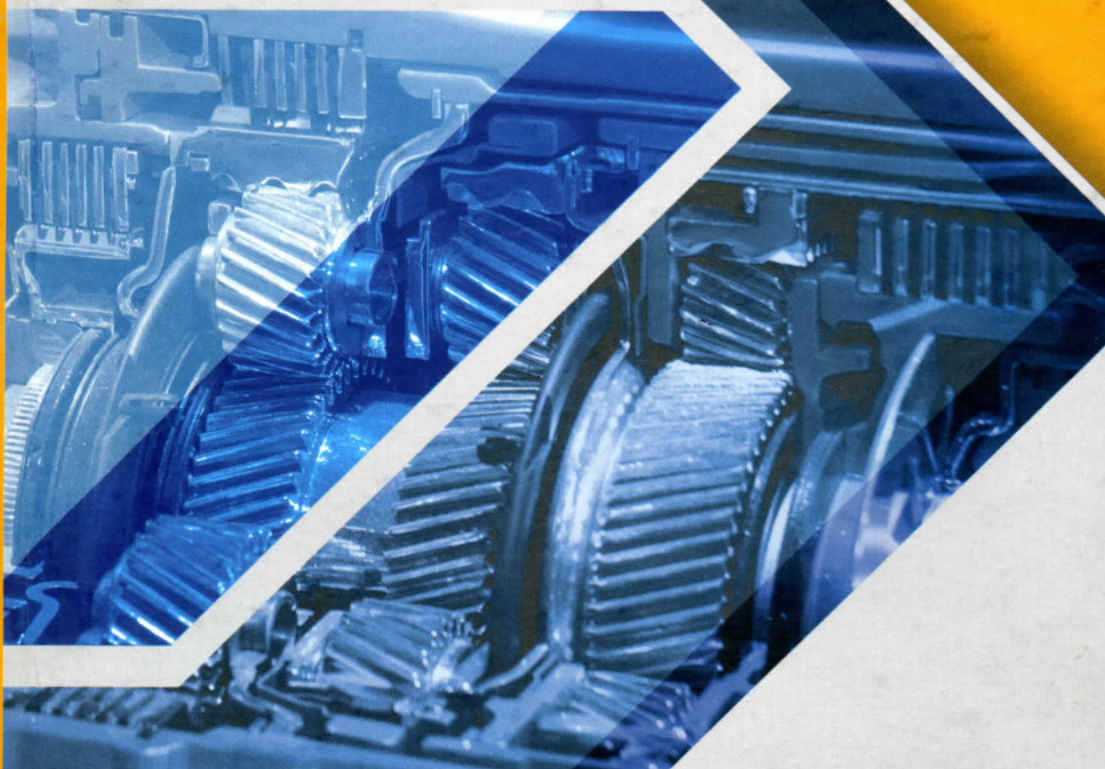




ИСТОРИЯ

ИНЖЕНЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

РАЗВИТИЕ АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЯ

Министерство образования и науки Украины
ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИСТОРИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

РАЗВИТИЕ АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЯ

Учебное пособие

Харьков
ХНАДУ
2016

УДК 629.2(091)
ББК 39.33
И90

Рецензенты:

Волонцевич Д.О., д-р техн. наук, профессор
(Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»
Ларин О.М., д-р техн. наук, профессор
(Национальный университет гражданской защиты Украины)

Коллектив авторов:

А.Н. Туренко, д.т.н., профессор;
В.А. Богомолов, д.т.н., профессор;
В.И. Клименко, к.т.н., профессор;
Д.Н. Леонтьев, к.т.н., доцент

И 90

Туренко А.Н.

История инженерной деятельности. Развитие автомобилестроения: учебное пособие / А.Н. Туренко, В.А. Богомолов, В.И. Клименко, Д.Н. Леонтьев. – Х.: ХНАДУ, 2016. - 192 с.

ISBN 978-966-303-669-4

Изложены основные периоды развития инженерной деятельности применительно к автомобилестроению. Рассмотрен исторический аспект развития механизмов и машин, предшественников современных автомобилей, и их силовых установок. Приведены сведения о создании водяного колеса, паровой машины, двигателя внешнего сгорания, электродвигателя и двигателя внутреннего сгорания, применении электричества и электроники в автомобилестроении. Показаны этапы становления автомобильного спорта и его влияние на отдельные агрегаты и узлы современных автомобилей общего назначения, ил.

Викладено основні періоди розвитку інженерної діяльності щодо автомобілебудування. Розглянуто історичний аспект розвитку механізмів і машин, попередників сучасних автомобілів, і їх силових установок. Наведено відомості про створення водяного колеса, парової машини, двигуна зовнішнього згоряння, застосування електричного струму і електроніки в автомобілебудуванні. Показані етапи становлення автомобільного спорту і його вплив на окремі агрегати і вузли сучасних автомобілів загального призначення, іл.

УДК 629.2(091)
ББК 39.33

ISBN 978-966-303-669-4

© ХНАДУ, 2016
© А.Н. Туренко, В.А. Богомолов,
В.И. Клименко, Д.Н. Леонтьев, 2016

ПРЕДИСЛОВИЕ

В историческом плане инженерная деятельность -это накопление опыта взаимодействия человека с орудиями труда и совершенствование их в процессе использования на благо человека. Развитие науки и техники за многие столетия вовлекло в свою орбиту достижения как фундаментальных, так и прикладных исследований. В своей инженерной эволюции человечество постоянно пополняет информационную базу, изучая различные явления и процессы, тем самым кардинально влияет на принятие инженерных решений определяющих будущее человечества. Причем все это характерно для различных областей науки и техники. Не исключением является и автомобилестроение.

Автомобиль - это один из наиболее ярких символов цивилизации XX - XXI века, неперенный элемент нашей сегодняшней и завтрашней жизни. Автомобиль не просто часть транспортной системы, он оказывает влияние на развитие человечества в большей степени, чем любое другое транспортное средство.

В учебном пособии рассмотрены основные этапы эволюции машин и механизмов более чем за 2500 лет их развития, особое внимание уделено развитию конструкции автомобиля и его основных узлов, начиная с момента создания первых механизмов до внедрения электроники в их системы управления.

Развитие конструкции автомобиля разделено на три этапа: изобретательский, инженерный и дизайнерский. Раскрываются пути, по которым шло развитие инженерной мысли. Достаточно внимания уделено сердцу современного автомобиля - двигателю внутреннего сгорания.

Этапы развития электрооборудования автомобиля от простейших электрических приборов до современных диагностических и управляющих электронных микропроцессорных систем также нашли отражение в данном издании. Показано, как многие конструктивные решения, применяемые на автомобилях общего назначения, апробировались на спортивных и гоночных автомобилях.

Тщательно подобранные факты свидетельствуют о значительной роли отечественных ученых и изобретателей, внесших весомый вклад в историю как машин в целом, так и автомобиля в частности.

Авторы выражают благодарность преподавателям и сотрудникам кафедры автомобилей за помощь в подборе материала, оформлении рукописи и иллюстраций.

1. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ЭВОЛЮЦИИ МАШИН

Со времени своего появления машины облегчали труд человека и заменяли силу домашних животных. Из истории развития техники известно, что задачи машин с течением времени изменялись. В начале машины служили для замены физической силы человека. Для них не было практически другой задачи на протяжении двух тысяч лет.

В начале XVIII века появляются машины, заменяющие не только физическую силу человека, но и его умение, мастерство. Они не вытеснили машины первой группы, а напротив, способствовали ускорению развития простейших механизмов, хотя и стали ведущими в процессе производства.

Со второй трети XX века создаются машины, выполняющие логические операции, ранее доступные только человеку. На их фоне машины первого и второго типов получают новый импульс в своем развитии. Появляются машины, объединяющие физическую мощь, высокую точность и возможность выбирать наиболее рациональные пути в решении тех или иных задач, так называемые роботы.

В целом можно так сформулировать основные этапы эволюции машин:

1) От времени изобретения первых механизмов до конца первой трети XVIII века машины заменяют физическую силу человека. Они состоят из двигателя, передачи-трансмиссии и рабочего органа.

2) В XVIII - XX веках машина заменяет физическую силу человека и его умение, в ее состав начинают входить элементы регулирования и управления.

3) С середины XX века и до нашего времени машина заменяет физическую силу человека, его умение и некоторые физиологические и интеллектуальные функции. В ее структуру входят элементы регулирования, управления, логического мышления.

Изучая историю развития инженерной деятельности, необходимо обратить внимание на некоторые особенности для ее понимания. Благодаря развитию инженерной деятельности человека появляются машины, которые имеют биологический характер: орудия труда, являются как бы усовершенствованными

органами движения человека. Подобное “сходство” между машинами и живыми организмами (особенно человеком) можно наблюдать в истории развития человечества практически одновременно с появлением машин. Так в древнегреческой мифологии бог огня и покровитель кузнечного ремесла Гефест пытался доказать свою правоту с помощью механических приспособлений. Легендарный скульптор в греческой мифологии Пигмалион, царь Кипра, влюбляется в созданную им статую Галатею. Афродита по просьбе Пигмалиона оживила статую, и Галатея стала его женой. Великий французский философ, физик и физиолог Рене Декарт (1596-1650 г.г.) в первой половине XVII в. высказал дерзкую для своего времени мысль о том, что животные - это машины. Человек - связь безжизненного телесного механизма с душой. Современник Декарта, английский врач, основатель современной физиологии и эмбриологии Уильям Гарвей (1578-1657 г.г.) пытался определить течение крови по сосудам в соответствии с законами механики того времени.

Научное направление, которое возникло в XVI-XVII веках на стыке физиологии и механики, получило название ядромеханика. Представители этого направления в науке пытались объяснить все физиологические явления на основе законов механики. От нее примерно с середины XVIII века ведет свое начало биомеханика, внесшая заметный вклад в создание роботов и манипуляторов.

Начиная с XVIII века неоднократно высказывается и несколько противоположная точка зрения. Сама машина включалась в органический мир, и ей приписывались действия, свойственные живому организму. Этот последний взгляд на машину непрерывно обогащается. Все больше и больше говорят о машинах автономного действия и не только с точки зрения выполняемой ими работы. Машины нового поколения представляют как саморазвивающиеся объекты, которые затем смогут воспроизводить себе подобных.

Полтора миллиона лет понадобилось гоминиду австралопитеку (появившемуся более 3 млн. лет назад), чтобы прийти к использованию обломков камней, костей животных и рыб в качестве простейших орудий труда. Эпоха первоначального овладения камнем и навыками его примитивной обработки носит название палеолита (продолжается от возникновения человека, т.е. свыше 2 млн. лет назад и примерно до 10-го тыс. до н.э.). Типы

орудия этого периода нож, топор, скребок, игла, наконечники копья и стрелы - это модификации так называемого клина, который используется человечеством до сегодняшнего дня.

Около ста тысячелетий назад возникает изобразительное искусство - доказательство того, что человек начал рассуждать.

Техника изготовления орудий труда совершенствуется. Изобретается лук, ловушки для зверей. Позже осуществляется переход к производству продуктов питания, одомашнивание животных. Этот период (около 8-3-го тыс. до н.э.) был назван неолитом. Период неолита характеризуется освоением шлифовки, человек осваивает сверление камня (рис. 1.1).

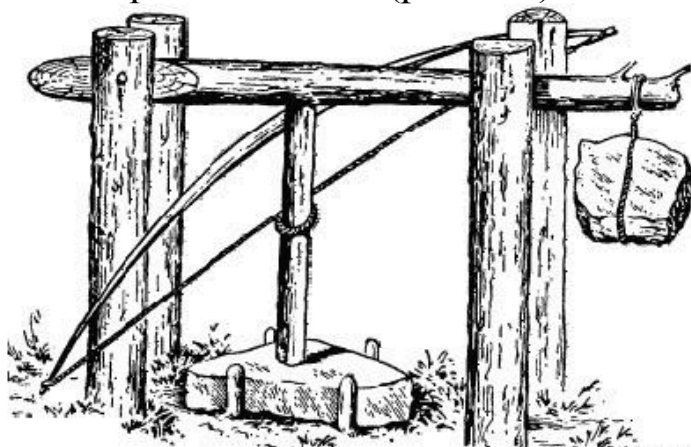


Рис. 1.1. Сверлильный снаряд

Появляются новые ручные мельницы - два отшлифованных камня, с помощью которых растираются зерна. Осваивается колесо, гончарный круг. Все это - путь к созданию простейших машин.

1.1. Машины, заменяющие живую силу

Принято считать, что первой машиной в современном понимании следует назвать водяную мельницу, т.е. преобразователь энергии водяного потока в энергию вращения жерновов. Первые мельницы появились на горных речках и быстро распространялись везде, где можно было создать перепад воды.

Другими областями инженерной деятельности человека, в результате которой возникли машины, были строительство и водоснабжение.

Для транспортировки больших тяжестей широко используется рычаг, затем был изобретен блок в форме колеса с желобом по окружности, через который перекидывается канат (рис. 1.2).

Совершенствование лука и пращи привело к созданию двух основных типов военных машин - катапульты и баллисты. Баллисты предназначались для разрушения стен путем метания камней, а катапульты - для поражения противника путем метания стрел. Метательные машины приходилось делать очень громоздкими (они весили до 6 тонн). При их помощи можно было метать камни и стрелы на большие расстояния, причем вес бросаемых снарядов доходил до 150-200 кг.

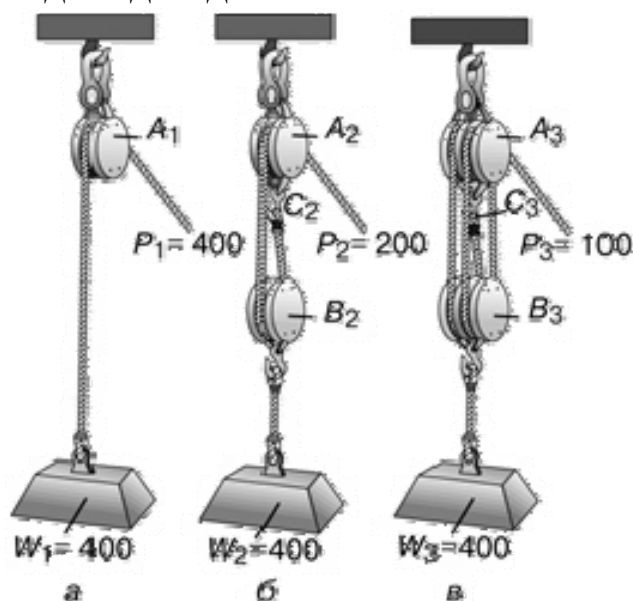


Рис. 1.2. Канатное колесо: а – с одним колесом; б – с двумя колесами; в – с двумя колесами и удвоенным количеством желобов

Все эти машины условно можно назвать динамическими приспособлениями, поскольку они создавались для экономии человеческой силы. Но почти одновременно с такими машинами появляются и приспособления, которые можно было бы назвать кинематическими, потому что они служили для преобразования движения, а не силы. Их принято называть автоматами.

Сочинение об автоматах написал ученый эпохи позднего эллинизма (между 323 и 30 г.г. до н.э.) Герон Александрийский, но можно предположить, что описанные им автоматы были изобретены намного раньше. Движение фигур и их элементов осуществляется при помощи нитей, накрученных на барабаны разных диаметров и натягиваемых грузиками. С помощью таких автоматов проводились театрализованные действия.

С именем александрийского механика Ктесибия (Ктесибий 2 - 1 в.в. до н.э.) связывается изобретение пневматики. Он изобрел двухцилиндровый пожарный насос, который ничем существенно не

отличается от современного, водяные поплавковые часы, водяной орган (гидравлос), а также аэротрон - военную машину, в которой роль упругого тела играл сжатый воздух. Пожарный насос и аэротрон представляли собой цилиндр с движущимся внутри него поршнем. Это первое в истории техники упоминание о кинематической паре цилиндр-поршень.

Великий древнегреческий ученый Архимед (287-212 г.г. до н.э.) разработал предвосхитившие интегральное исчисление методы нахождения площадей поверхностей и объемов различных фигур. Изобрел винт (рис. 1.3), усовершенствовал зубчатое колесо, в основополагающих трудах по статике и гидростатике (закон Архимеда) дал образцы применения математики в естествознании и технике.

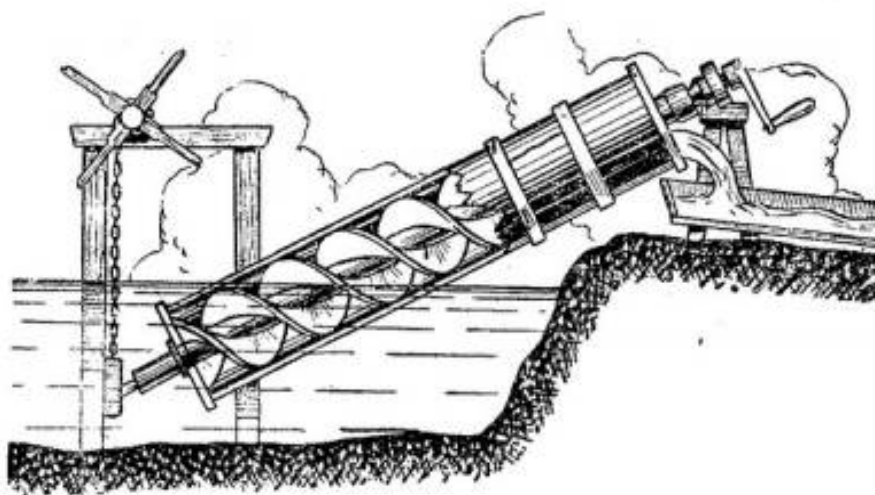


Рис. 1.3. Архимедов винт

В Римской империи были изобретены некоторые сельскохозяйственные и строительные машины. Римский император и инженер Марк Витрувий Поллион (2-я-половина 1 в. до н.э.) в конце 1 в. до н.э. написал знаменитый трактат "Десять книг об архитектуре". Десятая книга сочинений посвящена машинам и здесь же дано, вероятно, первое определение машины: "Машина есть сочетание соединенных вместе деревянных частей, обладающее огромными силами для передвижения тяжестей".

Механики последующих двух столетий почти ничего не добавили к учениям древних о машинах. Впрочем, на протяжении многих столетий вплоть до конца XIX века и само понятие "машина" было не определенным.

В Византийской империи (IV-XV в.в.) уровень познаний в области практической механики был относительно высоким. Известно, что в Константинополе был арсенал с большим количеством военных машин. Одновременно в границах Арабского Халифата (VIII-IX в.в.) создавалась новая наука.

Большое распространение получило ткацкое искусство. Так в Египте производились льняные и шерстяные ткани. Хлопок начали ткать в Индии. Центром шелкопрядения была Византия. В Армении ткали лучшие по тем временам ковры. Такое массовое производство тканей на рынке явилось результатом совершенствования техники прядения и ткачества. Была усовершенствована конструкция ткацкого станка, который в античные времена представлял собой примитивную деревянную раму с простейшими механическими приспособлениями. По-видимому, около II в. до н.э. в Китае был изобретен станок с подвижными шнурами для поднятия и опускания нитей после каждого пролета челнока.

В X-XI веках производство муки на ручных мельницах было повсеместно прекращено. Водяные мельницы ставились не только на реках. В Басре в устье каналов, питавшихся водой за счет прилива, были выстроены мельницы, которые приводились в движение от воды, отступавшей во время отлива.

В IX веке в Афганистане впервые появились ветряные мельницы с лопастями ветряного колеса в вертикальной плоскости. Почти одновременно с ветряными мельницами были изобретены и регулирующие устройства в виде люков, которые открывались и закрывались, чтобы силу ветра, действующего на лопасти, можно было изменять и регулировать.

Инженерная деятельность в Европе начала развиваться благодаря техническим знаниям, накопленным за период развития Римской империи и благодаря трудам и сочинениям древних греков и исламской культуры.

Страны Западной Европы получили в наследство от Римской империи отличные дороги и акведуки (сооружения в виде моста или эстакады), водяные мельницы, военную технику и самые элементарные строительные приспособления.

К концу XII века во Франции и Англии стали строить ветряные мельницы, в XIII веке мельницы стали появляться в Германии, в XIV веке - в Польше и на Украине.

В XII- XIII веках появляются мельницы, в которых вместо жерновов применяются рабочие органы: сукновалажные, железо- и бумагоделательные. В эскизах зодчего Виллара де Оннекур (XIII в.) из Пикардии (северная Франция) изображена мельница с пилой, приводимой в действие с помощью шарнирного четырехзвенника.

В XIII веке монах-францисканец Роджер Бэкон (1214-1292 гг.) утверждал, что истинное знание должно основываться на изучении природы и что основой каждой науки должна быть математика. Одним из первых он пришел к утверждению, что опытные науки имеют преимущества перед “умозрительными”, так как они проверяют свои заключения опытом. В своих трудах он писал, что в будущем возможны такие орудия, при помощи которых большие корабли, управляемые только одним человеком, будут двигаться по морю с большей быстротой, чем на всех парусах, что можно будет построить экипажи, которые помчатся с невероятной скоростью без помощи животных, что с помощью небольшого орудия можно будет поднимать величайшие тяжести, что можно построить и такие машины, которые дадут людям возможность ходить по дну морей и рек, не подвергаясь опасности.

Еще один интересный мыслитель XIII века Раймунд Луллий (Каталония (Испания) 1235-1315 год) в своем сочинении “Великое искусство” придумал идею создания логической (вычислительной) машины и предпринял попытку ее реализации.

В X-XI веках были изобретены механические часы. Их изобретение приписывается разным людям. В частности, их изобретателем называют математика Герберта Орийякского, который ввел в Европе “арабские” цифры. Около 1286 г. часы появились в Англии, около 1300 г. - во Франции, около 1335 г. - в Италии. Изобретение и изготовление часов способствовало становлению механики. Благодаря часам в технике широко распространились зубчатые колеса.

Техника построения машин постоянно развивалась. В конце XIII века в Западной Европе появилось прядильное колесо с бесконечным ремнем (ременная передача). Ткацкий станок получил отдельный привод, таким образом, энергетическая функция была отделена от технологической, оставшейся за руками человека.

Постоянно росло и число механизмов. В XIII веке из ворота, изогнутого дважды под прямым углом, появляется коленчатый вал в качестве удобного привода для ручной мельницы.

Качественно новые задачи перед механикой возникли в связи с переходом к огнестрельному оружию: улучшение техники изготовления стволов, обеспечение их прочности и точности стрельбы.

К сведению читателя, огнестрельное оружие было изобретено в XIV веке и имело вид, изображенный на рис. 1.4.

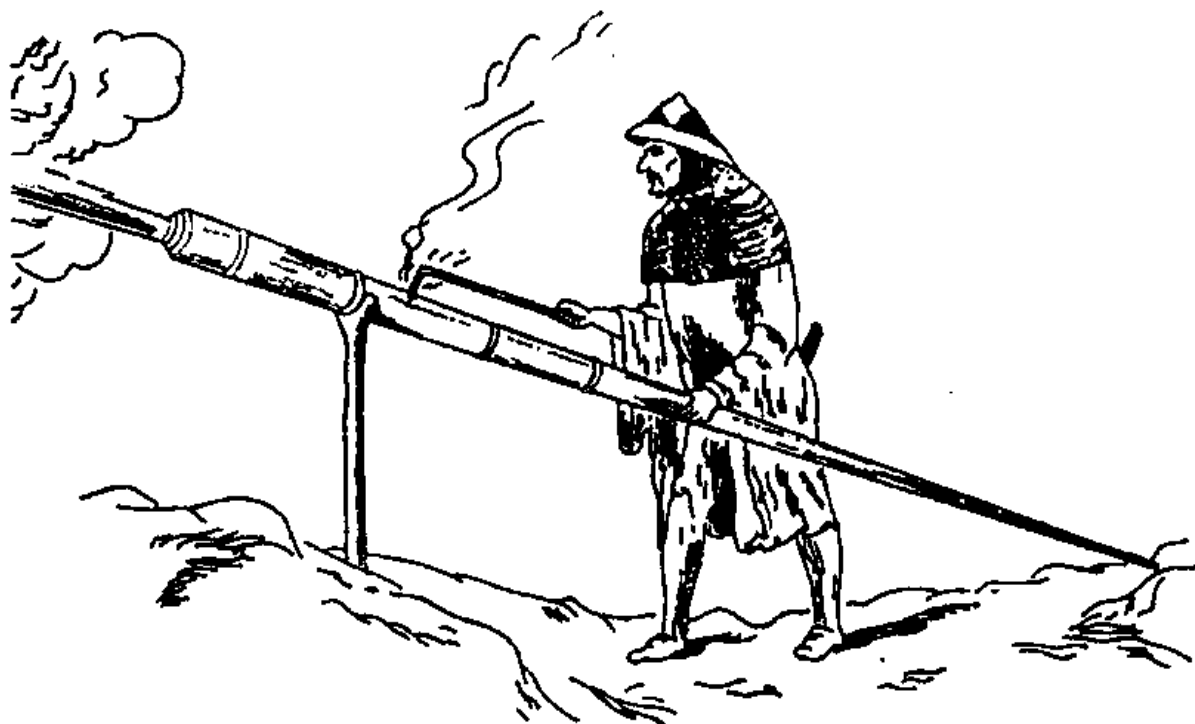


Рис. 1.4. Огнестрельная артиллерия XIV в.

Открытие пороха-нового источника энергии дискретного действия явилось, по-видимому, результатом деятельности техников разных стран.

Старейшим рецептом пороха является смесь, состоящая из калиевой селитры, серы и древесного угля. Примерно такая смесь появилась в Китае (первое упоминание о применении дымного пороха в Китае относится к 1232 г.), по одним сведениям в начале нашей эры, по другим - в VIII-IX веках.

В середине VII века византийцы использовали так называемый “греческий огонь”, состоящий из серы, горной смолы, селитры и льняного масла.

Первые сведения о порохе в Западной Европе относятся к XIV века. В этом же столетии началось применение пороха и на Руси, о чем имеются указания в Новгородской и Александровской летописях (1382 г.).

В Западной Европе изобретателями пороха считали Роджера Бэкона и Бертольда Шварца.

В конце XIV в. в Италии появляется новая форма производственного объединения - мануфактура, в которой производственные операции были разделены между всеми рабочими, что давало им возможность специализироваться на выполнении одной или нескольких операций. Энергетической базой мануфактур продолжают оставаться труд человека, сила животных, вода и ветер. Но в жизнь человека уже вошли машины непрерывного действия, основной машинной структурой которых являлась мельница. И с изобретением пороха-машины дискретного действия.

В 1453 г. турки, сломив сопротивление защитников Константинополя (Царьград), овладевают последним оплотом Византийской империи. Бежавшие от завоевателей ученые принесли в Италию рукописи творений греческих писателей и ученых.

В 1492 г. Христофор Колумб (1451-1506 г.г.) после длительного путешествия через Атлантический океан описывает земли, впоследствии названные Америкой.

Таковы были те события, которые определили начало новой эпохи, эпохи Ренессанса или Возрождения (XIV-XVI в.в.).

Одним из самых выдающихся изобретателей эпохи Возрождения был Леонардо да Винчи (1452-1519 г.г.), гениальный итальянский художник, ученый, инженер. В области механики он ставил эксперименты и стремился определить коэффициент трения, исследовал явление удара, сопротивление различных материалов. Леонардо да Винчи принадлежат первые попытки в области воздухоплавания и конструирования летательных аппаратов. Он набросал схемы парашюта, вертолета и др. Изобрел несколько типов экскаваторов, несколько гидравлических машин, в том числе тангенциальную турбину, прядильный и волочильный станки, станок для насечки напильников, приспособления для нарезки винтов, прокатный стан, станок для свивки канатов. Многие из его изобретений так и остались недостижимыми для техники той эпохи. Например, центробежный насос, гидравлический пресс, огнестрельное нарезное оружие.

Практически до конца XVIII века основным назначением машин являлась замена физического труда. Но появляются уже и технологические машины, целью которых является замена действия руки человека. В XV веке была изобретена машина для ручной прялки (самопрялка) (рис. 1.5).

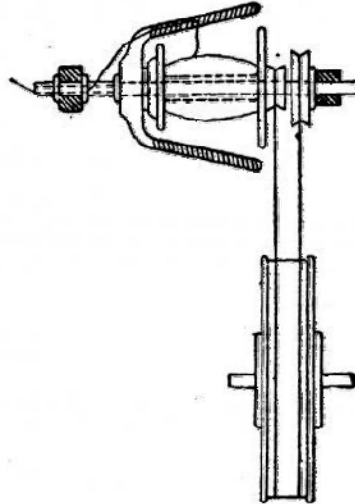


Рис. 1.5. Схема самопрялки

В XVI веке к самопрялке был присоединен ножной педальный механизм. Очень древним по своему происхождению является токарный станок. Он был изобретен уже около 500 г. до нашей эры. Впервые описание станка с суппортом для нарезки винтов встречается в труде Жака Бессона “Театр инструментов”. Впоследствии изобретение суппорта было повторено русским механиком и изобретателем Нартовым А.К. (1693-1756 гг.) (рис. 1.6) и в 1797 г. английским механиком, промышленником Генри Модели (1771-1831 гг.).

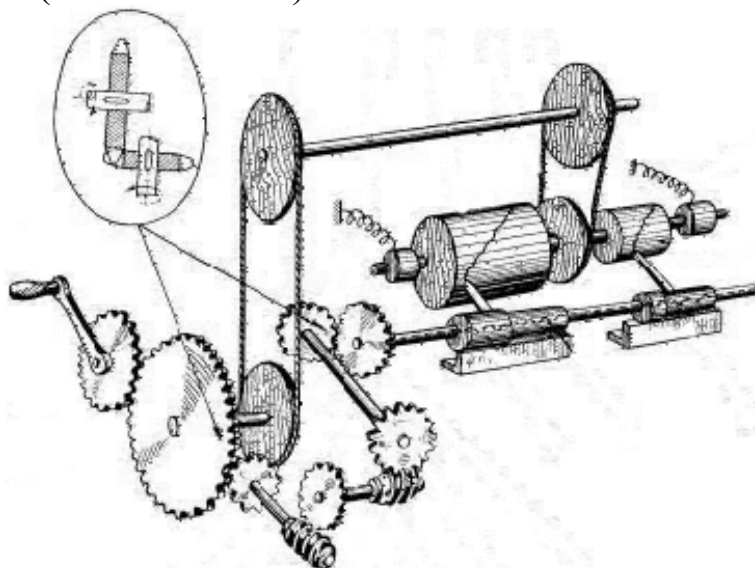


Рис. 1.6. Схема токарного станка Нартова А.К.

Большой вклад в развитие конструкций механизмов внесли: один из предшественников Леонардо да Винчи - Агостино Рамелли; немецкий врач, минеролог и металлург Георг Бауэр (Агрикола 1494-1555 гг.), итальянский врач, математик и механик Джеролано Кардано (1501-1576 гг.).

Агостино Рамелли в своей книге “Различные и искусные машины” описывает устройства, поражающие богатством кривошипно-шатунных механизмов, кулисных устройств, различных типов червячной передачи, зубчатых зацеплений. В своей книге “О горном деле...” (12 книг, изд. 1556г.) указывает, что уже тогда применялось железо для изготовления рам, зубчатых колес, подшипников. Ему уже было известно, что от одного водяного колеса можно привести в действие несколько насосов.

Д. Кардано - один из основоположников кинематики механизмов, один из первых как теоретик стремился глубоко разработать теорию и практику зубчатых зацеплений. Предложил подвес - прообраз карданного механизма.

Начиная с XVI века появляются энергетические установки, прообразы машин автоматического действия. В середине XVI века в Соловецком монастыре игумен Филипп (Колычев Ф.С.) строит систему мельниц, которые мололи зерно, просеивали помол и были крупорушками.

Интересно, что первое описание подобной машины в Западной Европе появляется лишь столетие спустя (книга немецкого иезуита Каспара Шотта).

Первые попытки создания паровой машины относятся к XVI веку, но они не увенчались успехом. Вплоть до середины XVIII века основным источником энергии для больших установок продолжало оставаться водяное колесо.

Лондонская насосная установка, построенная в последней четверти XVI века, служила для снабжения города питьевой водой. Наибольшее колесо в этой установке имело диаметр 10 м и лопасти длиной 5 м.

Во Франции мастер Раннекен Салем под руководством А. де Виля в 1682 г. соорудил установку, которая поднимала воду из Сены и подавала к фонтанам в Версале и Марли. Установка состояла из 235 насосов и 13 колес, диаметр которых достигал 8 м.

Была еще одна установка, менее известная, но по своим масштабам превосходящая все предыдущие. В 80-х годах XVIII

века русским изобретателем К.Д.Фроловым (1726-1800 г.г.) на Колывано-Воскресенских серебряных рудниках была построена Змеиногородская гидравлическая система. Наибольшее колесо в диаметре составляло 17,5 м.

Все изобретения, определившие характер промышленного переворота вплоть до XVIII века, работали в условиях старой энергетики-водяного колеса или силы животных. Новым универсальным промышленным двигателем стала паровая машина. Изобретена она была на рубеже XVII-XVIII веков усилиями многих ученых.

Первую универсальную пароатмосферную машину непрерывного действия создал в 1765 г. русский теплотехник, изобретатель Ползунов И. И. (1728-1766 гг.).

Первую универсальную паровую машину в 1774-1784 г.г. изобрел англичанин Джеймс Уатт (1736-1819 гг.).

Таким образом, промышленность получила универсальный двигатель. Следующим, завершающим этапом промышленного переворота XVIII-XIX веков стало производство машин при помощи самих же машин. Так благодаря развитию инженерного дела возникло направление машиностроение.

1.2. Машины, заменяющие физическую силу человека и его умения

Джеймс Уатт постоянно совершенствовал свою машину и в 1784 г. была построена паровая машина с центробежным регулятором оборотов, что позволило через год использовать ее для привода ткацких станков.

В 1785 г паровая машина попадает в Германию, в 1798-1799 гг. устанавливается на Александровской мануфактуре в Петербурге.

Таким образом, направление машиностроение начало развиваться как наука. В XVIII в. рассчитывать машины не умели, их строили по правилам статики. Впервые указал на то, что основное для машин - движение, великий математик, механик, физик Леонард Эйлер (1707-1783 гг.), швейцарец по происхождению, с 1766 г. академик Петербургской академии наук. Чуть позже французский математик и инженер Гаспар Монж (1746-

1818 гг.) показал, что машина есть совокупность механизмов, названных им элементарными машинами.

В 1808 г. инженер Августин Бетанкур и математик Хосе-Мария Ланц написали первый учебник по курсу построения машин, в котором были учтены 134 механизма. Наш соотечественник, ученый в области теории машин и механизмов Артоболевский И.И., к концу третьей четверти XX века в своем получившем мировую известность справочнике “Механизмы в современной технике” учел 4746 механизмов.

Становление машиностроения стимулировало работу изобретателей над проблемой передачи энергии от паровой машины и распределение ее между станками. С изобретением и введением суппорта станок стал непрерывно действовать с совершенством, недостижимым даже для самой искусной человеческой руки. На заводе изобретателя Г.Модсли была применена уже машинная система производства в форме соединения трансмиссией большого числа рабочих машин, приводимых в движение универсальным тепловым двигателем. Появляются ступенчатые шкивы и гибкие бесконечные ленты.

Особенностью техники машиностроения 30-х, 40-х годов XIX века является повышение точности производства машин. Этот период был целиком связан с работами выдающегося английского станкостроителя Иосифа Витворта (1803-1887 гг.), который ввел в машиностроение принципы и методы точной работы.

Витворт изобрел первую измерительную машину, ввел калибры и добился возможности измерять обрабатываемые поверхности до сотых, а позже и до тысячных долей миллиметра. Г.Модсли сконструировал микрометрический штангенциркуль.

Паровая машина не только удовлетворила настоящую потребность в универсальном двигателе, но и позволила создать механический транспорт.

Особенно большое значение для создания железнодорожного транспорта имели работы шотландского инженера и механика Ричарда Тревитика (1771-1833 г.г.), который первым пришел к идее применения паровых локомотивов на специально устроенных рельсовых путях. В 1803 г. Тревитик сконструировал паровоз, а в феврале 1804 г. провел первое его испытание (рис. 1.7).

Паровоз Тревитика при весе 6 т мог тянуть пять вагонеток, общим весом около 25 т, со скоростью более 5 миль в час.

В 1814 г. сконструировал и испытал свой первый паровоз Джордж Стефенсон (1781-1848 гг.), который в основном и решил проблему создания парового железнодорожного транспорта. В 1829 г. он создает свою знаменитую “Ракету”, которая свободно тянула поезд весом 17 т со скоростью до 21 км в час.

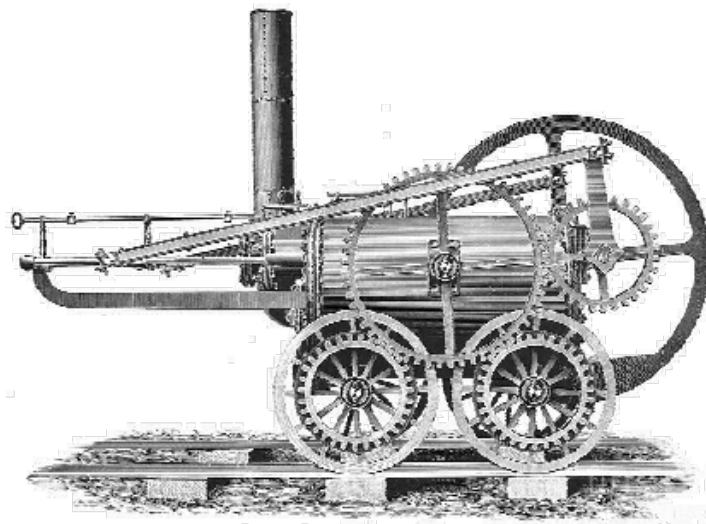


Рис. 1.7. Паровоз Тревитика

В 1834 г. известные русские изобретатели, крепостные отец Черепанов Е.А. (1774-1842 гг.) и сын Черепанов М.Е. (1803-1849 гг.) строят первый российский паровоз. Построенный на Нижне-Тагильском заводе паровоз Черепановых возил состав весом в 3,3 т со скоростью до 16 км/час (рис. 1.8).

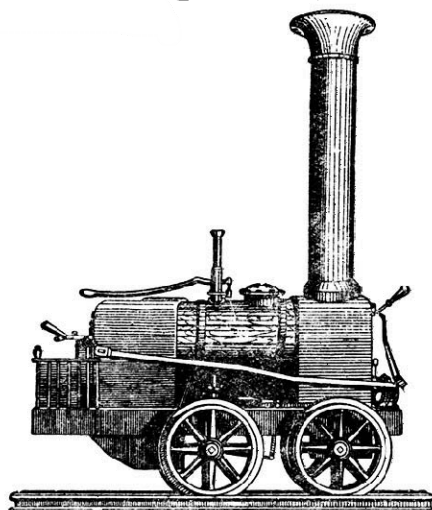


Рис. 1.8. Модель первого паровоза Черепановых

В сентябре 1825 г. была открыта первая в мире сорокакилометровая железнодорожная пассажирская линия Ливерпуль-Манчестер.

Железнодорожное строительство сыграло важную роль в развитии машиностроения. Возможность получения больших заказов на локомотивы, подвижной состав и различное машинное оборудование стимулировали развитие старых и построение новых машиностроительных заводов.

Одновременно происходило становление механизированного водного транспорта. Еще в начале XVIII века французский физик Дени Папен (1647-1714 г.г.) построил лодку, приводимую в движение паром.

В 1736 г. англичанин Джонатан Хольз сделал попытку применения паровой машины Ньюкомена на судах. Однако этот двигатель оказался совершенно не пригодным для этих целей.

В 1787-1788 г.г. американец Д.Фитч построил три парохода, в которых паровой двигатель приводил в движение весла. Однако испытания наиболее совершенного последнего парохода прошли неудачно.

В определенной степени успех сопутствовал англичанину У.Саймингтону, в 1802 г. построившему в Англии буксирный катер “Шарлотта Дандас” (рис. 1.9).

