса как предприятие, выпустившее больше всего автобусов в мире. С обретением Украиной независимости и кризисом в промышленности производство автобусов резко снизилось. Несмотря на то, что завод подготовил к выпуску целый ряд современных автобусов и троллейбусов, производились они в очень небольшом количестве, а в октябре 2014 г. ЛАЗ остановил производство.



Рис. 11.19. ЗАЗ-965



Рис. 11.20. ЛАЗ-965Е

К середине 1980-х гг. Советский Союз вышел на пятое место в мире по производству автомобилей, занимая при этом третье место по производству грузовиков и первое место по производству автобусов. Однако автомобильная промышленность потеряла свой приоритет, и качество советских автомобилей стало уступать зарубежным аналогам. Негативную роль при этом играли изоляция советского рынка автомобилей, их дефицит, особенно легковых моделей. Тем не менее, советские автомобили поставлялись на экспорт, особенной популярностью пользовались армейские грузовики и легковые машины Волжского автозавода.

ГЛАВА 12

Научно-техническая революция и ее последствия для человечества

12.1. Создание ЭВМ и научно-техническая революция

Открытия в области физики необычайно расширили возможности человека, изменили его взгляды на окружающий мир. Открытие структуры атома, квантовой физики позволили перейти к более глубокому познанию в области элементарных частиц. Совершенствование ДВС и паровых турбин, автомобилей и самолетов и т.д. потребовало привлечения научных знаний. В 1940-е гг., в первую очередь для военных целей, появляются совершенно новые отрасли промышленности: атомная, ракетостроение, реактивная авиация. Все это уже требует проведения качественно новых видов расчетов. Совершенствующиеся технологические процессы также уже не могут управляться человеком. Одним словом, человечество опять зашло в своем развитии в тупик – на этот раз информационный.

Однако с развитием электротехники появилась возможность реализовать идеи Ч. Бэббиджа и создать механическую счетную машину. Такие программируемые машины были созданы в Германии **Конрадом Цузе** и в США **Говардом Эйкенем**. Однако механический процессор требовал на выполнение одной операции порядка двух – трех секунд времени, что не могло обеспечить необходимой скорости вычислений.

Выходом из этого тупика стало создание цифровых электронных вычислительных машин (ЭВМ). В основе их процессор на электронно-вакуумных лампах.

Применение ЭВМ позволило проводить более точные расчеты при проектировании и доводке многих видов техники. Затем они стали применяться для реализации новых высокоэффективных технологических процессов, создания поточно-автоматизированных линий производства, а также промышленных роботов. Кроме автоматизации производства, вычислительная техника позволяет осуществлять контроль и управление им, а также создавать новые конструкционные материалы. Без ЭВМ развитие реактивной авиации, межконтинентальных баллистических ракет и космических летательных аппаратов. Человечество начало освоение околоземного космического пространства. Таким образом, в 1960-е гг. с внедрением ЭВМ началась научно-техническая революция (НТР). Она связана со многими достижениями науки, но в первую очередь именно с информационной (кибернетической) революцией, произошедшей на основе широкого внедрения электронной вычислительной техники. Эта революция характеризуется:

1. увеличением объема информации и усложнение различных систем анализа этой информации;
2. непрерывным развитием систем управления;
3. использованием разных искусственных материалов;
4. использованием усовершенствованных технологий, которые близки по своему функционалу к искусственному интеллекту;
5. оптимизацией ресурсов труда в любой области.

Все это привело к коренной перестройке технических основ материального производства. Наука превращается в ведущий фактор производства, становится непосредственной производительной силой общества. Происходит коренное преобразование производительных сил, качественный скачок в структуре и динамике их развития, в результате чего индустриальное общество трансформируется в постиндустриальное. В настоящее время создание новой техники невозможно без самых передовых достижений науки.

На первом этапе главными направлениями развития научно-технической мысли стали комплексная автоматизация производства, контроля и управления, создание микропроцессорной техники, открытие и использование новых источников энергии, освоение космоса, развитие средств связи, в том числе и телевидения, развитие химии, биотехнологии, генетики.



Рис. 12.1. Универсальный промышленный робот FANUC M-10Ia

машинах, заменяющих человека и автоматически выполняющих задания. Промышленные роботы представляют собой высокотехнические устройства, способные взаимодействовать с другим оборудованием, что расширяет их технические возможности и делает универсальными. Самыми распространенными роботами являются механические руки – манипуляторы, выполняющие различные операции, в том числе транспортные, сварочные, покрасочные, упаковочные и т.д. роботы-манипуляторы дают массу преимуществ – они характеризуются повышенной точностью выполнения технологических операций, пригодны к непрерывной эксплуатации, поскольку не устают. Благодаря этому исключается влияние человеческого фактора на производстве. Промышленные роботы широко используются для выполнения операций, вредных для здоровья человека. Главным отличием промышленных роботов от автоматизированных линий является легкий способ переналадки их для проведения различных операций.

В середине 70-х гг. XX века человечество вступает в новую фазу НТР – фазу так называемой технотронной революции. Ее основными признаками стали массовая компьютеризация производства, развитие наукоемких и свертывание традиционных отраслей производства, внедрение энерго- и ресурсосберегающих технологий, рост сферы услуг, повышение качества жизни, а также функциональные изменения в самой науке.

В первую очередь это связано с небывалым развитием электронного машиностроения. Переход к полупроводниковым

Благодаря ЭВМ автоматический контроль и автоматическое регулирование стали преобладающей тенденцией промышленного развития. Появилась возможность автоматизировать выполнение длинных цепей сложных операций. Роль человека при этом сводится к созданию машин и поддержанию их в работоспособном состоянии. Так родилась робототехника – прикладная наука о

элементам, а позднее к интегральным схемам, произвел подлинную революцию электронных систем. Это привело к созданию мощных персональных компьютеров, микропроцессорного управления, современных телевизоров и др.



Рис. 12.2. Роботизированная линия для сборки кузовов автомобилей

Взаимодействие науки, техники и производства проявляется в резком сокращении срока реализации научных открытий. Если средний период освоения нововведений в 1885 – 1919 гг. составил 37 лет, в 1920 – 1944 гг. – 24 года, то в период с 1945 по 1964 гг. – 14 лет. При этом для наиболее перспективных открытий в области электроники, атомной энергетики и лазерной техники время внедрения изобретений в практику составил всего 3 – 4 года.

Высокие темпы научно-технического прогресса (НТП) существуют именно в наукоемких отраслях. Например, в ключевой области современного НТП – микроэлектронике скорость ежегодно происходит удвоение сложности и объема выпуска интегральных схем при 30-процентном снижении себестоимости и цены. В этих условиях отставание в отраслях, в которых используются новейшие технологии, чревато полным провалом данной отрасли.

Для прогресса современной науки и техники характерно комплексное сочетание их революционных и эволюционных изменений. Многие изначально радикальные направления в науке превратились в обычные эволюционные способы совершенствования производства.

В свою очередь, новые крупные научные открытия и, изобретения 70-80-х гг. XX века породили второй, современный, этап НТР. Лидирующими направлениями стали электроника, комплексная автоматизация, новые виды энергетики, технология изготовления новых материалов, биотехнология. Их развитие предопределяет облик производства в конце XX – начале XXI веков.

Прогресс в науке и технике оказался не только стремительным, но зачастую, просто непредсказуемым. Переход от традиционной электронной вакуумной техники к полупроводниковым элементам, а позднее к интегральным микросхемам совершил подлинную революцию электронных приборов. Это в свою очередь произвело революцию в вычислительной технике, средствах информатики, связи, системах управления и пр. Семимильными шагами развиваются технологии более высокого уровня – телекоммуникация, радиолокация, оптоэлектроника, лазерная техника, ракетно-космическая техника и др.

12.2. Развитие атомной энергетики

История освоения атомной энергии начинается с открытия в 1898 г. супругами Кюри в настуране, минерале урана вещества, выделяющего большое количество радиации. На основании этого открытия они предположили наличие огромного потенциала невиданной ранее энергии, заключенной в атомах радиоактивных элементов.

В 1911 г. Эрнест Резерфорд опытным путем доказал существование в атомах положительно заряженного ядра и отрицательно заряженных электронов вокруг него, т.е. создал планетарную модель атома.

В 1932 г. немецкий физик В. Гейзенберг и советский физик Д. Д. Иваненко предложили протонно-нейтронную модель атомного ядра. Согласно этой модели, атомные ядра состоят из элементарных частиц – протонов и нейтронов. В начале 1932 г. Эрнест Уолтон и Джон Кокрофт впервые расщепили ядро атома, а в 1934 г. Лео Силард запатентовал атомную бомбу.

В Советском Союзе впервые расщепили ядро атома лития в Харькове в Украинском физико-техническом институте (УФТИ). Это сделали **Антон Карлович Вальтер, Георгий Дмитриевич**

Латышев, Александр Ильич Лейпунский и Кирилл Дмитриевич Синельников. УФТИ был основан в Харькове в 1928 г. по инициативе академика **Абрама Федоровиче Иоффе**. Основными задачами, поставленными перед институтом – проведение исследований в ядерной физике и физике твердого тела.

В 1937 – 1938 гг. во время сталинских репрессий советской физике был нанесен непоправимый урон. В Харькове было сфабриковано «дело УФТИ», по которому было арестовано 11 сотрудников института, из которых пятеро были расстреляны: Л. В. Шубников, Л. В. Розенкевич, В. С. Горский, В. П. Фомин и К. Б. Вайсельберг. Двое иностранных подданных – членов немецкой компартии Ф. Хоутерманс и А. Вайсберг были выданы гестапо. Позднее Ф. Хоутерманс был привлечен к разработке атомного оружия в фашистской Германии. Крупнейший отечественный физик-теоретик, будущий нобелевский лауреат Лев Давидович Ландау по этому делу был арестован в Москве. После годового пребывания в застенках НКВД, он был освобожден по ходатайству П. Л. Капицы. Среди погибших был **Лев Васильевич Шубников** – ученый, физик-экспериментатор мирового уровня.

Репрессии в УФТИ очень сильно затормозили реализацию советской ядерной программы, но, тем не менее, в 1940 г. сотрудники института **Ф. Ф. Ланге, В. А. Шпинель и В. С. Маслов** подали заявки на изобретение атомной бомбы, а также методов наработки урана-235: «Об использовании урана как взрывчатого и ядовитого вещества», «Способ приготовления урановой смеси, обогащенной ураном с массовым числом 235. Многомерная центрифуга» и «Термоциркуляционная центрифуга». Впервые была предложена ставшая впоследствии общепринятой схема взрыва с использованием обычной взрывчатки для создания критической массы с последующим инициированием цепной реакции. Также в промышленности начал применяться центробежный способ разделения изотопов урана. Для обеспечения УФТИ специалистами по инициативе Иоффе в Харьковском механико-машиностроительном институте был открыт первый в Украине физико-механический факультет (ныне Учебно-научный инженерно-физический институт НТУ «ХПИ»). Позднее на его основе в Харьковском государственном университете был создан физико-технический факультет.

В августе 1939 г. физики **Лео Силлард** и **Юджин Вигнер** составили письмо президенту США Ф. Д. Рузвельту, которое также подписал Альберт Эйнштейн. Письмо содержало предупреждение о возможной разработке Германией чрезвычайно мощной бомбы нового типа. Поэтому авторы письма предлагали начать работы в США по созданию атомной бомбы. После тщательного изучения проблемы 17 сентября 1943 г. были начаты работы по созданию атомной бомбы – кодовое название программы **«Проект Манхэттен»**.

Благодаря объединению усилий ученых из Великобритании, Европы, Канады, США, в единый международный коллектив, задача была решена в кратчайшие сроки. Для ее реализации были задействованы огромные средства, уже в июне 1944 г. к участию в Манхэттенском проекте были привлечены около 129 000 служащих, из которых 84 500 занимались строительными работами.

К лету 1945 г. американцы построили три атомные бомбы – две плутониевые и одну урановую, более простой конструкции, но менее эффективную. Более сложные плутониевые бомбы нуждались в проверке, поэтому 16 июля 1945 г. в Аламогордо (штат Нью-Мексико) было проведено первое в мире испытание атомной бомбы. Хотя военной необходимости подвергать атомной бомбардировке города практически поверженной Японии не было, американские военные настояли на ее применении. Основной целью этой акции было запугать Советский Союз. При этом они отказались от бомбардировки чисто военных объектов из-за их малых размеров. Для оценки зоны поражения в качестве потенциальных целей были выбраны семь городов с населением в сотни тысяч человек. С этой же целью бомбардировки этих городов обычными бомбами были прекращены.

Утром 6 августа 1945 г. американский бомбардировщик В-29 (командир экипажа – полковник Пол Тиббетс) сбросил на японский город Хиросима урановую бомбу, названную «Малыш», мощностью от 13 до 18 килотонн в тротиловом эквиваленте. По самым скромным оценкам при взрыве и в ближайшее время от его последствий погибло 140 000 человек.

Три дня спустя, 9 августа 1945 г. самолет пилота Чарльза Суини сбросил плутониевую бомбу «Толстяк» на Нагасаки. Несмотря на то, что мощность ее была больше (15 – 22 кт), жертв в этот раз было меньше – 74 000 человек. Данные о потерях были опубли-

кованы в феврале 1946 г. штабом американской оккупационной армии в Японии и не учитывают тысяч умерших после этого срока от лучевой болезни и других последствий ядерных взрывов.

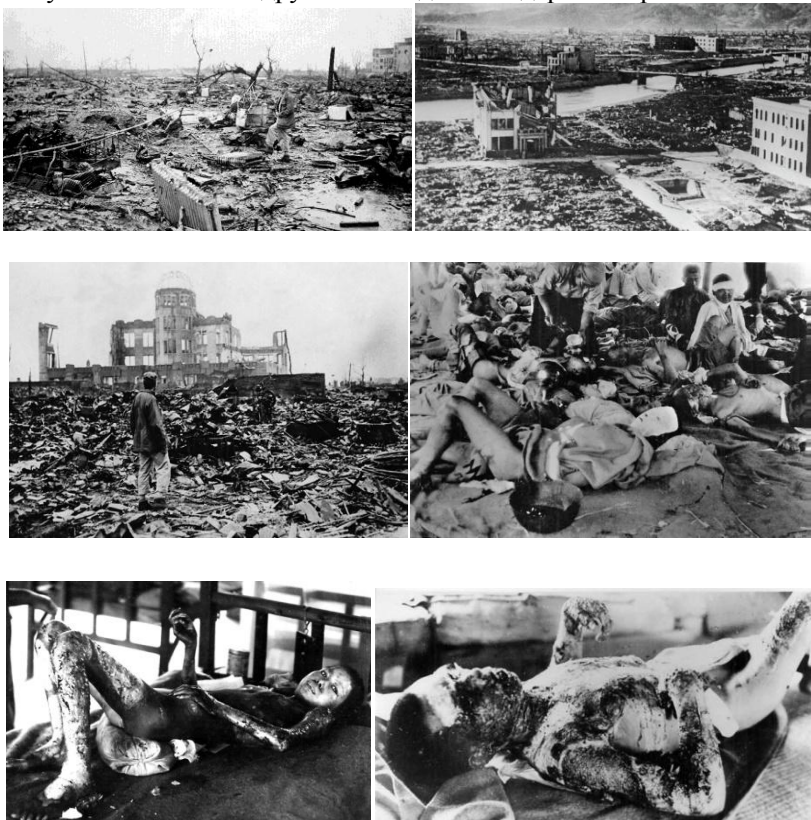


Рис. 12.3. Последствия американской атомной бомбардировки Хиросимы

Исключительная разрушительная способность ядерного оружия, продемонстрированная бомбардировками, стала причиной начавшейся гонки ядерных вооружений, основными участниками которой стали США и СССР. Позднее к ней присоединились и другие страны.