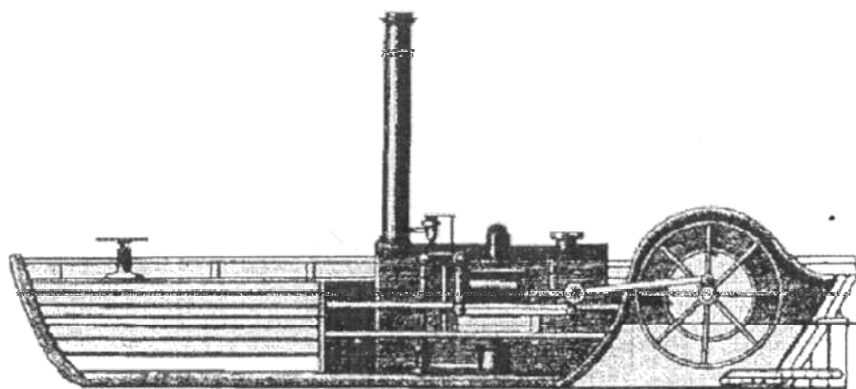


Рис. 1.9. Буксирный катер “Шарлотта Дандас”

Изобретателем первого парохода принято считать американца Роберта Фултона (1765-1815 гг.). В 1807 г. он удачно испытывает колесный пароход “Клермонт” (рис. 1.10), водоизмещением 79 т.

Длина парохода составляла 43 м, двигатель мощностью 20 л.с. приводил в движение гребные колеса диаметром 5 м. Затем он долгое время эксплуатировался на реке Гудзон между Нью-Йорком и Олбани (180 км). Достаточно высокая надежность этого парохода и позволяет считать Фултона изобретателем пароходов.

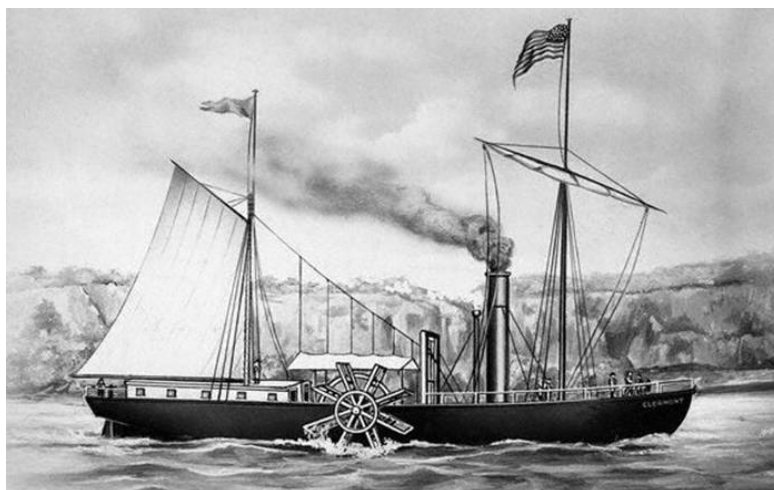


Рис. 1.10. “Клермонт”

В 1818 г. первый пароход пересек Атлантический океан. Это был “Саванна”, имевший длину 30,5 м при ширине 7,9 м.

До конца 30-х годов XIX века пароходы строились с гребными колесами, которые быстро ломались морскими волнами.

Устранить этот недостаток впервые удалось чеху Иосифу Ресселу (1793-1857 гг.). В 1826 г. он впервые изготовил гребной винт и установил его на небольшой лодке грузоподъемностью 5 т. В 1827 г. Рессел получил патент на свой гребной винт (рис. 1.11).

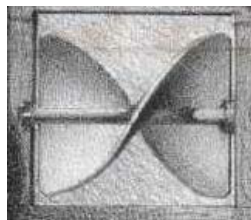


Рис. 1.11. Гребной винт И. Рессела

Первый пароход в России был построен в 1815 г. петербургским заводчиком Бердом.

Паровая машина появляется в сельском хозяйстве.

В 1833 г. в США кузнец Джон Дир создал первый цельностальной плуг.

В 1855 г. английские фермеры Фаулер и Говард выработали наиболее подходящее сочетание паровой машины и плуга, что позволило создать плуг достаточно совершенной конструкции (изображен на рис. 1.12).

В 1822 г. англичанин Генри Огиль построил жатвенную машину, в которой впервые был применен принцип ножниц, принятый во многих современных жатках.

В 1840 г. американский изобретатель Тернер предложил молотилку, в которой зерно не выколачивалось, а вычесывалось.

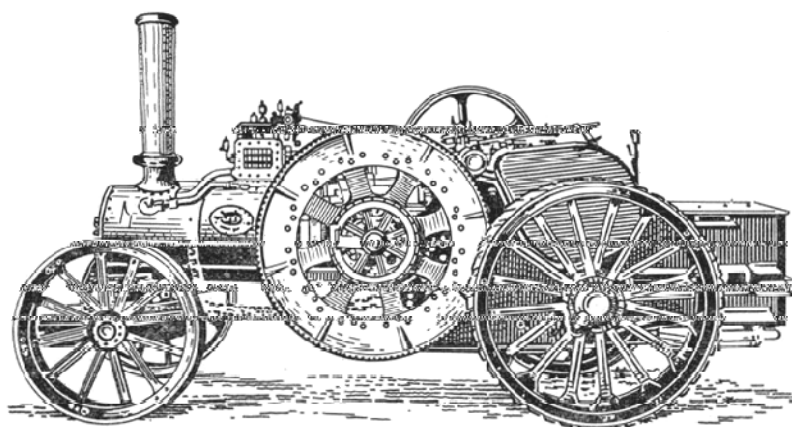


Рис. 1.12. Паровой плуг

Сельскохозяйственные машины стали одной из первых групп технологических машин, в которых существенной частью были пространственные механизмы.

Создается большое количество разнообразного металлообрабатывающего оборудования - токарных, токарно-винторезных, строгальных и зуборезных станков. В 1829 г. Джеймс Несмит улучшил конструкцию фрезерного станка, и он стал одним из главных в металлообработке. Этот же изобретатель в 1843 г. создал паровой молот.

Еще в конце XVIII века начались работы по созданию машин, которые облегчали бы тяжелый труд шахтеров и землекопов. Таким образом, в 1864 г. французский инженер Кувре построил первый многоковшовый экскаватор на железнодорожном ходу, который использовался при проходке Суэцкого канала.

Развитие промышленности требовало и новых видов связи.

В 1832 г. в Петербурге русским ученым П.Л.Шиллингом (1786-1837 гг) была продемонстрирована работа телеграфа.

В 1835 г. американец Морзе предложил телеграфный аппарат, который осуществлял передачу коротких и длинных импульсов, воспринимаемых на приемном аппарате как совокупность точек и тире.

В течение прошлого века паровая машина была основным универсальным промышленным и транспортным двигателем. Однако КПД паровой машины был небольшим, и поэтому творческая мысль ученых и изобретателей неизбежно устремлялась на поиски новых машин-двигателей.

Обозначились три основных направления поисков.

Первое направление: разработка способа непосредственного преобразования энергии топлива в механическую энергию вращающегося вала. Это привело к созданию двигателя внутреннего сгорания, включая двигатель типа дизель.

Второе направление: непосредственное получение вращательного движения с помощью усовершенствования древнейшего принципа машины, заложенного в водяном колесе. Сначала водяная турбина, затем паровая (1883 г. - шведский изобретатель Густав Лаваль (1845-1913 г.г.)), а уже в XX веке - газовая турбина (1904 г. - немецкий инженер Штольце).

Третье направление: освоение нового вида энергии - электрической для получения механической работы. Сначала были созданы генераторы постоянного тока (1869 г., рис. 1.13 изобретатель З.Т. Грамм, 1826-1901 гг.), затем освоен и переменный ток (наиболее близко к этой проблеме в конце XIX века подошел сербский ученый, электротехник Н.Тесла (1856-1943 гг.), считавший наиболее целесообразной в практическом отношении двухфазную систему). Проблема создания электрического двигателя была связана с другой, не менее важной проблемой - передачей электроэнергии на расстояние. Изобретения, которые позволили более рационально решить эту проблему, были разработаны русским инженером М.О.Доливо-Добровольским (1862 - 1919 гг.), который предложил использовать трехфазный переменный ток. В 1890 г. он изобрел трехфазный трансформатор, в 1891 г. - трехфазный асинхронный электродвигатель.

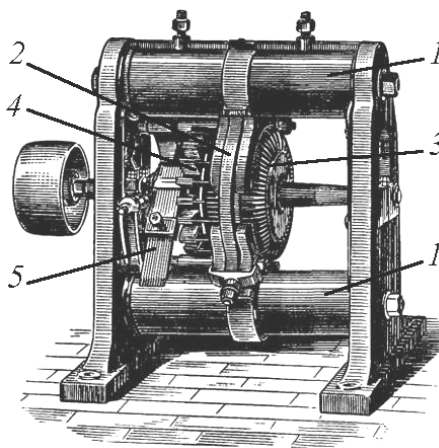


Рис. 1.13. Машина-генератор З.Т. Грамма:

1 - обмотки электромагнитов; 2 - полюсные наконечники, охватывающие кольцевой якорь 3; 4 - коллектор; 5 - токосниматель.

С появлением двигателя внутреннего сгорания (ДВС) в 1886 г. независимо друг от друга два немецких инженера К. Бенц и Г. Даймлер изобретают автомобиль.

Чуть позже был создан летательный аппарат тяжелее воздуха - аэроплан.

Первый аэроплан был создан знаменитым русским изобретателем А.Ф. Можайским (1825 – 1890 г.) (рис. 1.14). В 1876 г. в Петербурге публично демонстрировались в полетах модели А.Ф. Можайского. В 1880 г. он подал заявку на изобретенный им самолет с паровым двигателем (рис. 1.14). Самолет А.Ф. Можайского в 1884 г. оторвался от земли и пролетел небольшое расстояние.

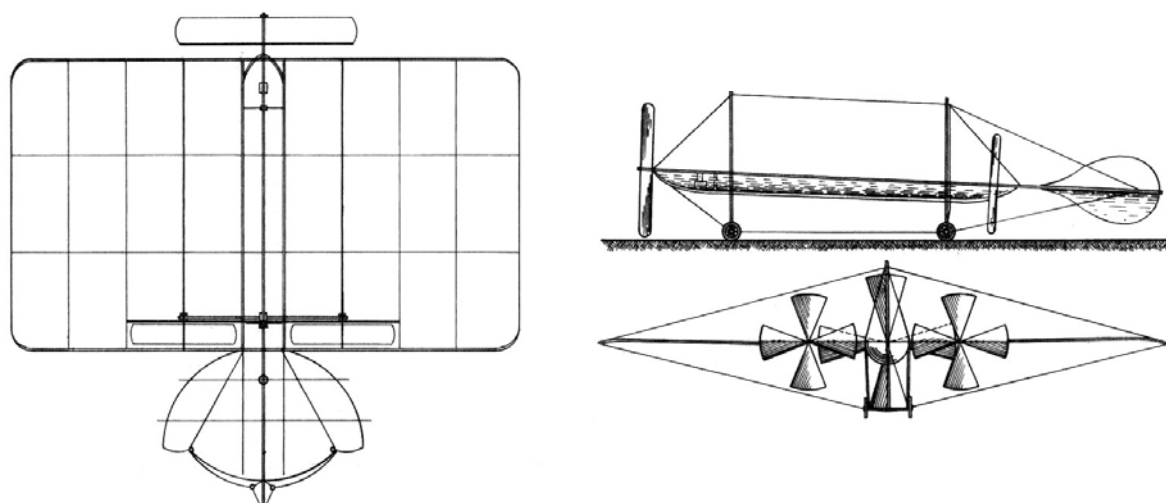


Рис. 1.14. Схема самолета А.Ф. Можайского

В 1892 г. английский конструктор Г. Филинж создал первый большой аэроплан, поднявшийся без человека в воздух.

В 1898 г. известный американский изобретатель станкового пулемета Максим Хайрем (1840 – 1916 гг.) построил большой аэроплан, который, однако, при первом же полете потерпел аварию.

В 1903 г. в воздух поднялись американские изобретатели братья Уилбер (1867 – 1912 гг.) и Орвилл Райт (1871 – 1948 гг.). На аэроплане собственной конструкции они установили четырехцилиндровый двигатель внутреннего сгорания. Их полет длился 53 с.

В 1909 г. француз Луи Блерио (1872 – 1936 гг.) на аэроплане собственной конструкции впервые в мире пролетел через пролив Ла Манш.

Большой вклад в создание авиационной техники принадлежит великому русскому ученому Н.Е. Жуковскому (1847 – 1921 гг.). В 1904 г. Н.Е. Жуковский сделал открытие, послужившее основой всего дальнейшего развития современной аэродинамики. В работе “О присоединенных вихрях”, доложенной 15 ноября 1905 г. на заседании Московского математического общества, Жуковский дал формулу для определения подъемной силы крыла, которая являлась основой всех аэродинамических расчетов самолетов.

Так началось зарождение еще одной отрасли машиностроения - авиастроение.

Развитие новых отраслей промышленности обусловило рост станкостроения. Уже в начале XX века появляются специализированные станки. Значительное развитие получило прессовое оборудование, приводимое в движение паром с пневматикой. Все большее значение приобретает электропривод. Повсеместно возникают специальные фабрики по производству электроэнергии. Возникает новая индустрия электротехника и как одна из составляющих - электротранспорт.

Еще в 1879 г. фирма “Сименс и Гальске” на промышленной выставке в Берлине построила первую опытную электрическую железную дорогу.

В 1881 г. вблизи Берлина была пущена первая трамвайная линия протяженностью около 2,5 км.

В России регулярная эксплуатация трамвая началась в Киеве в 1892 г.

Начиная с 1901 г. электричество используется на пригородных линиях Парижа.

В 20-х годах начинается электрификация железных дорог США, Франции, Италии, Германии, СССР.

В 1934 г. в Венгрии была осуществлена электрификация железнодорожных линий на однофазном токе промышленной частоты.

Развитие энергетического машиностроения влияло и на другие отрасли машиностроения. Высокие скорости, большие давления, высокие температуры и высокая прочность потребовали новых конструкционных материалов. Развитие самолетостроения выдвинуло дополнительные требования максимального снижения веса всех элементов самолета. Все это стимулировало развитие металлургии и металлургического машиностроения.

К концу XX века у доменной печи изменилась конструктивная форма: из каменной и громоздкой, обладающей низкими технико-экономическими показателями, она превратилась в довольно совершенное металлическое сооружение.

В 1856 г. английский изобретатель Генри Бессемер (1813 - 1898 гг.) получил первый патент на усовершенствованный метод плавки чугуна, что позволило создать новый способ получения ковкого железа и стали (так называемое бессемирование чугуна). Первый завод с бессемеровскими конвертерами был построен в Шеффилде (Англия) в 1858 г.

В 1864 г по проекту французского металлурга Пьера Мартена была построена первая в мире мартеновская печь.

Одна из первых мартеновских печей в России была построена в 1870 г. на Сормовском заводе.

В 1878 г. появляется томасовский конвертер (по имени английского металлурга Сиднея Томаса (1850-1885 гг.).

Первый прокатный стан построен в 1854 г. в Германии на заводах Круппа.

В 1892 г. в США по предложению братьев Л. Уорк и Дж. Уорк был построен универсальный прокатный стан, усовершенствование которого привело к созданию в США новых мощных прокатных станов-блюмингов и слябингов.

Развитие металлургии способствовало возникновению металлографии - науки о строении металлов, а также ряда других научных дисциплин.

Выдающуюся роль в развитии науки о металлах сыграл русский ученый Д.К. Чернов (1839 – 1921 гг.). Его работы о структурных превращениях в стали при различных температурах, опубликованные в 70-х годах XIX века, и положили начало металлографии.

Развитие науки о машинах имело большое значение для машиностроения. В начале века русский ученый В.П. Горячкин (1868 – 1935 г.г.) начал разрабатывать "земледельческую механику", ставшую основой для теории резания металлов. Построение станков получает научную основу.

Первая мировая война переключила машиностроителей на производство оружия и военной техники.

Уже в 1915г. сложилось три рода военной авиации: разведывательная, истребительная и бомбардировочная.

В 1903 г. капитан французской армии Левассор предлагает первый проект вездеходной бронированной боевой машины: был изобретен броневик.

В 1911 г. в Петербурге русский инженер В.Д. Менделеев предложил свой оригинальный проект бронированной машины - прообраз танка.

В 1915 г. в Англии и России строятся первые танки. 15 сентября 1916 г. на р. Сомме (Франция) англичане впервые применили их во время боевых действий.

Совершенно очевидно, что революция в промышленности на рубеже XIX-XX веков была бы немыслима без изобретения новых, более прогрессивных средств связи и информации.

Вслед за изобретением телеграфа французский художник Луи-Жак Дагерр (1787-1851 г.г.) в 1839 г. изобретает свой способ фотографирования.

С развитием теории электричества, в частности теории электромагнетизма, была создана научная база для изобретения телефона. Первым образцом телефонного аппарата был прибор, сконструированный немецким физиком Филиппом Рейсом в 1861 г.

В 1876 г. американский техник А. Белл (1847 – 1922 г.г.) создал телефон и получил патент на первую конструкцию телефона, по которому уже была возможна удовлетворительная передача человеческого голоса (рис. 1.15).



Рис. 1.15. Телефон А.Г. Белла

В 1877 г. американский изобретатель Томас Алва Эдисон (1847-1931 г.г.) изобретает фонограф, на основе которого возникает граммофон и другие приборы, применяемые при механической звукозаписи.

В 1895 г. французский изобретатель Луи-Жан Люмьер (1864-1948 г.г.) при участии брата Огюста (1862-1954 г.г.) создал аппарат для съемки и проецирования “движущихся фотографий”, первый пригодный к практическому использованию киноаппарат, получивший название кинематографа.

7 мая 1895 г. русский ученый А.С. Попов (1859 – 1906 г.г.) на заседании Русского физико-математического общества в Петербурге впервые продемонстрировал радиоприемник.

В 1913-1914 г.г. уже появляются новые приемо-передающие устройства.

В 20-х годах XX века повсеместно начинает механизироваться сельское хозяйство. К этому времени в США и Канаде были изобретены машины, в которых были совмещены функции жатки-косилки и молотилки, впоследствии эти машины были названы комбайнами.

30-е годы XX века – это время резкого скачка в развитии кузнечнопрессового оборудования, без которого было бы невозможным прессовое производство машин. Это оборудование позволяло существенно экономить труд и снижать металлоемкость. Детали, изготовленные на прессах, почти не требуют дополнительной станочной обработки.

Структура машин и механизмов в 30-40-е годы XX века претерпевает некоторые изменения: в качестве структурных элементов в их состав, кроме чисто механических жестких и гибких элементов, начинают входить жидкие, газообразные, электромагнитные, а затем и электронные элементы.

1.3. Вычислительные машины, заменяющие умение человека, его физические, интеллектуальные функции

Вторая мировая война внесла значительные изменения в развитие машиностроения.

В начале войны первой задачей была защита городов от сокрушительных ударов с воздуха. Одним из удачных решений этого вопроса явилось совмещение зенитной артиллерии с радаром, появившемся впервые в 1935 г. в СССР. Кроме обнаружения самолетов при помощи радара, их необходимо и сбивать. Это выдвинуло задачу управления огнем. Большие скорости вызывали

необходимость вычисления машиной элементов траектории движения зенитных снарядов.

С этой целью в 1943 г. в США в Пенсильванском университете создается первая в мире электронная цифровая вычислительная машина “ЭНИАК”. Эта машина предназначалась для расчета траекторий снарядов и бомб, но она могла решать и некоторые другие задачи. Через несколько лет электронно-вычислительные машины (ЭВМ) появилась и в СССР. ЭВМ произведенные в СССР в 80-х годах XX века по техническим характеристикам превосходили машины произведенные Intel (США) того же периода.

С появлением вычислительных машин была решена одна из важнейших задач современной техники, позволившая непосредственно перейти к решению сложных проблем автоматизации технологических процессов, производства и управления, сооружения машин нового типа. У таких машин появляется еще одна функция, свойственная человеку: они начали выполнять некоторые логические операции.

За короткое время эти машины претерпели существенные изменения - они уменьшились в размерах, во много раз выросла скорость вычислительных операций и т.д.

Овладение быстродействующими ЭВМ является одной из составляющих глубокого революционного процесса, охватывающего весь мир и называемого научно-технической революцией.

Прежде всего, это дало сильнейший толчок в развитии мировой энергетики. 27 июня 1954 г. в СССР была введена в строй первая в мире ядерная электростанция. В конце 50-х годов XX века в Харькове были сооружены паровые турбины мощностью 100 МВт, а к 70-м годам мощность паровых турбин увеличилась в 13 раз.

Необычайно широкие возможности открылись для развития авиации. С заменой поршневых двигателей на турбореактивные, реактивные, турбовинтовые (50-е гг.) уже в 1951 г. американский экспериментальный самолет “Скайрокет” достигал скорости свыше 2500 км/час. В 1961 г. советский летчик-испытатель Г.К. Мосолов на самолете Е-66 с турбореактивным двигателем устанавливает рекорд высоты - 34200 м.

В 1955 г. создан первый в мире современный реактивный пассажирский самолет ТУ-104. Скорость более 800 км/час. В сентябре 1956 г. впервые в мире было открыто регулярное пассажирское сообщение на самолетах ТУ-104.

4 октября 1957 г. стал особой вехой на пути развития человечества. В этот день в СССР был запущен первый искусственный спутник Земли.

12 сентября 1959 г. в СССР была запущена космическая ракета, которая впервые в истории человечества достигла Луны.

12 апреля 1961 г. навсегда останется одним из самых знаменитых событий в истории человечества. В первое космическое путешествие ушел гражданин СССР Юрий Алексеевич Гагарин, ставший во всем мире космонавтом номер 1.

В 1970 г. на Луну был доставлен с помощью автоматической межпланетной станции советский самоходный аппарат «Луноход-1».

Все эти события были началом нового направления - космической техники, которое в конце XX начале XXI столетия развилось в важное универсальное направление.

Применение ЭВМ в наземной технике позволило начать выпуск машин-гигантов. Так, например, в 60-е годы XX века на Новокраматорском заводе был начат выпуск роторных экскаваторов производительностью 3000 м³/ч, а в следующем десятилетии - уже 5000 м³/ч.

Многие из них являются так называемыми “шагающими”. Шагающим механизмам принадлежит большое будущее: такая машина может пройти и по бездорожью, и по пересеченной местности.

В 70-х годах XX века в СССР была построена машина для диагностики врожденных пороков сердца. С этой машины началось внедрение ЭВМ и в медицинскую практику.

ЭВМ превращает науку в производительную силу, позволяет развиваться таким направлениям, как информатика (наука, изучающая структуру и общие свойства информации, вопросы, связанные с ее сбором и хранением), бионика (наука об особенностях строения организмов для создания новых приборов, механизмов, систем и т.д.), генная инженерия, исследующая возможности изменения биологической природы живого существа. Мечты о создании механического человека встречаются еще в греческой мифологии, в работах средневековых алхимиков.

С появлением ЭВМ в 50-х годах XX века появляются первые роботы и манипуляторы. Первый патент на промышленный автомат получен в конце 50-х годов в США. Там же всего за несколько лет были созданы первые образцы таких машин. Вскоре они попали в Японию. Теперь Япония - ведущая страна по производству промышленных роботов (рис. 1.16), в котором занято более ста фирм.

Логическим продолжением этого направления стали заводы-автоматы, как высшая форма гибкого автоматизированного производства, управляемого центральной ЭВМ. Первый в мире автоматический завод по производству поршней, на котором использовались автоматические поточные линии, был построен в СССР в 1949 г.



Рис. 1.16. Промышленные роботы

Как уже отмечалось ранее, машины являются как бы усовершенствованными органами человека и, как мы видим из проведенного обзора, принципиальное подобие между живым обществом и его механическим отображением все время возрастает. В особенности это относится к машинам с искусственным интеллектом, самообучающимся машинам. Совершенно очевидно, что в ближайшее время появятся новые классы ЭВМ. Есть все основания полагать, что в ближайшем будущем искусственный интеллект будет создаваться не на электронной, а на биологической нейтронно-волоконной основе.

2. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ КОНСТРУКЦИИ АВТОМОБИЛЯ

В специальной литературе историю конструирования автомобиля принято делить на три периода. Период до первой мировой войны называется изобретательским, когда главной задачей была материализация идеи, создание действующих машин и обобщение опыта. Следующий период (примерно до 40-х годов XX века) - инженерный. В это время были разработаны основы теории и расчета автомобиля, стали возможны быстроходные, комфортабельные машины, их массовое производство. Третий период - дизайнерский, на передний план выдвинулись проблемы соответствия машины запросам потребителя, удобство и безопасность пользования ею, ее технические качества.

Однако развитие конструкции автомобиля началось еще задолго до его официальной даты рождения - 1886 г. Все началось с колеса. Оно известно примерно с середины 4000 лет до н.э. (Месопотамия - Двуречье, Западная Азия). До этого человек знал, кроме пешего хождения и хождения по морю, еще два вида передвижения - верховую езду и перемещение тяжестей на волокушах из шестов, веток и шкур. Возможно, что конструкцию колеса подсказали людям бревна-катки, с помощью которых перемещали каменные блоки пирамид и прочие тяжелые грузы. Как правило, все древнейшие колеса составные, из двух-трех сегментов, соединенных планками (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Древнейшие колеса

Позднее для облегчения колеса в сегментах стали делать вырезы или составляли диск в виде решетки из брусьев, располагая их лучеобразно или крестообразно.

Так пришли к спицам, ступице и ободу, составному колесу из брусьев либо гнутому из дерева в распаренном состоянии.

С появлением колеса, появляются одноосные арбы, иногда их сцепляли по две. Получалась двухосная повозка, обладавшая, однако, худшей проходимостью, чем одноосная. Когда быков заменили лошадьми, родились колесницы. Сначала они предназначались для торжественных выездов, прогулок и соревнований, затем их приспособили и для других целей: земледельцы - для вывоза урожая, кочевники - в качестве походных жилищ и т.д.

Колесницы были весьма разнообразны: двух- и многоместные, двух- и четырехколесные, открытые и с балдахином, простые и роскошно отделанные.

Общая деталь всех колесниц - колеса, свободно посаженные на концы не вращающейся оси. На более древних повозках, да и на позднейших, вплоть до железнодорожных локомотивов и вагонов, оба колеса вращаются вместе с осью, и на крутых поворотах одно из них проскальзывает, так как ближнее к центру поворота совершает меньший путь, чем внешнее. У колесниц они вращались независимо одно от другого, не буксовали.

Принцип независимого вращения колес одной оси стал обязательным и для автомобилей.

С упадком Римской империи и распадом Европы на малые феодальные княжества развитие безрельсового транспорта затормозилось на целое тысячелетие. Езда в средневековой колымаге была подлинным мучением и на них главным образом возили грузы.

В XV веке был сделан решающий шаг в развитии повозок: кузов подвесили через ремни к загнутым концам рамы. Растягиваясь и покачивая кузов, ремни смягчали толчки колес.

В XVI-XVII веках появились кузова с кожаными боковинами тента, а затем с жесткой крышей и застекленные. Застекленную карету называли берлиной. К концу XVII века вместо ремней появились стальные рессоры.

Большой вклад в развитие конструкции конных экипажей внесли мастеровые дореволюционной России, гужевого транспорта которой в последних десятилетиях прошлого века составлял около 1 млн. единиц.

В течение многих столетий совершенствовались конно-тяговые повозки. Их строили, словно бы подготавливая создание автомобиля. Следы его экипажного прошлого и сейчас можно найти в устройстве колес, тормозов, подвесок, названиях кузовов.

Несколько слов об экипажных и автомобильных названиях. Мы называем рессоры и пружины автомобиля подвеской, обтекаемые панели на колесах - крыльями, хотя его кузов не подвешен к раме, как у карет, а его крылья не имеют ничего общего с дребезжащими брызговиками экипажей. Колеса автомобилей, конечно, не такие, как у экипажей. Но у них есть и шины, и ободья, а иногда и спицы. А детали кузова? Тут и каркас, и обивка, и сиденья, и замок. Все это есть и в автомобиле, и в экипаже.

Присвоены автомобильным кузовам и названия (рис. 2.2). А термин “седан”, принятый для кузовов многих автомобилей - еще более древний, чем слово карета.

Оставила след в автомобильной терминологии и “лошадиная сила”. Она сохранялась до недавнего времени как мерilo мощности, пока не приняли общую единицу - киловатт (около 4/3 лошадиной силы).

Таким образом, в процессе развития конных экипажей фактически были подготовлены кузов и многие другие механизмы автомобиля. Но лучше было бы, если бы экипаж стал самодвижущимся, безлошадным.

Начиная с XV века, появлялись десятки самодвижущихся (развлекательных или военных) экипажей и их проектов. Тут и конструкции великого Леонардо Да Винчи, которые приводились в действие слугами, шагающими рядом с повозкой или находящимися на ней самой, а также проект гениального художника и ученого - пружинный автомобиль, который по принципу действия напоминает заводные игрушки для детей. Это и повозка германского художника Альбрехта Дюрера со всеми приводными колесами - если одно попадает в грязь и скользит, то другие продолжают катить повозку (прообраз полноприводного автомобиля повышенной проходимости). В середине XVIII века русским умельцем Шамшуренковым была изготовлена и опробована “самобеглая коляска”, которая управлялась двумя слугами, находящимися на той же коляске.

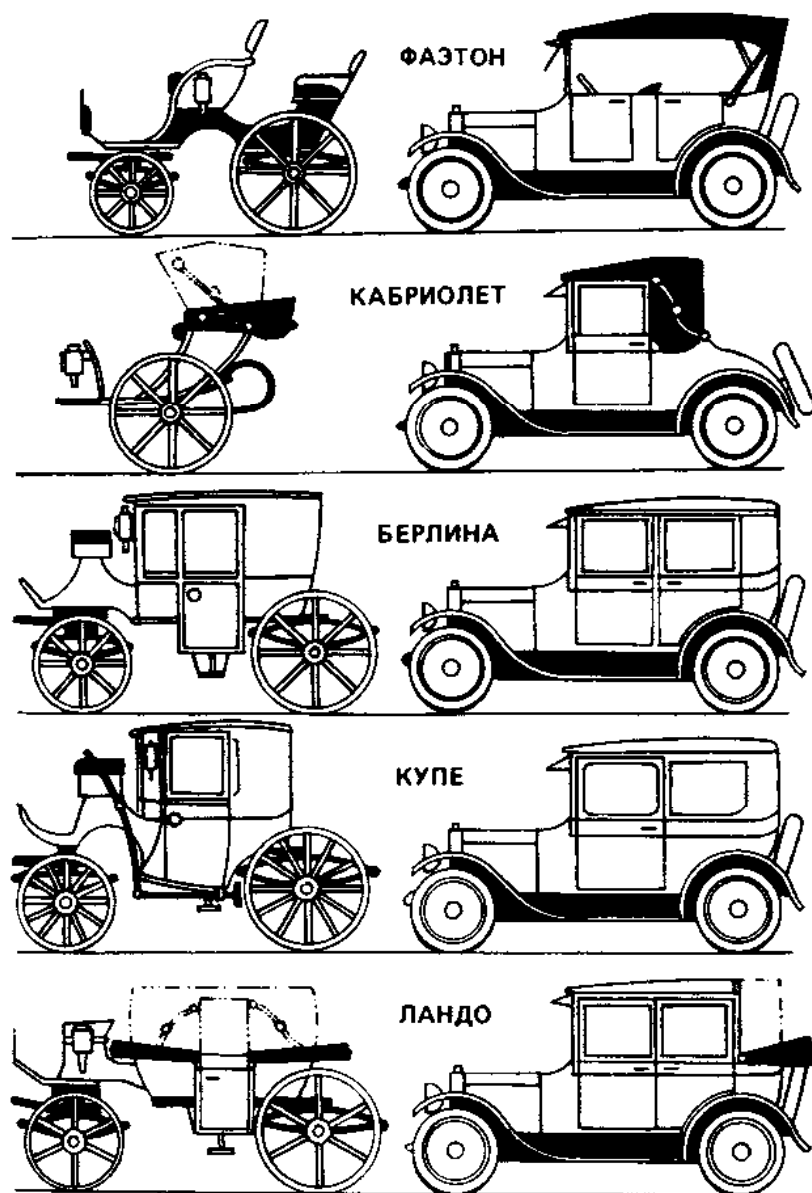


Рис. 2.2. Названия кузовов карет и автомобилей

Еще более совершенным мускульно-силовым экипажем была “самокатка” выдающегося русского механика И.П.Кулибина, созданная в 1791 г. Слуга, который приводил ее в движение, находился сзади, “на запятках”. Ступая на педали, он толкал тяги, которые передавали усилие на зубчатое колесо храпового механизма, насаженного на ось маховичной массы (рис. 2.3).

Хотя И.П.Кулибин создавал всего-навсего очередную “диловину”, предназначенную для прогулок по аллеям парка, он поставил перед собой те же задачи, которые стоят и в наше время перед конструкторами автомобилей: сделать работу коляски плавной, обеспечить ее работу не только по ровным, но и по пересеченным дорогам, и на подъемах.

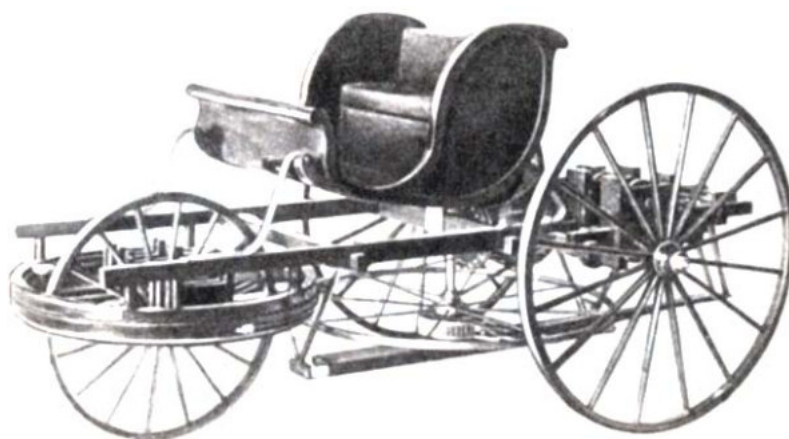


Рис. 2.3. Самокатка И.П.Кулибина

Для чего в ней были установлены коробка передач, большой маховик, который обеспечивал плавность хода, своеобразные роликовые подшипники качения. Было также устройство свободного хода, благодаря чему водитель мог отдыхать во время движения коляски по инерции.

Однако подобные мускульно-силовые самокаты не получили распространения. Правильное решение легкого самоката, настолько легкого, чтобы человек передвигался на нем своими силами достаточно быстро, найдено было немецким изобретателем Карлом Фридрихом Драйзом в 1816г. Он заменил самокатом не экипаж, а верхового коня, построил машину, похожую на будущий велосипед.

Машину называли “беговой”. Она была легкой и надежной, катилась со скоростью до 15 км/ч. Во второй половине XIX века беговую машину снабдили педалями и резиновыми бандажами (шинами), заменили деревянные колеса стальными с проволоочными спицами, а сплошные деревянные и железные рамы - трубчатыми, применили шарикоподшипники.

Позже стали монтировать цепную передачу и применять дифференциал, изобретенный в 1877 г. Джемсом Старлеем и почти одновременно французом Анри Пекером.

Усовершенствование велосипеда, особенно применение в его конструкции шарикоподшипников, пневматических шин и дифференциала, имели в дальнейшем большое значение и для автомобиля. Так, например пневматическая шина, изобретенная англичанином Уильямом Томсоном в 1845 г. (была забыта и вновь изобретена Джоном Денлопом в 1888 году), смягчала удары колеса на неровностях дороги. С ее применением стало возможным делать

все детали машины с меньшим запасом прочности и менее тяжелыми; езда стала не такой утомительной. Это преимущество стало ощутимо после изобретения быстросъемной шины с камерой французом Эдуардом Мишлен в 1891 г..

Внимание конструкторов самодвижущихся экипажей привлекала и такая могучая сила природы, как ветер.

Ветросиловые повозки строились вплоть до середины XIX века. Наиболее удачной из таких конструкций может считаться повозка голландца Стэвина, созданная в XIX веке. Он успешно курсировал с пассажирами по ровному морскому побережью, где дули сильные ветры. Однако ветряные экипажи, неманевренные и зависящие от поведения ветра, на суше так и не прижились. Только современные спортивные парусные сани-буера напоминают нам о коротком отрезке пути, по которому шло человечество, развивая свои сухопутные средства передвижения (рис. 2.4).



Рис. 2.4. Повозка голландца Стэвина

Великий физик И. Ньютон в 1680 г. предлагал построить реактивный автомобиль. Реактивную тягу должен был создавать пар, выходящий из котла через узкое сопло. Идея Ньютона в принципе была правильной, но исследователь не обратил внимание на то, что мощность струи должна быть намного выше, нежели могли создавать примитивные котлы того времени.

2.1. Изобретательский период истории конструкции автомобиля

Первым практически действовавшим паровым автомобилем считается “паровая телега” француза Николя-Жозефа Кюньо (рис. 2.5).

Телегу изготовили в 1769 г. Некоторые ее технические данные. Вес телеги 1 т, столько же пришлось на долю самой паровой машины.



Рис. 2.5. Паровая телега Н. Кюньо

Машина предполагалась как мощная тяговая сила для артиллерийских орудий и перевозки снарядов. Телега перевозила до 3 т грузов, передвигалась со скоростью 2-4 км/ч. Вся паровая машина располагалась на передней поворотной тележке и в действие приводились передние колеса, поэтому с управлением такой машины могли справиться не менее двух человек. Несовершенство паровой машины как таковой, да и всей конструкции в целом привело к тому, что на испытаниях произошел несчастный случай, вызвавший поломку паромобиля. Парижане не желали видеть его на своих улицах, а машина была сдана в Консерваторию наук, искусств и ремесел.

Кюньо имел многочисленных последователей. “Век пара” породил еще несколько десятков подобных самоходов. Их изобретали в разных странах. Внесли свою лепту в развитие паровых автомобилей и русские исследователи. Так, в 1830 г. лафетный мастер Янкевич предложил проект “парового быстрогоката”. Проект предусматривал использование оригинального для того времени котла с дымогарными трубами, что значительно снижало массу машины. Скорость паромобиля, по расчетам автора, должна была составлять не менее 30 км/ч.

В 1837 г. группа исследователей во главе с инженером Гурьевым выступила с предложением о создании сухопутных пароходов в России. Этим досконально разработанным проектом предусматривалось строительство специальных дорог “колесопроводов” между крупными городами страны. По дорогам должны были курсировать паровые тягачи с прицепами - вагонами. Сама дорога должна была представлять собой две широкие колеи, вымощенные деревянными шашками, поставленными торцами на основу. Такая дорога была бы дешевой, поскольку ее изготовление предполагалось из местных материалов. Но, к сожалению, все эти интересные проекты не были реализованы.

Классической страной сухопутных пароходов стала Англия. Здесь уже в середине прошлого века встречались самые разнообразные конструкции паромобилей, от небольших слабосильных машин до настоящих гигантов, перевозивших до полусотни пассажиров вместе с их имуществом.

Таковыми были четыре “паровика” Голсуорси Брнея, которые совершали регулярные рейсы и наездили в 1831 г. 6 тыс. км. Таким был и первый омнибус Уильяма Черча (1832 г.) (рис. 2.6).



Рис. 2.6. Омнибус У.Черча

Самым удивительным в нем были два больших колеса - по одному спереди и сзади, при помощи которых он маневрировал, и два боковых, которые придавали ему устойчивость. Машина курсировала более или менее регулярно на линии Лондон -

Бирмингем и вмещала 50 человек. Скорость этого паровика достигала 16 км/ч.

Какое-то время паровые автомобили успешно развивались во Франции (рис. 2.7). Их двигатели были оснащены керосиновыми горелками вместо угольных топок, стали более легкими и мощными.

Леон Серполле (1858-1907 г.г.) заменил котел с длинной многократно изогнутой трубой-змеевиком. Запас воды мог быть уменьшен, змеевик быстро разогревался. На паровых повозках начали применять эластичные шины, рулевую трапецию, дифференциал, цепной и даже карданный привод от паровой машины к ведущим колесам.

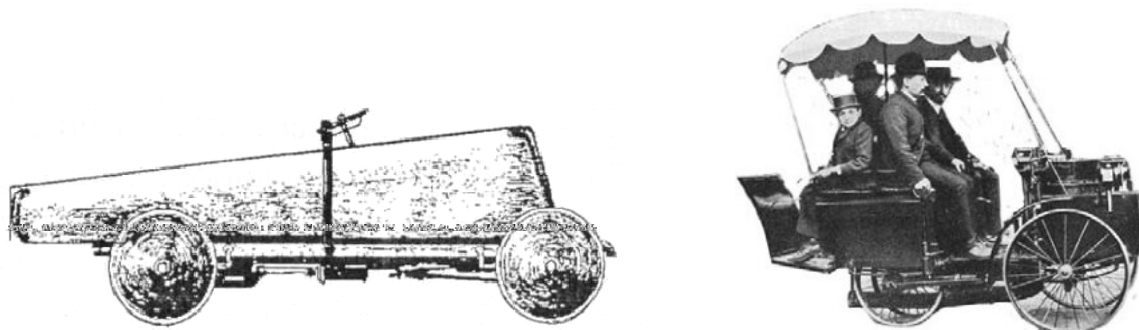


Рис. 2.7. Паровые автомобили

Все описанные выше механизмы можно найти в конструкциях Андре Болле (1844 - 1917 гг.) и его сына. Автомобили Болле развивали скорость до 38 км/ч и были очень похожи по компоновке на будущий классический автомобиль. В них предвосхищены даже такие конструктивные элементы, как независимая подвеска колеса и металлический кузов, получившие распространение та автомобилях лишь в 30-х годах XX века.

Однако паровой двигатель XIX века имел много недостатков. Один только старт парового автомобиля требовал большой ловкости и отнимал много времени. В пути машинист должен был следить за уровнем воды в котле, через каждые 30-40 км его нужно было заправлять.

Паровая машина была недостаточно надежна и практически недоступна для массового потребителя.

Автомобиль потребовал другого двигателя, двигателя компактного, легко запускающегося, экономичного. Таким двигателем стал двигатель внутреннего сгорания.

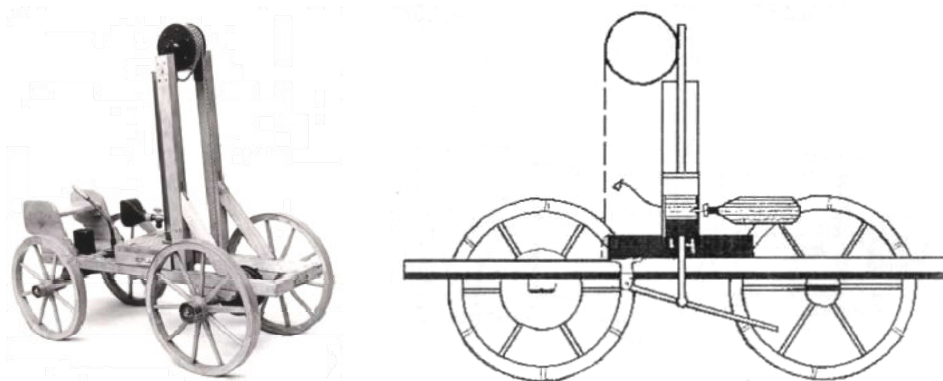


Рис. 2.8. Повозка конструкции И. де Ривса

Одним из предшественников такого двигателя является конструкция Исаака де Ривса (рис. 2.8), которая защищена патентом в 1807 г. В конструкции Ривса имелся вертикальный цилиндр в виде ствола. В нем размещался своеобразный поршень-“пуля”. Когда заряд пороха (по некоторым источникам - светильного газа) под поршнем взрывался от электрической свечи, поршень поднимался вверх, и через систему тяг это движение передавалось на колеса повозки, на которой устанавливался цилиндр. Повозка проехала всего несколько метров.

В целом идея была правильной. Но порох явно неподходящее топливо для автомобильного двигателя. И во второй половине XIX века внимание исследователей привлек светильный газ. Первую работоспособную конструкцию ДВС, который работал на этом газе, создал французский механик Этьен Ленуар в 1860 г. Николай Август Отто совершенствует его. Но газовым двигателям не суждено было стать двигателями первых автомобилей.

В 1885 г. Готлиб Даймлер получил патент на четырехтактный двигатель, который мог работать на бензине. Частота вращения вала двигателя Даймлера была в 4-5 раз больше, чем у газовых двигателей, и достигла 450-900 об/мин, а мощность на 1 л рабочего объема вдвое больше. Соответственно могла быть уменьшена масса. К транспортной специфике добавим закрытый картер двигателя, заполненный смазочным маслом и защищавший подвижные части от пыли и грязи. Охлаждению воды в окружающей двигатель “рубашке” способствовал пластинчатый радиатор. Для пуска двигателя служила заводная рукоятка.

Однако есть основания полагать, что создание первого ДВС связано с именем нашего соотечественника, морского офицера О. Костовича. Человек технически широко образованный, он в

конце 70-х годов XIX столетия создал проект дирижабля, которому решил дать название “Россия”. В качестве двигательной установки для воздушного гиганта Костович предложил ДВС собственной конструкции, который работал на бензине. Оригинально и смело задуманный двигатель был многоцилиндровым. Это давало возможность при сравнительно небольшой массе получить мощность 80 л.с. (59 кВт) и обеспечивало большую плавность работы. Восемь цилиндров были расположены горизонтально.

Двигатель имел электрическое зажигание, в нем была придумана водяная система охлаждения. В 1882 - 1884 годах этот двигатель был изготовлен на Ахтырской судовой верфи. Ныне он сохраняется в Москве, в музее авиации и космонавтики им. Жуковского.

Создание первых автомобильных двигателей Г.Даймлера тесно связано с Россией.

В официальной фирменной (1935 г.) биографии Г.Даймлера сказано: “В 1881 г. Г.Даймлер объездил Россию, чтобы на месте познакомиться с нефтью...”. 1882 г. стал поворотным в жизни Даймлера, этот год можно считать годом рождения автомобильного двигателя, хотя сам двигатель был готов только в следующем году.

Почему именно путешествие в Россию понадобилось Г.Даймлеру для осуществления его замыслов? В России уже работал завод по перегонке сырой нефти в керосин. Химик А.А.Летний провел эксперименты и доказал, что перегонка нефти и ее остатков через раскаленные железные трубы дает различные продукты, в частности, такое горючее, как бензин. Легкое нефтяное топливо было как раз тем, что искал Даймлер для экипажного двигателя. Кроме того, он ознакомился с машиностроительной техникой, побывал в городах Москва, Тула, Киев, Одесса, Харьков.

С появлением ДВС имелось все необходимое для создания легкого самодвижущегося экипажа-автомобиля.

Зарегистрировано 416 патентов на почетный титул изобретателя автомобиля. Однако из них наиболее заметный след в истории создания автомобиля оставили не более пяти.

Зигфрид Маркус (1831-1898 гг.) создал в 1875 г. повозку, способную ездить без помощи лошади (рис. 2.9). З.Маркус предложил интересные решения отдельных механизмов машины, например, карбюратор.

Джордж Селден (1846-1932 гг.) в 1879 г. сделал патентную заявку на устройство автомобиля. Однако, поскольку в его конструкции двигатель был смонтирован на передней оси и поворачивался вместе с ней, принято считать машину Селдена не автомобилем, а повозкой с моторным передком.

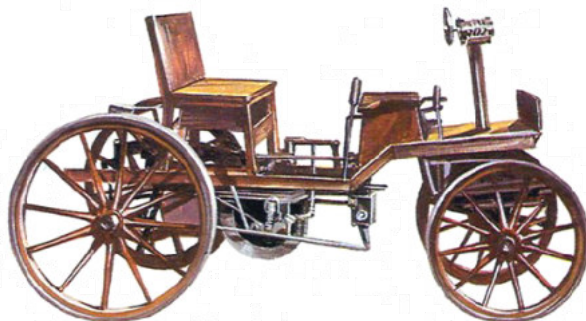


Рис. 2.9. Первый прообраз автомобиля

Эдуарде Деламааре-Дебутвиле (1856-1901 гг.) в 1881 г. получил патент на повозку с приспособленными к ней механизмами. Существует лишь копия, воссозданная уже в наши дни по патентному схематическому чертежу.

Высокой чести изобретателей автомобиля удостоены Готлиб Даймлер (1834-1900 гг.) и Карл Бенц (1844-1929 гг.). Оба построили действующие самодвижущиеся повозки в 1885 г. и в 1886 г. уточнили патенты. К.Бенц построил трехколесную машину, первая машина Г.Даймлера была двухколесной, а вторая четырехколесной (рис. 2.10).



Рис. 2.10. Первые автомобили

Таким образом, 1886 г. стал годом рождения автомобиля. В некоторых публикациях того времени упоминается фамилия промышленника А.И.Путилова, который в 1882 г. с группой инженеров создал самодвижущийся экипаж с бензиновым двигателем.

Приводится факт, что будто в одном из приволжских городов авторы демонстрировали свою разработку в действии. Однако достоверных источников, которые подтвердили бы реальность существования автомобиля А.И.Путилова нет, поэтому исследователи, говоря об истории автомобиля, ограничиваются только упоминанием об этом изобретателе. Первым автомобилем, который вообще появился в России, считается автомобиль марки Панар-Левассор, который в 1891 г. разъезжал по улицам г. Одессы.

Первым российским автомобилем считается конструкция лейтенанта военно-морского флота Евгения Александровича Яковлева (1857-1898 г.г.) (рис. 2.11), созданная им в 1896 г. совместно с горным инженером Петром Александровичем Фрезе, владельцем каретных мастерских. Машина демонстрировалась на Всероссийской художественной выставке в Нижнем Новгороде и по тем временам нисколько не уступала иностранным образцам.

Одноцилиндровый четырехтактный двигатель способен был развивать скорость до 21 км/ч; зажигание от батарей сухих элементов. В отличие от иноземных образцов, в нем регулировалась подача не топлива, а топливо - воздушной смеси. Оригинальными были также клапанная группа, тормоза с ручным и ножным управлением.



Рис. 2.11. Автомобиль конструкции Е.А.Яковлева и П.А.Фрезе

К концу XIX века (рис. 2.12) в технически развитых странах, появилось многообразие транспортных средств. Автомобильный парк США был таким: 22% всех выпущенных механических

экипажей составляли бензиномобили, 38% - электромобили и 40% - паромобили. Но уже к 1910 г. доля двух последних сократилась до 1% (рис. 2.12).

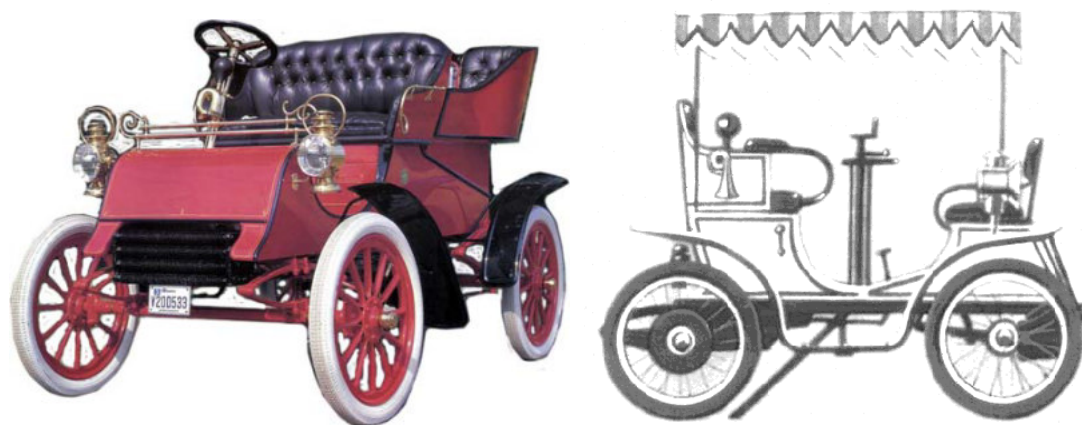
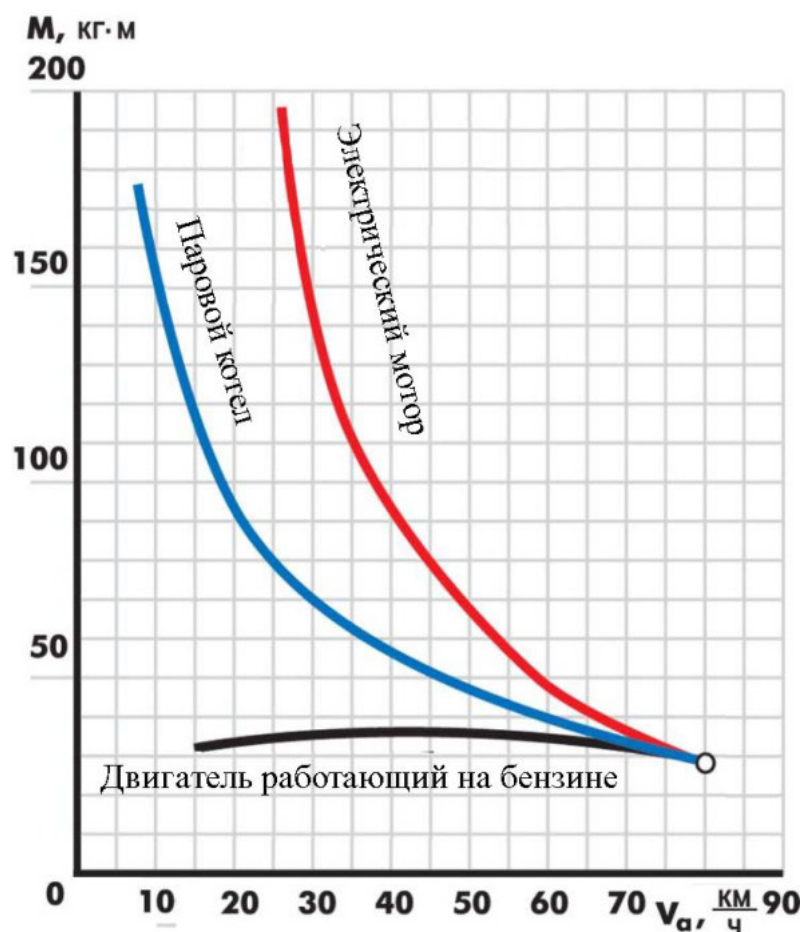


Рис. 2.12. Легковые автомобили конца XIX века

Объясняется это тем, что соперники бензинового двигателя не имели сложных систем зажигания и коробки передач в трансмиссии. У паровой машины и электродвигателей усилие на выходном валу увеличивается с уменьшением частоты вращения, т.е. нет необходимости увеличить усилия с помощью коробок передач при трогании экипажа с места и разгоне, при движении по бездорожью (рис. 2.13). Отсюда и простота управления - нет педали сцепления и рычага коробки передач. Простота конструкции и управления, надежность немногих движущихся частей, бесшумность, а для электромобиля еще и бездымность были главными преимуществами “соперников”. Кроме того, показатели удельной энергоемкости силовых установок примерно были одинаковы. В начале XX века бензиновый двигатель быстро совершенствовался. И уже к 1905-1910 гг. его удельная энергоемкость в 4-5 раз была выше, чем у его конкурентов. Таким образом, с начала XX века бензиновый двигатель для автомобиля практически стал самым удобным и выгодным.

До конца XIX века для автомобиля типична компоновка с двигателем, расположенным сзади (под сиденьем), и с ременным приводом от него на поперечный вал, далее цепной привод на задние колеса (рис. 2.14).



2.13 Внешние скоростные характеристики двигателей



Рис. 2.14. Автомобиль конца XIX в.

Но уже в 1890-х годах главный конструктор французской фирмы “Панар-Левассор” предложил новую компоновку автомобиля: двигатель и радиатор расположены впереди, усилие через сцепление и коробку передач передается на промежуточный вал, а от него цепями на задние колеса. Сцепление состояло из двух конических дисков, которые можно сближать. В коробке передач находилось два вала с набором шестерен различных диаметров.

Вводя в зацепление ту или иную пару шестерен, можно изменять частоту вращения вторичного вала и величину передаваемого колесам усилия. Эта так называемая классическая компоновка в общих чертах сохранилась и до наших дней.

В первом десятилетии XX века сложилась специфическая конструкция автомобиля. В США доминировали простые по устройству, дешевые автомобили, в Европе - машины спортивного типа.

Конструкторы изобретали все новые формы кузовов.

Настоящая революция в автомобилестроении была совершена Генри Фордом, который впервые организовал выпуск модели «Форд-Т» на конвейере.

Форд установил на модель “Т” небольшую (до 1000 дол.) цену, но выпускал десятки тысяч, потом миллионы машин в год. В течение 19 лет почти в неизменном виде выпускалась эта модель, и по дорогам земного шара таких автомобилей ездило больше, чем всех остальных.

Наряду с простейшими (рис. 2.15), сравнительно дешевыми автомобилями вроде “Форда”, “Олдсмобилей” или “Пежо”, все большую роль играли так называемые “представительские”. Их достоинства: надежность, комфорт, тщательная отделка (рис 2.16).

До 1910 года автобусов и грузовых автомобилей (рис. 2.17), по выражению журналистов, действительно полезных, было немного. Не всегда они успешно конкурировали с конными повозками.

Постепенно из платформы (с двигателем под ней), как например на грузовике конструкции русского инженера Луцкого (рис. 2.18), выпускавшегося с 1896 г. на заводе Даймлера в Европе и Лесснера в России, и фургончика на легковом шасси (рис.2.17) вырос грузовой автомобиль, из омнибуса - автобус.

Начинает зарождаться специальный и специализированный транспорт. Так, идею сменных кузовов, впервые реализованную на почтовых дилижансах в Париже в 1842 г., в 1902 г. подхватила немецкая фирма “Дюркопп”. Она создала легковой автомобиль, владелец которого мог заменить по своему усмотрению открытый кузов на закрытое купе.

В 10-х годах XX века некоторые небольшие фирмы, чтобы противостоять конкуренции более сильных компаний, предлагали легковые машины, у которых всю заднюю часть можно было заменить на другую.

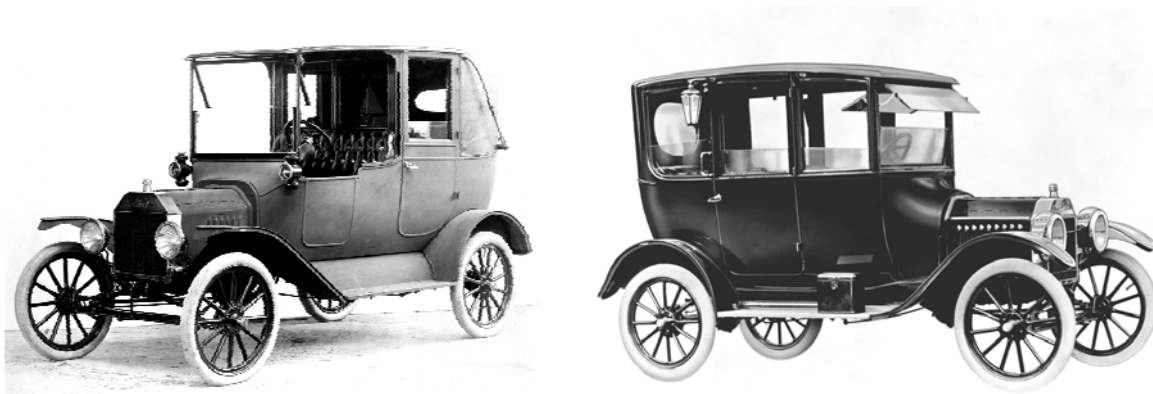


Рис. 2.15. Автомобили начала XX в.



Рис. 2.16. Легковые автомобили начала XX в.
“представительского” класса



Рис. 2.17. Грузовые автомобили начала XX века

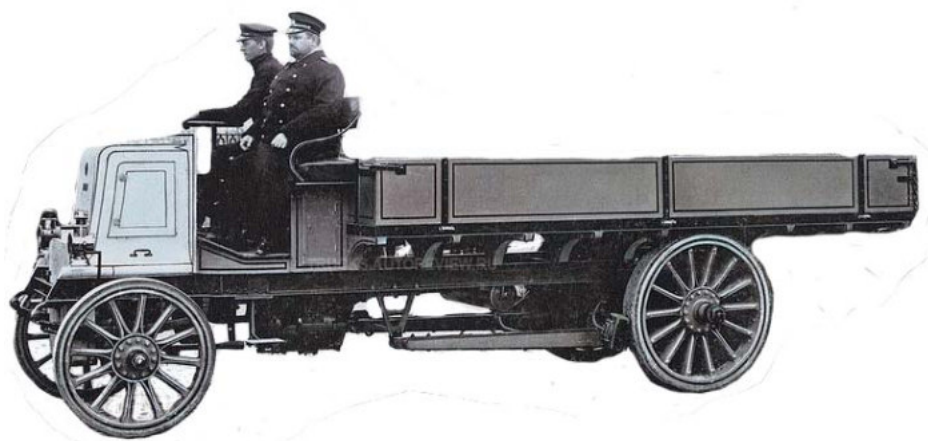


Рис. 2.18. Автомобиль Луцкого

Ее снимали с шасси вручную и взамен ставили (например, на зиму) закрытый кузов, а летом - открытый, для выездов можно было поставить более комфортабельный кузов “лимузин”, а потом на его месте смонтировать грузовую платформу, превратив автомобиль в пикап. Сменные кузова применяли, например, на чехословацких легковых автомобилях “Прага-Альфа” в 20-х годах XX века (рис. 2.19).

В 10-е годы XX века появляются и первые сменные кузова для грузовиков. Главная цель их создания - повышение универсальности машин и расширение выполняемых ими функций.

Например, в 1919 г. немецкая фирма “Магирус” на своем стандартном грузовике предлагала два типа кузова - бортовую грузовую платформу и цистерну. Этот принцип пользовался особой популярностью в 20-е-30-е годы XX века. Актуален он и в наши дни.

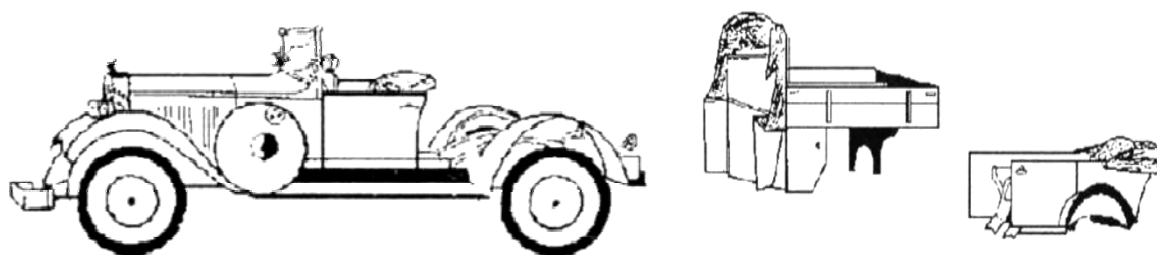


Рис. 2.19. Легковой автомобиль “Прага-Альфа”
со сменными кузовами

В России появляются первые в мире автомобили повышенной проходимости. В 1909 г. видный изобретатель, живший и работавший в Петербурге француз Адольф Кегресс (1879-1944 гг.),

предложил использовать широкую ленту из верблюжьей шерсти (сегодня ее назвали бы гусеницей), натянутую между барабаном, который прикреплен к заднему колесу, и дополнительным роликом (рис. 2.20).

Каждую зиму в окрестностях Царского Села под Петербургом А.Кегресс испытывал переоборудованный им автомобиль “Мерседес”. Вместо задних колес у него были гусеницы (с 1913 г. - резиновые), а рядом с передними - лыжи. Таким образом, машина имела низкое давление на опорную поверхность и могла уверенно двигаться по зимним дорогам.

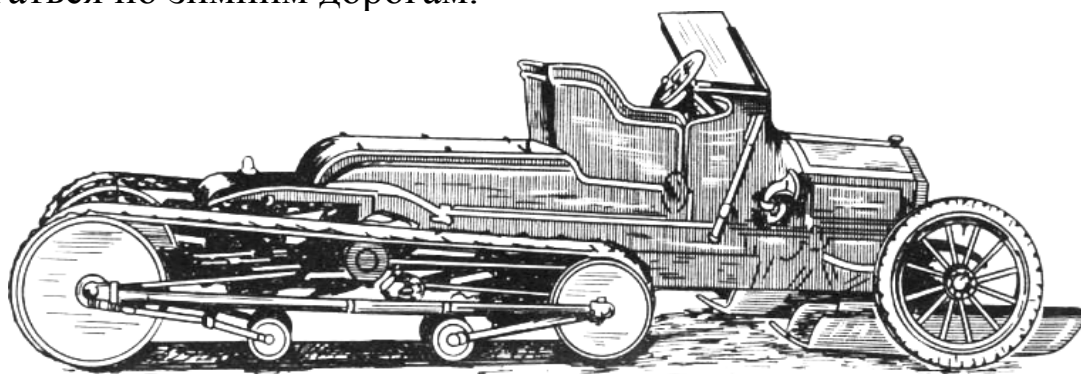


Рис. 2.20. Автомобиль с полугусеничным движителем А.Кегресса

Ежедневные усовершенствования позволили создать надежную конструкцию, и в 1914 г. на Русско-Балтийском военном заводе в Риге была заложена первая партия полугусеничных автомобилей. Чуть позже такие же автомобили выпускались и на Путиловском заводе.

Итак, к концу первого десятилетия XX века в основном сложилась компоновка автомобиля, которая практически дошла неизменной до сегодняшних дней (см. рис. 2.21).

По мере совершенствования автомобилей они все меньше похожи на экипажи и велосипеды, заводские станки, стационарные двигатели и другие машины.

2.2. Инженерный период истории автомобиля

В 20-е годы (см. рис. 2.22) автомобилем американца был “Форд-Т”, среднего европейца – “Ситроен”, “Остин” и “Адлер”, “Татра”, “Лянча”, принципиально новые “Ганомат” с задним расположением двигателя, “ДКВ” с приводом на передние колеса.

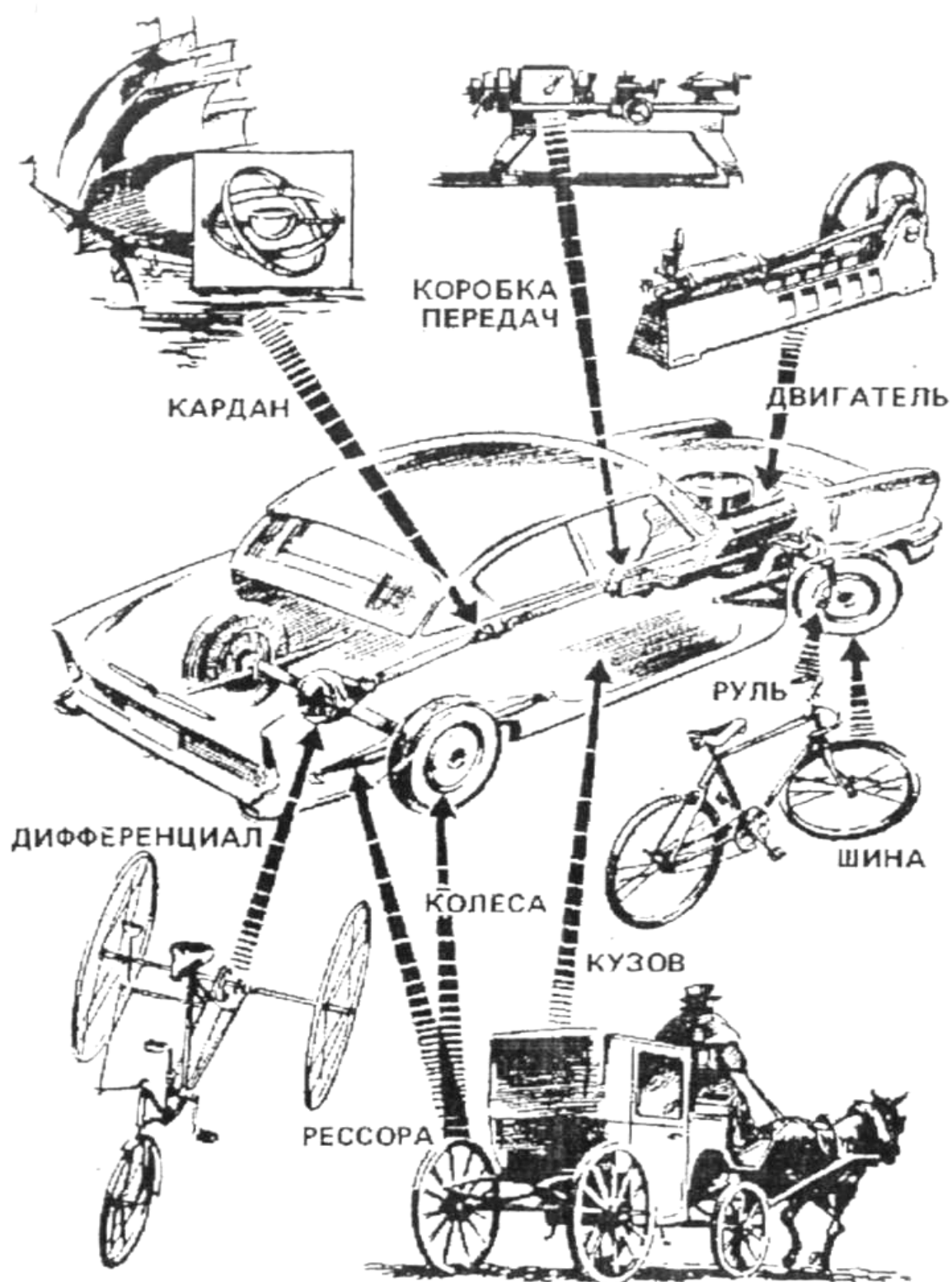


Рис. 2.21. Автомобиль и его предшественники

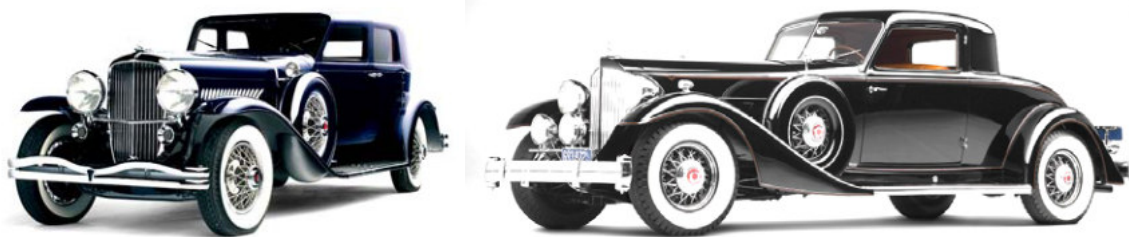


Рис. 2.22. Легковые автомобили 20-х годов

В 1917 г. на автомобилях “Коламбия” (США) впервые в мировой практике стали применять жалюзи радиатора.

В 1918 г. - на моделях “Мерсер” (США) впервые появились амортизаторы двустороннего действия.

В 1919 г. - французский филиал “Испано-Сюиза” применил усилители тормозов на легковых автомобилях. В Европе начали конвейерную сборку автомобилей марки “Ситроен” (Франция).

В 1920 г. - впервые на автомобилях “Дюзенберг” (США) применен гидравлический привод тормозов.

В 1922 г. начали серийный выпуск автомобиля с несущим кузовом и телескопическими амортизаторами “Лянча-Лямда” (Италия). Завод “Рено” первым начал серийное изготовление трехосных грузовиков повышенной проходимости.

В 1925 г. швейцарская фирма “Ойтикер” создала тормозной замедлитель, встроенный в выпускную систему грузовиков. В Париже на Елисенких полях испытан управляемый по радио автомобиль “Рено”.

В 1926 г. - в Англии применена гидромурфта, в Германии и Франции разработаны шарниры равных угловых скоростей.

В 1927 г. - во Франции впервые в мире изготовлена партия автомобилей с рамой из алюминия.

В 1928 г. - завод “Кадиллак” (США) первым стал оснащать коробку передач своих машин синхронизаторами.

1930 г.- фирма “Армстронг” (Англия) построила первый опытный восьмиколесный сочлененный автомобиль.

В конструкции и архитектуре больших машин 20-30-х годов XX века возникло много оригинальных дизайнерских идей (рис. 2.23).

Совершенствуются все системы и узлы автомобиля.

В 1932 г. Ф.Порше (Германия) запатентовал торсионную независимую подвеску колес.

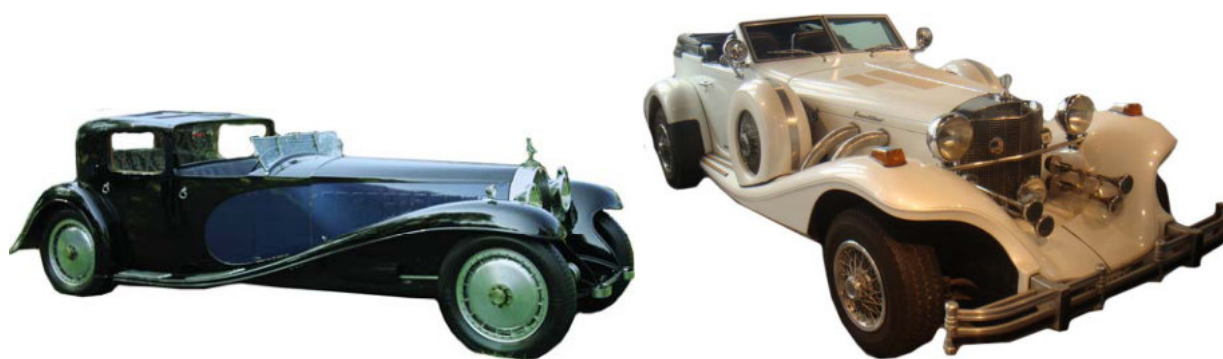


Рис. 2.23. Большие легковые автомобили 20-30-х гг. XX века

1933 г. - английские заводы “Лейланд” и “Тай” начали выпуск грузовиков с колесной формулой 8х8.

В 1934 г. начали массовое производство переднеприводных легковых автомобилей “Ситроен-Траксьон-аван” с несущим кузовом и торсионной подвеской колес.

В 1936 г. завод “Даймлер-Бенц” моделью “260Д” положил начало серийному производству легковых дизельных автомобилей. В Германии началось серийное производство «плавающих» автомобилей.

1938 г. - в Англии приступили к экспериментам по использованию на автобусе “Лейланд” водородного топлива.

В связи с увеличением скорости все большее значение придавали обтекаемости автомобиля. В 30-х годах развитие пресового производства и понижение центра масс автомобиля для обеспечения его устойчивости открыли дорогу обтекаемым кузовам (рис. 2.24).

В 1940 г. - проведены испытания легкового армейского автомобиля с колесной формулой 4х4, который взяли за основу заводы “Бантам”, “Виллис”, “Форд”. С этого времени ведут историю автомобили типа «Джип» (рис. 2.25).

В 1941 г. в Советском Союзе впервые в мире начался серийный выпуск полноприводного (с колесной формулой 4х4) легкового автомобиля ГАЗ-64, позже ГАЗ-67Б (рис. 2.26).

Поворотливый, благодаря короткой базе, автомобиль-разведчик преодолевал любые препятствия и при этом шел достаточно плавно. Знаменитый “Виллис” серийно начал выпускаться лишь в 1942 г., через год после ГАЗ-64. В отличие от “Виллиса” ГАЗ-67Б свободно вмещал четырех бойцов в зимней одежде с полной выкладкой.



Рис. 2.24. Обтекаемые легковые автомобили
30-х годов XX века



Рис. 2.25. Виллис-МВ

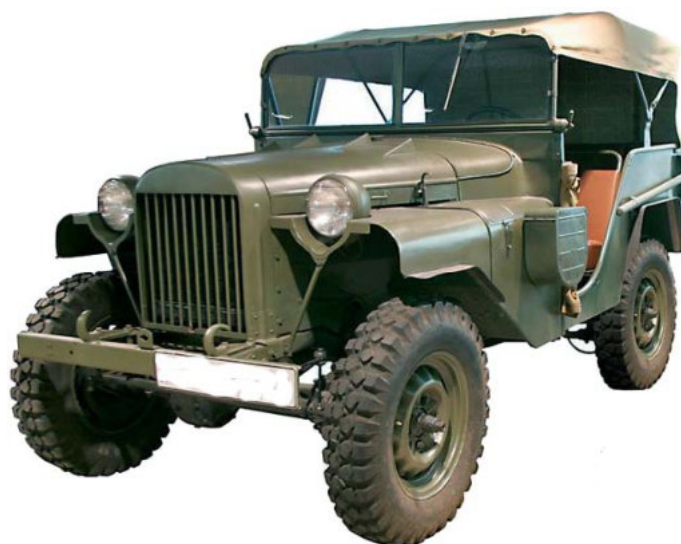


Рис. 2.26. Джип ГАЗ-67Б

Наиболее характерными, с точки зрения дизайна и конструктивных особенностей, для легковых автомобилей 30-40-х годов XX века являются модели “Ситроен 7CV” и “Фиат-500” (рис. 2.27).



Рис. 2.27. Легковые автомобили “Ситроен 7CV” и “Фиат-500”

В 30-е годы автомобилестроение возвращается к газовому двигателю. Газобаллонный автотранспорт получил развитие, как в Европе, так и в Америке. Одним из основных преимуществ газа является возможность повышения степени сжатия в двигателе. Это приводит к тому, что уменьшается износ двигателя, более однородна топливовоздушная смесь, кроме того, сгорание газа приводит к менее шумной, бездымной работе двигателя. Одновременно появились автомобили, позволяющие использовать для газового двигателя твердое топливо путем установки на автомобиле специального газового генератора (рис. 2.28).

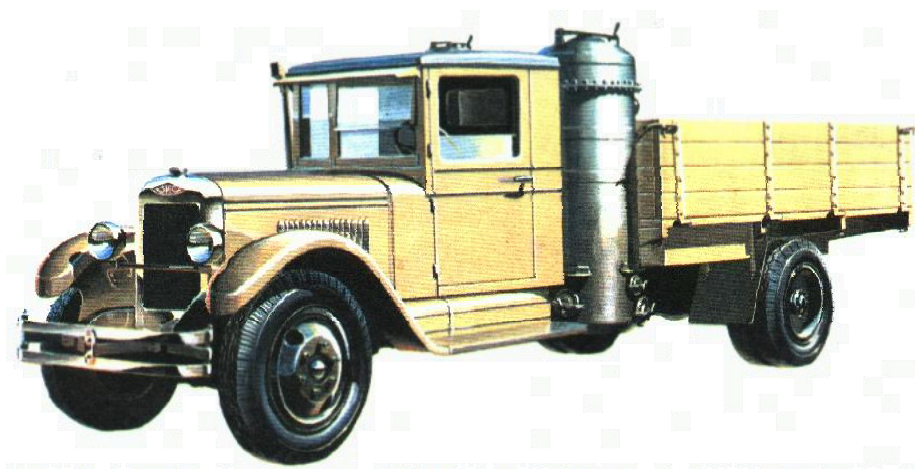


Рис. 2.28. Грузовой автомобиль 30-х годов XX века (ЗИС-21)

2.3. Дизайнерский период

По праву можно считать, что дизайнерский период в истории развития конструкции автомобиля был открыт учеными, инженерами и конструкторами Советского Союза. Советский Союз первым среди стран, участвовавших в войне, подготовился к выпуску новых, послевоенных моделей автомобилей.

19 июня 1945 г. в Москве состоялась демонстрация опытных образцов ГАЗ-20, ГАЗ-51, ЗИС-110, ЗИС-150, ЯАЗ-200.

В 1946 г. произошло событие, оставившее свой след в мировом автомобилестроении вплоть до наших дней. Начато серийное производство первого в мире автомобиля с формой кузова без выступающих крыльев - ГАЗ-20 “Победа” (СССР) (рис. 2.29).



Рис. 2.29. Автомобиль ГАЗ-М20 “Победа”

“Победа”- не просто еще один новый автомобиль. Это для своего времени принципиально новая конструкция. Новизна заключается в самой схеме машины и в устройстве ее главного агрегата - кузова. В пространстве между пружинами независимой подвески колес установлен двигатель, радиатор смещен вперед. Вслед за двигателем сместились сиденья, заднее почти полностью вышло за пределы колесных кожухов и расширилось. Стал шире и весь кузов, колеса углубились в его корпус, убраны выступающие крылья. Все механизмы крепятся не к раме, а к несущему кузову. Машина стала ниже. Ее масса распределилась поровну между всеми колесами.