Хотя лидер СССР И. В. Сталин был уведомлен о создании в США оружия огромной разрушительной силы, его поразили результаты его применения. Исследования по ядерной физике

велись в СССР еще с 1918 г., однако с началом войны практически все работы в этом направлении были прекращены. В связи с этим Советский Союз сильно отстал от западных стран в создании ядерного оружия. Это позволило военным специалистам США вынашивать и разрабатывать планы развязывания против СССР ядерной войны. В качестве первого удара планировалось применить 20 ядерных зарядов, а после при необходимости еще 30. Поскольку американская промышленность могла дать только одну бомбу в месяц, нападение было намечено на начало 1950-х гг. Эти планы Пентагона были опубликованы в 1990-е гг.

Таким образом, создание Советским Союзом ядерного оружия стало необходимым условием существования государства и сохранения мира. Несмотря на послевоенную разруху, на решение данной проблемы были брошены все силы. Уже 20 августа 1945 г. начал свою работу комитет по атомной энергии, который возглавил Л. П. Берия. Главным конструктором атомной бомбы был назначен **Юлий Борисович Харитон** (1904 – 1996). Научную часть проекта возглавил **Игорь Васильевич Курчатов** (1903 – 1960). К работе над реализацией ядерно-оружейной программы были привлечены лучшие физики СССР. Ускорению процесса создания атомной бомбы способствовало то, что советская разведка смогла с помощью зарубежных физиков раздобыть важнейшую информацию. Если первоначально время разработки атомной бомбы оценивали в 10 лет, создана она была всего за четыре года. 29 августа 1949 г. в районе Семипалатинска были проведены ее испытания. Этот взрыв имел мощность 22 кт, конструкция бомбы была аналогична американскому «Толстяку», а электронная начинка была создана советскими учеными.

Вслед за ядерным оружием физики разрабатывали термоядерное, основанное на реакции атомов дейтерия и трития (изотопы водорода). Первое полномасштабное испытание состоялось на атолле Эниветок (Маршалловы острова). Однако примененное устройство имело массу 62 тонны и не годилось для боевого применения.

А первая водородная (термоядерная) бомба была создана и испытана в 1953 г. Мощность взрыва составила 400 кт при КПД не выше 20%. Руководителями проекта стали академик Харитон и **Андрей Дмитриевич Сахаров** (1921 – 1989), впоследствии трижды Герой Социалистического труда, академик АН СССР и

известный диссидент – лауреат Нобелевской премии мира. Под руководством Сахарова были созданы термоядерные заряды практически неограниченной мощности. В октябре 1961 г. Советский Союз провел на Новой Земле испытания термоядерной бомбы мощностью 58 мегатонн, доставленной бомбардировщиком Ту-95. Эти испытания полностью разрушили милитаристские планы США и НАТО и предупредили развязывание третьей мировой войны. Мир оказался под угрозой тотального уничтожения, что, в конце концов, привело к политике ограничения ядерных вооружений и разрядке.

Однако энергию атомного ядра можно использовать не только в военных целях. Первая в мире атомная электростанция (АЭС) опытно-промышленного назначения мощностью 5 МВт была пущена в СССР 27 июня 1954 г. в г. Обнинске. Это событие ознаменовало открытие нового направления в энергетике, получившего признание на 1-й Международной научно-технической конференции по мирному использованию атомной энергии (август 1955, Женева). За рубежом первая АЭС промышленного назначения мощностью 46 МВт была введена в эксплуатацию в 1956 в Колдер-Холле (Англия). Через год вступила в строй АЭС мощностью 60 МВт в Шиппингпорте (США). Затем АЭС начали пускать во Франции (1959 г.), Германии (1961), Канаде (1962), Швеции (1964) и Японии (1966).

В 1958 г. была введена в эксплуатацию 1-я очередь Сибирской АЭС мощностью 100 МВт (полная проектная мощность 600 МВт). В том же году развернулось строительство Белоярской промышленной АЭС, а 26 апреля 1964 генератор 1-й очереди (блок мощностью 100 МВт) выдал ток в Свердловскую энергосистему, 2-й блок мощностью 200 МВт сдан в эксплуатацию в октябре 1967. Отличительная особенность Белоярской АЭС – перегрев пара (до получения нужных параметров) непосредственно в ядерном реакторе, что позволило применить на ней обычные современные турбины почти без всяких переделок.

В сентябре 1964 г. был пущен 1-й блок Нововоронежской АЭС мощностью 210 МВт. Себестоимость 1 кВт·ч электроэнергии (важнейший экономический показатель работы всякой электростанции) на этой АЭС систематически снижалась: она составляла 1,24 коп. в 1965, 1,22 коп. в 1966, 1,18 коп. в 1967, 0,94 коп. в 1968 годах. Первый блок Нововоронежской АЭС был построен не только для

промышленного пользования, но и как демонстрационный объект для показа возможностей и преимуществ атомной энергетики, надежности и безопасности работы АЭС. В ноябре 1965 в г. Мелекесе Ульяновской области вступила в строй АЭС с водяным реактором «кипящего» типа мощностью 50 МВт, реактор собран по одноконтурной схеме, облегчающей компоновку станции. В декабре 1969 был пущен второй блок Нововоронежской АЭС (350 МВт).

Широкое освоение ядерной энергии стало ключевой проблемой для большинства стран. В 1975 г. Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) прогнозировало, что к 2000 г. суммарная мощность АЭС во всем мире достигнет свыше 4000 ГВт. Через год в мире уже строилось 44 новых реактора – рекордное за всю историю атомной энергетики число. Атомная энергетика развивалась в большинстве промышленно развитых – СССР, США, Англии, Франции, Канаде, ФРГ, Японии, ГДР, а также крупные АЭС сооружались и в ряде развивающихся стран (Индия, Пакистан и др.). По данным МАГАТЭ мощность всех АЭС в мире к 1980 г. достигла 300 ГВт. АЭС становятся одним из основных производителей электроэнергии.

Однако в 1979 г. произошла серьезная авария на АЭС Три-Майл-Айленд в США, после чего в Америке постепенно прекратили строительство атомных реакторов. К строительству новых ядерных мощностей США вернулись только в начале 2000-х гг. Тем не менее, в 1984 и 1985 гг. было введено в эксплуатацию рекордное число реакторов – по 33 единицы в каждом году. На дальнейшем развитии ядерной энергетики сильно сказалась масштабная катастрофа на Чернобыльской АЭС. Она продемонстрировала, какие опасности таит в себе «мирный атом» и вынудила специалистов всего мира пересмотреть проблему безопасности АЭС. К концу 80-х гг. темпы строительства атомных станций существенно замедлились. Под влиянием чернобыльской катастрофы Италия провела референдум, на котором большинство высказалось за закрытие АЭС страны. В 1990-х гг. в стране полностью прекратили эксплуатацию АЭС. Тем не менее, в 1996 г. доля атомной энергетики во всемирной генерации электричества достигла своего пика – 17,6 %.

Большое влияние на развитие атомной энергетики оказала и катастрофа на японской АЭС «Фукусима-1» в марте 2011 г. Она

произошла в результате сильного землетрясения и последовавшего за ним цунами.

Ядерная силовая установка используется и в судостроении. Первыми атомными стали подводные лодки (АПЛ). В 1955 г. вошла в строй первая в мире АПЛ «Наутилус», построенная в США. Следом за ними АПЛ начали строить в СССР – первой стала К-3 «Ленинский комсомол», принятая на вооружение в 1958 г. Великобритания и Франция отстали от этих стран. Первая английская АПЛ вошла в строй в 1963 г., а первая французская начала нести боевую службу в 1969 г. В 1974 г. свою первую АПЛ ввел в строй Китай.



Рис. 12.4. К-407 «Новомосковск» – последняя АПЛ, построенная в СССР

Если целесообразность установки ядерных энергетических установок на ПЛ была вполне очевидной, то выгоды подобной энергетики для надводных кораблей представлялись не столь однозначными. Тем не менее, в США в 1961 г. был введен в строй первый ударный атомный авианосец «Энтерпрайз» с ядерной силовой установкой (ЯСУ). Он имел наибольшую (342,3 метра) длину среди боевых кораблей мира. Одной загрузки ядерным горючим хватало на 13 лет службы, за это время корабль мог пройти до 1 млн миль. Общий боезапас вооружений 2520 т. Из-за высокой стоимости

постройка запланированных еще пяти кораблей данного типа была отменена. «Энтерпрайз» исключен из состава флота в 2009 г.

Следующий атомный авианосец «Честер У. Нимиц» был введен в эксплуатацию только в 1975 г. Этот корабль с максимальным водоизмещением до 106 тысяч тонн является самым большим военными кораблем в мире. Всего было построено 10 авианосцев этого типа, последний, «Джордж Буш» вошел строй в 2009 г. Ударные атомные авианосцы широко применялись в различных военных конфликтах, в том числе во Вьетнаме, Югославии и Ираке.

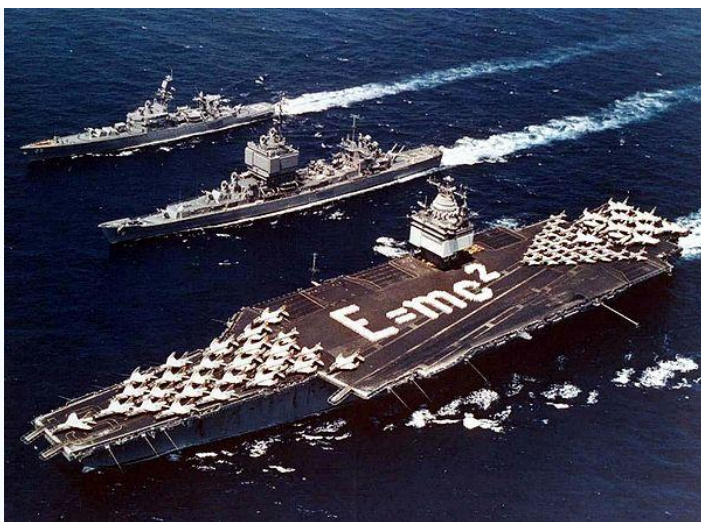


Рис. 12.5. Американский ударный атомный авианосец «Энтерпрайз» в сопровождении атомных ракетных крейсеров «Бейнбридж» и «Лонг Бич»

Кроме США атомный авианосец «Шарль де Голль» был построен только во Франции. Это первый французский надводный боевой корабль с ЯСУ и единственный действующий французский авианосец. Наряду с авианосцами в США было построено несколько атомных ракетных крейсеров, но к настоящему времени они все выведены из строя. Единственным находящимся в строю надводным кораблем с ЯСУ является тяжелый атомный ракетный крейсер «Петр Великий» – один из мощнейших ударных кораблей в мире. Он оснащен крылатыми ракетами, способными поражать цели на расстоянии до 2500 километров и имеет неограниченную дальность плавания.



Рис. 12.6. Тяжелый атомный ракетный крейсер «Петр Великий»



Рис. 12.7. Крупнейший в мире атомный ледокол «50 лет Победы», Россия, 2007 г. Водоизмещение 25 840 т, оснащен двумя ядерными реакторами, мощность двух главных турбин 75 000 л.с. (55 МВт).

Ядерная силовая установка используется на судах ледокольного типа. Атомные ледоколы намного мощнее дизельных. Но главным преимуществом атомного ледокола — отсутствие

необходимости в регулярной дозаправке топливом, что особенно важно при плавании в Арктике, где дозаправка сильно затруднена. Первый в мире атомный ледокол «Ленин» был построен в СССР в 1959 г. В 1989 г. он был выведен из эксплуатации и поставлен в порту Мурманска в качестве музея. Впоследствии в СССР и России было построено еще 10 атомных ледоколов. Россия является единственной страной, обладающей флотом атомных ледоколов.



Рис. 12.8. Атомное судно «Саванна», США, 1962 г.



Рис. 12.9. Атомный лихтеровоз-контейнеровоз «Севморпуть». Построен на Керченском судостроительном заводе «Залив» им. Б. Е. Бутомы в период с 01.06.82 по 31.12.88.

12.3. Создание в СССР ракетных войск стратегического назначения. Начало освоения космического пространства

Вторая мировая война, как никакая другая, вызвала не только рост производства военной техники, но и ее совершенствование. В ходе войны создавались новые виды оружия. К моменту ее окончания в различных странах – участниках были созданы образцы вооружения, предопределившие дальнейшее развитие военной техники в направлении подготовки к ракетно-ядерной войне. Это не только атомная бомба, которую применили против японских городов Хиросима и Нагасаки. Так в ходе войны в Германии и Англии были созданы и серийно выпускались реактивные истребители. В Японии применялись реактивные самолеты-снаряды Ока-1, управляемые пилотами-смертниками «камикадзе». В Германии выпускались крылатые ракеты V-1 («Фау-1») и баллистические ракеты V-2. В ходе войны 8654 ракеты V-1 и 1359 V-2 были использованы для обстрелов Лондона и других английских городов. Кроме того, тысячи ракетных снарядов были выпущены по территории Франции, Бельгии и Голландии.

В годы войны в Советском Союзе были созданы многие образцы военной техники, равных которым не было ни у противников, ни у союзников. Это, в первую очередь, танки и самоходные артиллерийские установки, реактивная артиллерия, некоторые образцы ствольной артиллерии и боевых самолетов. Однако Советский Союз, вынесший на себе основную тяжесть борьбы с фашистской Германией, не мог заниматься созданием вооружения на далекую перспективу. Сразу после окончания войны резко обострились противоречия между СССР и зарождающимся «социалистическим лагерем», с одной стороны, и развитыми странами Запада, образовавшими блок НАТО – с другой. В Пентагоне на протяжении конца сороковых и в пятидесятых годов XX века велась разработка планов ядерной войны против СССР. В связи с этим после окончания II Мировой войны, в условиях противостояния, мир оказался на пороге новой войны. Для ее предотвращения и установления некоторого паритета в военной области Советскому Союзу было необходимо в кратчайшие сроки создать свой **ракетно-ядерный щит** – ядерное оружие и средства его доставки – баллистические ракеты.

Несмотря на послевоенную разруху в СССР, на создание новых видов вооружения были выделены значительные средства. В 1949 г. первая советская атомная бомба была испытана на полигоне в районе Семипалатинска. Что касается средства доставки, то поначалу это был стратегический бомбардировщик Ту-4, скопированный с американского В-29. Этот самолет сыграл в укреплении обороноспособности страны значительную роль. Первые Ту-4 были созданы в 1947 г., а к концу 1949-го в составе Дальней авиации числилось уже более 300 машин. Всего же за время производства было выпущено около 1200 дальних бомбардировщиков этого типа. Таким образом, США утратили монополию не только на обладание оружием массового уничтожения, но и на средства его доставки. Однако самолеты с поршневыми двигателями имели дальность полета 5000 км и не могли выполнять всех стратегических задач. В то время, когда с юга и запада в непосредственной близости от границ СССР располагались аэродромы, на которых базировались стратегические бомбардировщики США с атомным оружием на борту, территория самих США находилась в недосыгаемости для советской стратегической авиации. Для подлинного равновесия сил руководство СССР считало необходимым создание и принятие на вооружение баллистических ракет большой дальности. Работы по их созданию в конце 1940-х гг. развернулись и в СССР, и в США.