Нечто подобное сделано на некоторых довоенных автомобилях, например, “Крайслере-Эрфлоу”. Но ни один конструктор массовых автомобилей не использовал всей ширины автомобиля. Если и были попытки построить “бескрылые” автомобили, то лишь для штучных или мелкосерийных моделей. Новизна компоновки сочетается в конструкции “Победы” с мягкой подвеской колес, вентиляцией и отоплением, отличной маневренностью, мощными тормозами.

Форму кузова “Победы” предложил молодой дизайнер В. Самойлов. Нет необходимости утверждать, что зарубежные фирмы копировали “Победу”. Возможно, они сами пришли к

такому же решению. Несомненно, однако, что все массовые автомобили с передним расположением двигателя, появившиеся после “Победы”, построены по ее схеме. Есть среди них и такие, которые по внешнему виду невозможно отличить.

Послевоенная Европа перестраивала свою промышленность на мирный лад. И пока шла эта перестройка, покупатели довольствовались наряду с устаревшими моделями автомобилей еще и несовершенными машинами-эрзацами. Имела успех, например итальянская “Изетта”, - шарообразная карета на четырех колесах (рис. 2.30). Другой пример – “Мессершмитт”, выпускавшийся в Западной Германии бывшим авиационным заводом (рис. 2.31).



Рис. 2.30. Легковой автомобиль “Изетта”



Рис. 2.31. Автомобиль "Мессершмитт"

Он напоминает самолет-разведчик: единственный пассажир сидит позади водителя, для доступа в кузов нужно откинуть плексигласовый колпак и перешагнуть через борт. Но подобного рода мотоколяски в ряде стран продержались не более десяти лет.

Начался современный период развития автомобиля, названный выше дизайнерским.

В 50-60-х годах XX века в США на первый план выдвигали внешнюю привлекательность автомобиля (рис. 2.32). Едва ли не каждый год менялись формы кузовов: то с обилием хромированных украшений, то с высокими хвостами-килями, то с заходящими на

боковины, в ущерб доступу в кузов и жесткости его конструкции, панорамными ветровыми стеклами. Каждая новая модель, как правило, оказывалась мощнее, длиннее, тяжелее и дороже предыдущей. Легковые автомобили приобретали все более спортивный характер: малое число мест при большой длине и сверхмощном двигателе. Вместе с тем появились очень мягкие подвески и сиденья, автоматические трансмиссии, кондиционеры, магнитофоны и т.д.



Рис. 2.32. Легковые автомобили США 50-60-х гг. XX века

В Европе в этот период хотя и в незначительных количествах, но также выпускались легковые автомобили престижного класса, например автомобиль Роллс-Ройс “Фантом V” (рис.2.33).



Рис. 2.33. Автомобиль Роллс-ройс "Фантом-V"

Более распространенными были автомобили среднего класса с рабочим объемом 1.8-3.5 м³. Представителем этого класса является «Ситроен DS-21» (рис. 2.34). Автомобиль имел гидропневматическую подвеску и продержался в производстве почти 25 лет.



Рис. 2.34. «Ситроен DS-21»

Но все, же главным направлением европейского автостроения стало создание компактных и легких автомобилей, нередко называемых “народными”. У самого распространенного из них это название даже стало его маркой – “Фольксваген” (рис.2.35). В отличие от американских машин, сохранявших классическую схему, большая часть европейских уже тогда была построена по схеме “двигатель в блоке с ведущим мостом” (передним или задним). По этому принципу с тех пор строятся наиболее массовые автомобили.



Рис. 2.35. Компактные европейские автомобили 50-60-х гг. XX века

“Фольксваген” принадлежал к той же конструкторской школе, что и “Татра” - двигатель сзади, воздушное охлаждение, два ряда цилиндров, подвеска колес независимая торсионная, вместо рамы хребтовидная труба. Его выпуск, достигший за четверть века мирового рекорда - более 20 млн. штук, прекращен в Европе лишь в 1973 г. Однако, его выпуск продолжен в ряде развивающихся стран. Очень популярными в Европе на этот период в этом же классе были автомобили “ФИАТ-500” и “Ситроен-2CV”.

В переднеприводных машинах ценили низкий уровень пола кузова, способность проходить повороты без снижения скорости. Но слабым местом оставались шарниры передних полуосей. Чем больше заданный угол поворота колес, тем сложнее и прочнее должны быть шарниры. Приходилось ограничивать угол, ухудшая маневренность автомобиля. Кроме того, сцепление ведущих передних колес с дорогой уменьшалось из-за перераспределения масс как раз в тот момент, когда следовало его увеличить: на подъемах, при трогании с места. Чтобы ослабить этот эффект, конструкторы отодвигали задние колеса от передних. Маневренность еще более ухудшалась, увеличилась масса автомобиля и расход топлива.

Выход из этого положения нашел главный конструктор фирмы “Моррис”. Созданный им автомобиль “Мини” сдан в производство в 1959 г. и продержался на западном рынке почти 30 лет.

Конструктор разместил двигатель поперек между передними колесами, нагрузка на них увеличилась, корпус кузова занял место вплотную к ним, что позволило предоставить пассажирам 4/5 длины кузова.

В 60-х годах переднеприводные автомобили составили уже 20% всего европейского рынка, заднемоторные- 60%. Классическая компоновка несколько отступила.

Среди больших машин европейского автомобилестроения периода 50-60-х годов XX века необходимо отметить некоторые экспериментальные образцы: “Арбиль-Симметрик” с электроприводом всех колес, “Мерседес-Бенц” с наклонным блоком цилиндров двигателя, “Чизиталия” с открывающимися вверх дверями- крышами спортивного типа, газотурбинный автомобиль английской фирмы “Ровер”, продемонстрированный в 1950 г. (рис. 2.36). В 1952 г. испытывался газотурбинный двигатель “Боинг” (США), установленный на 10-тонном грузовике.

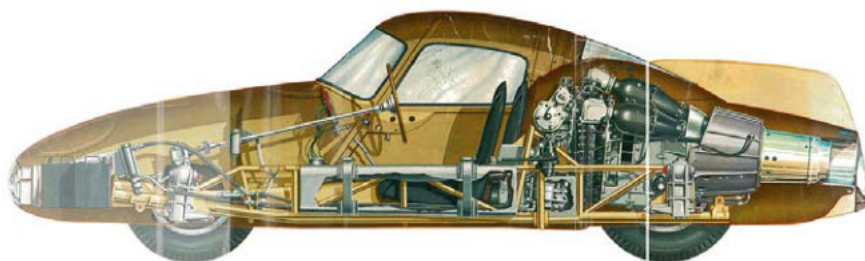


Рис. 2.36. Схема газотурбинного автомобиля “Фиат”

В 1956 г. был создан новый скоростной междугородный газотурбинный автобус “Золотой дельфин” (рис. 2.37), построенный фирмой “Виберти” в Италии. Этот автобус имеет длину почти 12 метров и рассчитан на 32 человека.

В 1959 г. создан первый советский многоместный газотурбинный автобус. Основные преимущества газотурбинного двигателя перед поршневым: меньшее количество деталей, хорошая уравновешенность масс (благодаря отсутствию деталей, совершающих возвратно-поступательное движение), малый вес, многотопливность, экономичность на уровне дизельного двигателя.

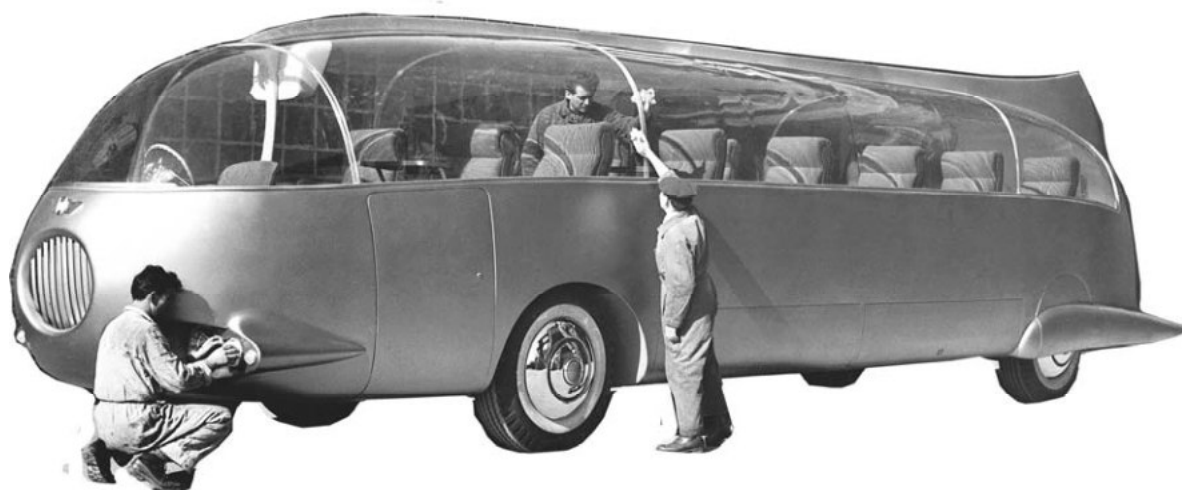


Рис. 2.37. Газотурбинный автобус “Золотой дельфин” (Италия)

В середине 50-х годов XX века появились бескарбюраторные бензиновые автомобильные двигатели, в которых топливо с помощью специального насоса стали под большим давлением вводить прямо в камеру сгорания (или же во всасывающий трубопровод возле впускного клапана). При этом мощность автомобильного двигателя увеличивалась на 15-25% по сравнению с карбюраторным двигателем, а экономичность повышалась на 5-15%.

В 1956 г. бескарбюраторные двигатели с топливной аппаратурой фирмы “Бош” были впервые установлены на автомобилях “Мерседес-Бенц”.

Говоря о достижениях советских дизайнеров в 50-60-е годы XX века, уместно было бы привести слова Р.Глора из его капитального труда “Послевоенные автомобили”, изданного в Швейцарии: “...В высшей степени необычен экспериментальный НАМИ-013 с задним расположением двигателя, сужающейся к хвосту обтекаемой формой кузова и выдвинутым вперед сиденьем водителя. В этом вместительном автомобиле предусмотрены многочисленные перспективные технические особенности: автоматическая трансмиссия, серворуль, независимая подвеска задних колес, заходящие на крышу дверные проемы и другие хитроумные элементы. НАМИ-013 дал импульс для разработки микроавтомобиля НАМИ А50 “Белка”, который, к сожалению, не пошел в производство. Он был показан в 1956 году в вариантах четырехместной машины вагонного типа с входом спереди, а также способного плавать. Форма маленькой закрытой машины с большим панорамным стеклом была исключительно оригинальной...” (рис. 2.38).



Рис. 2.38. Первые в мире легковые автомобили вагонной компоновки (НАМИ-013 и НАМИ А50 “Белка”)

Успех советских дизайнеров был закреплен в конструкции пятиместного автомобиля-такси ВНИИТЭ-ПТ, созданного в конце 1964 г. во Всесоюзном институте технической эстетики (рис. 2.39).



Рис. 2.39. Автомобиль-такси ВНИИТЭ-ПТ

В Европе подобные технические решения стали появляться лишь спустя 10 лет, такие, например, как такси “Альфа-Ромео” (Италия 1975 г).

Идея вагонной компоновки оказалась настолько удачной, что к середине 80-х годов XX века была принята на вооружение при проектировании легковых автомобилей практически всеми ведущими фирмами мира.

На дизайн легковых автомобилей 70-80-х годов XX века (рис. 2.40) прежде всего, оказали влияние нефтяные кризисы 70-х годов и повышение цен на нефть. Все это вынудило автомобилестроителей отказываться от массового производства особо высококлассных (с точки зрения расхода топлива) легковых автомобилей. В связи с этим администрация США ввела в действие обязательную для автомобильных фирм программу, согласно которой выпускаемые ими автомобили в 1980 году должны были иметь расход топлива не более 11,8 л/100 км, в 1985 г. - 8,5 л/100 км, а в 2000 - менее 5 л/100 км.

Поэтому тогда во всех странах мира подавляющее большинство легковых автомобилей выпускалось среднего и малого классов (рис. 2.41).



Рис. 2.40. Легковые автомобили конца 70-х начала 80-х годов XX века



Рис. 2.41. Легковые автомобили 80-х гг. XX века

Одним из наиболее интересных и, по мнению японских специалистов, перспективных конструктивных решений этих лет является создание легкового автомобиля со всеми не отключаемыми ведущими колесами.

Первой такой серийной машиной была в 1977 г. “Нива”, за ней последовали “Игль”, “Ауди”, “Фольксваген-Пассат” и другие.

Главное достоинство интегрального, как его называют, привода заключается в том, что он открывает практически неограниченные возможности совершенствования компоновки автомобиля, решает проблемы связанные с устойчивостью и управляемостью автомобиля, поэтому в начале XXI века

автомобильный парк легковых автомобилей расширяется преимущественно за счет автомобилей со всеми ведущими колесами (SUV и внедорожников).



Рис. 2.42. Легковые автомобили начала XXI века

Но вагонная компоновка оказывается перспективной не только для легковых автомобилей. На автобусах она была главенствующей уже практически с 40-х годов XX века (рис. 2.43).



Рис. 2.43. Эволюция компоновки автобуса
от двухобъемной до вагонной

С третьей четверти XX века вагонная компоновка используется также и на грузовых автомобилях (рис. 2.44). В начале XXI века при создании внешнего облика грузового автомобиля учитываются эргономические и аэродинамические его свойства.



XIX век



середина XX века.



третья четверть XX века.



конец XX века.



грузовые автомобили начала XXI века.



Перспективные разработки грузовых автомобилей начала XXI века

Рис. 2.44. Развитие компоновки грузовых автомобилей

3. ДВИГАТЕЛЬ: ОТ ВОДЯНОГО КОЛЕСА К ПАРОВОМУ ДВИГАТЕЛЮ

Начало истории человечества принято связывать с той порой, когда люди научились добывать огонь трением, тем самым превращая механическую энергию в тепловую. Но прошли тысячелетия, прежде чем были открыты способы обратного превращения тепловой энергии в механическую. Необходимость в эффективном двигателе начала особенно остро ощущаться в период промышленной революции XIX века. О техническом оснащении дает представление его название - мануфактура (от лат. *manus* - рука и *factura* - произведение).

Главным источником механической энергии в ту пору являлось водяное колесо.

Гидравлические колеса применялись уже в странах Древнего Востока: в Египте, Китае и Индии, водяные мельницы использовались в Древней Греции и Риме.

Обычно мощность водяного колеса не превышала нескольких десятков киловатт, число оборотов водяного колеса было также незначительно, примерно от 1 до 10 об/мин. В зависимости от конструкции водяного колеса КПД его колебался от 0,3 до 0,75.

В зависимости от высоты напора воды различаются три типа водяных колес: нижнебойные, среднебойные и наливные, или верхнебойные колеса (рис. 3.1).

В XVII-XVIII веках водяное колесо развивалось в следующих трех направлениях. Осуществлялся переход от нижнебойных колес к верхнебойным, как более производительным, постепенно начинали применять металл для валов и других деталей колеса; увеличивался его диаметр.

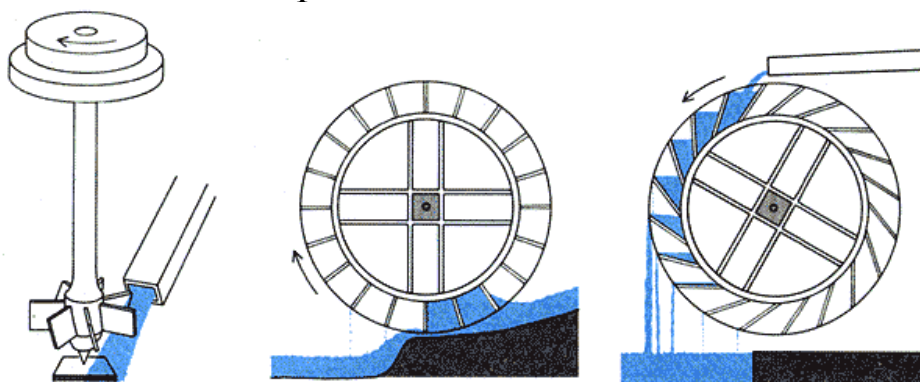


Рис. 3.1. Гидравлические колеса

Стремление повысить мощность двигателя заставляло строить гидравлические установки больших размеров. Во Франции мастер Р.Салем под руководством А.де Вилля соорудил в 1682 г. крупнейшую гидросиловую установку из 13 колес, диаметр которых достигал 8 м. Колеса, установленные на реке Сене, приводили в действие 23 5 насосов, поднимавших воду на высоту 163 м. Эта система, снабжавшая водой фонтаны королевских парков в Версале и Марли, получила у современников название «чудо Марли».

Больших успехов в области строительства гидротехнических сооружений добился русский изобретатель К.Д. Фролов (1726-1800 гг.) на Колывано-Воскресенских рудниках Алтая. В 70-х годах XVIII века на Алтае перешли к разработке серебряных руд, залегающих на более глубоких горизонтах. Используя ранее водоотливные подъемные машины, приводимые в движение вручную или конной тягой, уже не могли обеспечить откачку воды и подъем руды на поверхность. Для увеличения количества добываемой руды К.Д. Фролов разработал проект строительства комплекса вододействующих установок. После длительной борьбы с чиновниками Горного ведомства К.Д. Фролову удалось добиться утверждения своих предложений. В течение 1783-1789 гг. он со своими помощниками осуществил свой проект. Это было самое крупное гидротехническое сооружение XVIII века (рис. 3.2).

К.Д.Фролов построил плотину высотой 17,5, шириной по верху 14,5 м, в основании - 92 м, длиной 128 м, создававшую необходимый напор воды. По специальной штольне в 443 м и каналу длиной 96 м вода поступала на первое гидравлическое колесо диаметром 4,3 м, приводившее в движение пилу для распиловки древесины. Затем вода разделялась на два потока: один шел к Преображенскому руднику, а другой по подземной выработке длиной 128 м подавался к рудоподъемному колесу Екатериненского рудника. Это колесо обеспечивало подъем руды с горизонтов 45 м, 77 м и 102 м. В течение одного часа поднимались 12 бадей весом 30 пудов каждая. Подъемная машина обслуживалась 12 рабочими. От колеса вода по выработке длиной 64 м направлялась к движителю водоотливной установки. Диаметр колеса достигал 17 м. Передача движения насосам осуществлялась с помощью штанги, помещенной в специальной выработке длиной 45 м. Вода насосами откачивалась с глубины 213 м.

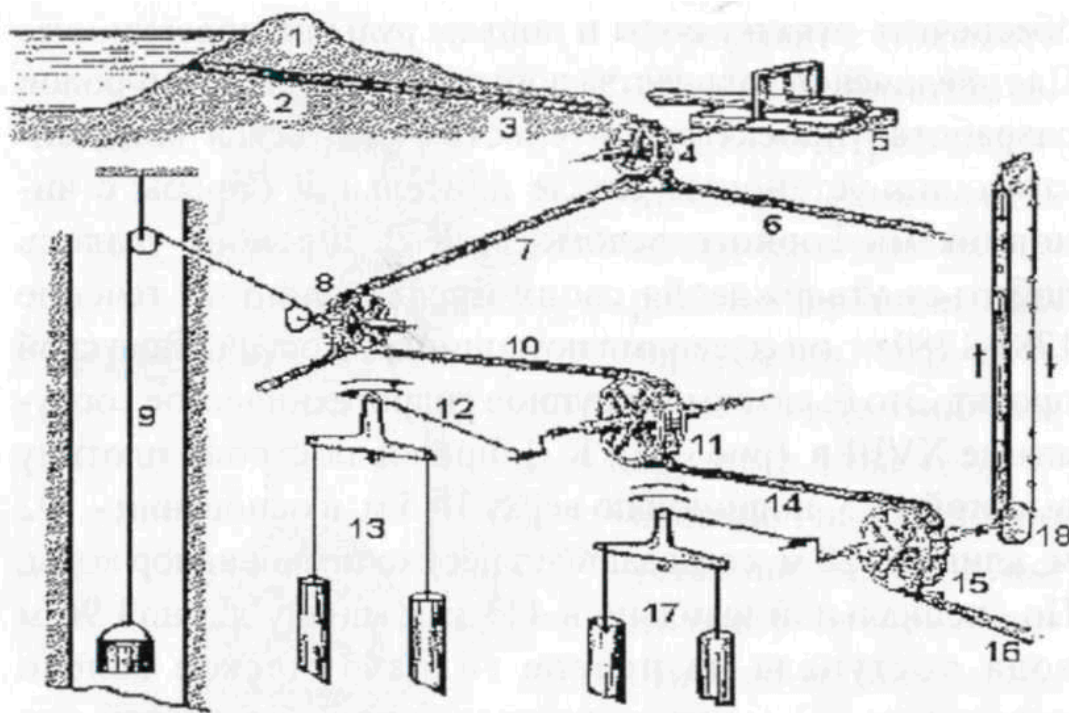


Рис. 3.2. Схема гидротехнических сооружений К.Д.Фролова: 1-плотина; 2-штольня; 3-канал; 4-водяное колесо; 5-лесопилка; 6-отвод воды к Преображенскому руднику; 7-подземный канал; 8-водяное колесо; 9-рудоподъемник; 10-подземный канал; 11-водяное колесо; 12-передача к насосам; 13-насосы Екатерининского рудника; 14-подземный канал; 15-водяное колесо; 16-подземный канал; 17-насосы Вознесенского рудника; 18-рудоподъемник

Для установки колеса К.Д.Фролову пришлось под землей создать специальную камеру.

После водоотливной установки вода шла по выработке к гидравлическому колесу Вознесенского рудника, которое приводило в движение как рудоподъемную, так и водоотливную установки. Диаметр колеса Вознесенского рудника превышал 15,6 м.

При создании своей установки К.Д. Фролов основывался на мировом опыте, накопленном к тому времени в области гидротехнических сооружений. Эта установка работала долгое время и после смерти изобретателя, ее работу на Змеиногородских рудниках наблюдали и в 1827 г.

Однако даже такие колоссальные гидравлические двигатели не обладали достаточной мощностью. Самые большие колеса имели мощность не более 200 л.с. Мощность обычных водяных колес не превышала десятка лошадиных сил.

Стремясь усовершенствовать гидравлический двигатель, изобретатели и ученые пытались видоизменить конструкцию

водяных колес. Еще в XV веке было сконструировано горизонтальное водяное колесо, а в начале XVII века появилось горизонтальное колесо с ковшеобразными лопатками.

Развитие водяного колеса и широкое применение его в производстве привело к другим изобретениям, которые в дальнейшем послужили основой для решения целого ряда важных задач. В частности, в 30-40-х годах XVIII века словацкий изобретатель И. Гелл сконструировал водяной двигатель, получивший название водостолбовой машины (рис. 3.3).

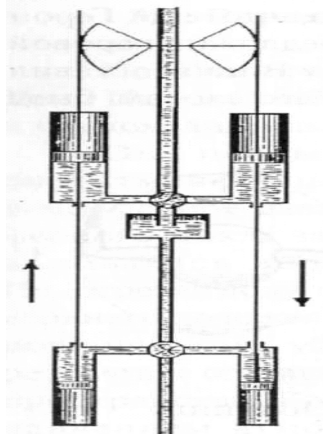


Рис. 3.3 Схема водостолбовой машины

Принцип работы этого двигателя заключается в следующем. Вода, поступающая по трубопроводу, оказывала давление на поршень. Так как давление воды больше атмосферного давления, то поршень двигался вверх и поднимал груз. Для того чтобы опустить поршень, было необходимо повернуть кран и выпустить воду в нижний бьеф.

В некоторых водостолбовых машинах переключением крана воду заставляли поочередно оказывать давление то на одну сторону поршня, то на другую. В результате поршень двигался то в одном, то в другом направлении.

В дальнейшем водостолбовые машины были значительно усовершенствованы. Например, механик Меджер, работавший в России, в 1820 г. разработал простую и оригинальную водостолбовую машину, которая была установлена на Березовских рудниках.

С увеличением масштаба промышленных предприятий возрастала потребляемая ими мощность, а это влекло за собой рост габаритов водяных колес и гидромашин. Все необходимое становился двигатель, не зависимый от наличия рек и в то же время достаточно мощный и удобный в использовании.

И он был создан в 1784 г. шотландцем из г. Глазго Джеймсом Уаттом.

Способность пара производить механическую работу давно была известна человеку. Начиная с глубокой древности, появляется целый ряд механизмов, основанных на использовании силы пара. Известно, что еще Герон Александрийский (1 в.д.н.э. - 1 в.н.э.) предложил паровой шар "Эолипил" (рис. 3.4). Леонардо да Винчи оставил описание паровой машины, которая, по его словам, была изобретена Архимедом.

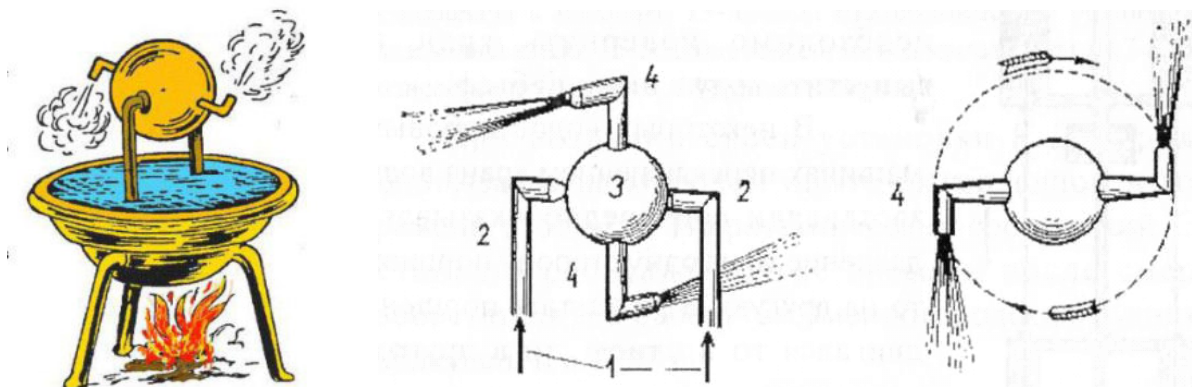


Рис. 2.4. Паровой шар Герона «Эолипил»

В 1643 г. выдающийся итальянский физик Э.Торричелли (1608-1647 г.г.) доказал существование атмосферного давления и тем самым опроверг сложившееся к тому времени мнение о том, что «природа не терпит пустоты». На базе открытия Э.Торричелли немецкий физик О.Герике (1602-1686 г.г.) провел ряд опытов, в результате которых в 1654 г. доказал, что воздух имеет массу и упругость, а также определил его плотность. Опыты О.Герике натолкнули исследователей на мысль, что силу атмосферного давления можно использовать для производства механической работы, если применить способ неаполитанского физика Д.Порта (1535-1615 г.г.) получения разреженного пространства, на который итальянский ученый указал еще в 1601 г., обратив внимание на то, что при конденсации водяного пара возникает разрежение.

3.1. Пароатмосферная машина Д.Папена

Первым эту мысль реализовал французский физик Дени Папен (1647-1712 гг.), изобретатель парового котла и предохранительного клапана.

Он первым в 1690 г. правильно описал пароатмосферный цикл, в котором использовалось атмосферное давление (рис. 3.5). Сущность пароатмосферного цикла заключалась в следующем. В цилиндр 1 наливалась вода до уровня опускания поршня 2. Подогревая воду, получали пар, поднимавший поршень до верхнего положения. Затем стопором 5 заклинивался шток поршня, огонь убирался и цилиндр поливался водой. В результате создавались конденсация пара и безвоздушное пространство. Когда убирался стопор, то поршень под давлением атмосферы опускался, что и позволяло поднимать груз на определенную высоту. Практическая ценность подобного двигателя была ничтожно мала, и Д.Папен надолго охладел к этим экспериментам.

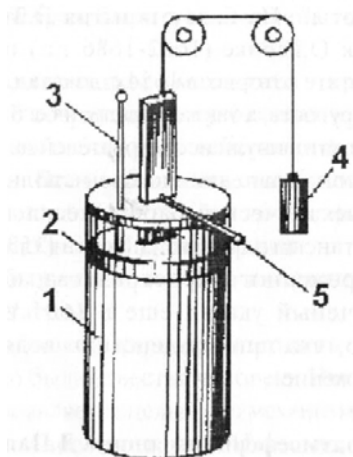


Рис. 3.5. Схема пароатмосферной машины Д.Папена:
1 – цилиндр; 2 – поршень; 3- шток-клапан; 4 – нагрузка; 5 – стопор.

3.2. Насос Т.Севери

Нашелся другой изобретатель, который в использовании водяного пара для получения полезной работы оказался удачливее.

Английский шахтовладелец Томас Севери (1650-1715 г.г.) в 1698 г. создал машину, предназначенную для откачки воды из шахт. Паровой насос Севери (рис. 3.6) состоял из котла 6 и конденсационного сосуда 4. Они соединялись между собой трубой через разобщительный клапан 5. Пар, поступая из котла в сосуд 4, вытеснял оттуда воду через всасывающую трубу и клапан 2. Затем закрывался клапан 5, а конденсационный сосуд обливался холодной водой из бачка, в результате чего пар конденсировался. Под давлением атмосферы вода через клапан 1 по всасывающей трубе поднималась в сосуд 4.

Открывая опять кран 5, подавали в сосуд пар, который выталкивал воду по нагнетающей трубе, и через клапан 2 вода подавалась на слив. Затем все операции повторялись.

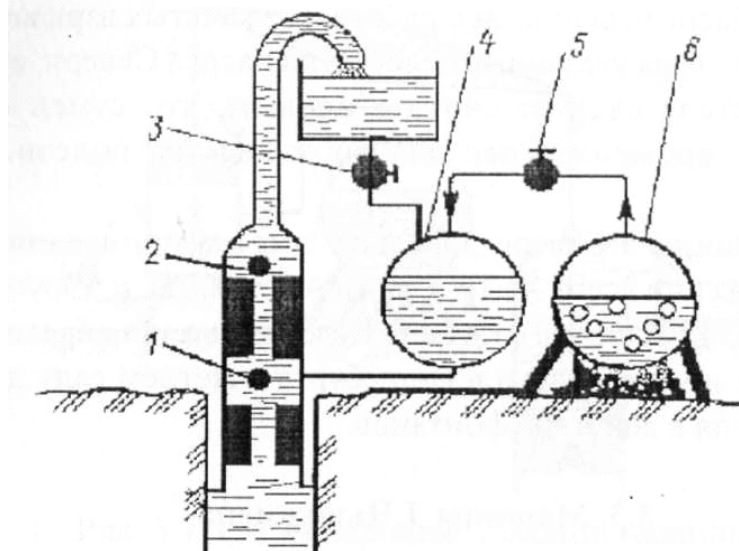


Рис. 3.6. Схема насоса Т.Севери:

1 – клапан всасывания воды; 2 – клапан вытеснения воды; 3 – клапан подачи охлаждающей воды; 4 – конденсационный сосуд; 5 – клапан разобщительный; 6 – паровой котел.

Новое в машине Т.Севери по сравнению с паровым котлом Д.Папена заключалось в том, что у Севери паровой котел был отделен от рабочего пространства. Но работа пара и его конденсация по-прежнему происходили в одном и том же сосуде. Машина имела мизерный КПД - порядка 0,3 %, потребляла громадное количество топлива - до 80 кг угля на 1 л.с. в час.

Насос имел ряд серьезных недостатков. Глубина всасывания в нем не превышала 7-8 м. Высота подачи воды в машине достигала 20-25 м, что определялось давлением пара, которое по условиям прочности котла не могло превышать 3 атм. Для откачивания воды с большой глубины нужно было ставить несколько машин одну над другой. Насос был опасен в работе из-за частых взрывов. Но, несмотря на указанные недостатки насоса Севери, его изобретателя следует считать первым, кто сумел на практике применить пар для производства полезной работы.

Машины Т. Севери довольно широко применялась на протяжении всего XVIII века как в Англии, так и в других странах. В 1707 г. одна из машин Севери была приобретена Петром I и установлена в Петербурге в Летнем саду для приведения в действие фонтанов.

3.3. Машины Т.Ньюкомена

Критически оценив принцип действия насоса Т.Севери, его соотечественник кузнец Томас Ньюкомен (1663-1729 г.г.) построил в 1712 г. пароатмосферную машину для откачки воды. Изобретатель использовал рациональные идеи Д.Папена и Т.Севери. У первого он заимствовал цилиндр с поршнем, а у второго - паровой котел. Но конденсацию пара Т.Ньюкомен осуществлял по иному, не охлаждением цилиндра снаружи, а впрыскивая воду внутрь него (рис. 3.7).

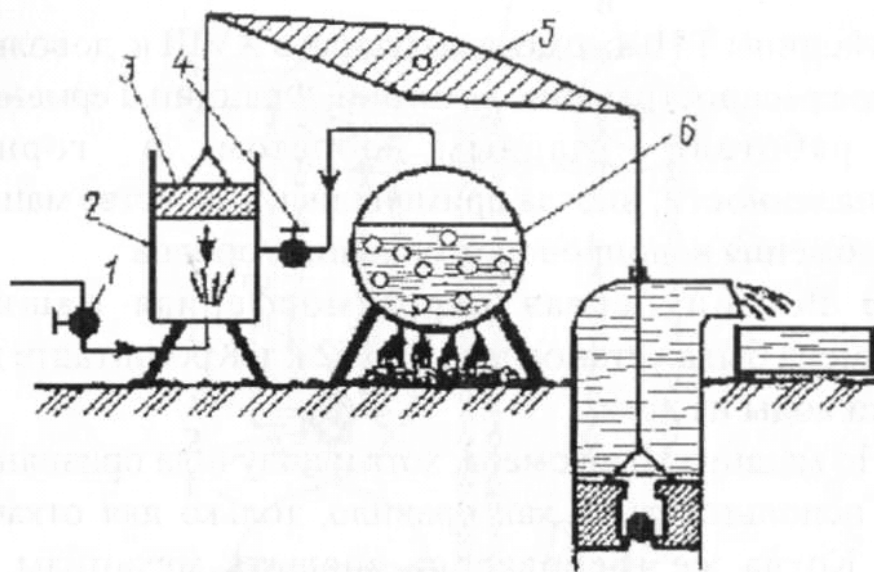


Рис. 3.7. Схема пароатмосферной машины Т.Ньюкомена:

- 1 – клапан подачи охлаждающей воды; 2 – цилиндр; 3 – поршень;
4 – клапан разобщительный; 5 – балансир; 6 – паровой котел.

Принцип работы машины Т.Ньюкомена состоял в следующем. Внутри цилиндра 2 двигался поршень 3, связанный с одним концом балансира 5. Другой конец балансира был соединен со штангами водоотливного насоса. Поступающий из котла 6 в цилиндр пар после открытия клапана 4 поднимал поршень, который уравнивался собственным весом насосной штанги и Добавочного груза. Затем для конденсации пара в цилиндр через клапан 1 впрыскивалась холодная вода. Атмосферное давление обеспечивало движение поршня 3 вниз и, соответственно, подъем насосных штанг (откачку воды). Сконденсировавшийся пар вместе с охлаждающей его водой удалялись из цилиндра по специальной трубе.

Пароатмосферная машина Т.Ньюкемена была гораздо экономичнее насоса Севери и, кроме того, позволяла откачивать воду с глубины порядка 80 м. КПД установки составил менее 1 %. Соответственным был и удельный расход топлива, хотя и почти в три раза меньший по сравнению с насосом Севери, около 25 кг/л.с. за час при мощности установки в 8 л.с. При некоторых машинах Т.Ньюкемена приходилось содержать до 50 лошадей, едва успевавших подвозить топливо.

Много важных усовершенствований в пароатмосферную машину примерно в 1772 г. внес инженер Смитон. Не меняя основного принципа ее действия, он рассчитал правильное соотношение между размерами частей машины. Это упростило изготовление машины. Кроме того, Смитон сделал более целесообразной конструкцию отдельных частей машины.

Машины Т.Ньюкемена получили в XVIII в. довольно широкое распространение в Англии, Франции, Германии. Они работали главным образом в горной промышленности; иногда применялись в качестве машин для снабжения водопроводов больших городов.

В России первая пароатмосферная машина Ньюкемена была установлена в 1772 г. в Кронштадте для откачки воды из дока.

Но машина Ньюкемена, хотя и получила признание, могла использоваться, как правило, только для откачки воды. Когда же требовалось вращать механизм, ее устанавливали в качестве водоподъемного средства для подачи воды на лопасти водяного колеса.

3.4. Первая универсальная пароатмосферная машина И.И. Ползунова

Между тем к 60-м годам XVIII века для развития промышленного производства возникла потребность в более совершенном двигателе.

Первым такой двигатель мощностью около 30 л.с. создал в 1765 г. для Барнаульского сереброплавильного завода талантливый российский изобретатель, горный мастер Иван Иванович Ползунов (1729-1766 гг.). О масштабе созданной им «огнедействующей машины» можно судить по ее высоте (около 11 м) и затраченным на изготовление порядка 25 т железа и меди, а также более 2 т свинца и олова (рис. 3.8).

И.И.Ползунов был знаком с описанием машин Севери и Ньюкомена, а также с работами М.В.Ломоносова по теплотехнике. В результате исследований он впервые в мире разработал универсальный тепловой двигатель. Машина работала следующим образом.

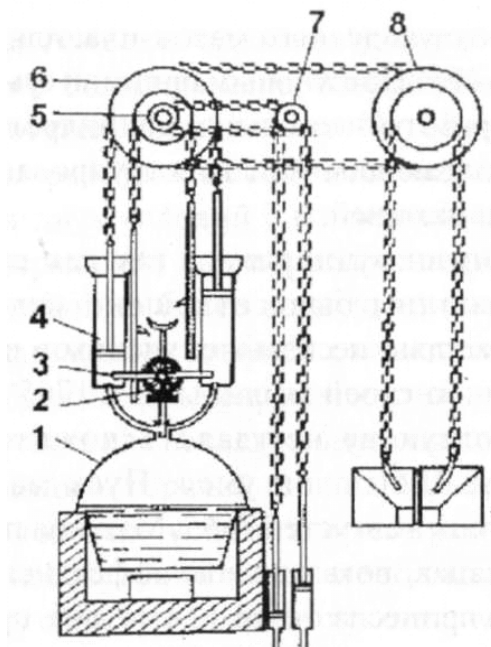


Рис. 3.8. Схема универсального теплового двигателя

И.И.Ползунова: 1-паровой котел; 2-автомат водопарораспределения; 3-трубопровод подачи охлаждающей воды; 4-левый цилиндр с поршнем; 5-шкив привода автомата водопарораспределения; 6-шкив передачи движения поршней; 7-шкив привода питательного насоса парового котла; 8-шкив привода воздуходувки

Пар из котла поочередно подается в один из двух цилиндров, поднимая поршень до крайнего верхнего положения, после чего в цилиндр впрыскивается вода, пар конденсируется и под поршнем создается разрежение. Под давлением атмосферы поршень опускается, в то время как поршень другого цилиндра, под который поступает пар от котла, поднимается. Попеременная подача в цилиндры пара и воды осуществляется автоматическим устройством. Рабочее усилие от поршней передается цепными передачами к укрепленному на валу шкиву, от которого приводятся в действие пароводораспределительное устройство, поршневой насос, питающий котел водой, и рабочий вал, обеспечивающий действие исполнительного механизма, - воздуходувных мехов плавильных печей. Предложенный И.И.Ползуновым принцип суммирования на одном валу работы нескольких цилиндров в

будущем стал основополагающим при конструировании многоцилиндровых двигателей.

С большими трудностями, так как средств, для сооружения машины было отпущено недостаточно, Ползунов с помощью нескольких учеников приступил в 1764 г. к созданию своей машины, и в 1765 г. она была построена. Ползунову не удалось дожить до пуска машины, в мае 1766 г. он умер. Пуск машины был осуществлен лишь в августе 1766 г. Машина проработала около двух месяцев, показав свою эффективность: за 43 дня работы она принесла около 12 тыс. руб. прибыли. Но в ноябре 1766 г. котел дал течь. Машину остановили, а через несколько лет она была сломана и забыта.