Первым детищем советской ракетной промышленности была одноступенчатая тактическая баллистическая ракета средней дальности Р-1, созданная в ОКБ-1 под руководством **Сергея Павловича Королева** (1906 – 1966). Как и для первой американской баллистической ракеты, основой для ее создания стала ракета V-2, разработанная немецкими учеными и инженерами под руководством **Вернера фон Брауна**. Автономно-инерциальная система управления Р-1 была разработана коллективом НИИ-885 под руководством **М. С. Рязанского** и **Н. А. Пилюгина**. В последующем практически ежегодно шло освоение производства аппаратуры СУ новых ракет, создававшихся для обороны СССР.

Р-1 была принята на вооружение в ноябре 1950 г., а 9 мая 1951 г. министерству вооружения были переданы только что построенный в Днепропетровске автомобильный и строящийся шинный заводы. На их базе был создан гигантский ракетный завод, получивший наименование «Южный машиностроительный завод»

(Южмаш или завод № 586). При нем для экспериментального производства было создано ОКБ-586 (КБ «Южное» – КБЮ), а в Днепропетровском государственном университете (ДГУ) открыт физико-технический факультет, который стал основным поставщиком специалистов для Южмаша и ОКБ-586.



Рис. 12.10. Баллистические ракеты Р-1 (слева) и V-2

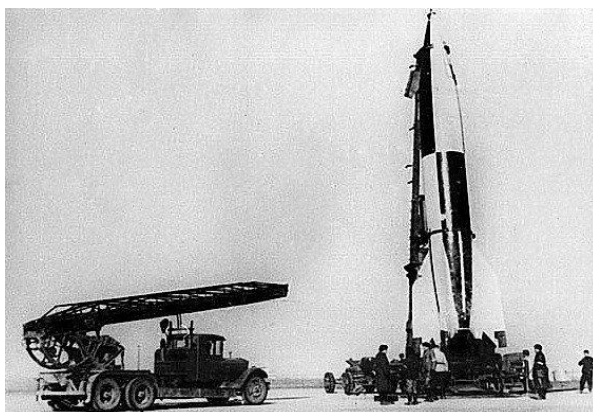


Рис. 12.11. Ракета Р-1 на стартовой позиции, 1948 г.



Рис. 12.12. Доставка жидкого кислорода на стартовую позицию, 1948 г.

В 1956 г. в США появилась первая ракета, способная нести ядерный заряд – «Редстоун». В Советском Союзе в том же году была принята на вооружение ракета Р-5М, также несущая атомный заряд, мощность которого в четыре раза превышала мощность бомбы, сброшенной на Хиросиму. Однако США быстрее наращивали ракетно-ядерный арсенал. В 1958 г. у американцев появились две новые ракетные системы – «Юпитер» и «Тор», которые разместили в Великобритании, Италии и Турции. Вскоре в США были приняты на вооружение и межконтинентальные баллистические ракеты (МБР) – в 1959 г. – «Атлас» и в 1960-м «Титан-1» с дальностью стрельбы свыше 11 000 км.

К концу 1956 г. в ОКБ-1 была завершена разработка и начаты испытания двухступенчатой МБР, которой был присвоен индекс Р-7 (Главное ракетно-артиллерийское управление МО СССР использовало индекс 8К71)*. Двигатели этой ракеты разработаны коллективом конструкторского бюро **В. П. Глушко**; автономная система управления под руководством **Н. А. Пилюгина**;

*В Советском Союзе была принята двойная нумерация боевых баллистических ракет – в секретной документации использовалась буква Р и номер ракеты, а в более открытых, хотя тоже секретных, источниках упоминалось изделие с буквенно-цифровым индексом. В США для советских ракет применяли обозначения, не имеющие ничего общего с нашими – буквы SS и номер ракеты, а также давали имя собственное.

разработкой системы радиоуправления руководил М. С. Рязанский; гироскопических приборов СУ - **В. И. Кузнецов**; системы телеметрических измерений - **А. Ф. Богомолов**. Стартовый комплекс был разработан под руководством Главного конструктора **В. П. Бармина** и построен на полигоне вблизи станции Тюра-Там (ныне космодром «Байконур»). Ракета имела длину 31,4 м, а ее диаметр был 11,2 м. Стартовая масса составляла 283 т, из которых 250 т это масса заправляемых компонентов ракетного топлива (жидкий кислород, керосин, перекись водорода, газ), а масса боевой части доходила до 5400 кг. Максимальная дальность стрельбы составляла 8 000 км. 20 января 1960 г. Р-7 была принята на вооружение.

Вскоре ракету Р-7 заменил ее улучшенный вариант – Р-7А (8К74), лётно-конструкторские испытания (ЛКИ) которой начались с 24 декабря 1959 г. При ее создании конструкторы отказались от легкоуязвимой системы радиоуправления и разработали новую головную часть массой 3 т., повысив дальность полета до 12 000 км. Из восьми испытанных ракет семь свою задачу выполнили, и в 1964 г. ракета Р-7А была принята на вооружение.

Задуманная как боевая, ракета Р-7 имела надежную и удачную конструкцию, обладала энергетическими возможностями, позволяющими вывести в космос (на околоземную орбиту) полезную нагрузку значительной массы. Поэтому после успешных пусков 8К71 как баллистической ракеты, она была использована в 1957 для запуска первых в мире искусственных спутников Земли (ИСЗ). Таким образом, Р-7 или, как ее называли, «Королёвская семерка», стала основой для создания ракет – носителей (РН), выводящих на орбиту космические летательные аппараты (КЛА). В 1959 – 1963 гг. выпускалась модификация Р-7 – ракета 8К72, с помощью которой осуществлены первые полеты к Луне и первые старты космонавтов в одноместных кораблях «Восток».

История освоения космоса – яркая страница советской истории. 12 апреля 1961 г. состоялся первый в мире пилотируемый космический полет. Корабль «Восток-1», пилотируемый советским космонавтом **Юрием Алексеевичем Гагариным** сделал один виток вокруг Земли. В июне 1963 г. совершила полет первая в мире женщина-космонавт **В. В. Терешкова**, которая пробыла в полете 71 час, облетев земной шар 48 раз.

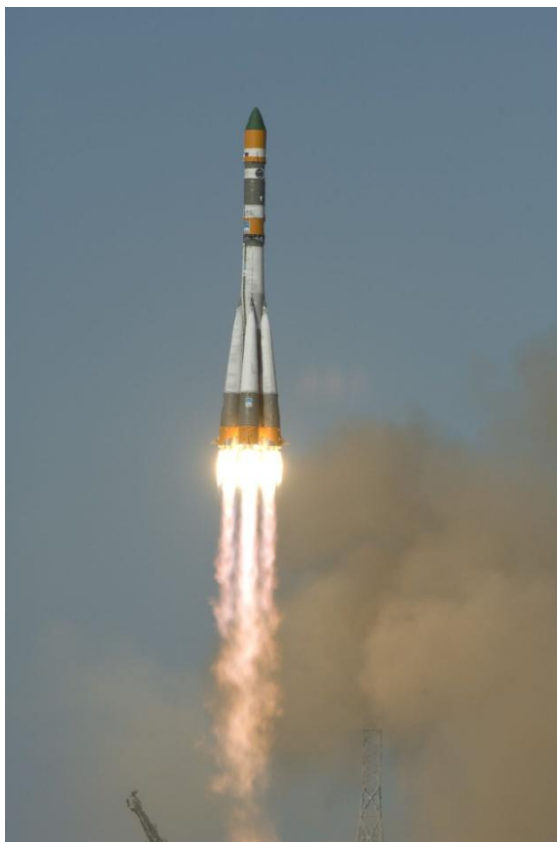


Рис. 12.13. Старт ракеты Р-7.
Фото из музея НПО «Коммунар»

12 октября 1964 г. состоялся первый в мире полет многоместного корабля «Восход-1» с тремя космонавтами на борту (**В. М. Комаров, К. П. Феоктистов и Б. Б. Егоров**), а 18 марта 1965 г. **А. А. Леонов** совершил первый выход в открытый космос. СССР произвел множество запусков пилотируемых космических кораблей. Для изучения Луны и космического пространства в 1959 – 1976 гг. осуществлено 24 полета автоматических межпланетных станций. В 1970 г. на Луну был доставлен первый в мире лунный вездеход – «Луноход-1». Выдающимся космическим экспериментом стала состыковка 17 июля 1975 г. советского и американского космических кораблей. На орбите заработал первый

международный космический комплекс «Союз – Аполлон» – прообраз будущих международных станций. Впервые в истории пилотируемых полетов женщина-космонавт **С. Е. Савицкая** 25 июля 1984 г. вышла в открытый космос.

Но прекрасная ракета Р-7 не смогла стать основой создаваемого ракетно-ядерного щита, так как ракетный комплекс имел низкую боеготовность. Стартовый комплекс ракеты Р-7 был трудно маскируемым, система заправки была чрезвычайно сложной, громоздкой была и система радиопередачи. Для подготовки ракеты к пуску требовались почти сутки. Таким образом, она годилась только для нанесения превентивного удара, в то время как советская военная доктрина допускала применение ядерного оружия советской стороной только в ответ на такое нападение.

Выход был – переход на высококипящие компоненты топлива, в частности применение в качестве окислителя не жидкого кислорода, а азотной кислоты. Такой окислитель, несмотря на высокую химическую активность, позволяет держать ракету на стартовой площадке заправленной.

Первой ракетой, работающей на высококипящих компонентах топлива, стала тактическая ракета Р-11 (8А61), созданная под руководством **Михаила Кузьмича Янгеля** (1911 – 1971)*. Р-11 и ее модификация Р-11М устанавливались на самоходных установках, а также они стали первыми в СССР корабельными ракетами. За Р-11 последовала ракета средней дальности Р-12 (8К63). Эта ракета создавалась уже в ОКБ-586, где пост главного конструктора занял М. К. Янгель. Р-12 стала первой в стране стратегической ракетой средней дальности, в которой использовалась полностью автономная инерциальная система управления. Кроме того, Р-12 стала самой массовой стратегической ракетой, с принятием ее на вооружение в СССР были созданы ракетные войска стратегического назначения (РВСН). Именно эти ракеты в 1962 г. были доставлены на Кубу, чем вызвали чрезвычайно напряженное политическое, дипломатическое и военное противостояние СССР и США, вошедшее в историю как «Карибский кризис». Степень надежности днепропетровских ракет была так велика, что военное руководство решилось на

* Во многих источниках конструктором ракеты Р-11 называется С. П. Королев. На самом деле он руководил ее модернизацией и является автором ракеты Р-11М (8К11)

беспрецедентную демонстрацию силы – четыре ракеты Р-12 были запущены над территорией Советского Союза и поразили цели на полигоне на Новой Земле. Две из них несли обычный заряд, а две других – ядерный.

Р-12 несла службу рекордно длительное время – 30 лет. Последние ракеты этого типа были сняты с вооружения в 1989 г., в соответствии с договором между СССР и США о ликвидации ракет средней и малой дальности.

Таким образом, в конце 1950-х гг. в СССР, кроме Р-7, не вполне пригодной для боевых целей, на вооружении состояли ракеты Р-5М (8К51) с дальностью стрельбы 1 200 км и Р-12 (8К71) с дальностью 2 000 км, способные нести ядерный заряд. Несмотря на лидерство в деле освоения Космоса, Советский Союз уступал США в создании боевых баллистических ракет. У американцев было больше и ядерных зарядов, и носителей. Ситуация усугублялась еще и тем, что американские ракеты имели большую дальность стрельбы, да и точность у них была выше.

В связи с этим вышло постановление Совета Министров СССР «О создании МБР» – ракеты, которая должна была составить основу РВСН. Новую ракету предполагалось оснастить инерциальной СУ. За это задание взялись ОКБ-1 во главе с С. П. Королевым и ОКБ-586, которым руководил М. К. Янгель.

В ОКБ-586 новые ракеты создавали на высококипящих компонентах топлива. В результате к 1960 г. были подготовлены ракета средней дальности Р-14 (8К65) и Р-16 (8К64) – первая в мире МБР, использующая такой вид окислителя как азотная кислота. Р-16 должна была обладать высокой степенью готовности к применению и, что еще более важно, помехозащищенностью и неуязвимостью в процессе боевого дежурства. Параллельно ОКБ-1 во главе с С. П. Королевым начало создание проекта МБР Р-9, в которой в качестве окислителя по-прежнему предполагалось использовать жидкий кислород. Ракета у Королева не получилась, и с тех пор его ОКБ-1 стало заниматься только космической тематикой, а главным разработчиком боевых баллистических ракет стало ОКБ-586 Янгеля.

В 1957 г. в действие вступил, ставший в скором времени главным, космодром Байконур. В то время даже у США не было подобного современного и оснащенного полигона. В этой гонке лидировал СССР: первый спутник, первая собака в космосе,

вымпел на Луне, фотография обратной стороны спутника Земли – все это говорило о значительном превосходстве военной мощи Советского Союза. Однако, на самом деле, вопреки пропаганде ситуация была критическая. Ракетно-ядерные силы СССР не могли дать отпор потенциальному противнику, окружившему его военными морскими, сухопутными и авиационными базами. Все надежды на изменение ситуации были возложены на МБР, разработанные в КБ Янгеля.

Первая МБР Р-16 (8К64) была готова в 1960 г. Однако из-за спешки в проведении испытаний 24 октября того же года при проведении подготовительных работ был допущен целый ряд отступлений от утвержденной технологии, в результате чего произошел преждевременный запуск маршевого двигателя второй ступени, который своим факелом прожег днище бака окислителя первой ступени. После этого разрушился бак горючего второй ступени, что и привело к мощному пожару и полному разрушению ракеты на старте. В огне катастрофы погибли 74 человека, из которых большинство (57 человек) были военнослужащими. Среди погибших председатель комиссии по испытанию Главный Маршал артиллерии **М. И. Неделин**, заместитель начальника полигона полковник А. И. Носов, начальники управлений полигона подполковники Е. И. Осташев и Р. М. Григорянц. Также в этой катастрофе погибли главный конструктор системы управления **Б. М. Коноплев**, заместители главного конструктора ракеты **В. А. Концевой** и **Л. А. Берлин**, заместитель главного конструктора двигателя **Г. Ф. Фирсов**. 49 человек получили ранения и ожоги, из них 18 скончались в больнице. Всего погибли 92 человека.

Тем не менее, работы были продолжены, и 2 февраля 1961 г. состоялся запуск и успешный полет первой в мире МБР с двигателями на высококипящем хранимом топливе. Впервые в СССР эта ракета была оснащена автономной системой управления.

Вслед за принятием на вооружение Р-16 Постановлением Правительства СССР от 12 мая 1962 г. КБЮ было поручено создать стратегическую ракету Р-36 (8К67) тяжелого класса, способную доставить к цели сверхмощный термоядерный заряд на дальность 10 200 км. Эта ракета должна была преодолевать мощную систему противоракетной обороны (ПРО). 21 июля 1967 г. ракетный комплекс Р-36 был принят на вооружение РВСН. Создание Р-36 позволило в 1972 г. снять с вооружения устаревшие комплексы Р-16.