3.5. Изобретения Д.Уатта

Первый универсальный паровой двигатель, пригодный для практической эксплуатации, был изобретен английским теплотехником Джеймсом Уаттом (1736-1819 г.г.).

В некоторых книгах по истории техники утверждается, что работать над созданием паровой машины Д. Уатт начал в 1763 г., когда ему пришлось столкнуться с ремонтом действующей модели машины Ньюкомена. Однако с большим доверием следует отнестись к тем источникам, которые указывают, что задолго до этого талантливый механик исследовал свойства водяного пара и, в частности, пытался определить, сколько топлива затрачивается на испарение конкретного объема воды. Очевидно, это позволило Д.Уатту критически оценить машину Ньюкомена, работавшую с большим непроизводительным расходом пара, а следовательно, и топлива. Уатт пришел к выводу, что хорошая работа атмосферной машины зависит от выполнения двух условий: во-первых, для получения сильного разрежения под поршнем надо производить в цилиндре возможно более полную конденсацию пара, а для этого как можно сильнее охлаждать цилиндр; во-вторых, чтобы избежать непроизводительных потерь пара, надо его впускать для последующего хода поршня из котла в неохлажденный, горячий цилиндр. Выполнить эти два противоположных условия одновременно вначале представлялось технически невозможным. Д. Уатт разрешил эту сложную техническую задачу: он предложил

производить конденсацию пара в отдельном резервуаре-конденсаторе, сообщающемся с цилиндром.

В 1765-1769 гг. Уатт построил две по существу экспериментальные машины и в январе 1769 г. получил патент на свое изобретение.

Поршень (рис. 3.9) помещается в цилиндре без верхней крышки, окруженном паровой рубашкой. Цилиндр сообщается с конденсатором трубой, на которой расположены два клапана - паровыпускной и уравнивающий. При пуске машины оба клапана открываются, чтобы поступающий пар вытеснил воздух в конденсатор, после чего оба клапана закрываются и вся система оказывается в равновесии. Если теперь открыть паровыпускной клапан, пар из пространства под поршнем направится в конденсатор, в котором сконденсируется. Под поршнем создается разрежение, и он под давлением пара, поступающего от котла в верхнюю полость цилиндра, двинется вниз, совершая при этом полезную работу, которая при помощи балансира передается штанге насоса.

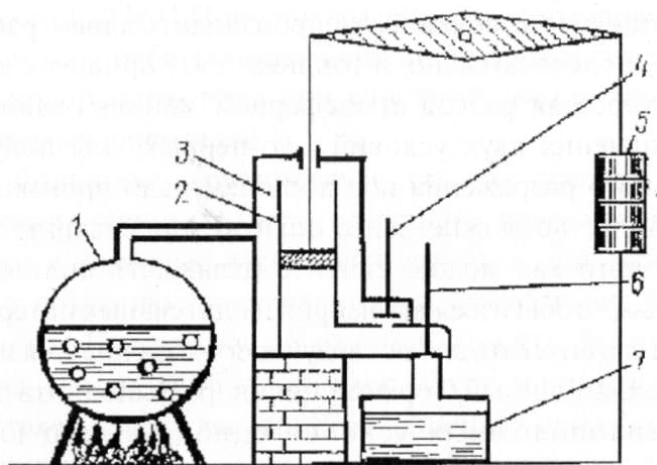


Рис. 3.9. Схема паровой машины Д. Уатта простого действия:

- 1 – паровой котел; 2 – цилиндр с поршнем; 3 – паровая рубашка;
4 – уравнивающий клапан; 5 – противовес; 6 – паровыпускной клапан;
7 – конденсатор.

После этого паровыпускной клапан закрывается и открывается уравнивающий клапан. Свежий пар поступит под поршень, восстановится равновесие, и противовес поднимет поршень. Затем вновь надо открыть паровыпускной клапан, и цикл повторится.

Таким образом, была найдена правильная идея усовершенствования паровой машины. Но надо было перейти к

практическому осуществлению этой идеи. На это Уатту пришлось потратить много лет упорного труда. Изготовление крупных машин стоило больших средств, а собственные средства Уатта были совершенно ничтожны.

В поисках средств, для сооружения своего двигателя Д. Уатт стал мечтать о выгодной работе за пределами Англии. В начале 70-х годов XVIII века он серьезно повел разговоры о переезде в Россию. Русское правительство предложило ему работу.

Отъезду Уатта в Россию помешал контракт, который он заключил с промышленником Болтоном, владельцем машиностроительного предприятия в г. Сохо, близ Бирмингема.

Завод в Сохо славился первоклассным по тем временам оборудованием, имел квалифицированные рабочие кадры. С начала 70-х годов XVIII века и до конца своей жизни Уатт оставался главным механиком этого завода. На нем он в конце 1774 г. построил первую машину двойного действия.

Д. Уатт был неудовлетворен своей первой паровой машиной и сразу начал работать над ее усовершенствованием. В 1777 г. Уатт для дальнейшего повышения экономичности машины предложил применять отсечку и расширение пара.

Машина Уатта первоначальной конструкции значительно удешевила получение механической энергии преимущественно для нужд горной промышленности. Она очень быстро нашла себе применение в рудниках и шахтах, совершенно вытеснив машину Ньюкомена. Введение новых паровых машин на три четверти сокращало расход угля. Завод в Сохо к 1780 г. изготовил 40 паровых машин Уатта.

С 1778 г. Д. Уатт начинает работать над изобретением машины с непрерывным вращательным движением (универсальной паровой машины). Была создана машина двойного действия, которая и явилась универсальным тепловым двигателем. Патент на эту машину он получил в 1784 г. (рис. 3.10).

Принцип действия машины заключался в том, что пар из котла поступал через золотник в цилиндр. Золотник позволял подавать пар то с одной стороны поршня, то с другой, создавая тем самым необходимое давление на поршень.

Таким образом, основные элементы универсальной паровой машины складывались постепенно.

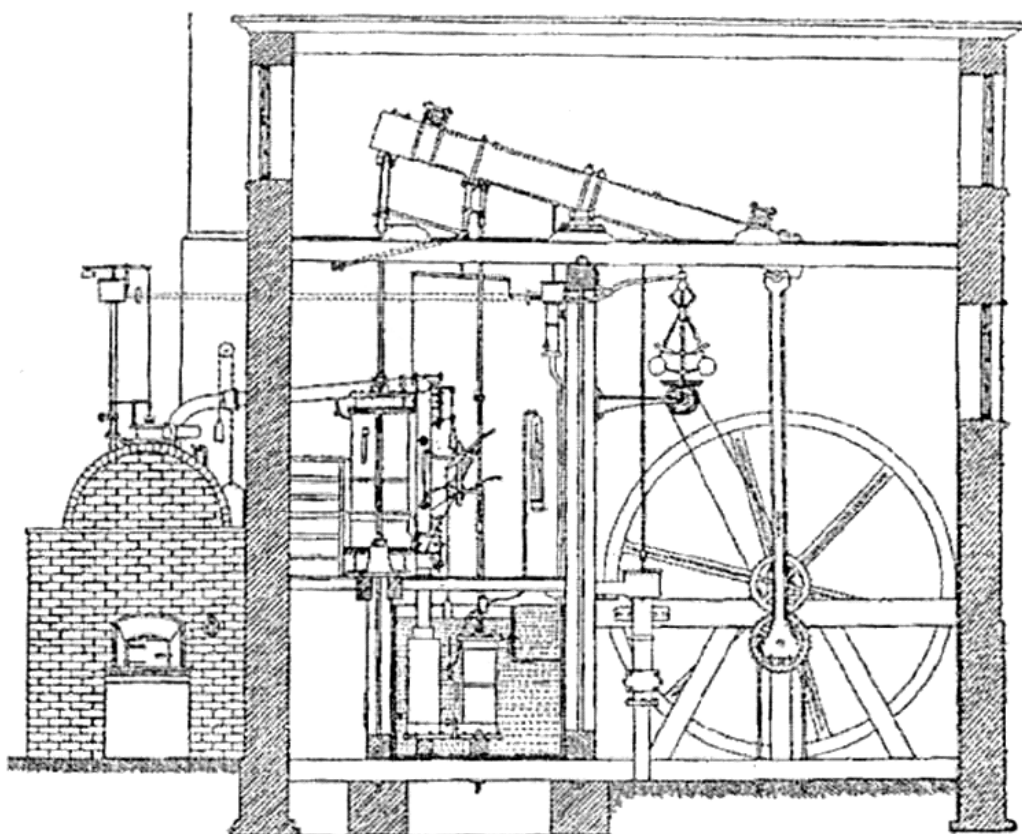


Рис. 3.10 Схема машины двойного действия Д.Уатта

Важнейшими нововведениями, которые внес Д.Уатт в машину двойного действия, сводятся к следующему:

1. В отличие от первой машины 1769 г. в запатентованной в 1784 г. машине был применен принцип двойного действия, т.е. пар попеременно действовал то на одну, то на другую сторону поршня.

2. Для подачи пара в разные полости цилиндра он использовал специальное приспособление - золотник.

3. Для выравнивания вращательного движения Уатт применил маховое колесо.

4. Поскольку Уатт для получения вращательного движения не мог в своей машине применять шатуннокривошипный механизм (на такую передачу был взят охранный патент французским изобретателем Пикаром), он в 1781 г. взял патент на пять способов преобразования качательного движения в непрерывно-вращательное. Вначале для этой цели он применял планетарное, или солнечное колесо.

Одним из важных механизмов в паровой машине двойного действия был механический центробежный регулятор, который при

помощи специальной дроссельной заслонки в пароподводящей трубе регулировал поступление пара в машину.

В середине 80-х годов XVIII века конструкция паровой машины была окончательно разработана, и паровая машина двойного действия стала универсальным тепловым двигателем, нашедшим широкое применение почти во всех отраслях хозяйства многих стран.

4. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ДВИГАТЕЛЯ ВНЕШНЕГО СГОРАНИЯ

4.1. Развитие парового двигателя

При всех достоинствах первых паровых машин применение их осложнялось большой массой, громоздкостью и малой экономичностью. КПД первых машин не превышал 1-2%, что приводило к очень большому расходу топлива. Из-за взрывоопасности котлов той поры давление пара, поступающего в цилиндр, не превышало 1,5 атм. При столь малом давлении для получения приемлемой мощности машины приходилось увеличивать площадь поршня, а следовательно массу и габариты всех взаимосвязанных с ним деталей цилиндра, балансира, маховика и т.д. Особенно ухудшал массогабаритные показатели маховик. Так, например, на построенной в 1789 г. машине мощностью около 50 л.с. масса маховика диаметром около 5,5 м составляла почти 5 т. Чтобы обойтись без маховика и при этом обеспечить плавную работу двигателя, например на пароходах того времени начали устанавливать по две паровые машины, работающие на общий гребной вал.

На первом этапе своего развития паровая машина совершенствовалась главным образом в направлении увеличения давления пара. Но еще при жизни Д.Уатта некоторые изобретатели понимали, что улучшение основных показателей машины может быть достигнуто и при использовании способности пара расширяться. Уатт реализовал этот принцип в некоторых своих машинах путем перекрытия выпуска пара до прихода поршня в нижнюю мертвую точку, в результате чего дальнейшее движение поршня происходит только за счет расширения пара.

Однако Д.Уатт отказался от строительства машин с расширением пара, так как неопытные машинисты не использовали это преимущество, подавая пар в течение всего хода поршня. В результате котел, рассчитанный на работу машины с расширением пара, не справлялся с нагрузкой, а заказчики машин считали, что котел не обеспечивает достаточную паропроизводительность. Отказ от новшества объясняется и тем, что применяемый в то время пар очень низкого давления при расширении давал относительно небольшой эффект.

Первым устранил недостаток машины простого расширения, используя при этом возможности пара более высокого давления, англичанин Горнблоуэр. Он спроектировал в 1781 г. машину, работающую на паре, по тем временам очень высокого давления - около 6 атм.

Конструктор исходил из того, что в паровой машине простого расширения цилиндр периодически сообщается с котлом при впуске свежего пара и с конденсатором - при выпуске отработавшего пара, в результате чего при сообщении цилиндра с конденсатором его стенки резко охлаждаются. Вследствие этого значительная часть очередной порции свежего пара конденсируется в цилиндре, теряя при этом работоспособность.

Горнблоуэр решил осуществлять расширение пара не в одном, а в двух последовательно соединенных цилиндрах. При этом в первом, так называемом цилиндре высокого давления меньшего диаметра, пар воздействует на поршень полным давлением, после чего, поступая во второй цилиндр низкого давления большего диаметра, он совершает работу за счет своего расширения. При такой схеме работы цилиндр высокого давления никогда не сообщается с конденсатором, а цилиндр низкого давления не нагревается свежим паром, поступающим из котла.

Но Горнблоуэр не смог реализовать свою идею. Задуманный Горнблоуэром двигатель появился лишь спустя четверть века. Создал его в 1804 г. англичанин Артур Вульф (1766-1837 гг.). Машина Вульфа с двумя цилиндрами, работавшая на паре при давлении 3-4 атм., оказалась почти в три раза экономичнее машины Уатта (рис. 4.1).

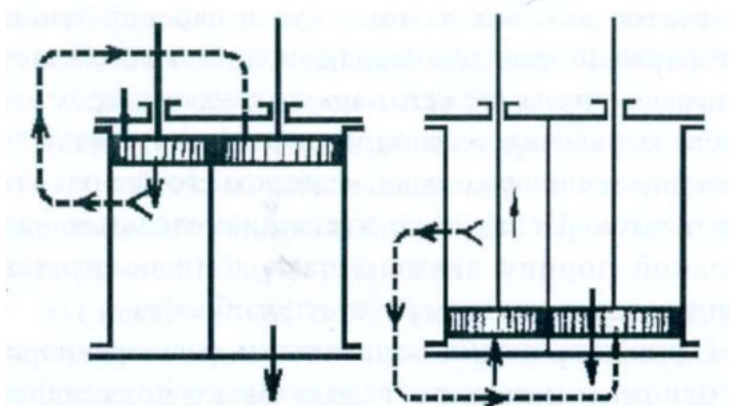


Рис. 4.1 Схема поступления пара в цилиндры машины:

----- путь движения пара

Первые успехи в создании паровых машин были достигнуты эмпирическим путем, в основе которого лежали интуиция мастера и его опыт. По существу, не были даже известны свойства водяного пара. Какая из двух установок одинаковой мощности более экономична, изобретатели той поры могли разобраться, лишь замерив, расход топлива в единицу времени. Определить же КПД установки и ответить на вопрос, как его увеличить, не мог никто.

Ответить на все эти вопросы впервые стало возможным после 1824 года, после выхода в свет книги французского военного инженера Сади Карно (1796-1832 гг.) «Размышления о движущей силе огня и о машинах, способных развивать эту силу».

Карно рассмотрел «круговой процесс» - цикл, названный его именем, в котором рабочее тело сначала совершает работу и, используя часть этой работы, возвращается в исходное положение.

Главное теоретическое значение цикла, предложенного С.Карно без математических формул и чертежей, а лишь на известном к тому времени опытном материале, состоит в следующем. Устанавливая степень максимально возможного превращения теплоты в работу при заданном температурном перепаде, этот цикл позволяет оценивать степень совершенства любых циклов, применяемых в тепловых энергетических установках и двигателях разных типов.

Работы С.Карно получили дальнейшее развитие.

Французский физик Б.Клапейрон (1799-1864 гг.) в 1834 г. опубликовал статью, в которой выводы Карно представлены в аналитическом и графическом виде.

Немецкий корабельный врач Р.Майер (1814-1864 г.г) в 1841 г. впервые указал на постоянное численное соотношение между затраченной теплотой и получаемой работой. Английский физик Д. Джоуль (1818-1889 г.г.) на основе многочисленных опытов окончательно установил предсказанную Майером зависимость, равную 427 кгм/ккал, названную механическим эквивалентом теплоты.

В 1850 г. член Петербургской Академии наук, немецкий физик-теоретик Р.Клаузиус (1822-1888 г.г.) связал идею Карно с механическим эквивалентом теплоты.

Используя закон сохранения энергии, он вывел знаменитую формулу для определения термического КПД теплового двигателя, работающего по циклу Карно

$$КПД = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

где $КПД$ - термический коэффициент полезного действия, т.е. отношение произведенной за один цикл работы к соответствующему количеству затраченной при этом теплоты;

T_1 - температура горячего источника;

T_2 - температура холодного источника.

Когда инженеры впервые рассчитали экономичность паровых двигателей середины XIX в., то были поражены. Оказалось, КПД лучших из них не превышал 4-5%.

Необходимы были новые технические решения.

Изобретатели искали выход из создавшегося положения. Один из них, француз Дю Тремблей, создал оригинальную энергетическую установку с двумя рабочими телами, теплота отработавшего пара одного использовалась для превращения в пар второго тела, обладающего более низкой температурой кипения. Впоследствии подобные установки получили название бинарных (двухжидкостных).

В 1846 г. Дю Тремблей построил первую стационарную бинарную установку мощностью 50 л.с. В качестве тела первой ступени в ней использовалась вода, а второй ступени - этиловый эфир ($C_4H_{10}O$). В 1853 г. водоэфирной установкой было оснащено французское парусновинтовое судно водоизмещением 500 т. (рис. 4.2).

Принцип работы установки следующий. Водяной пар, поступая из котла в цилиндр высокого давления машины, совершает в нем работу и конденсируется в теплообменнике, являющемся одновременно эфирным котлом, где отдает теплоту эфиру, испаряя его. Конденсат возвращается в котел, замыкая пароводяной цикл. Пар эфира производит работу в цилиндре низкого давления машины, после чего поступает в конденсатор, охлаждаемый заборной водой, конденсируется и возвращается в теплообменник-конденсатор, замыкая парэфирный цикл. Таким образом, установка позволяет раздвинуть интервал начальной и конечной температуры рабочих тел, участвующих в цикле.

В ином направлении действовали конструкторы, пытавшиеся увеличить температуру пара, но при этом «обойти» необходимость одновременного повышения его давления.

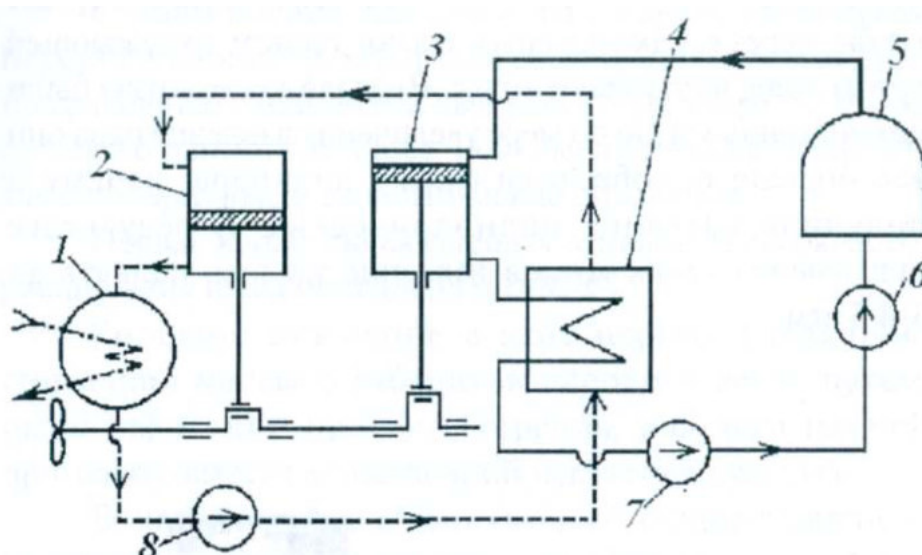


Рис. 4.2. Схема водоэфирной энергетической установки:

1 – конденсатор паров эфира; 2 – цилиндр парозэфирной части машины;
 3 – цилиндр пароводяной части машины; 4 – конденсатор пароводяного контура (1 арозэфирный котел); 5 – водяной паровой котел; 6 – питательный насос; 7 – конденсатный насос; 8 – конденсатный насос эфира;
 ——— - пароводяной цикл; - - - - - проэфирный цикл; - . . . - забортная вода.

Для этого котлы стали оборудовать пароперегревателями, располагая их на пути выхода дымовых газов из котла. Первые пароперегреватели представляли собой трубчатый теплообменный аппарат. Полученный в котле насыщенный пар снаружи омывал трубки, внутри которых проходили дымовые газы. В пароперегревателе пар осушался, перегревался и после этого поступал в машину.

Перегрев давал ощутимый эффект, позволяя почти на 20% уменьшить расход воздуха. Однако вскоре выяснилось, что при температуре пара свыше 1750С употребляемое в то время (середина XIX века) машинное масло на органической основе теряет смазочные свойства, пригорает и коксует. Кроме того, часто перегорали трубки пароперегревателей.

Поэтому во второй половине XIX века, задачу повышения экономичности паровых машин пришлось решать в основном путем увеличения давления пара. На смену прямотенным котлам, позволявшим иметь давление пара не выше 2-2,5 атм., пришел огнетрубный котел (рис. 4.3).

В таких котлах газы из топки попадают в дымогарные трубы, через стенки которых отдают теплоту окружающей трубы воде, и покидают котел.

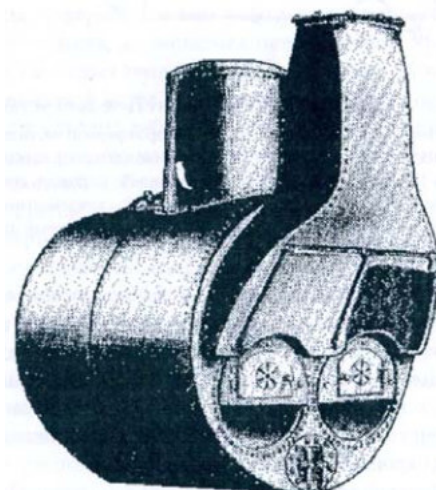


Рис. 4.3. Огнетрубный цилиндрический котел

Вначале такие котлы были прямо стенными, но по мере увеличения давления пара они все больше приобретали форму цилиндра, почему и получили название цилиндрических. В результате применения таких котлов давление удалось поднять до 3-4,5 атм.

С повышением давления пара начали применять паровые машины трехкратного расширения. Эти машины по сравнению с машинами двукратного расширения были не только намного мощнее, но и имели лучшие удельные массогабаритные и экономические показатели.

Первая корабельная паровая машина трехкратного расширения была построена в 1881 г.

Большое внимание в этот период уделялось снижению массы и габаритов парового котла путем интенсификации процесса горения, для чего начали применять искусственную тягу.

Вначале искусственную тягу осуществляли с помощью так называемого «парового форсуна» (рис. 4.4.). Пар от котла подается в основание дымовой трубы и, выходя с большой скоростью из специальной насадки, создает эффект эжекции, в результате которого дымовые газы засасываются и выталкиваются через трубу в атмосферу. Но такой способ требует значительного расхода пара, составляющего 10 % от паропроизводительного котла. В связи с этим на некоторых установках второй половины XIX века к форсуну подводился отработавший пар. От парового форсуна отказались, когда начали применять дутье с помощью вентилятора.

Искусственная тяга позволила почти в два раза снизить габариты и массу котлов. Но замена естественной тяги

искусственной влечет за собой снижение КПД котла, так как возросший тепловой поток дымовых газов малоэффективно используется в поверхностях нагрева, как бы проскакивая их, не успев отдать теплоту. Для устранения этого явления котлы начали оборудовать так называемыми «хвостовыми поверхностями» - трубчатыми теплообменниками, располагая их на пути выхода газов из котла, в которых подогревались поступающий в топку воздух (воздухонагреватель) и подаваемая в котел вода (экономайзер).

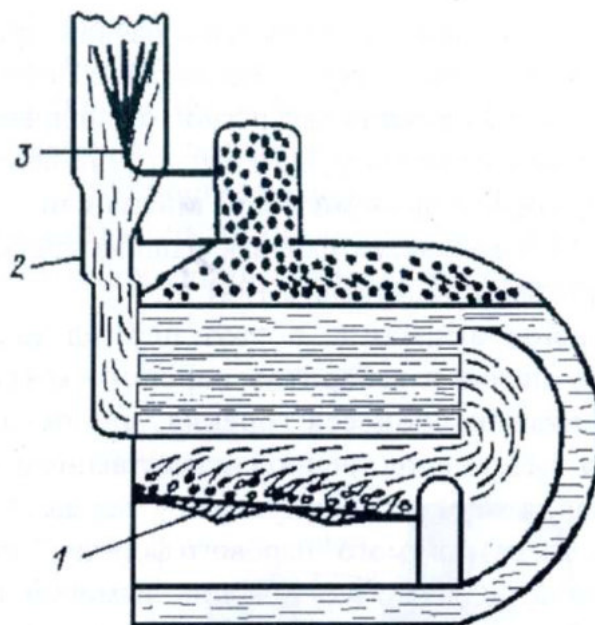


Рис. 4.4. Схема котла с паровым форсуном:
1 – колосниковая решетка; 2 – дымоход; 3 – паровой форсун

Конструкторы котлов пытались сократить время их ввода в действие. Будущий адмирал, а в то время лейтенант С.О.Макаров (1848-1904 гг.), предложил в 1876 г. для ускорения подготовки к действию корабельных цилиндрических котлов подогревать их водяной объем путем подачи греющего пара через специальную систему.

Но никакие улучшения не могли спасти огнетрубный котел, так как его недостатки являлись следствием принципа действия, в основе которого было использование очень большого внутрикотлового объема воды при крайне слабой ее циркуляции в процессе превращения в пар.

На смену огнетрубному котлу появился котел водотрубный с гораздо меньшим объемом внутрикотловой воды и большей поверхностью нагрева. В нем вода нагревалась не в водяном объеме

с расположенными внутри него дымогарными трубами, а в многочисленных водогрейных трубках небольшого диаметра, обогреваемых снаружи продуктами сгорания топлива. Относительно небольшой диаметр пароводяного коллектора, камер и трубок позволяет выполнить их очень прочными и иметь в водотрубном котле давление пара намного больше, чем в огнетрубном котле. Небольшой водяной объем позволил в несколько раз сократить время подготовки котлов к работе.

Идея водотрубного котла зародилась еще в XVIII веке. Но первый пригодный для практического использования котел такого типа в 1850 г. создал французский инженер Ж.Бельвиль, широко применяться эти котлы начали с 1855 г.

Практически одновременно с распространением водотрубных котлов в кораблестроении наметился интерес к замене угля жидким топливом.

Возможным это стало лишь после 1866 г., когда известный российский ученый и изобретатель Александр Ильич Шпаковский (1823-1881г.) изобрел форсунку для распыления жидкого топлива с помощью сжатого воздуха, спустя несколько лет реконструированную для распыления мазута паром. В начале 70-х XIX века годов форсункой Шпаковского впервые были оборудованы котлы нескольких пароходов.

Конструкторы XIX века сделали многое для совершенствования паровой машины. К началу XX века паровые машины поршневого типа имели КПД 10-12 %, давление пара 12-15 атм. Но двигатель этого типа оставался с присущими ему специфическими недостатками.

В XX веке получила распространение другая машина внешнего сгорания, использующая энергию пара.

4.2. Паровая турбина

Идея использования кинетической энергии пара для получения вращательного движения впервые нашла свое воплощение в крутящемся шаре Герона (рис. 3.4). Этот прибор представлял собой прообраз реактивной паровой турбины. Другой машиной, использующей кинетическую энергию пара для своего вращения, являлось известное «колесо» итальянского ученого Бранка (XVII век). Оно вращалось благодаря тому, что пар из котла

вытекал на лопасти горизонтального колеса с ячейками. Это устройство было не чем иным, как примитивной активной паровой турбиной. Но известно, что неперенным условием реализации идеи, а тем более внедрения ее в практику, является социальный заказ, подкрепленный возможностями науки и техники.

Изобретатели пароатмосферной и паровой машин использовали в них принцип прямолинейно-возвратного движения не потому, что с точки зрения механики он являлся оптимальным, а потому что в те времена горнодобывающая промышленность испытывала крайнюю нужду в двигателе для откачки воды из шахт и рудников, а пароатмосферная машина Ньюкомена и позже паровая машина Уатта простого действия позволяли решать эту задачу.

По мере развития промышленного производства (энергетика, судостроение) появлялись вращающиеся исполнительные механизмы, которые нуждались в соответствующем приводе.

Над созданием паровой турбины изобретатели разных стран работали длительное время. С 1880 по 1890 г. в Англии было выдано 52 патента на паровые турбины, а с 1890 по 1900 г. - 186. Наиболее удачные технические решения этой проблемы предложили швед Густав Лаваль (1854-1913 гг.) и англичанин Чарльз Парсонс (1854-1931 гг.).

В 1883 г. Лаваль взял патент, а в 1890 г. построил первую паровую турбину, названную впоследствии турбиной активного типа (рис. 4.5). Работа пара в турбине Г.Лавалья подразделялась как бы на два процесса: преобразование потенциальной энергии пара в кинетическую, и передача кинетической энергии лопаткам.

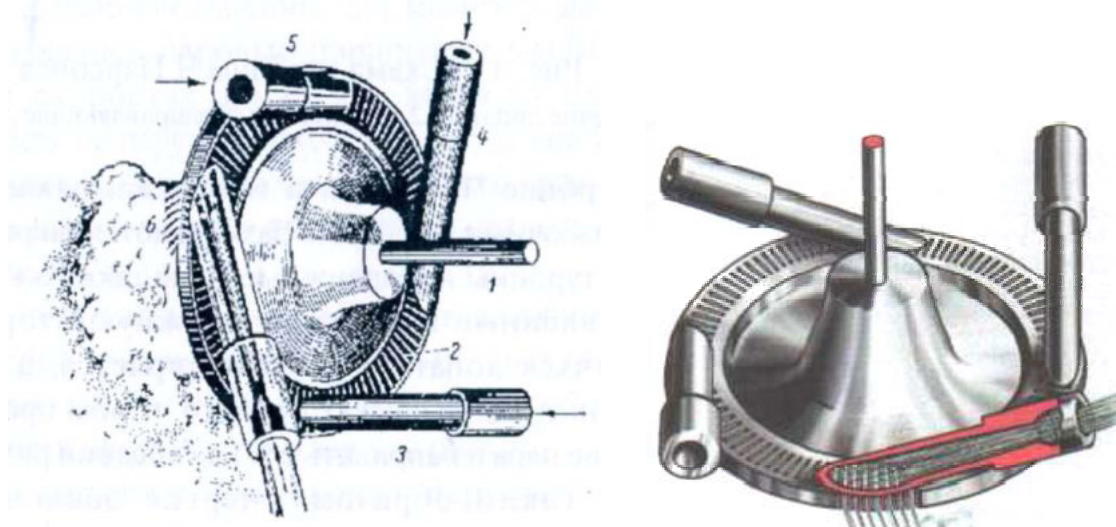


Рис. 4.5. Схема работы активной турбины Г.Лавалья

Турбина Лавалья сыграла большую роль в истории турбостроения, но из-за несовершенства конструкции она не получила большого распространения.

Решительный сдвиг в деле использования паровых турбин произвела турбина Ч. Парсонса (рис. 4.6). В турбине, созданной им в 1884 г., давление пара как бы распределялось между рядом паровых турбин, расположенных в одном корпусе.

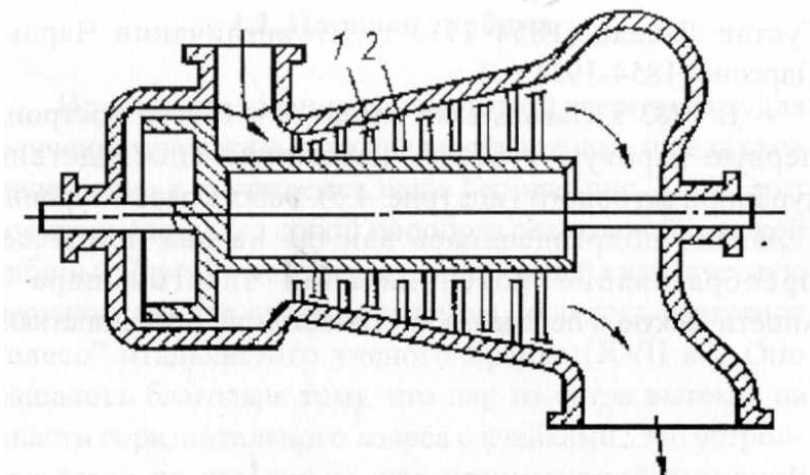


Рис. 4.6. Схема турбины Ч. Парсонса:

1 – рабочие лопатки; 2 – неподвижные направляющие лопатки

В турбине Ч. Парсонса между вращающимися с ротором рабочими лопатками размещаются закрепленные в корпусе турбины неподвижные ряды таких же лопаток, но направленные в противоположную сторону. Во вращающихся лопатках пар расширяется, а лопатки неподвижных рядов служат для того, чтобы продолжить расширение пара и направить его на соседний ряд рабочих лопаток.

Таким образом, энергия давления пара постепенно понижается от ступени к ступени, от одного ряда лопаток к другому, преобразовываясь в механическую работу вращения вала турбины. Так как при переходе из одной ступени в последующую пар расширяется и его объем возрастает, то длина лопаток каждого последующего ряда постепенно увеличивается.

Впоследствии Ч. Парсонс и другие изобретатели создают целый ряд новых конструкций паровых турбин.

Паровая турбина имеет целый ряд преимуществ перед поршневой машиной: через проточную часть турбины можно пропустить пара гораздо больше, чем через цилиндр низкого давления, что позволяет создавать очень мощные двигатели; более

низкий удельный расход пара; ротативный принцип действия, нет возвратно-поступательно движущихся частей; не нуждаются в смазке детали, соприкасающиеся с паром.

Но имеются и недостатки, главный из которых проявился на судовых силовых установках, а именно: заметное снижение КПД при снижении оборотов.

Поэтому начиная с 1903 г. на кораблях начинает развиваться направление - совместное применение паровой турбины и паровой машины. Для малого хода и реверса предназначались паровые поршневые машины, а при высоких скоростях движения, когда их пропускная способность по пару становилась недостаточной, машины отключались, и пар подавался в турбины (рис. 4.7). Это направление в технике развивалось вплоть до 50-х годов XX века.

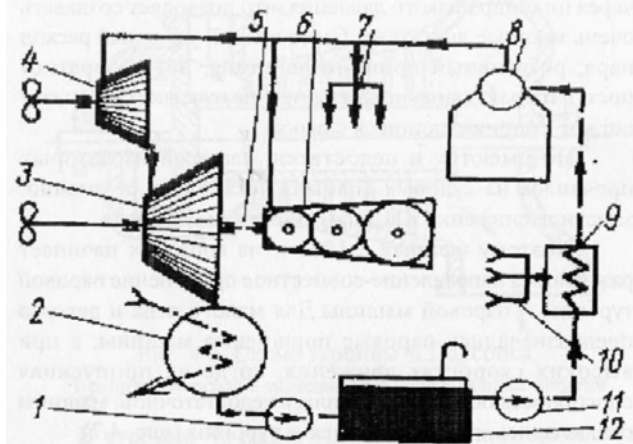


Рис. 4.7. Схема энергетической установки истребителя «Велокс»: 1 – конденсаторный насос; 2 – конденсатор; 3 – турбина низкого давления; 4 – турбина высокого давления; 5 – разобщительная муфта; 6 – паровая поршневая машина; 7 – пар к вспомогательным механизмам; 8 – паровой котел; 9 – водоподогреватель; 10 – пар от вспомогательных механизмов; 11 – питательный насос; 12 – теплый ящик; ——— - пар; ---- - конденсат и питательная вода; -.-.-.- - забортная вода.

Начиная с конца 50-х годов паровая турбина получает свое новое развитие в атомных энергетических установках, где она используется без паровой машины, а вместо котла применяется ядерный реактор.

Что касается применения паровых машин на транспорте, то в принципе применение паровых машин в автотранспорте не так просто, как это кажется на первый взгляд. Вода имеет ряд неудобных эксплуатационных свойств. До сих пор нет полной ясности, какой паровой двигатель предпочтителен для автомобиля - поршневой или турбинный.

Наибольших успехов в 60-70-е годы XX века по применению парового привода на автомобиле добился известный инженер Б. Лир. Его паровая турбина (рис. 4.8), работающая с полной конденсацией, развивает мощность 220 л.с. В этой паросиловой установке использовалась незамерзающая жидкость.

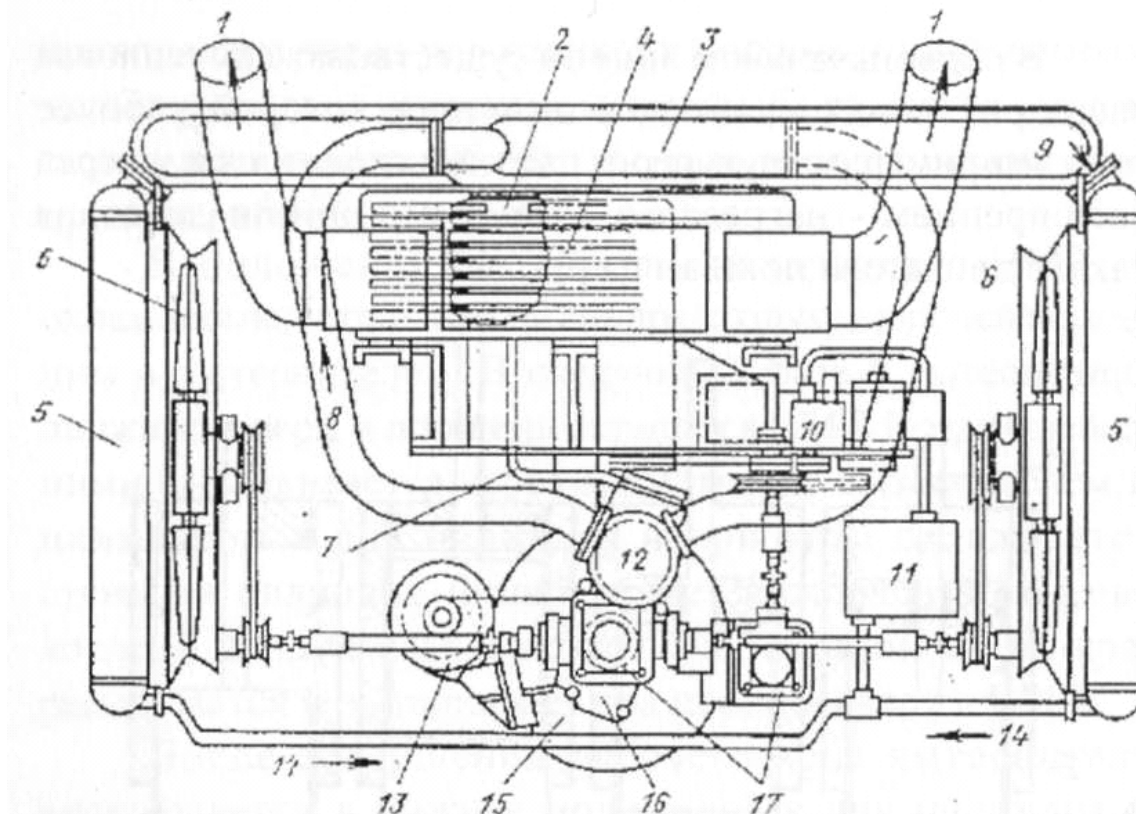


Рис. 4.8. Схема паровой силовой установки автобуса «Лир»:

- 1 – выпускные трубопроводы; 2 – горелки; 3 – теплообменник; 4 – котел;
- 5 – конденсаторы; 6 – вентиляторы; 7 – трубопровод подвода пара в турбину;
- 8 – трубопровод отвода пара из турбины в теплообменник; 9 – трубопровод подвода пара из теплообменника в конденсатор; 10 – водяной насос;
- 11 – водяной бак; 12 – паровая турбина; 13 – генератор; 14 – трубопровод отвода воды из конденсатора в водяной бак; 15 – автоматическая коробка передач; 16 – редуктора; 17 – редукторы привода вспомогательных агрегатов

Но кроме паровых машин внешнего сгорания, создавались и машины с другими принципами действия. Наиболее известный из них двигатель Стирлинга.