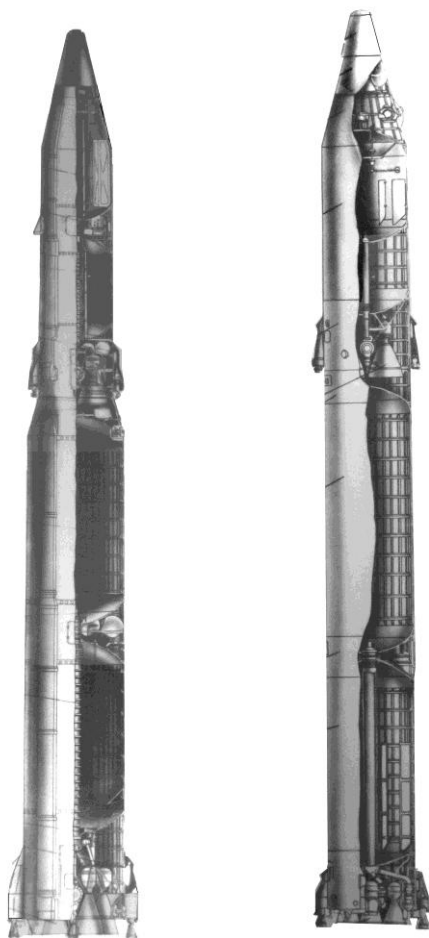


Рис. 12.14. Схемы боевых баллистических ракет Р-16 (слева) и Р-36. Фото из музея НПО «Хартрон»

На основе Р-36 была создана ракета 8К67П с разделяющейся головной частью, а также орбитальная ракета 8К69 с неограниченной дальностью полета. В дальнейшем Р-36 послужила основой для создания самой мощной в мире МБР, занесенной в книгу рекордов Гиннеса. Речь идет о ракете, известной нам под американским названием SS-18 «Satan» (Сатана). На самом деле она имела

наименование Р-36 2М УТТХ (Р-36 дважды модернизированная с улучшенными тактико-техническими характеристиками) или изделие 15А18М.

Таким образом, 50–60-е гг. XX столетия стали периодом самого бурного развития как космической, так и боевой ракетной техники. Советскому Союзу не только удалось добиться паритета в области ракетно-ядерного оружия, но и обойти Соединенные Штаты Америки в освоении космического пространства. Немаловажную роль в этом деле сыграли ракеты, разрабатывавшиеся и строившиеся в Днепропетровске. Однако такая важная составляющая ракетного оружия и космических летательных аппаратов, как системы управления, с 1950-х гг. начали разрабатываться и изготавливаться в Харькове – одном из ведущих научных и промышленных центров СССР.

12.4. Революция в области биологии

К высоким технологиям относятся и биотехнологии, которые в частности обеспечивают возможности резкого увеличения зеленой биологической массы и сельскохозяйственной продукции. Основаны биотехнологии на достижениях генетики – науки о закономерностях наследственности и изменчивости. Методы генетики играют важную роль в медицине, сельском хозяйстве, микробиологической промышленности, а также в генной инженерии.

Революция в области биологии связана с открытием носителя генетической информации – макромолекулы, двойной спирали ДНК (деоксирибонуклеиновая кислота). Когда швейцарский биолог Фридрих Мишер открыл в 1869 г. ДНК, он не предполагал, что это и есть носитель генетической информации, объединяющий все живые существа. Долгое время ДНК считалась хранителем фосфора в организме. Даже в начале XX века многие биологи считали, что молекулы ДНК слишком однообразны и не могут содержать закодированную информацию.

Постепенно было доказано, что именно ДНК, а не белки, как считалось раньше, является носителем генетической информации. В 1944 г. эксперименты **О. Эвери, К. Маклауда и М. Маккарти** показали, что в результате добавления к безвредной культуре мертвых болезнетворных бактерий она приобретает болезнетворные свойства. За это отвечает выделенная из пневмококков ДНК.

Однако вплоть до 1950-х гг. точное строение ДНК и способ передачи наследственной информации оставались неизвестными. Структура двойной спирали ДНК была предложена Френсисом Криком и Джеймсом Уотсоном в 1953 г. на основании рентгено-структурных данных.

После успешной расшифровки человеческого генома, для генетики и многих сопутствующих наук начался золотой век. Расшифровка генома человека обозначила тенденцию к смещению приоритетов в развитии науки и техники в сторону биотехнологий и конструирования организмов с заданными свойствами – геной инженерии, клонированию животных, органов человека, и, в конце концов, попытке клонирования самого человека.

Практическим применением полученных данных стали четкие рекомендации для большинства людей, касающиеся занятий профессиональной деятельностью, выбора места проживания и образа жизни. Полученная в результате укрупненного анализа собственного генома информация позволит конкретному человеку жить дольше, насыщеннее и безопаснее, накладывая на одни жизненные предпочтения жесткие ограничения, и поощряя другие, благоприятные и полезные. Словом появился новый консультант по здоровому образу жизни – собственный геном индивидуума.

В Голландии уже построены фитотроны – своеобразные оранжереи, в которых поддерживается особый климат, благодаря которому растения выращиваются не из семян, а из клеток, что во много раз увеличивает их продуктивность. Однако фитотроны требуют значительных энергозатрат, и перед учеными стоит задача поиска новых источников энергии и минерального сырья.

Методы геной инженерии стимулируют развитие фармакологии: создание современных лекарственных средств с ярко выраженным механизмом молекулярного воздействия, как на отдельные разновидности клеток, так и на целый организм и дают основу для разработки новых медицинских препаратов. В 1980-х гг. зародилась **комбинаторная химия** – метод поиска биологически активных веществ путем массового синтеза серий аналогичных соединений с различными заместителями и выявления их свойств путем массовой диспансеризации. Расцвет комбинаторной химии, повлекший за собой фармацевтический взрыв, в совокупности с достижениями генетики, привел к созданию более сотни новых лекарств, позволяющих нормализовать работу дефектных генов и

эффективно излечивать многие наследственные заболевания. Параллельно были разработаны новые средства доставки лекарств непосредственно в клетку к определенному участку генома, и даже к конкретному гену. Практический опыт применения первых подобных лекарств позволил заложить фундамент нового класса лекарств, направленных на нормализацию генов. Эти препараты планируется применять в ближайшем будущем не только для исправления генетических врожденных дефектов, но и для исправления дефектов приобретенных, для восстановления функций тканей и органов человеческого организма. Технологии комбинаторной химии в течение первого десятилетия нового века привели к обновлению ассортимента лекарственных препаратов в мире более чем на две трети. Новые лекарственные препараты более эффективны, безопасны и при этом дешевле своих предшественников, зачастую в несколько раз.

12.5. Развитие компьютерных технологий

Дальнейшая эволюция компьютера шла по ставшему традиционным за последние полвека пути. Процессоры становились все мощнее, а микросхемы – все миниатюрнее. Потребляемая мощность компьютеров уменьшалась, а их быстродействие увеличивалось. Тенденции касались как персональных компьютеров, так и суперкомпьютеров. Целью, к которой стремились разработчики компьютеров, было достижение мощности, сравнимой с мощностью человеческого мозга, и эта цель казалось, была уже близка. С помощью фотолитографических технологий производства интегральных микросхем, доведенных до совершенства, стало возможным производить единичные суперкомпьютеры, выполняющие десять в тринадцатой степени операций в секунду (10 Терафлоп). Учитывая, что человеческий мозг выполняет десять в шестнадцатой степени – десять в семнадцатой степени операций, казалось, что желанная цель вот-вот будет достигнута. Однако, учитывая, что суперкомпьютеры представляли собой не единичный процессор, с которым можно сравнить человеческий мозг, а сотни и тысячи отдельных процессоров, выполняющих параллельную работу, то реальное отставание единичного процессора от мощности человеческого мозга составляло до десяти миллионов раз.