4.3. Развитие двигателя Стирлинга

Еще в XIX веке, в 1818 г. шотландским священником Робертом Стирлингом был запатентован необычный двигатель. Двигатель Стирлинга был построен в 1826-1827 гг. По тем

временам он показал фантастические результаты. Вес и габариты его не очень отличались от показателей паровой машины, но КПД был значительно выше - на уровне 5-6 %, в то время как у паровой машины - 1-2 %.

В первоначальном виде он существовал как тепловая расширительная машина, в цилиндре которой рабочее тело, например, воздух, перед сжатием охлаждался, а перед расширением - нагревался. Схема и принцип действия такого двигателя показан на рис. 4.9.

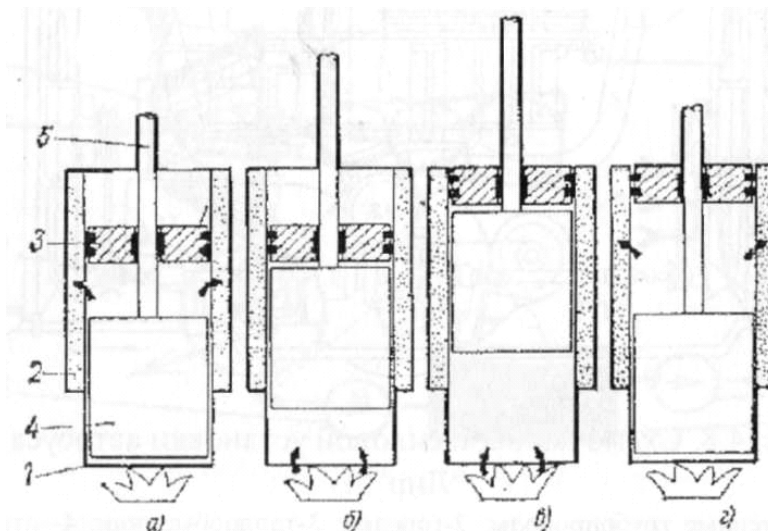


Рис. 4.9. Схема и принцип действия двигателя Стирлинга:

1-цилиндр; 2-охлаждающая рубашка; 3-рабочий поршень;

4-вытеснитель; 5-шток вытеснителя

В верхней части цилиндра 1 имеется водяная охлаждающая рубашка 2, а дно цилиндра постоянно нагревается пламенем. В цилиндре размещен рабочий поршень 3, уплотненный поршневыми кольцами и соединенный шатуном с коленчатым валом (на рисунке коленчатый вал не показан). Между дном цилиндра и рабочим поршнем находится поршень-вытеснитель 4, который перемещается в цилиндре с большим зазором. Заключенный в цилиндре воздух через этот зазор перекачивается вытеснителем 4 либо к днищу рабочего поршня, либо к нагреваемому дну цилиндра.

Вытеснитель приводится в движение штоком 5, проходящим через уплотнение в поршне и приводимым эксцентриковым механизмом, который вращается с углом запаздывания около 90 град, по сравнению с механизмом привода рабочего поршня.

В положении а, поршень находится в НМТ, и охлаждаемый стенками цилиндра воздух заключен между ним и вытеснителем. В

следующей фазе б вытеснитель движется вверх, а поршень остается в НМТ. Воздух между ними выталкивается через зазор между вытеснителем и цилиндром к дну цилиндра и при этом охлаждается стенками цилиндра. Фаза в является рабочей, в течение которой воздух нагревается горячим дном цилиндра, расширяется и выталкивает оба поршня вверх к ВМТ

После совершения рабочего хода вытеснитель возвращается в нижнее положение к дну цилиндра и выталкивает воздух через зазор между стенками цилиндра в камеру под поршень, воздух при этом охлаждается стенками. В положении г холодный воздух подготовлен к сжатию, и рабочий поршень движется от ВМТ к НМТ. Поскольку работа, затрачиваемая на сжатие холодного воздуха, меньше работы, совершаемой при расширении горячего воздуха, то возникает полезная работа. Аккумулятором энергии, необходимой для сжатия воздуха, служит маховик.

Но в конце XIX века двигатель Стирлинга в борьбе с ДВС проиграл. Дело в том, что тогда требовался двигатель, имевший хорошие удельные показатели, т.е. мощность, приходящуюся на единицу массы или объема. ДВС победил потому, что проблема, которая не решалась двигателем с внешним подводом тепла: при малой собственной массе сжигал большое количество топлива и получал, соответственно, большое количество теплоты в малом объеме. Принцип внутреннего сгорания позволял более продуктивно использовать тепло для производства работы. А паровая машина и двигатель Стирлинга имели громадную топку. ДВС дал импульс к созданию индивидуальных экипажей взамен омнибусов, что в то время было уже актуальным.

На долгое время о двигателе Стирлинга просто забыли.

Первой реанимировала двигатель Стирлинга голландская радиотехническая фирма «Филипс», в тридцатых годах получившая заказ на специальную радиоаппаратуру для экспедиции в неизведанные участки планеты. Встал вопрос об источнике энергии для питания этих радиостанций. Забрасывать туда элементы питания, аккумуляторные батареи, которые проработают один-два месяца и потребуют перезарядки, нецелесообразно. Специалисты этой фирмы, когда рылись в картотеках, натолкнулись на двигатель Стирлинга, нашли теоретические исследования по нему, проведенные в конце прошлого века профессором Пражского университета Густавом Шмидтом. Там было доказано, что этот

двигатель имеет КПД, равный КПД цикла Карно. Это привлекло инженеров «Филипса».

Начались работы по совершенствованию двигателя, которые были прерваны второй мировой войной.

После войны работы развернулись полным ходом. Были созданы двигатели небольшой мощности - порядка нескольких сот ватт. Они пока уступали по весогабаритным показателям ДВС, но, самое главное, они могли работать практически на любом виде топлива, любых отходах в виде соломы, опилок и т.д. Имеется легенда о том, как на фирме был открыт обратный цикл Стерлинга, другими словами, холодильник. Инженеры однажды пробовали запустить двигатель, включили горелку и, уверенные, что она включилась, стали раскручивать двигатель. И вдруг увидели, что вся головка двигателя покрылась инеем. Не заметив, что горелка не включилась, они открыли обратный цикл. Криогенная техника получила новый малогабаритный, надежный источник холода.

Но фирма «Филипс» продолжала заниматься двигателем Стирлинга. Во многом усилиями ее инженера Майера произошло второе рождение этого двигателя. Изучив термодинамические основы цикла, Майер решил использовать в виде рабочего тела газы, обладающие высокой энергоаккумулирующей способностью и малой вязкостью, - это гелий и водород.

В 1956 г. последний двигатель Майера (рис. 4.10) показал по своим удельным параметрам результаты на уровне ДВС при более высокой экономичности.

Принципиальная схема такого двигателя представлена на рис. 4.11. Здесь, прежде всего, был применен внешний регенератор теплоты, через который осуществлялась перекачка воздуха из верхней части цилиндра в нижнюю под действием вытеснителя. Последовательно к регенератору во внешнем контуре был подключен радиатор. Регенератор аккумулирует теплоту воздуха, поступающего после расширения в холодную камеру.

При течении воздуха в обратном направлении аккумулятор вновь отдает ему теплоту. Тем самым возрастает разница максимальной и минимальной температур цикла. Радиатор, размещенный за регенератором, отводит только часть этой теплоты, остальная сохраняется в аккумуляторе и используется вновь. При этом улучшается КПД двигателя и увеличивается его максимальная частота вращения. Теплота отработавших газов

подогревателя используется для повышения температуры свежего воздуха, подаваемого в его камеру сгорания.

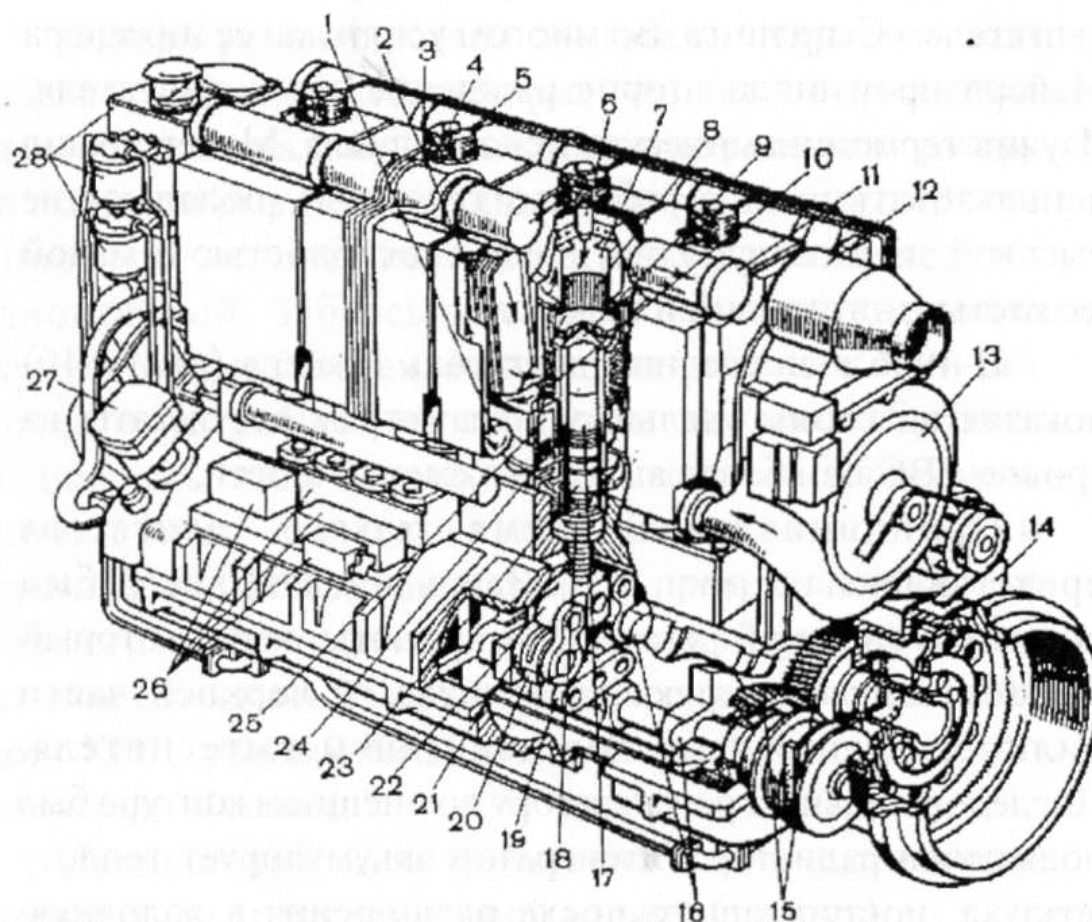


Рис. 4.10. Двигатель Стирлинга фирмы «Филипс»:

1-нагнетательный воздухопровод; 2-воздухоподогреватель; 3-топково-пробвод; 4-трубопровод первичного провода; 5-свеча зажигания; 6-горелка; 7-камера сгорания; 8-нагреватель; 9-головка цилиндра; 10-оребрение; 11 -выпускной трубопровод; 12-вспомогательный насос; 13-центробежный компрессор; 14-стартер; 15-синхронизирующая зубчатая пара; 16-коленчатые валы; 17-вытеснительные поршни; 18-уплотнение со свертывающейся диафрагмой; 19-траверса вытеснительного поршня; 20-шатун вытеснительного поршня; 21-шатун рабочего поршня; 22-траверса рабочего поршня; 23-рабочий поршень; 24-охладитель; 25-регенератор; 26-блок контрольных, перепускных и разгрузочных клапанов; 27-регулятор; 28-блок фильтров

Поршень 2 (рис. 4.11) является рабочим, он передает давление воздуха на кривошипно-шатунный механизм, а вытеснитель 1 предназначен для перемещения воздуха из верхней части цилиндра в нижнюю.

В положении *a* воздух из пространства между двумя поршнями поступает через радиатор 3 и регенератор 4 в трубки подогревателя 6 и затем в верхнюю часть цилиндра. Трубки

подогревателя размещены в камере сгорания. Когда свежий воздух для сгорания подается по каналу 7 и затем, проходя через теплообменник, поступает в зону распылителя форсунки 5, отработавшие газы из подогревателя отводятся через выпускной трубопровод 8.

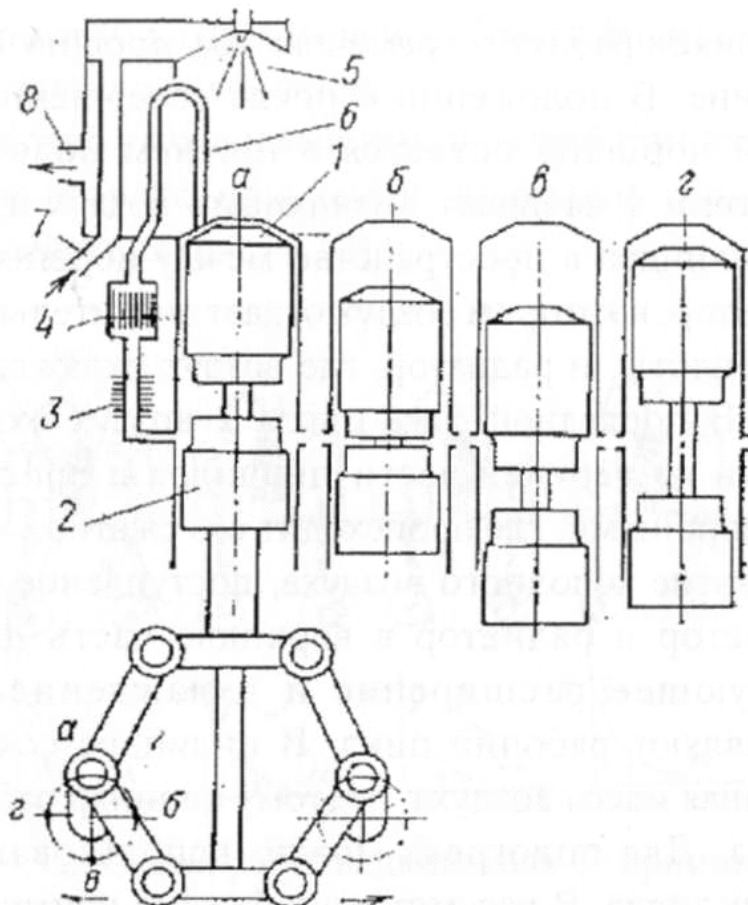


Рис. 4.11. Схема двигателя Стирлинга с регенератором:
1-вытеснитель; 2-рабочий поршень; 3-радиатор; 4-регенератор;
5-подогреватель с форсункой; 6-трубки подогревателя; 7-вход воздуха в подогреватель; 8-выход отработавших газов из подогревателя

В положении а, воздух сжат и при движении в верхнюю часть цилиндра нагревается сначала в регенераторе, а затем в подогревателе. В положении б, весь воздух вытеснен из пространства между двумя поршнями и выполняет работу, перемещая оба поршня в нижнее положение. В положении в, после совершения работы рабочий поршень остается в нижнем положении, а вытеснитель 1 начинает выталкивать воздух из верхней части цилиндра в пространство между поршнями через регенератор, в котором воздух отдает значительную часть своей теплоты, и радиатор, где воздух охлаждается еще глубже. В

последней фазе цикла 2 воздух охлажден и вытеснен из верхней части цилиндра в пространство между поршнями, где происходит его сжатие.

Сжатие холодного воздуха, поступление его через регенератор и радиатор в верхнюю часть цилиндра, последующее расширение и охлаждение воздуха представляют рабочий цикл. В цилиндре сохраняется постоянная масса воздуха, поэтому цилиндр работает без выхлопа. Для подогрева можно использовать любой источник тепла. В рассмотренной схеме применен котел на жидком топливе, взаимное перемещение поршня 2 и вытеснителя 1 обеспечиваются двумя коленчатыми валами и ромбическим механизмом.

После очевидных успехов фирмы «Филипс» компания «Дженерал Моторс» купила лицензию у этой фирмы. Исследования стали вестись в очень широком диапазоне применения: космос, водный и подводный транспорт. Но, к сожалению, вопрос об использовании двигателя Стирлинга в наземном транспорте тогда не ставился. Отпугивало то, что он обладал большой инерционностью, считалось, что его мощность быстро повышать нельзя. Но опять-таки работы на фирме «Филипс» показали впоследствии, что это не так. Показатели его динамичности оказались сравнимы с показателями автомобильного ДВС. Подключились другие фирмы: в Швеции была образована фирма «Юнайтед Стирлинг», в этом же направлении в 80-х годах начали работать фирмы «MAN», «FORD», а также ряд японских компаний.

В результате этих исследований разработан двигатель Стирлинга второго поколения, двигатель с поршнем двойного действия (рис. 4.12).

В таком двигателе соединение горячей верхней камеры одного цилиндра с холодной камерой под поршнем соседнего цилиндра позволяет достичь необходимого изменения объема без отдельного поршня-вытеснителя. У четырехцилиндрового двигателя сдвиг между кривошипами поршней соседних цилиндров составляет 90 град.

Схема соединения соседних цилиндров с таким расположением кривошипов показана на рис.4.12. Соединительные трубопроводы связывают горячую камеру, подогреватель, регенератор, радиатор и холодную камеру. Два коленчатых вала вращаются в одном направлении и связаны с поршнями через крестовый механизм.

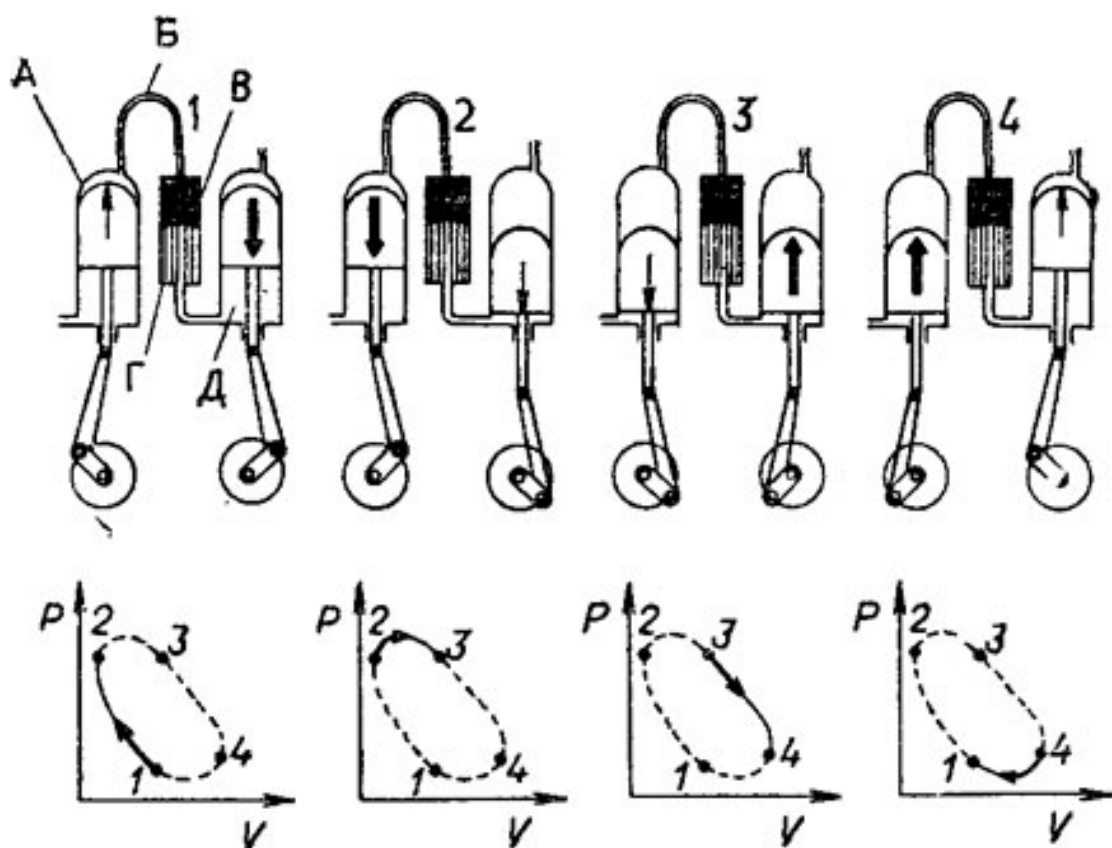


Рис. 4.12. Схема работы двигателя Стирлинга с поршнем двойного действия: А-горячая камера; Б-подогреватель; В-регенератор; Г-радиатор; Д-холодная камера

5. РАЗВИТИЕ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

5.1. Двигатель внутреннего сгорания поршневого типа

Создатели первых двигателей внутреннего сгорания (ДВС) отталкивались от конструкции паровой машины. Как сделать её более компактной и производительной? Прежде всего, избавиться от топки и котла. Для этого нужен резервуар с горючим газом, например, светильным; газ надо смешать с воздухом, вводить в цилиндр машины и там воспламенять. Горение и расширение смеси произведут силу, которая заменит его. В этом случае топка и котел больше не понадобятся.

Раньше других в этом направлении удача пришла к бельгийскому механику Этьену Ленуару (1822-1900 гг.), взявшему в 1860 г. патент на двигатель, конструктивно похожий на паровую машину, но в принципе отличавшийся от неё способом действия. Двигатель Ленуара - двусторонний (или, как принято говорить, двойного действия; рабочий процесс происходит с двух сторон поршня) и двухтактный, т.е. полный цикл работы поршня длится в течение двух его ходов (рис. 5.1).

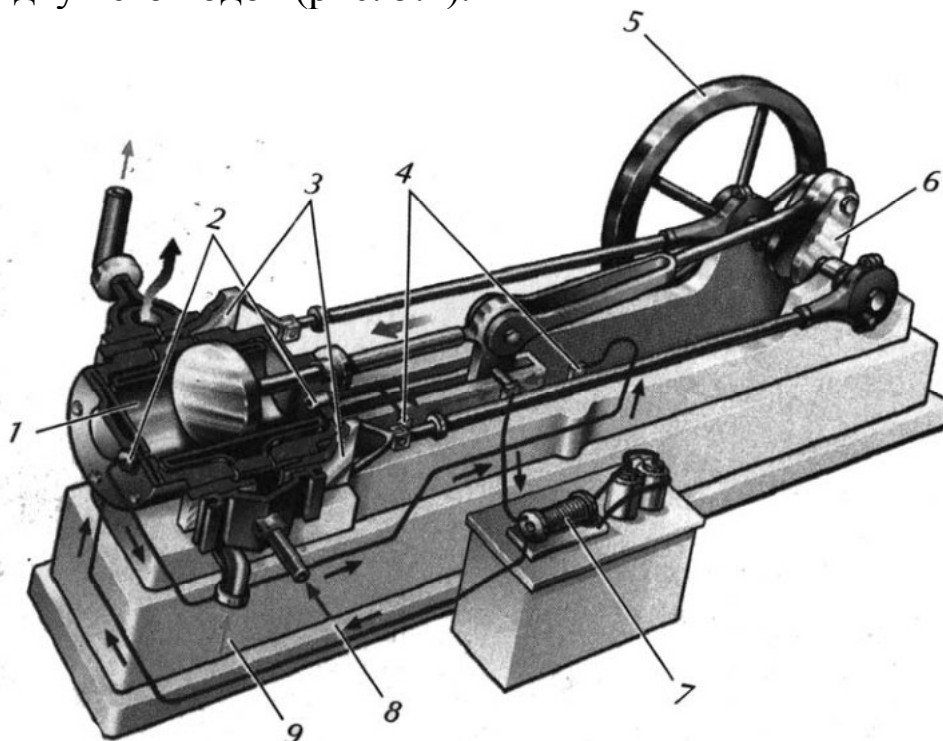


Рис. 5.1. Двигатель Ленуара в разрезе:

1 – рабочий цилиндр с поршнем; 2 – свечи зажигания; 3 – золотники;
4 – контакты зажигания; 5 – маховик; 6 – коленчатый вал; 7 – индукционная катушка; 8 – впуск газа; 9 – впуск воды.

При ходе поршня вниз смесь светильного газа и воздуха всасывается в цилиндр, как вода в шприц. Когда поршень совершит примерно половину хода, от электрической искры смесь взрывается. Образующиеся при этом продукты сгорания давлением 5-6 атм. двигают поршень до конца хода. Движение поршня передается посредством кривошипного механизма коленчатому валу с закрепленным на нем маховиком. Во время обратного хода поршня, обеспечиваемого вращением маховика, продукты сгорания выталкиваются в атмосферу, а смесь газа и воздуха всасывается в цилиндр. Впуск и выпуск управляет задвижка-золотник, а золотником - эксцентрик, смонтированный на валу двигателя.

Преимущества нового двигателя перед паровой машиной не ограничивались ликвидацией котла и топки. Газовые двигатели не требовали разведения пара, обслуживать их было нетрудно. Но масса нового двигателя оставалась почти такой же, как и у паровой машины. КПД двигателя составлял всего 0,04.

Причина низкой производительности двигателя заключалась в самом принципе его действия. Давление воспламененной смеси не превышало 5 кг/см², а к концу рабочего хода снижалось втрое. Простой расчет показывает, что одноцилиндровый двигатель рабочего объема 2 л при таком давлении, частоте вращения вала 100 об/мин и КПД=0,04 развивает мощность не более 0,1 кВт. Другими словами, лемуаровский двигатель в тысячу раз менее производителен, чем двигатель нынешнего автомобиля.

Сделать газовый двигатель более эффективным удалось коммерческому служащему Николаю-Августу Отто (1832-1891 гг.) из Кёльна совместно с инженером Эйген Ланген (1833-1895 гг.).

В 1878г. на третьей Всемирной выставке в Париже был выставлен газовый двигатель, названный по имени изобретателя двигателем Отто.

Двигатель Отто быстро вытеснил с международного рынка двигатель Лемуара. К 1897г. в мире было построено 42 тыс. таких двигателей.

Создавая новый двигатель, Н.Отто обратился к четырехтактному циклу, впервые предложенному в 1862 г. французским инженером А. Бо де Роше, который тот теоретически обосновал, используя труд Карно. В 1876 г. двигатель был сконструирован, а на следующий год Отто стал обладателем патента на четырехтактный газовый двигатель, работающий со

сжатием горючей смеси перед её воспламенением. О термодинамическом совершенстве цикла этого двигателя даёт представление КПД двигателя, составлявший около 22%. Двигатели Отто, как и предшествовавшие им Ленуара, могли работать только на светильном газе, а для быстро развивающихся в конце XIX века механических транспортных средств нужен был двигатель, работающий на топливе, удобном для перевозки. Ведь так же, как и паровой двигатель, непосредственно связанный с котлом, газовый нуждался в расположенном рядом газогенераторе, превращавшем то, или иное топливо в светильный газ.

За решение задачи взялся переселившийся в конце 70-х годов из Сербии в Россию инженер-механик Огнеслав (Игнатий) Степанович Костович (1851-1916 гг.), задавшийся целью создать двигатель внутреннего сгорания мощностью до 60 л.с, работающий на бензине.

В сконструированном им 8-цилиндровом двигателе всасываемая в цилиндре топливо-воздушная смесь приготавливалась в специальном устройстве, позднее названном карбюратором. В 1884 г. двигатель с фантастически малой для того времени удельной массой - 3 кг/л.с. был построен и испытан. В 1888 г. Костович подал патентную заявку на бензиновый двигатель внутреннего сгорания и в 1892 г. получил патент.

Одним из первых оценил перспективность двигателя внутреннего сгорания на жидком топливе технический директор завода по изготовлению газовых двигателей Отто и Лангена инженер Готлиб Даймлер (1834-1900 гг.). Организовав собственное предприятие, Даймлер сконструировал и построил бензиновый двухцилиндровый двигатель, запатентовав в 1885 г. его применение на автомобиле, мотоцикле и моторной лодке.

В своих двигателях Даймлер большую частоту вращения вала, обеспечиваемую, в частности, интенсивным воспламенением смеси, справедливо считал главным его показателем работы на транспортной машине. Частота вращения вала двигателя Даймлера была в 4-5 раз больше, чем у газовых двигателей, и достигала 450-900 об/мин., а мощность на 1 л рабочего объёма - вдвое больше. Такие особенности, как закрытый картер (кожух) двигателя, заполненный смазочным маслом и защищавший подвижные части от пыли и грязи, способствовали развитию их «транспортной специфики». Охлаждению воды в окружающей двигатель

«рубашке» способствовал пластинчатый радиатор. Для пуска двигателя служила заводная рукоятка.

В конце XIX века двигатели внутреннего сгорания на жидком топливе широко применялись на сухопутном и водном транспорте. Однако при всех достоинствах распространению двигателей, работающих по циклу Отто, препятствовала ограниченная агрегативная мощность, не превышающая 80-100 л.с.

Очередным крупным шагом в развитии ДВС явились изобретения немецкого инженера Рудольфа Дизеля (1858-1913 гг.).

В 1892 г. Дизель получил патент на изобретение «Рабочий процесс и способ выполнения одноцилиндрового и многоцилиндрового двигателя». Но это было лишь начало.

В 1892-1895 гг. один за другим Дизель строит три двигателя, в которых стремится придерживаться цикла Карно. Но впоследствии он решил отступить от цикла Карно, заменив изотермическое сгорание топлива адиабатическим сжатием воздуха в цилиндре. Двигатель в честь изобретателя был впоследствии назван дизелем.

В дизельном двигателе применён тот же четырёхтактный цикл. Но по сравнению с двигателем Отто, в цилиндре двигателя Дизеля сжимается не смесь топлива и воздуха, а чистый воздух, что позволяет практически вдвое увеличить степень сжатия, так как исключена возможность преждевременного воспламенения топлива.

Построенный в 1896 г., двигатель мощностью 25 л.с. был на 10% экономичнее двигателя Отто. На Всемирной выставке в 1900 г., где Г.Лаваль демонстрировал свою вторую турбину, двигатель Дизеля произвёл фурор и был удостоен Большого приза.

Раньше других продуктивность нового двигателя оценили в России, где уже в 1897 г. по предложению профессора Г.Ф.Деппа лицензию на постройку дизеля приобрёл завод «Людвиг Нобель» в Петербурге. А в 1899 г. закончились испытания русского дизеля. Впоследствии дизельные двигатели не однократно совершенствовались. Так в 1906-1908 гг. были созданы двухтактные дизельные двигатели (рис. 5.2).

Рабочий цикл - двухтактного дизеля осуществляется за два хода поршня - один оборот коленчатого вала. В цилиндре двигателя предусмотрены продувочные и выпускные окна. Воздух в продувочные окна подается специальным насосом под давлением примерно 1,5 атм.

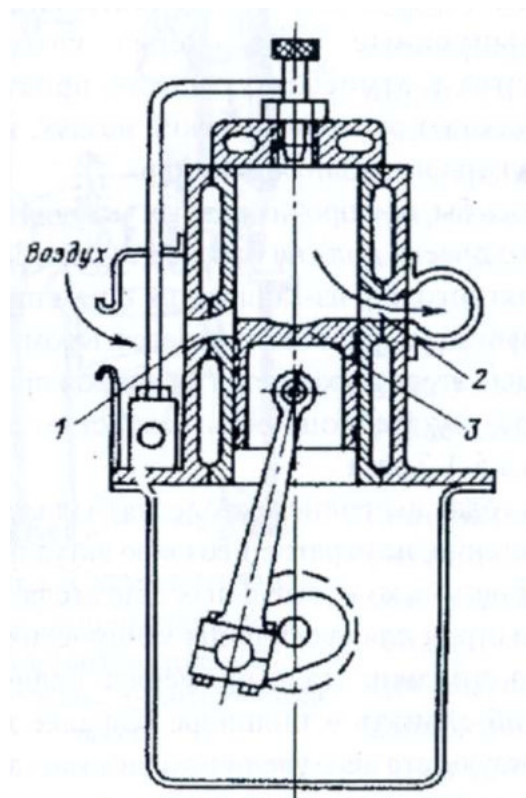


Рис. 5.2. Устройство двухтактного дизеля:
1-продувочные окна; 2-выпускные окна; 3-поршень

Поршень, двигаясь вверх, сначала перекрывает окна, а затем сжимает оставшийся в цилиндре воздух до давления, обеспечивающего достижение температуры самовоспламенения впрыскиваемого топлива. После сгорания топлива под воздействием расширяющихся газов поршень движется вниз, последовательно открывая сначала выпускные окна, через которые газы выталкиваются в атмосферу, а потом продувочные, в которые поступает от насоса свежий воздух, выталкивая оставшиеся газы и заполняя цилиндр.

Казалось бы, при прочих равных условиях мощность двухтактного дизеля должна быть в два раза больше, чем у четырёхтактного. Но из-за наличия в нём продувочных окон полезный ход поршня сокращается. Кроме того, часть мощности двигателя расходуется на привод продувочного насоса. В результате мощность возрастает не в два, а примерно в 1,5-1,7 раза.

В 20-х годах XX века было сделано ещё одно изобретение, не утратившее свою актуальность и до наших дней не только в дизельных двигателях. В ряде стран для увеличения мощности двигателей внутреннего сгорания стали применять наддув воздуха, позволяющий сжигать в цилиндре большее количество топлива, в

результате чего увеличивалась масса продуктов сгорания, а следовательно, и давление на поршень, и возрастала мощность двигателя.

Вначале воздухоподка приводилась в действие от вала двигателя, потребляя часть развиваемой им мощности. Позднее для этой цели применили газотурбонаддувочный агрегат (рис. 5.3), газовая турбина которого работает на отработавших газах дизеля. Серьезное усовершенствование позволило уменьшить удельную массу и габариты двигателя в 1,5-2 раза.

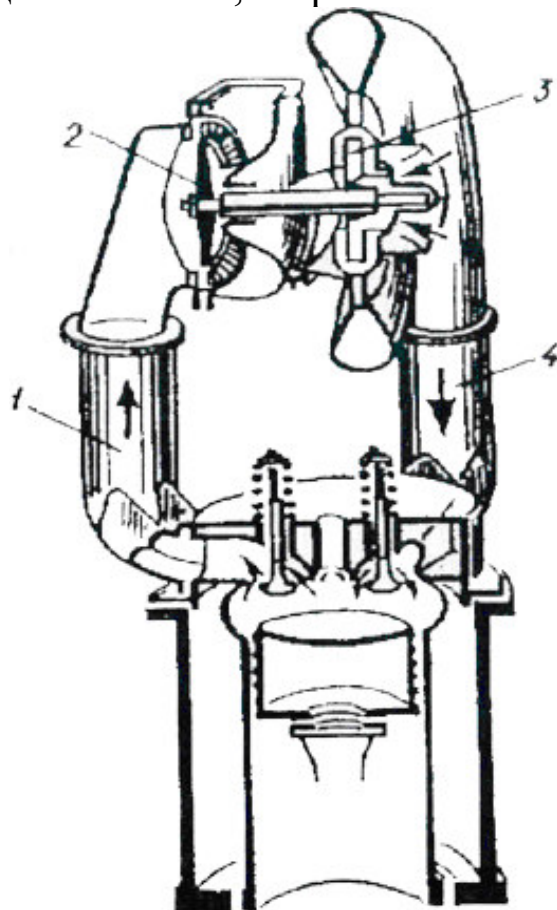


Рис. 5.3. Схема дизеля с газотурбинным наддувом:
1-выхлопной коллектор; 2-газовая турбина; 3-центробежный насос

Одним из основных показателей качества автомобильного двигателя явилось повышение степени сжатия горючей смеси перед её зажиганием, т.е. отношение объёма цилиндра при крайнем нижнем положении поршня к объёму цилиндра при крайнем верхнем положении поршня (в конце сжатия). Повышение такого сжатия увеличивает и мощность двигателя, которая становится больше с увеличением оборотов двигателя. Эта тенденция в развитии ДВС наблюдается и до наших дней (рис. 5.4). Повышение степени сжатия горючей смеси связано с повышением, так

называемого октанового числа горючего - показателя, характеризующего антидетонационные свойства бензина. Детонация горючей смеси приводит к преждевременному и неправильному (чрезмерно быстрому) сгоранию горючей смеси и резкому увеличению его расхода и в результате к потере мощности двигателя. Уже в середине второй мировой войны ряд английских и особенно американских карбюраторных двигателей имели высокую степень сжатия - 6,5-6,8 и работали на бензине с октановым числом не менее 70-72. Достигнутое затем повышение степени сжатия, а также скорости вращения коленчатого вала и совершенствование конструкции двигателей (в части карбюрации, механизма газораспределения) обеспечили значительное повышение мощности, приходящейся на каждый литр рабочего объема двигателя (рис. 5.4).

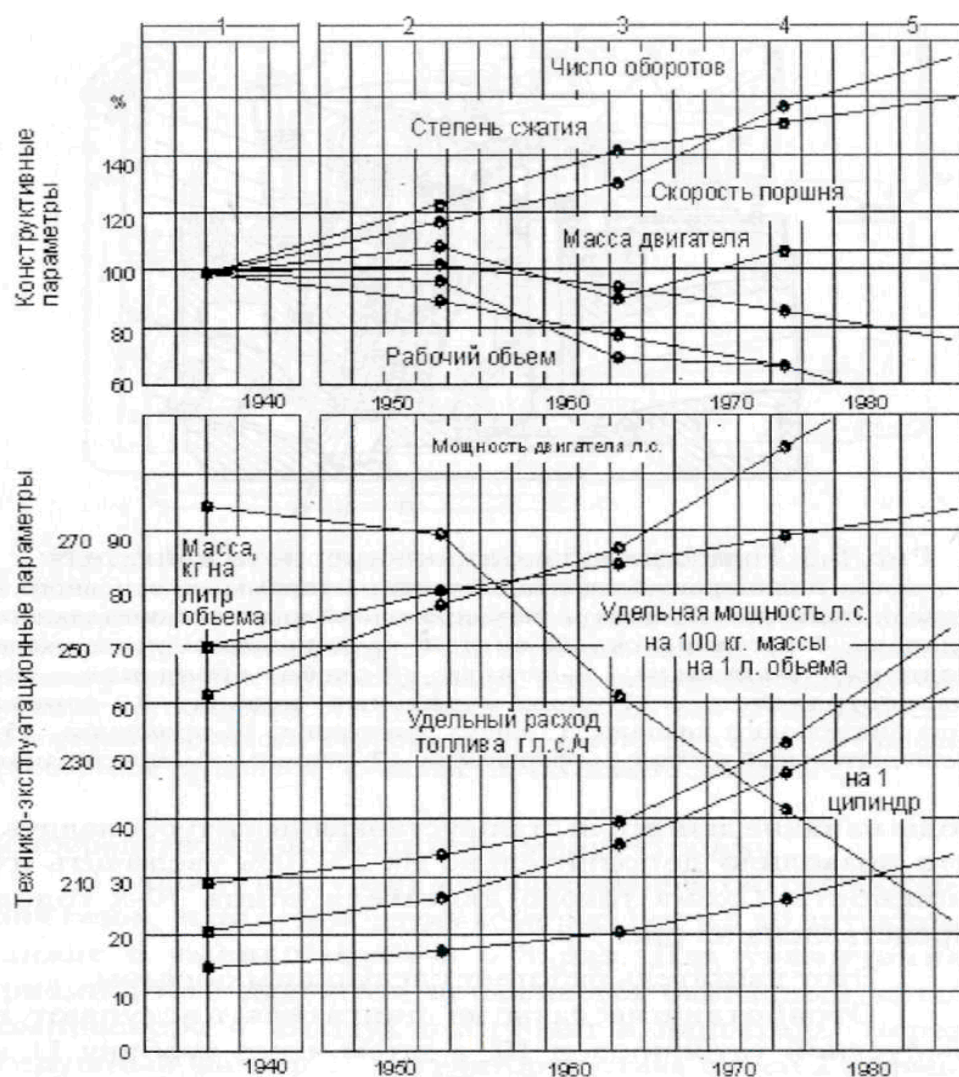


Рис 5.4. Средние данные о развитии параметров автомобильных двигателей

Ещё в 1937 г. сотрудники Института химической физики АН СССР предлагали увеличить мощность источника зажигания в двигателе внутреннего сгорания, что затем на практике осуществилось в использовании факела пламени, направленного в камеру сгорания двигателя. В начале 60-х годов на Горьковском автозаводе создана удачная конструкция двигателя, в котором, кроме обычной камеры сгорания, есть ещё маленькая запальная камера (форкамера) со свечой зажигания. В этом двигателе имеется две системы питания с двумя карбюраторами для приготовления обеднённой (основной) и обогащенной (запальной) смесей. При воспламенении обогащенной смеси в запальной камере струи пламени врываются в основную камеру, где и происходит загорание обеднённой смеси. Запальная предкамера называется форкамерой, отсюда - форкамерный двигатель (рис. 5.5).