Развитие компьютерных технологий, а также достижения в области электронной промышленности позволили известному более пятидесяти лет явлению голографии шагнуть на качественно новый уровень и стать в один ряд с новейшими технологиями, такими как нанотехнологии и геновая инженерия.

Робототехника и производство роботов в течение первого десятилетия нового века также сделали существенный шаг вперед. Ставшее обыденным использование роботов в технологических процессах охватывает все большее число производственных отраслей. Это происходит настолько естественно и бесконфликтно, что остается незамеченным широкой общественностью. С каждым годом область применения роботов расширяется, захватывая кроме производства и другие сферы человеческой деятельности. Особенно хорошо роботы зарекомендовали себя в процессах сборки в самых различных отраслях машиностроения. Неумимые работники и контролеры, практически не совершающие ошибок, они трудятся эффективнее, чем люди и обходятся для работодателя дешевле, чем наемные работники. Большинство применяемых производственных роботов имеют жесткое программное обеспечение, регламентирующее их деятельность в узких пределах. Однако в некоторых технологических процессах начинают применяться роботы с элементами искусственного интеллекта. Соответствующее программное обеспечение позволяет им выполнять сложные функции в многофакторном пространстве ограничений. Роботы с зачатками интеллекта используются для контроля над производством, особенно в случае применения «безлюдных технологий», то есть в тех местах, где нельзя однозначно предусмотреть все возможные негативные ситуации. Например, в химическом производстве такие роботы, основываясь на показаниях приборов и общих знаниях о технологическом процессе, могут предвидеть возможность аварии в том или ином месте, вовремя переключиться на резервные мощности и вызвать специалистов-ремонтников для устранения неисправности.

Появление мощных микропроцессоров, а также создание качественных исполнительных механизмов позволило компаниям, производящим роботов, совершить прорыв в быт человека.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бернал Дж. Наука в истории общества. – М.: Издательство Иностранной литературы, 1956. – 735 с.
2. Бернштейн С. А. Очерки по истории строительной механики / С. А. Бернштейн. – М.: Госстройиздат, 1957. – 236 с.
3. Боголюбов А. Н. Математики. Механики. Биограф. Справочник / А. Н. Боголюбов. – К.: Наукова думка, 1983. – 640 с.
4. Бородин А. И. Выдающиеся математики. / А. И. Бородин, А. С. Бугай. – К.: Рад. шк., 1987. – 656 с.
5. Бугаенко Б. А., Галь А. Ф. История судостроения: Учеб. пособие. Ч. 1. От древнейших времен до конца парусной эпохи. – Николаев: НУК, 2005. – 188 с.
6. Григорьян А. Т. Механика от античности до наших дней / А. Т. Григорьян. – М.: Наука, 1974. – 480 с.
7. Динамика полета и управление: 50 лет в ХПИ / Д. В. Бреславский, В. Б. Успенский, А. А. Ларин и др. – Х.: НТУ «ХПИ», 2014. – 488 с.
8. История механики в России. – К.: Наукова думка, 1987. – 392 с.
9. История механики с древнейших времен до конца XVIII века / [под общ. ред. А. Т. Григорьяна и И. Б. Погребысского]. – М.: Наука, 1971. – 398 с.
10. История механики с конца XVIII века до середины XX века / [под общ. ред. А. Т. Григорьяна и И. Б. Погребысского]. – М.: Наука, 1972. – 414 с.
11. Ларин А. А. Очерки истории развития теории механических колебаний – Севастополь: Вебер, 2013. – 403 с.
12. Ларин А. А. Танкостроение в Харькове. / А. А. Ларин // Universitates. Наука и просвещение, 2013, № 1 – 4
13. Механика в СССР за пятьдесят лет. Т. 1. Общая и прикладная механика. – М.: Наука, 1968. – 416 с.
14. Моисеев Н. Д. Очерки развития механики / Н. Д. Моисеев. – М.: Изд-во МГУ, 1961. – 478 с.
15. Моисеев Н. Д. Очерки развития теории устойчивости. / Н. Д. Моисеев. – М.–Л.: Гостехиздат, 1949. – 663 с.
16. Пановко Я. Г. Введение в теорию механических колебаний / Я. Г. Пановко. – М.: Наука, 1980. – 272 с.

17. Радциг А. А. История теплотехники / А. А. Радциг. – М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1936. – 430 с.
18. Развитие общей механики в России и Украине в 20–80-е годы XX века. – М.: Наука. – К.: Феникс, 1998. – 404 с.
19. Рыбников К. А. Возникновение и развитие математической науки / К. А. Рыбников. – М.: Просвещение, 1987. – 159 с.
20. Слащев В. А. Локомотив: Рождение и эволюция / В. А. Слащев. - Луганск: Ноулидж, 2011. – 236 с.
21. Соловьев Ю. И. История химии: Развитие химии с древнейших времен до конца XIX в. / Ю. И. Соловьев. - М.: Просвещение, 1983. – 368 с.
22. Спасский Б. И. История физики. Ч. I . / Б. И. Спасский. - М.: Высшая школа, 1977. - 320 с.
23. Спасский Б. И. История физики. Ч. II . / Б. И. Спасский. - М.: Высшая школа, 1977. - 309 с.
24. Стретт Дж. В. Теория звука, т. I. / Дж. В. Стретт (Лорд Рэлей). – М.: Гостехиздат, 1955. – 504 с.
25. Тимошенко С. П. История науки о сопротивлении материалов с краткими сведениями из истории теории упругости и теории сооружений / С. П. Тимошенко. – М.: Гостехтеориздат, 1957. – 536 с.
26. Тимошенко С.П. Колебания в инженерном деле. / С. П. Тимошенко. – М.: Гос. изд-во физ-мат. литературы, 1959. – 439 с.
27. Тимошенко С. П. Прочность и колебания элементов конструкций / С. П. Тимошенко. – М.: Наука, 1975. – 704 с.
28. ХПЗ – Завод имени Малышева. 1895-1995. Краткая история развития / [А. В. Быстриченко, Е. И. Добровольский, А. П. Дроботенко и др.]. – Х. : Прапор, 1995. – 792 с.
29. Шершов А. П. История военного кораблестроения. / А. П. Шершов. - СПб. : Полигон, 1994. – 360 с.

Навчальне видання

Ларін Андрій Олексійович

ІСТОРІЯ НАУКИ І ТЕХНІКИ

Підручник

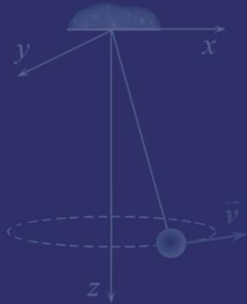
Роботу до видання рекомендував *Д. В. Бреславський*

За авторською редакцією

Видання російською мовою

Підп. До друку 15.03.2019. Формат 60×84/16.
Ум. Друк. Арк.. 18. Обл.-вид. арк.. 14,4. Тир. 100 пр. Зам. №8/03.

Видавець і виготовлювач ФОП Панов А.М.
Свідоцтво про внесення до державного реєстру видавців, виготівників і
Розповсюджувачів видавничої продукції серія ДК № 4847 від 06.02.2015 р.
М. Харків, вул.. Жон Мироносиць, 10, оф. 6,
Тел.. +38(057)714-06-74, +38(050)976-32-87
copy@vlavke.com



Ларин Андрей Алексеевич – профессор Национального технического университета «Харьковский политехнический институт», кандидат технических наук. Выпускник инженерно-физического факультета ХПИ, специалист в области динамики машин, теории колебаний, истории науки. Автор около 200 печатных трудов.