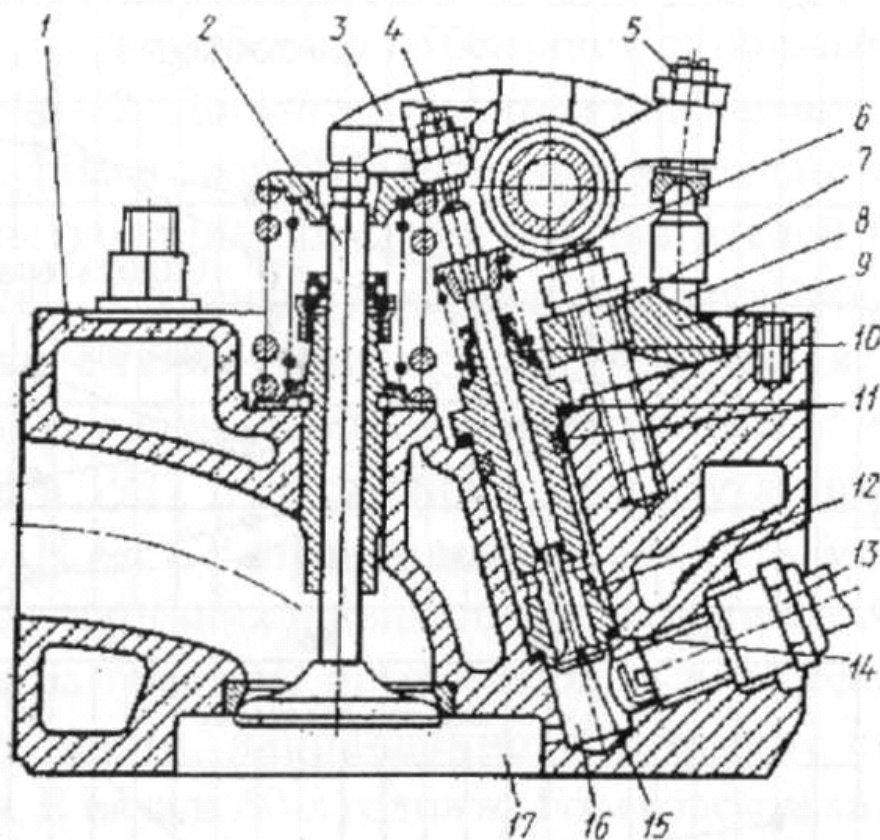


Рис. 5.5. Привод клапанов форкамерного двигателя:

- 1-головка цилиндров; 2-впускной клапан; 3-коромысло основного и дополнительного клапанов; 4-регулирующий винт дополнительного клапана; 5-регулирующий винт; 6-пружина дополнительного клапана; 7-шпилька; 8-штанга; 9-скоба крепления; 10-маслоотражатель; 11-уплотнительные кольца; 12-корпус дополнительного клапана; 13-свеча зажигания; 14-прокладка; 15-дополнительный клапан; 16-форкамера; 17-основная камера сгорания

Такой двигатель устанавливался на автомобиле ГАЗ-52, в настоящее время им оснащен ГАЗ-3102. Факельное зажигание позволяет на 10-15% снизить расход топлива, а также значительно уменьшить загрязнение воздуха окисью углерода.

В середине 50-х годов появились бескарбюраторные бензиновые двигатели. Мощность таких двигателей может повышаться на 15-20% по сравнению с карбюраторными, а экономичность увеличивается на 5-15%. Позднее в 70-е годы на такие двигатели стали устанавливать турбонаддув, что позволило дополнительно на 25-30% увеличить их мощность. Схема такого двигателя конца 70-х годов представлена на рис. 5.6.

Этот двигатель работает следующим образом.

Отработавшие газы из двигателя поступают в выпускной трубопровод 10, а затем через турбину 11 в глушитель шума выпуска 12. При максимальной нагрузке и высокой частоте вращения двигателя давление во впускном канале 7, передаваемое через канал 15, открывает клапан перепуска 13, через который отработавшие газы по трубопроводу 14 пропускают непосредственно в глушитель, минуя турбину.

В турбину поступает меньшее количество отработавших газов, и подача воздуха компрессором 4 во впускном канале 6 уменьшается в несколько раз (6 - 8 раз). Для увеличения приемистости двигателя применяется байпасный канал компрессора 4. Воздух поступает в двигатель через воздушный фильтр 1, регулятор состава смеси 2 фирмы «BOSH», управляющий топливными форсунками 9, затем во впускной трубопровод 3 и далее компрессором 4 нагнетается во впускные каналы и патрубки 6-8. При быстром отпуске педали управления, компрессор ещё вращается, и для снижения давления в канале 6 перепускной клапан 5 вакуумом во впускном патрубке 8 открывается, и воздух под давлением из канала 6 через тот же клапан 5 перепускается вновь в трубопровод 3 перед компрессором. Выравнивание давления происходит очень быстро, частота вращения турбокомпрессора при этом резко не падает. При следующем нажатии на педаль перепускной клапан 5 быстро закрывается, и компрессор с незначительной задержкой подаёт в двигатель воздух под давлением. Это позволяет достичь полной мощности двигателя за доли секунды после нажатия на педаль управления.

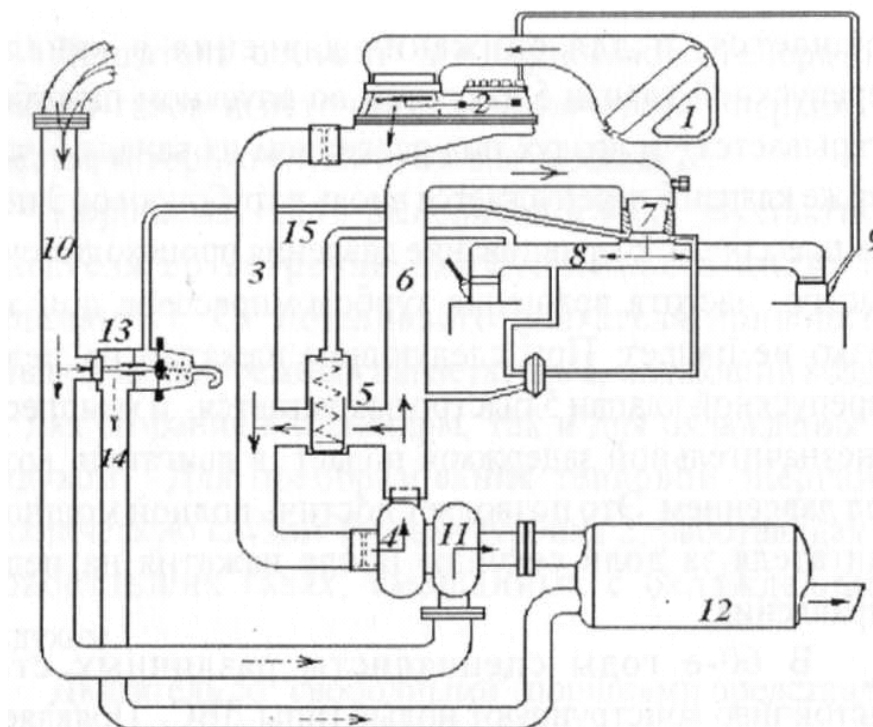


Рис. 5.6. Схема турбонаддува бескарбюраторного бензинового двигателя: 1-воздушный фильтр; 2-регулятор состава смеси; 3-впускной трубопровод; 4-компрессор; 5-перепускной клапан; 6-7-впускные каналы; 8-патрубок впускного канала; 9-топливная форсунка; 10-выпускной трубопровод; 11-турбина; 12-глушитель шума выпуска; 13-клапан перепуска отработавших газов; 14-соединительный трубопровод глушителя; 15-канал управляющего давления

В 60-е годы специалисты различных стран активно конструируют новые типы ДВС. Появляется очень перспективное направление, своего рода комбинации ДВС и газотурбинных двигателей. В качестве примеров рассмотрим несколько.

Экспериментальный двигатель «Орион» США изображен на рис.5.7.

Двигатель состоит из поршневого генератора горячих газов и источника механической энергии, в качестве которого служит газовая турбина 2.

Поршневая часть выполнена в виде двухтактного двигателя со встречно движущимися в цилиндре поршнями 7. От поршневого двигателя приводится большой центробежный нагнетатель 1, подающий воздух как для сгорания в цилиндры, так и для охлаждения их воздухом. Для преобразования тепловой энергии в механическую энергию служит газовая турбина 2, работающая на отработавших газах, смешанных с охлаждающим воздухом.

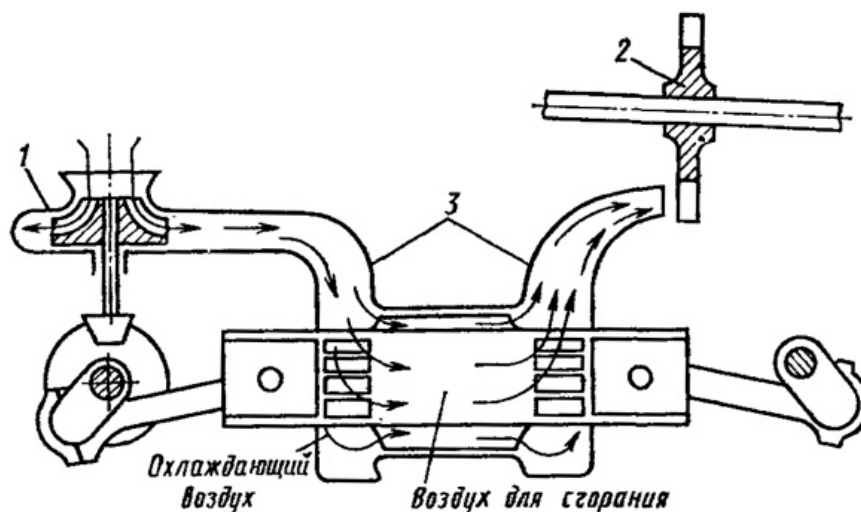


Рис. 5.7. Схема комбинированного двигателя "Орион":
1-центробежный нагнетатель; 2-газовая турбина;
3- впускной и выпускной трубопроводы;

Двигатель со «свободными» поршнями представлен на рис.5.8.

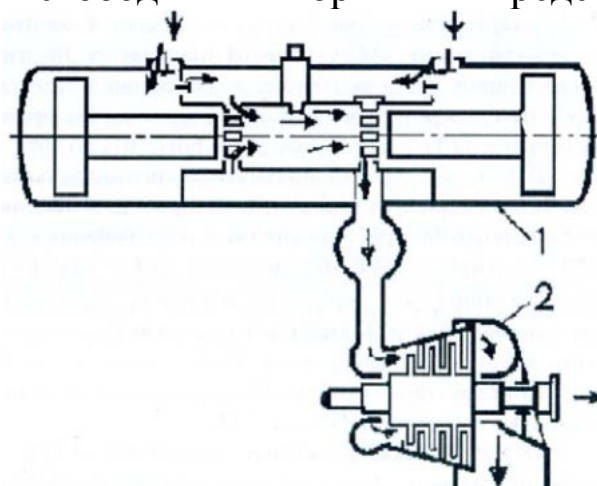


Рис. 5.8. Схема двигателя со «свободными» поршнями:
1- двигатель-генератор газа; 2- газовая турбина

При прямом ходе поршней в цилиндре двигателя (рис.5.8) происходит расширение и выпуск газов из цилиндра, а также начинается его продувка и наполнение. В компрессорной полости продувочного насоса в это время происходит расширение оставшегося во вредном пространстве воздуха, а затем впуск свежего заряда. В буферной полости, представляющей собой пневматический аккумулятор энергии, осуществляется сжатие воздуха, впрыскивание топлива и сгорание.

При обратном ходе поршней под действием давления в буферной полости в цилиндре двигателя вначале происходит

продувка и наполнение цилиндра, а затем сжатие воздуха, впрыскивание топлива и сгорание.

Адиабатные турбокомпаундные двигатели (рис. 5.9), у которых цилиндр и его головка не охлаждаются, поэтому потери теплоты за счёт охлаждения отсутствуют. Энергия отработавших газов используется для привода газовой турбины, механически связанной с коленчатым валом. За счёт этого КПД двигателя удаётся повысить до 50%.

В это же время появляются автомобильные комбинированные установки, в которых для использования теплоты отработавших газов и повышения КПД ДВС применён так называемый цикл Ранкина. Отработавшие газы нагревают жидкость (например, фреон), пары которой поступают в роторный двигатель. Этот двигатель сбалансирован с ДВС.

Конструкция такой комбинированной силовой установки представлена на рис. 5.10.

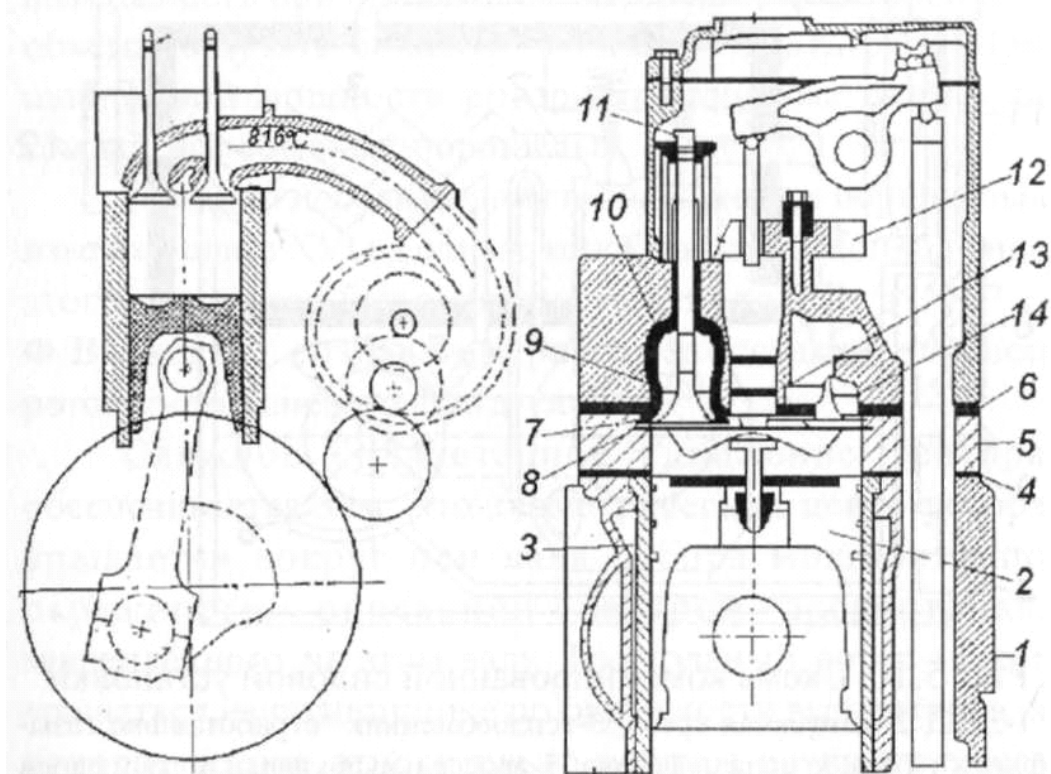


Рис. 5.9. Схема адиабатного турбокомпаундного двигателя:

- 1-блок цилиндров; 2-составной поршень; 3-гильза цилиндра;
- 4-теплоизолирующая прокладка блока цилиндров; 5-вставка между головкой и блоком цилиндров; 6-теплоизолирующая прокладка головок цилиндров;
- 7-теплоизолирующая шайба камеры сгорания; 8-нижнее уплотнение теплоизолирующей шайбы; 9-седло выпускного клапана; 10-керамическая изоляция выпускной трубы; 11-выпускной клапан; 12- насос-форсунка;
- 13-теплоизолирующий стакан насос-форсунки; 14-седло впускного клапана

Известны также установки, состоящие из ДВС и паровой турбины, пар в которую поступает из котла, нагреваемого теплотой отработавших газов двигателя. КПД этой комбинированной силовой установки достигает 50-55%.

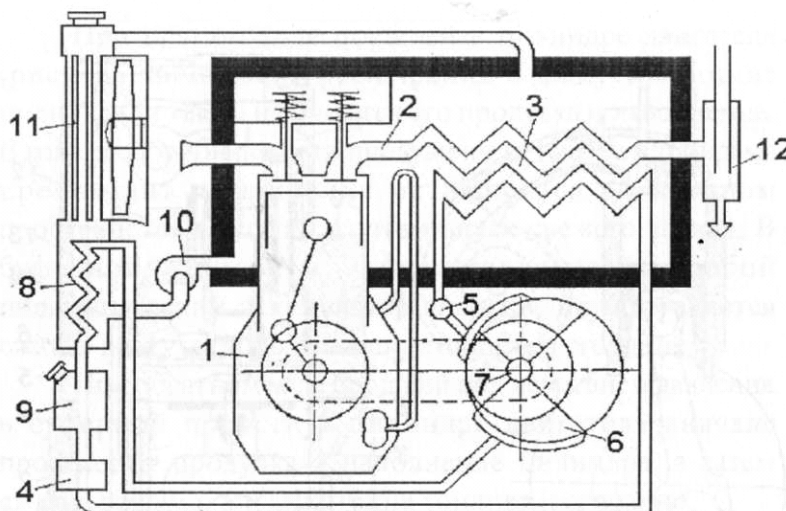


Рис. 5.10. Схема комбинированной силовой установки:

- 1-ДВС; 2-выпускная труба; 3-теплообменник «отработавшие газы – фреон»;
- 4-насос подачи фреона; 5-дроссельный клапан подачи паров фреона;
- 6-роторный двигатель на фреоне; 7-муфта свободного хода; 8-теплообменник «фреон-вода»;
- 9-бак с фреоном; 10-водяной насос двигателя; 11-радиатор двигателя; 12-конденсатор воды из отработавших газов двигателя

5.2. Роторно-поршневой двигатель

Роторно-поршневые двигатели появились в конце 50-х гг. XX века. Они отличаются от обычных поршневых тем, что у них возвратно-поступательное движение поршней заменено вращательным, планетарным движением ротора треугольной формы в корпусе, выполненном в форме эпициклоиды (так называемый треугольник Рёло).

При вращении ротора между корпусом и ее сторонами образуются полости изменяющегося объема, что используется для процессов сжатия, впуска и выталкивания рабочего тела. Отсутствие поступательно движущихся масс позволяет увеличивать частоту вращения вала отбора мощности двигателя, что, в свою очередь, дает возможность при одинаковом массовом заряде рабочего объема получать большую мощность двигателя. При одинаковой мощности роторно-поршневые двигатели компактнее обычных поршневых и легче их.

Принцип использования вращающегося поршня был известен ещё в XVI в., однако конструктивное воплощение этого принципа было осуществлено только в 1957 г. Ф.Ванкелем, создавшим работоспособный образец роторно-поршневого двигателя.

Сложное планетарное движение ротора обеспечивается тем, что геометрический центр ротора вращается вокруг оси вала отбора мощности по окружности, описанной центром эксцентрика, закреплённого на этом валу. Треугольный ротор может вращаться на подшипнике по окружности эксцентрика, а поворот ротора относительно корпуса осуществляется обкатыванием закреплённой в роторе шестерни внутреннего зацепления вокруг неподвижного зубчатого колеса внешнего зацепления. Один полный оборот ротор делает за три оборота эксцентрикового вала.

Рабочий процесс в роторно-поршневых двигателях осуществляется за четыре такта в каждой из трёх полостей, чередование которых показано на рис. 5.11.

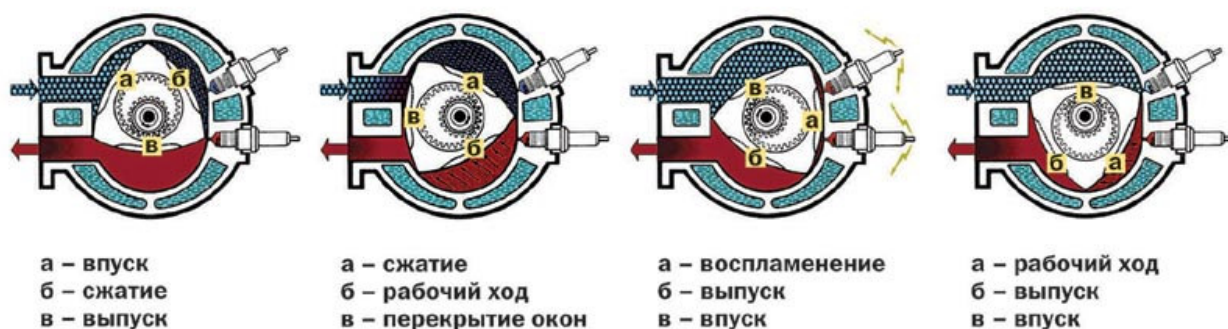


Рис. 5.11. Схема работы роторно-поршневого двигателя

Продолжительность каждого такта двигателя длится 270 градусов угла поворота эксцентрикового вала, т.е. полный четырехтактный цикл в одной полости совершается за один полный оборот ротора.

Больших успехов в усовершенствовании конструкции двигателя Ванкеля (экономичность доведена до уровня дизельного двигателя) в 70-е годы достигла японская фирма «Тойо Коге» (рис. 5.12). В этом двигателе создается расслоенный заряд (по аналогии с форкамерным зажиганием).

При частичной нагрузке воздух подается в камеру не через основной канал, а по малому дополнительному впускному каналу.

Это улучшает перемешивание смеси, позволяет получить более бедную смесь и снизить расход топлива. Впрыск бензина

осуществляется непосредственно в камеру механическим насосом через установленную в корпусе двигателя форсунку.

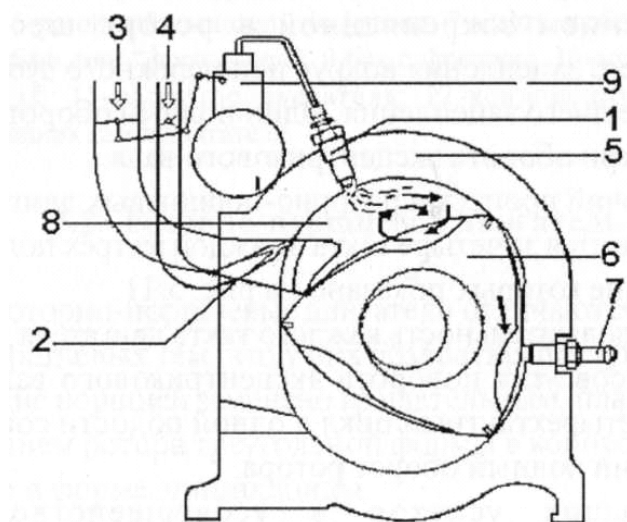


Рис. 5.12. Роторно-поршневой двигатель японской фирмы «Тойо Коге»: 1-топливная форсунка; 2-входное отверстие дополнительного впускного канала; 3-основной впускной канал; 4-дополнительный впускной канал; 5-корпус двигателя; 6-ротор; 7-свеча зажигания; 8-камера; 9-насос

При таком смесеобразовании в камере сгорания ротора к моменту подачи искры свечой зажигания может образоваться расслоенный заряд, если основная часть воздуха поступает по впускному каналу, а через дополнительный малый канал с тангенциальным входом воздух вдувается с большой скоростью, что улучшает смесеобразование.

Степень сжатия двигателя Ванкеля не может быть слишком большой из-за геометрии двигателя и камеры сгорания. Поэтому в 60-е годы фирма «Ролле Ройс» разработала двухступенчатый дизельный двигатель Ванкеля (рис. 5.13).

В первой (большей по размерам) ступени происходит предварительное сжатие воздуха, который затем по короткому каналу проходит во вторую, меньшую ступень, где воздух сжимается уже окончательно до необходимого давления. После впрыска топлива расширение происходит снова в обеих ступенях.

Большим достоинством двигателя Ванкеля является малое количество движущихся деталей, а поскольку движение вращательное, то двигатель очень просто уравновесить.

Ещё более уравновешенным является так называемый газотурбинный двигатель.

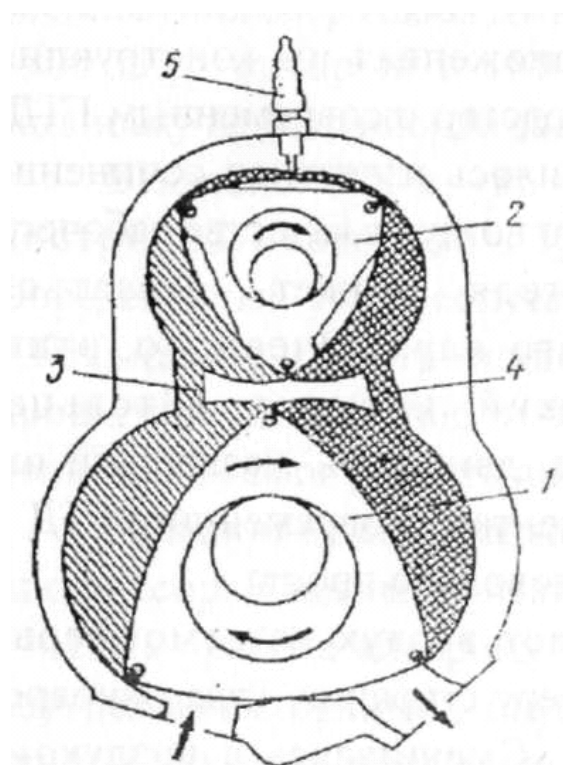


Рис. 5.13. Дизель с разделённым двухстадийным сжатием и двухстадийным расширением: 1 - поршень низкого давления; 2 - поршень высокого давления; 3 - впускной перепускной канал; 4 - выпускной перепускной канал; 5 - впрыскивающая форсунка

5.3. Газотурбинный двигатель

Предложения по использованию продуктов сгорания топлива для производства работы в турбине выдвигались ещё задолго до того, как паровая турбина нашла практическое применение. Первый патент на газотурбинный двигатель (ГТД) в 1791г. получил англичанин Д.Барбер. Предложенная им конструкция имела весьма отдалённое сходство с современным ГТД. Прошло около 80 лет, появилось известное сочинение С.Карно, где указывалось, что воздух в качестве рабочего тела теплового двигателя может оказаться предпочтительнее водяного пара. Очевидно, этим руководствовался немецкий инженер Штольце, спроектировавший в 1872 г. двигатель, названный им «огненной машиной», с элементами современного ГТД.

Принцип работы ГТД довольно прост.

Компрессор засасывает воздух из атмосферы, сжимает его и подаёт в камеру сгорания, куда одновременно поступает топливо. Смешиваясь с воздухом, топливо воспламеняется и сгорает. Продукты сгорания под давлением, создаваемым компрессором,

поступают в газовую турбину, вращают её, а также закрепленные на общем валу компрессор и топливный насос, после чего удаляются в атмосферу.

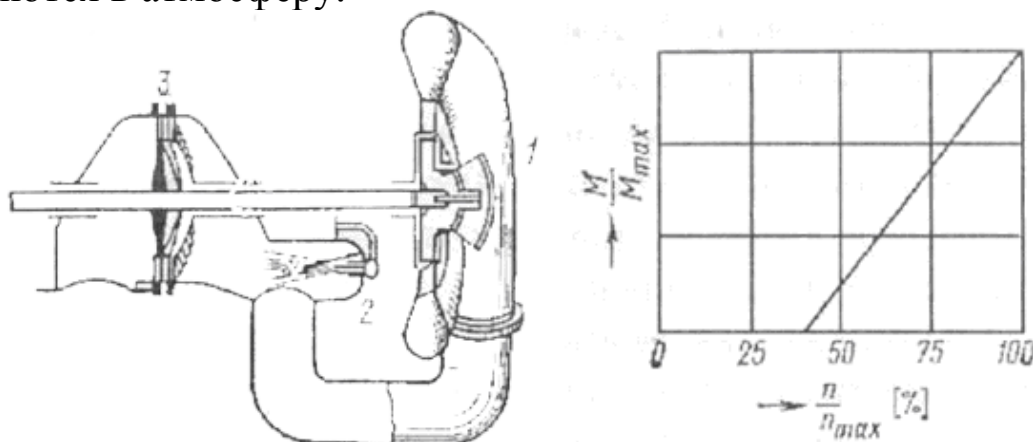


Рис. 5.14. Схема одновального ГТД:

1-колесо компрессора; 2-камера сгорания; 3-колесо рабочей турбины

Воплотить свой замысел в реальную конструкцию Штольце сумел только в 1904 г.

Заметный вклад в создание ГТД внёс российский военный инженер Павел Дмитриевич Кузьминский (1840-1900 гг.), который в 1894 г. испытал свою первую установку на Балтийском заводе в Петербурге.

В начале XX века во Франции и Германии было построено несколько ГТД небольшой мощности. Определённый успех сопутствовал немецкому инженеру Г.Гольцверту, построившему в 1909-1913 гг. ГТД с проектной мощностью 1000 л.с, который, однако, на испытаниях смог развить лишь около 200 л.с.

Большой вклад в развитие газотурбостроения внес профессор Владимир Матвеевич Маковский (1870-1941 гг.), работа которого «Опыт исследования турбин внутреннего сгорания», опубликованная в 1925 г., давала строго научное обоснование перспективности ГТД.

В организованной Маковским в 1930 г. в Харькове газотурбинной лаборатории была построена установка мощностью 1000 л.с. Начавшаяся война прервала испытания.

В конце 40-х - начале 50-х годов XX века ГТД начинает завоевывать всё более прочные позиции на транспорте, в том числе и автомобильном.

Одновальная турбина, из-за неблагоприятной зависимости крутящего момента на валу турбины от её оборотов (рис.5.14),

оказалась непригодной для автомобиля как силовая установка. Поэтому с середины 50-х годов XX века для автомобилей используется двухвальная турбина (рис. 5.15).

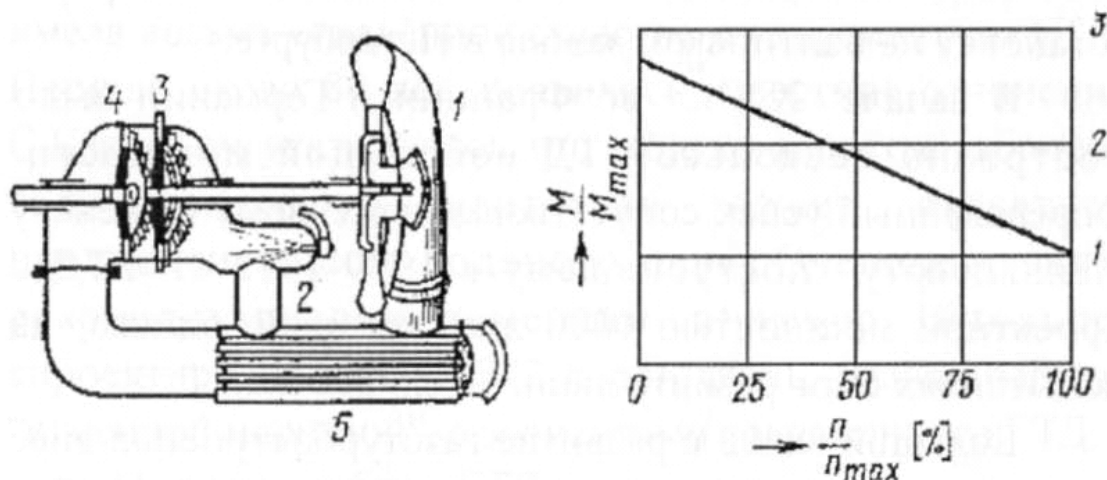


Рис. 5.15. Двухвальная газовая турбина и кривая ее крутящего момента: 1-колесо компрессора; 2-камера сгорания; 3-колесо турбины привода компрессора; 4-колесо рабочей турбины; 5-теплообменник

Такая газотурбинная установка имеет два колеса: одно из них 3 приводит компрессор в движение 1, а другое 4 является силовой установкой и расположено на отдельном валу. Кроме того, в рассматриваемую силовую установку входит теплообменник 5, в котором отработавшие газы подогревают воздух из компрессора перед камерой сгорания 2, что позволяет в некоторой мере увеличить КПД турбины.

На рис. 5.16 изображена схема газотурбинного автомобильного двигателя 60-х годов XX века фирмы «Форд» с вращающимся теплообменником.

Воздух от компрессора 4, прежде чем попасть в камеру сгорания 3, проходит через вращающееся колесо теплообменника 8, где он подогревается. Горячие газы после турбины 10 сначала проходят через колесо медленно вращающегося теплообменника. Колесо теплообменника изготовлено из тонкопористого керамического материала, благодаря чему обеспечивается интенсивный теплообмен. Отработавшие газы после турбины отдают тепло колесу теплообменника, которое после поворота на 180 градусов снова отдаёт это тепло воздуху, поступающему в камеру сгорания.

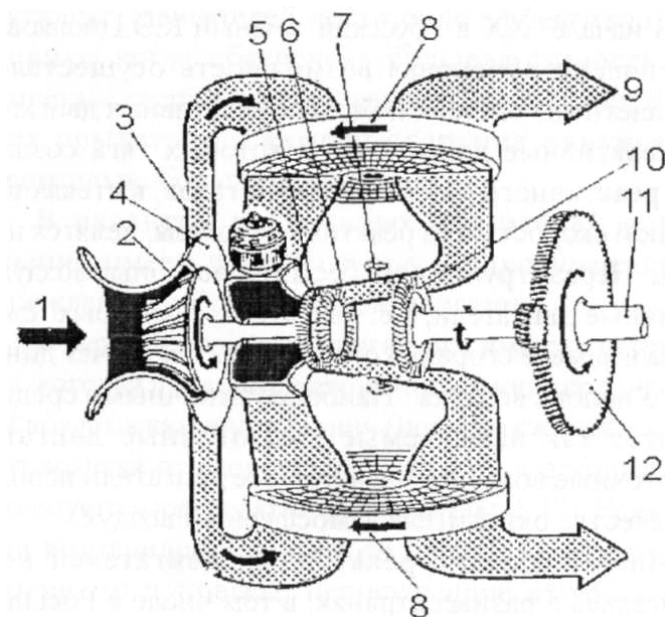


Рис. 5.16. Газовая турбина «Форд»: 1-впуск воздуха; 2-юлесо компрессора; 3-камера сгорания; 4-диффузор компрессора; 5-распределительный аппарат турбины; 6-колесо турбины привода компрессора; 7-лопатки рабочей турбины с переменным углом атаки; 8-вращающийся теплообменник; 9-выпуск; 10-колесо рабочей турбины; 11-ведущий вал; 12-зубчатая передача

5.4. Реактивный двигатель

Идея реактивного двигателя, как и многие технические идеи, положенные в основу современной техники, восходит к древнейшим временам. Важным этапом в развитии идеи реактивного двигателя явилось предложение использовать ракеты в качестве двигателя для летательного аппарата. Эта идея была впервые сформулирована русским революционером-народовольцем Н.И.Кибальчицем, который незадолго до казни, в марте 1881 г. предложил схему летательного аппарата (ракетоплана) с использованием реактивной тяги от взрывных пороховых газов.

В начале XX века русский ученый К.Э.Циолковский теоретически обосновал возможность осуществления межпланетных полётов с помощью реактивных двигателей.

Реактивные двигатели, в которых тяга создаётся силой реактивного движения струи газов, вытекающих с огромной скоростью из реактивного сопла, делятся на две группы. Первая группа - это бескомпрессорные воздушно-реактивные двигатели, вторая - турбореактивные двигатели.

В двигателях первой группы сжатие воздуха в камере сгорания обеспечивается за счёт динамического напора воздуха.

Наиболее типичными среди них являются так называемые прямоточные двигатели. Прямоточные воздушно-реактивные двигатели используют в качестве окислителя атмосферный воздух.

Идея воздушно-реактивных двигателей не раз выдвигалась в разных странах, в том числе в России. Но наиболее важными, оригинальными работами в этом отношении - являются исследования, проведенные в 1908-1913 гг. французским ученым Р.Лореном, который, в частности, в 1911 г. предложил ряд схем прямоточных воздушно-реактивных двигателей.

В мае 1939 г. в СССР впервые состоялось испытание ракеты с прямоточным воздушно-реактивным двигателем конструкции И.А.Меркулова. Это была двухступенчатая ракета (первая ступень - пороховая ракета) со взлётным весом 7,07 кг. При испытаниях ракета достигла высоты 2 км.

В 1939-1940 гг. впервые в мире в Советском Союзе проводились испытания воздушно-реактивных двигателей, установленных в качестве дополнительных на самолёте конструкции Н.Н.Поликарпова. В 1942 г. в Германии испытывались прямоточные воздушно-реактивные двигатели конструкции Э.Зенгера.

Однако применение прямоточных воздушно-реактивных двигателей достаточно эффективно лишь в условиях, когда обеспечена большая скорость полёта самолёта - сверхзвуковая скорость, при которой воздух будет врываться в камеру сгорания двигателя под сравнительно большим давлением.

В развитии реактивных двигателей основное значение имеет другая группа воздушно-реактивных двигателей - турбореактивные двигатели.

В турбореактивных двигателях имеется газовая турбина, которая приводит в движение компрессор, нагнетающий воздух в камеру сгорания (помимо сжатия поступающего воздуха от скоростного напора), а отходящие газы используются для реактивной тяги (рис. 5.17). Если четыре такта в цилиндре поршневого двигателя чередуются во времени, то процессы, происходящие в турбокомпрессорном реактивном двигателе, чередуются в пространстве.

Над изобретением турбореактивного двигателя много работали русские ученые. В 1909 г. проект турбореактивного двигателя был разработан инженером Н.Герасимовым.

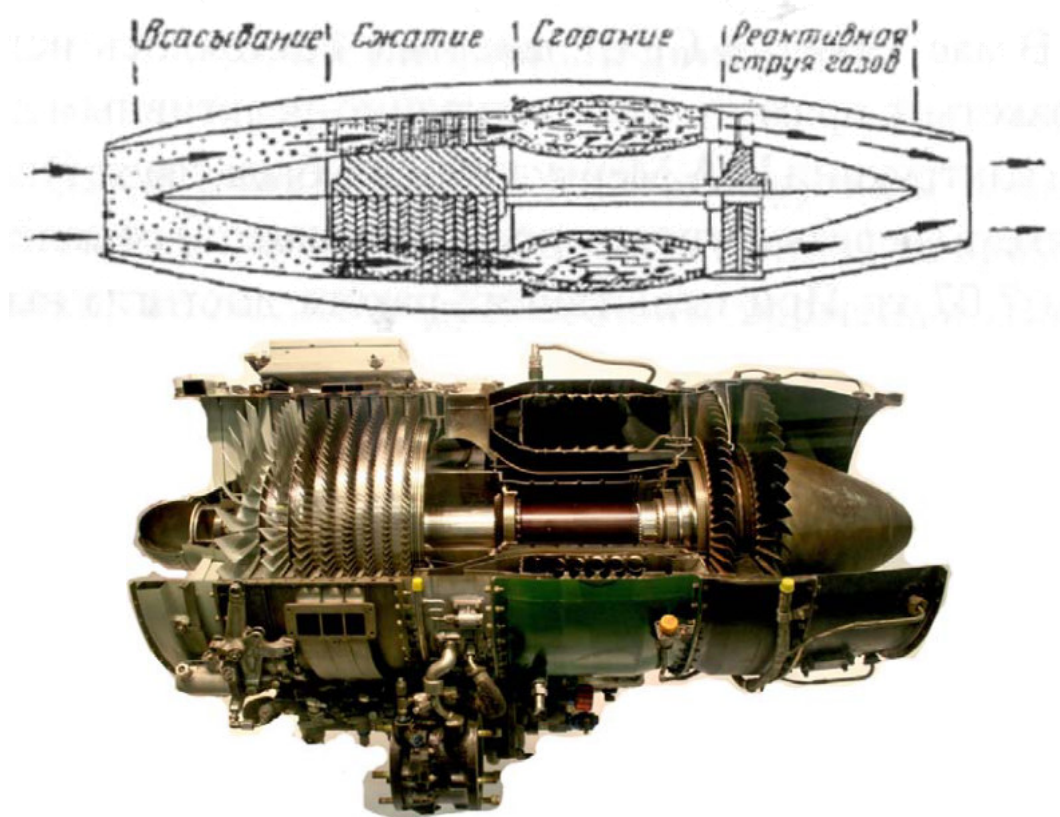


Рис. 5.17. Схема турбореактивного двигателя

В 1914 г. лейтенант русского морского флота Н.Н.Никольский сконструировал и построил модель турбореактивного авиационного двигателя.

В 1924 г. В.И.Базаров разработал двигатель с раздвоенным потоком воздуха.

В 1941 г. в Англии был осуществлен полёт на экспериментальном самолёте с турбореактивным двигателем конструкции английского авиаконструктора Франка Уиттла.

В СССР в развитии и усовершенствовании турбореактивных двигателей и реактивной авиации большую роль играли коллективы конструкторов, руководимые А.С. Яковлевым-, А.А. Микулиным, А.Н. Туполевым, В.Л. Климовым и др., создавшие новые оригинальные конструкции турбореактивных двигателей.

Начиная с 60-х годов XX века турбореактивные двигатели являются основными типами авиационных двигателей в скоростной авиации.

Несколько обособленно стоят жидкостно-реактивные двигатели. Жидкостно-реактивный двигатель отличается от других реактивных тем, что несет с собой вместе с топливом весь запас окислителя, а не забирает необходимый для сжигания горючего воздух, содержащий кислород, из атмосферы (рис. 5.18).

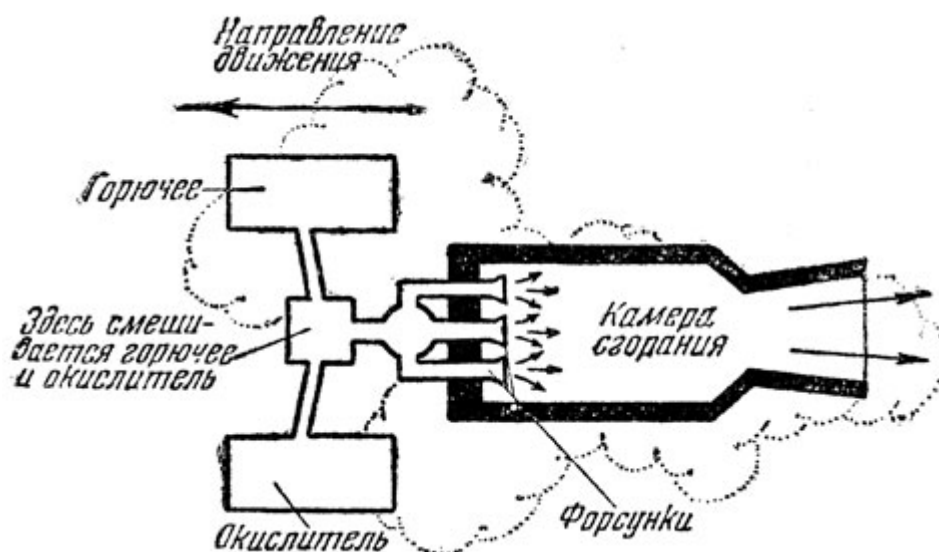


Рис. 5.18. Схема жидкостного реактивного двигателя:

В жидкостном реактивном двигателе (рис. 5.18) жидкое топливо и окислитель насосами 4 подаются под давлением из баков 2 и 3 в камеру сгорания 1. Продукты сгорания расширяются в сопле 5 и вытекают в окружающую среду с большой скоростью. Истечение газов из сопла является причиной возникновения реактивной тяги двигателя.

Это единственный двигатель, который может быть применён для сверхвысотного полёта вне земной атмосферы. Впервые идея такого двигателя была выдвинута К.Э.Циолковским. Систематические экспериментальные работы над этими двигателями начались в 30-х годах XX века.

Первые в СССР жидкостно-реактивные двигатели были созданы в 1930-1933 гг. советским инженером Ф.А. Цандером и группой ученых в Ленинграде.

Впервые полёт на самолёте - ракетоплане с жидкостно-реактивным двигателем был совершен в Советском Союзе в феврале 1940 г.

Жидкостно-реактивные двигатели имеют особое значение для создания ракет и ракетных снарядов. В настоящее время уделяется огромное внимание совершенствованию реактивных двигателей, как в авиации, так и в ракетостроении.

6. РАЗВИТИЕ АВТОМОБИЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

В первых автомобилях все электрооборудование состояло из системы зажигания. Например, в автомобиле Карла Бенца в качестве системы зажигания использовалось электрическое зажигание, основанное на применении батарей и индукционной катушки. Потом появились такие усовершенствования как фары, стартер и другое электрооборудование. Применение в автомобиле собственно электроники началось, по-видимому, в 30-х гг. XX века с ламповых автомобильных радиоприемников.

Однако фундамент для появления ламповой радиоэлектроники был заложен работами физиков в XVIII и XIX веках. Первые в мире исследования электрических разрядов в воздухе осуществили в XVIII веке академики М.В.Ломоносов, Г.В.Рихман в России и независимо от них американский ученый Б. Франклин. Важным событием явилось открытие электрической дуги академиком В.В.Петровым в 1802 г. Прохождение электрического тока в разряженных газах исследовали в XIX веке в Англии У.Крукс, Д.Д.Томсон, Д.С.Э.Таундсенд, Ф.У.Астон, в Германии - Г.И.В.Гейслер, И.В.Гитторф, Ю.Плюккер и другие ученые.

В 1873 г. русский электротехник А.Н.Лодыгин изобрел первый в мире электровакуумный прибор - лампу накаливания. Независимо от него такую же лампу создал и усовершенствовал американский изобретатель Т.А.Эдисон. Электрическую дугу впервые применил для целей освещения П.Н.Яблочков в 1876 г.

Одним из величайших открытий в области техники явилось изобретение радио. Честь его изобретения принадлежит великому русскому ученому А.С.Попову.

Еще в 1886 г. немецкий ученый Г.Герц (1857-1894 г.г.) впервые экспериментально доказал факт излучения электромагнитных волн.

А.С.Попов в 1889 г., работая в области исследования электромагнитных колебаний, впервые высказал мысль о возможности использования электромагнитных волн для передачи сигналов на расстояние.

7 мая 1895 г. А.С.Попов на заседании Русского физико-математического общества в Петербурге впервые продемонстрировал радиоприемник. Радиоприемник, изобретенный

Поповым, был назван им грозоотметчиком и позволял принимать радиоволны на расстоянии нескольких километров (рис. 6.1).

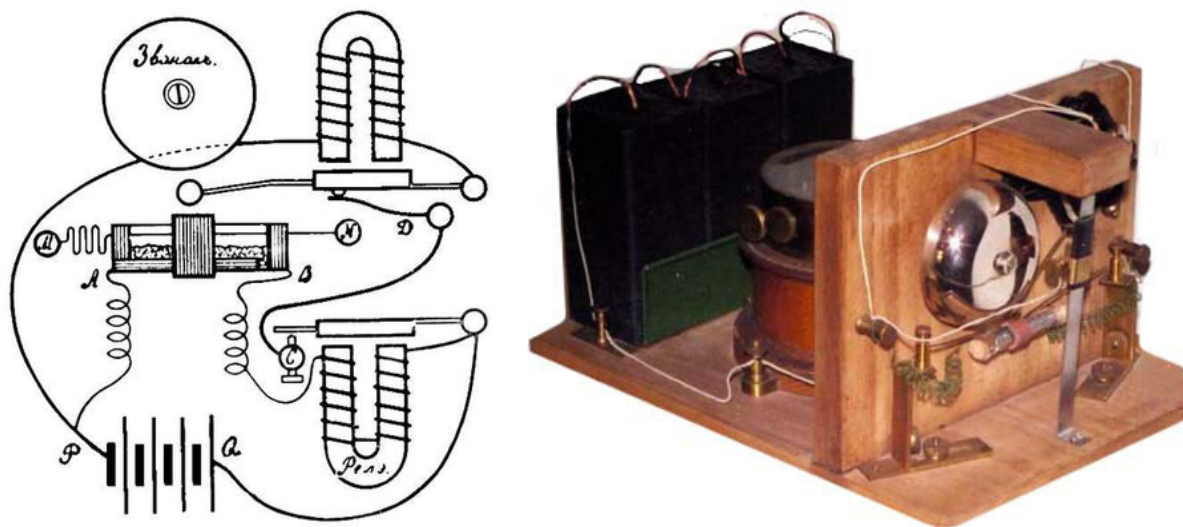


Рис. 6.1. Радиоприемник А.С.Попова

Через год после первого доклада А.С.Попова итальянец Г.Маркони взял патент в Англии на прибор для телеграфирования без проводов. Из описания видно, что радиоприемник Маркони весьма близко воспроизводил грозоотметчик А. С.Попова.

Большую роль в возникновении электроники сыграла электронная теория, разработанная в конце XIX в. рядом выдающихся физиков.

В 1887 г. ранее уже упоминавшийся физик Г.Р.Герц открыл фотоэлектрический эффект. Исследования этого явления, начатые в 1888 г. в России А.Г.Столетовым, и открытие им законов фотоэффекта положили начало развитию фотоэлектронных приборов.

В 1884 г. Т.А.Эдисон открыл термоэлектронную эмиссию, а в 1897 г. К.Ф.Брауном (Германия) была создана первая электронно-лучевая трубка.

Использование электронных приборов в радиотехнике началось с того, что в 1904 г. английский ученый Д.А.Флеминг применил двухэлектродную лампу с накалимым катодом для выпрямления частотных колебаний в радиоприемнике.

В 1907 г. американский инженер Л.Форест ввел в лампу управляющую сетку, т.е. создал первый триод.

Перед первой мировой войной в России В.И.Коваленков сконструировал первые четырехэлектродные лампы (с дополнительной сеткой).

В 1918-1919 гг. ученый Нижегородской лаборатории М.А.Бонч-Бруевич разработал теорию триода, имевшую большое значение для проектирования электродных ламп.

В 1930 г. ученый из США А.Хелл предложил пентод, ставший одной из наиболее распространенных ламп.

Успехи, достигнутые к 30-м годам XX века в развитии ламповой электроники, в автомобиле отразились не только через ламповые приемники. Лампы применялись и в других устройствах, например в устройствах управления впрыском на электронных лампах фирмы «Крайслер» (1957 г.). Однако электронные лампы плохо переносили вибрацию, требовали много места и электроэнергии, и поэтому не нашли широкого применения в автомобилях.

В 1948 г. в США Д.Бардин, У.Браттейн и У.Шокли изобрели транзистор. С 1949 г. начато их производство в СССР, а с 1952 г. массовое производство в Японии. В 1958г. появились интегральные схемы (ИС). Однако, по сравнению с другими областями, применение транзисторов и ИС в автомобилях несколько задержалось и началось с середины 50-х годов XX века с применения кремниевых выпрямительных диодов и транзисторных радиоприемников на автомобилях фирмы «Дженерал моторс» (1955 г.).

Эта же фирма в 1962 г. впервые применила контактно-транзисторное (рис. 6.2), а в 1964 г. полностью транзисторное зажигание (рис. 6.3).

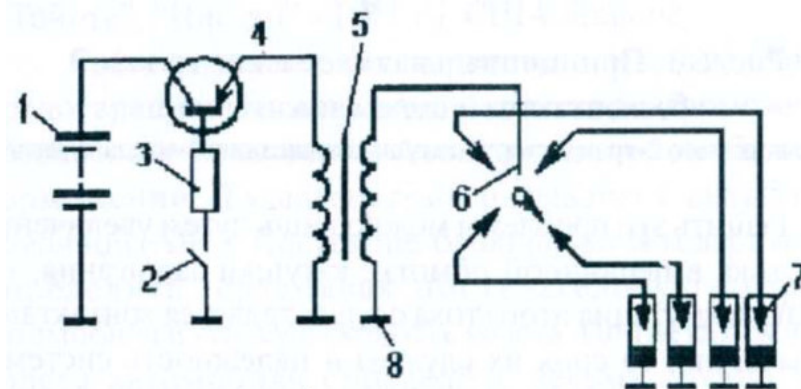


Рис. 6.2. Принципиальная схема электронной контактно-транзисторной системы зажигания

1-источник тока; 2-прерыватель; 3-дополнительный резистор; 4-транзистор; 5-катушка зажигания; 6-распределитель; 7-свеча зажигания; 8-масса

Переход к контактно-транзисторному и транзисторному зажиганию объясняется следующим. С увеличением оборотов

коленчатого вала и цилиндров двигателя время замкнутого состояния контактов становится настолько малым, что напряжение на вторичной обмотке катушки зажигания недостаточно для пробоя искрового промежутка и возникают пропуски зажигания.

Решить эти проблемы можно лишь путем увеличения силы тока в первичной обмотке катушки зажигания, но так как коммутация этого тока осуществляется контактами прерывателя, то срок их службы и надежность системы зажигания значительно уменьшаются.

Если коммутацию тока первичной обмотки катушки зажигания осуществлять посредством электронных приборов, то перечисленные выше проблемы становятся разрешимыми. В этом случае управляющий импульс подается на базу транзистора либо от прерывателя (контактно-транзисторная система зажигания - рис. 6.2), либо от специального датчика (бесконтактная электронная система зажигания - рис. 6.3). При этом в цепи эмиттер-база проходит ток, в результате чего транзистор открывается и в цепи эмиттер-коллектор-первичная обмотка системы зажигания проходит ток низкого напряжения, индуцируя во вторичной обмотке ток высокого напряжения.

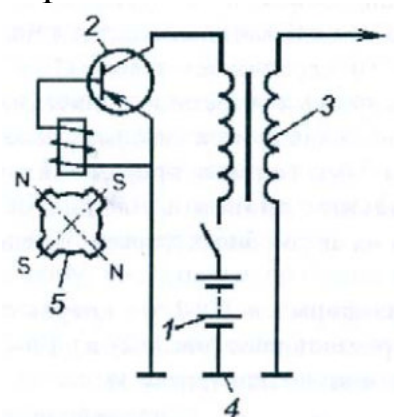


Рис. 6.3. Принципиальная схема электронной бесконтактной системы зажигания:

1-источник тока; 2-транзистор; 3-катушка зажигания; 4-масса; 5-датчик

После 1967 г. в автомобилях стали применять ИС. Быстрыми темпами пошла электронизация электрооборудования двигателя, появился регулятор напряжения на ИС («Дженерал моторс» - 1972 г.) и др. Примерно в то же время на рынке появились устройства управления трансмиссией, впрыском топлива, тормозами, а также устройства поддержания заданной скорости автомобиля и другие, в которых использовались аналоговые схемы.

Контроль проскальзывания колес при торможении применяется начиная с 1968 г. (автомобили «Форд»), затем эти системы получили распространение в Японии («Тойота», «Нисан» - 1971 г.), США, Европе.

Система управления тормозами главным образом предотвращает блокирование колес при торможении, обеспечивая повышение устойчивости автомобиля при торможении. Такая система называется антиблокировочной (АБС). Состояние блокирования колеса можно определить, сравнивая поступательную скорость автомобиля и угловую скорость колеса. Но так как скорость колеса автомобиля определить весьма трудно из-за проскальзывания колес, вместо нее в качестве базовой обычно используется расчетная средняя скорость колес.

На основании сигналов датчиков скорости вращения колес, электронный блок управления выявляет состояние блокирования какого-либо колеса и посылает сигнал исполнительному устройству (модулятору давления), которое снижает давление сжатого воздуха (тормозной жидкости) в тормозном цилиндре данного колеса. Как только скорость колеса увеличится, давление сжатого воздуха (тормозной жидкости) снова возрастает, и процесс повторяется (рис.6.4.).

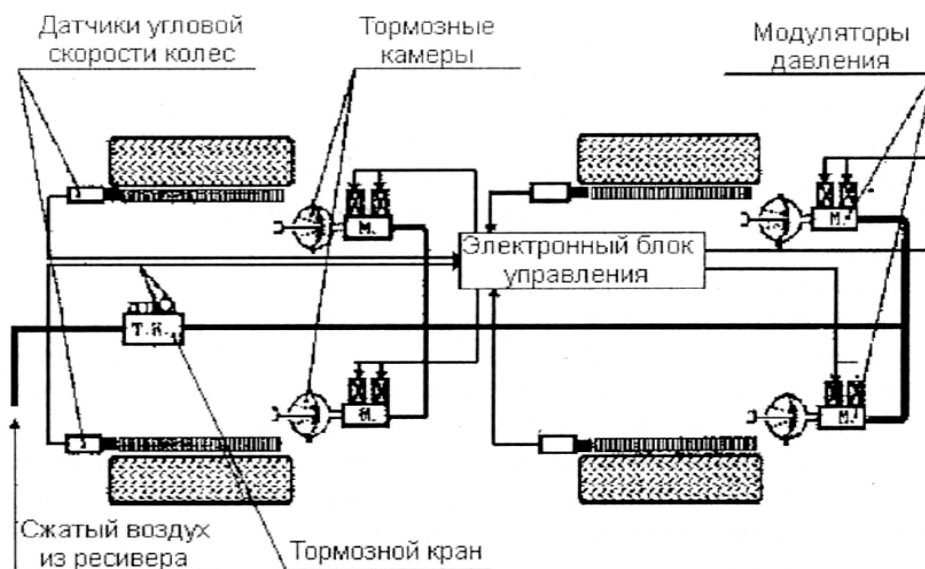


Рис. 6.4. Принципиальная схема АБС тормозной системы с пневматическим приводом тормозов

В 70-х гг. XX века электронизация автомобиля ускорилась. Это произошло, в том числе, благодаря целому ряду

законодательных актов США по ограничению на состав отработавших газов (1970, 1973, 1977 гг.), а также по ограничениям на потребление горючего (1976, 1980 гг.), связанным с нефтяными кризисами 1973, 1979 гг. Стала обязательной система, препятствующая запуску двигателя, если на водителе и пассажирах не пристегнуты ремни безопасности («Мазда», «Вольцваген» и др.

В 1972 г. была изобретена микроЭВМ, но только в 1976 г. она была впервые применена в автомобиле для управления опережением зажигания («Дженерал моторс» разработала систему, называемую «Мисар»). Благодаря высокой точности управления стало возможным значительное улучшение показателей двигателя.

Использование микроЭВМ в управлении автомобилем резко увеличилось в связи с введением уже ранее упоминавшихся ограничений на состав отработавших газов и расход топлива. Комплексная система управления бензиновым двигателем, пример которой приведен на рис. 6.5, обеспечивает оптимальную работу двигателя путем управления впрыском топлива, углом опережения зажигания, частотой вращения коленчатого вала двигателя на холостом ходу и проведением диагностики. На рисунке показана система распределенного впрыска, в которой форсунки установлены непосредственно перед каждым цилиндром.

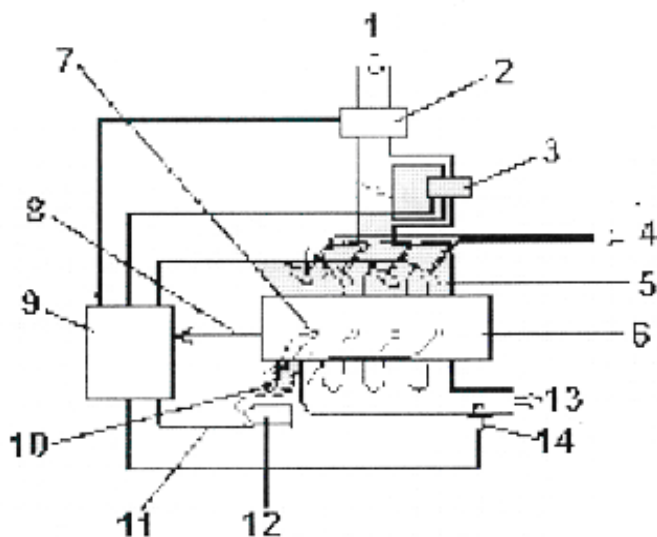


Рис. 6.5. Комплексная электронная система управления:

бензиновым двигателем : 1-воздух; 2-датчик расхода воздуха;

3-исполнительное устройство управления частотой вращения коленчатого вала на холостом ходу; 4-топливо; 5-форсунки впрыска топлива; 6-двигатель; 7-свечи зажигания; 8-частота вращения коленчатого вала двигателя; 9- ЭБУ;

10-распределитель зажигания; 11-выходной сигнал; 12-катушка зажигания;

13-отработавшие газы; 14-датчик кислорода

Электронная система управления дизельным двигателем развивалась медленнее, чем бензиновым, так как по сравнению с традиционной системой управления (где использовался механический центробежный регулятор) необходимость применения датчиков и исполнительных устройств сложной конструкции значительно удорожала всю систему.

Однако после энергетического кризиса увеличился спрос на дизельные двигатели. В Японии и других странах стали применяться главным образом дизельные двигатели, параметры которых (дымность отработавших газов, шумность и уровень вибрации и т.д.) были существенно улучшены благодаря электронному управлению. Но все же степень электронизации дизельных двигателей осталась ниже, чем у бензиновых. В начале XXI века электрификация дизельных двигателей стала более активной и внедрена практически на всех автомобилях, благодаря чему дизельный двигатель стал использоваться не только на грузовых автомобилях но и на легковых малого класса.

Система электронного управления дизельным двигателем контролирует количество впрыскиваемого горючего, момент начала впрыска и т.п. На рис.6.6 представлена система управления топливным насосом высокого давления, переделанная из механической в электронную. На этом примере видно, что поскольку насос работает на принципах механики, эта система существенно отличается от электронной системы впрыска бензинового двигателя.

Но для выполнения всё возрастающих требований по экономичности и токсичности двигателей, как оказалось, электронные системы управления необходимы не только для двигателя, не менее эффективно они могут быть использованы и в управлении трансмиссией.

В электронной системе управления трансмиссией объектом регулирования является главным образом автоматическая трансмиссия. При этом ЭБУ на основании сигналов датчиков угла открытия дроссельной заслонки и скорости автомобиля выбирает оптимальное передаточное число передачи и время включения сцепления. Кроме того, система, посылая в ЭБУ двигателя необходимые сигналы, может обеспечивать смягчение ударов и толчков, возникающих при переключении передач и срабатывании сцепления. На рис.6.7 представлен пример такой системы.

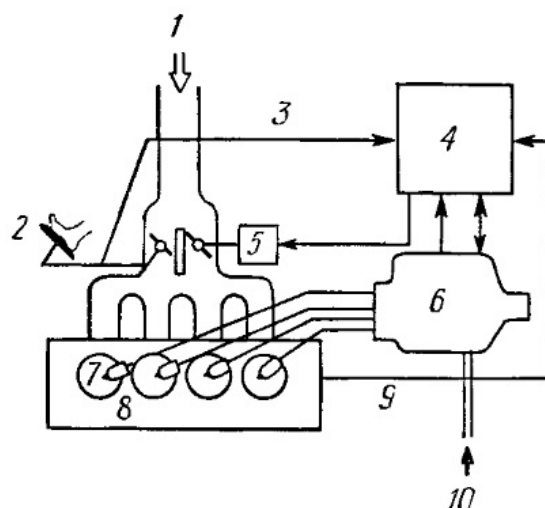


Рис. 6.6. Комплексная электронная система управления дизельным двигателем:

1-воздух; 2-датчик открытия дроссельной заслонки; 3-степень открытия дроссельной заслонки; 4-ЭБУ; 5-исполнительное устройство; 6-топливный насос высокого давления; 7-форсунки впрыска топлива; 8-двигатель; 9-частота вращения коленчатого вала двигателя; 10-топливо

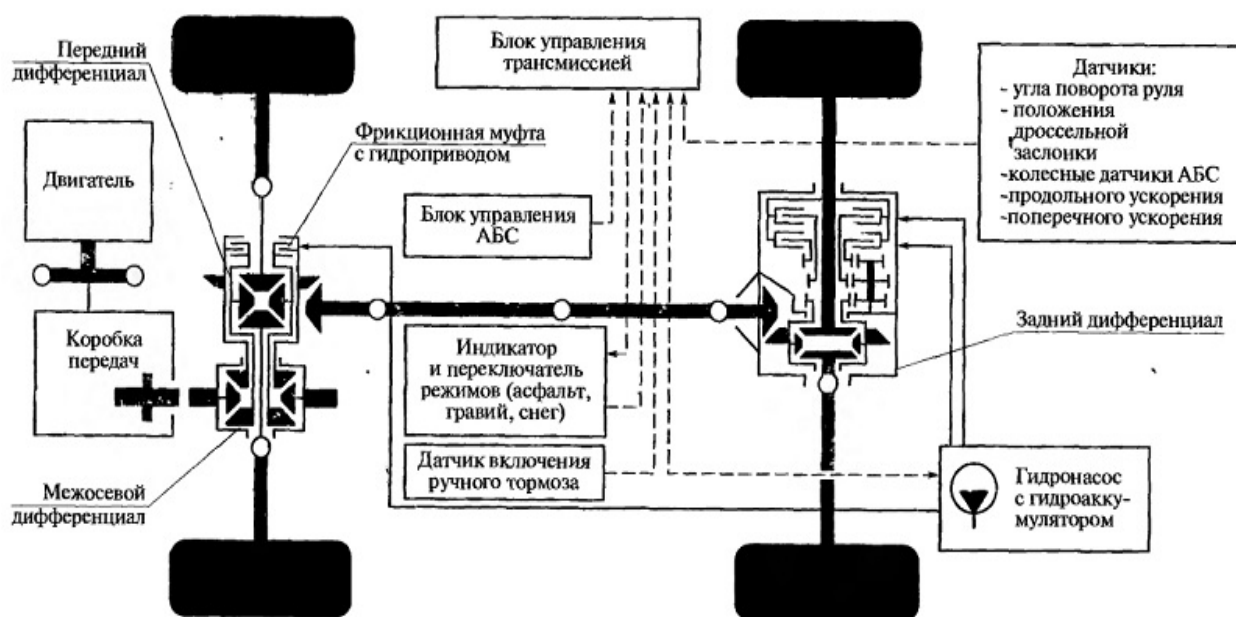


Рис. 6.7. Пример системы управления трансмиссией

С наступлением 80-х гг. XX века во всём мире чётко обозначилась общая тенденция применения новейших технологий и роста многообразия требований пользователя. В связи с этим появилась необходимость повышения потребительской ценности автомобиля, и в результате стали появляться автомобили, в которых применялись микроЭВМ и связанные с ними электронные

приборные панели, системы управления подвеской, автоматические кондиционеры воздуха, радиоприёмники с электронной настройкой, multifunctionальные информационные системы с дисплеями и многое другое.

Управление подвеской обеспечивает её оптимальную работу при различных скоростях и массе груза перевозимого автомобилем. Электронные системы управляют высотой кузова относительно дороги, упругими элементами и демпфированием амортизаторов.

Управление высотой кузова относительно дороги обеспечивает постоянство этого параметра независимо от загрузки автомобиля. Уменьшение высоты кузова при движении с высокой скоростью приводит к снижению аэродинамических потерь и повышению устойчивости автомобиля на дороге. Системы с ручным заданием высоты применялись и ранее на автомобилях «Ситроен» и др. Использование электронной системы управления автоматически обеспечивает оптимальную высоту кузова над дорогой. Сигналы от датчиков высоты кузова и скорости поступают на вход электронного блока управления (ЭБУ), выходной сигнал из которого подаётся в исполнительный механизм, который обычно представляет собой диафрагму, перемещающуюся под действием сжатого воздуха, подаваемого насосом.

Управление упругими элементами подвески и демпфированием амортизаторов повышает устойчивость автомобиля и препятствует изменениям положения кузова при резких поворотах, ускорениях и торможениях. С одной стороны, для повышения комфортабельности движения подвеска должна быть «мягкой», но, с другой стороны, для лучшей устойчивости она, напротив, должна быть достаточно жёсткой. Поэтому ЭБУ, получая на вход сигналы от датчиков скорости, угла поворота рулевого колеса, угла открытия дроссельной заслонки, а также от концевого переключателя педали тормоза, управляет исполнительными устройствами, которые соответственно изменяют параметры упругих элементов подвески и амортизаторов каждого из колёс.

Обычно это осуществляется с помощью электромагнитных клапанов или малогабаритных электродвигателей, которые изменяют сечения отверстий в пневматических упругих элементах,

изменяя тем самым их упругость, или в гидравлических амортизаторах, варьируя их демпфирование (рис. 6.8).



Рис. 6.8. Система управления демпфированием амортизаторов

Системы управления оборудованием салона и кузова были призваны повысить комфортабельность и потребительскую ценность автомобиля. В зависимости от класса автомобиля используются такие устройства с электронным управлением, как кондиционер воздуха, панель приборов, мультимедийная информационная система, компас, фары, стеклоочиститель с прерывистым режимом работы, индикатор перегоревших ламп, устройство обнаружения препятствий при движении задним ходом, противоугонные устройства, аппаратура связи, централизованная блокировка замков дверей и т.д. На рис.6.9 показана электронная панель приборов с дисплеем.

История автомобильной электроники показывает, что период от момента изобретения какого-либо нового полупроводникового устройства до его использования в автомобиле постепенно сокращается. Можно сказать, что благодаря существенному прогрессу электронной техники в сравнительно короткий срок полупроводниковые компоненты стали пригодными для применения в сверхтяжелых условиях эксплуатации на автомобиле.

Вершиной применения ЭВМ на автомобиле стали современные навигационные системы, впервые появившиеся в начале 80-х годов. Пример современной системы внешней связи автомобиля показан на рис. 6.10.



Рис. 6.9. Электронные панели приборов с жидкокристаллическим дисплеем

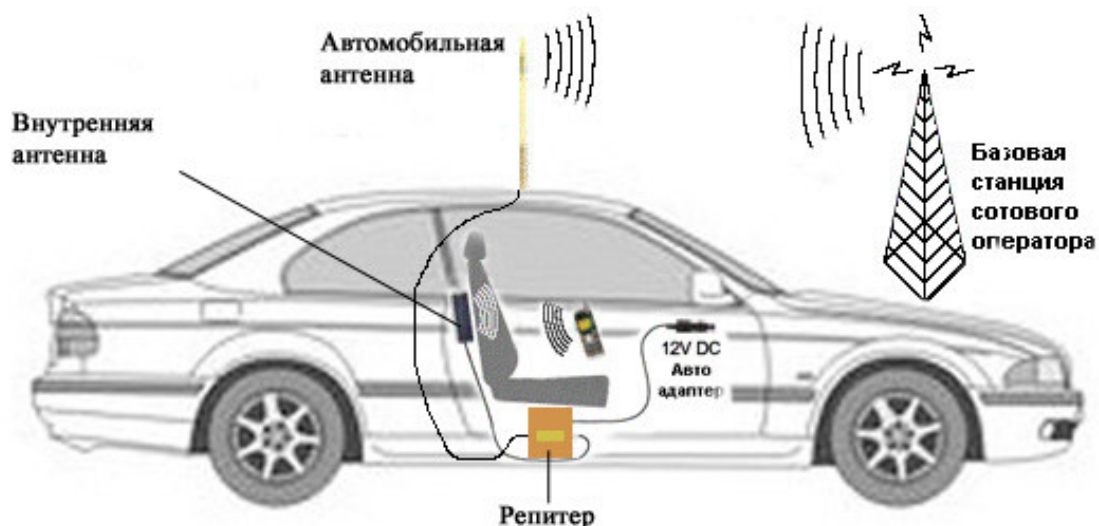


Рис. 6.10. Пример системы внешней связи автомобиля

Объединение в сеть множества ЭБУ, установленных в автомобиле, даёт возможность общего использования информации, взаимной диагностики, выполнения функций вышедшего из строя ЭБУ (или их части) другим ЭБУ. Кроме того использование систем позиционирования и навигации (GPS – Европейская или «ГЛОНАС» - Российской Федерации) через искусственные спутники Земли позволяют определять положение автомобиля на земле, его скорость движения и траекторию движения. Применение таких систем позволяет водителю автомобиля оценить загруженность той или иной дороги и спланировать оптимальный маршрут своего движения с минимальными затратами времени и ресурсов.

7. РАЗВИТИЕ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ И ГИБРИДНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

7.1. Этапы развития конструкции электромобилей

Историю развития электромобилей можно было бы начать еще с великих открытий XVII-XIX веков в области электричества.

Начать можно с электрического генератора, который в 1650 г. был изобретен Л. Отто фон Герике. Этот генератор давал ток крайне слабой силы, хотя на нем и можно было получить заряд высокого напряжения.

К концу XVIII века были выработаны первые представления об электричестве и изучены важнейшие явления электростатики. С начала XIX века в центре изучения электрический ток. Этому способствовало открытие гальванических элементов, благодаря которым ученые обнаружили обширную область явлений, связанных с постоянным электрическим током.

Новый период в развитии учения об электричестве начинается с работ итальянского физиолога Луиджи Гальвани (1737-1798 гг.), опубликовавшего в 1791 г. свой «Трактат о силах электричества при мышечном движении», и итальянского физика и физиолога Алессандро Вольта (1745-1827 гг.), который в 1800 г. изобрел так называемый вольтов столб - первый источник постоянного тока, широко используемый исследователями многих стран при изучении электрических явлений.

Крупнейший для своего времени вольтов столб был создан в 1802 г. русским ученым В.В.Петровым (1761-1834 гг.). Этот столб состоял из 4200 медных и цинковых пластин и позволял получать около 1700 В.

В 1826 г. немецкий физик Г.С.Ом (1787-1854 гг.) в работе «Определение закона, по которому металлы проводят электричество» устанавливает основной закон электрической цепи, связывающий сопротивление цепи, электродвижущую силу и силу тока.

В 1820 г. датский ученый Х.Эрстед открыл действие тока на магнитную стрелку. В это же время французский физик А.Ампер установил закон взаимодействия электрических токов.

29 августа 1831 г. английский физик Михаил Фарадей (1791-1867 гг.) открыл явление электромагнитной индукции. Это

открытие принесло Фарадею мировую известность. Дальнейшее развитие учения об индукции токов получило в работах русского ученого Э.Х.Ленца, который в 1833 г. обосновал так называемое «правило Ленца», которое устанавливает закономерность между током индукции и изменяющимся магнитным потоком.

Выдающимся продолжателем работ М.Фарадея был английский физик Джеймс Максвелл (1831-1879 гг.). Математическим выражением теории электромагнитного поля Максвелла явилась его знаменитая система уравнений.

Открытие Фарадея дало толчок в развитии электрических генераторов тока и электродвигателей.

Вначале были созданы генераторы с возбуждением от постоянных магнитов: генераторы братьев Пиксли (1832 г.), англичанина Кларка (1836 г.), Б.С.Якоби (1842 г.) и др. Но применение постоянных магнитов препятствовало созданию генераторов достаточной мощности. Поэтому в дальнейшем был осуществлен переход к электромагнитам, позволившим увеличить мощность генератора, но требующим создания сложной системы питания. Решающим в создании генераторов большой мощности было изобретение машины с самовозбуждением, в которой питание осуществлялось за счет токов, получаемых в самой машине. Первые генераторы с самовозбуждением были созданы датским изобретателем Хиортом (1854 г.), английским изобретателем Барлеем (1860 г.) и Уитстоном (1866 г.), а также немецким инженером Сименсом (1876 г.).

Однако, первые генераторы с самовозбуждением были крайне несовершенны из-за неудачной конструкции якоря. И только с появлением генератора с самовозбуждением французского изобретателя Грамма, в котором была применена новая конструкция якоря (кольцевой якорь), электрический генератор вышел из экспериментальной стадии развития.

Параллельно с созданием генератора шла работа над усовершенствованием конструкции электродвигателя. Оригинальную конструкцию электродвигателя создал Б.С.Якоби в 1834 г. (рис. 7.1). Важным этапом в совершенствовании электродвигателя было изобретение в 1860 г. итальянским ученым Починотти двигателя с вращающимся кольцевым якорем.

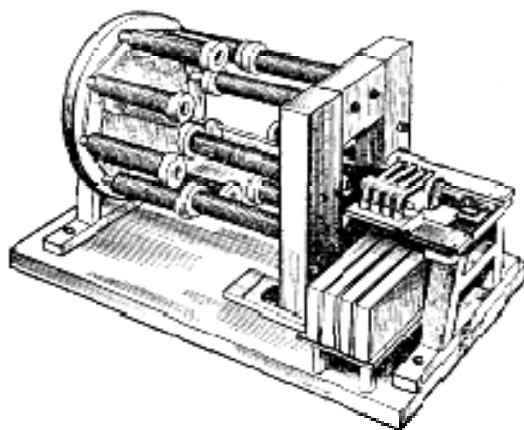


Рис. 7.1. Модель электродвигателя Б.С.Якоби

Одним из наиболее заметных достижений в развитии конструкции электрических машин стало изобретение немецкого электротехника Гефнер-Альтенека (1872 г.). Он поместил обмотку генератора на наружной поверхности железного цилиндра, в результате чего было достигнуто максимальное использование движущихся в магнитном поле проводников.

В 1875 г. французский электротехник Фонтень первым доказал обратимость электрических машин.

В течение 70-80-х годов XIX века электрическая машина постоянного тока приобрела все основные черты современной машины.

Таким образом, начиная с 30-х годов XIX века созданы предпосылки для появления электромобиля. К предшественникам электромобилей можно отнести электрические грузовики американцев Девенпатора и Пейджа, построенные в 1837 г., а также электрический локомотив шотландца Р.Девидсона (1842 г.). В 1847 г. американец Фармер сконструировал машину, которую принято считать первым электромобилем. Во всех этих конструкциях источником энергии служила батарея гальванических элементов.

Наиболее интенсивно электромобиль начал развиваться лишь через 30 лет, к 1880 г., после того как были несколько усовершенствованы свинцовые аккумуляторы, изобретенные Г.Планте в 1860 г.

В 1881 г. на международной электротехнической выставке в Париже был выставлен одноместный трицикл.

Примерно в это же время знаменитый французский изобретатель М.Жентау сконструировал свой первый

электромобиль (рис.7.2). Электродвигатель 1 приводил в движение задние колеса посредством зубчатой передачи.

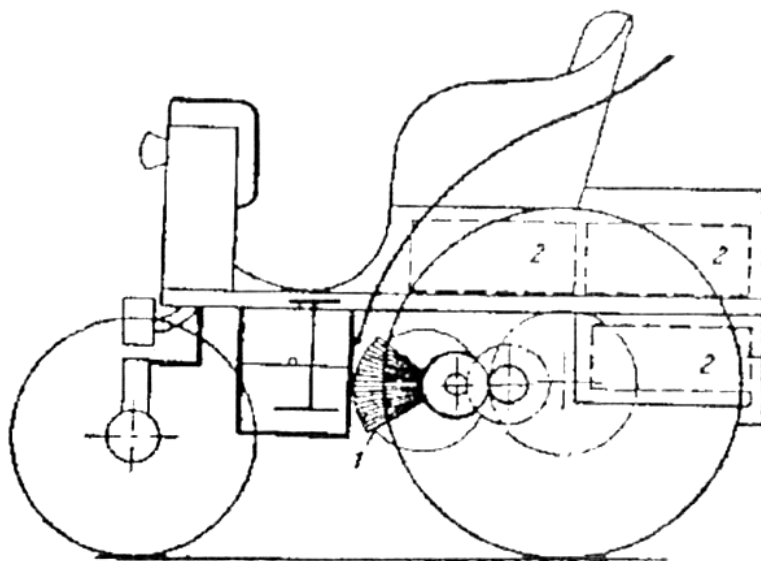


Рис. 7.2. Первый электромобиль М.Жентау: 1- электродвигатель; 2- аккумуляторная батарея

На протяжении 90-х годов XIX столетия электромобиль успешно конкурирует с автомобилем. В 1899 г. бельгиец К. Жепатци на своем электромобиле под названием «Всегда недовольная» достиг рубежа скорости 100 км/ч.

В ряде стран создаются электрические грузовики и омнибусы.

В 1897 г. в Лондоне выпускается опытный электроомнибус на 25 пассажиров (рис.7.3) конструкции Берсея. В этом электроомнибусе аккумуляторная батарея 1 помещалась под полом кузова. Электродвигатель 2 приводил в движение задние колеса посредством редуктора 3 и 4 ременной передачи 5.

Хорошие для своего времени электромобили строили в России. Их создание связано с именем петербургского инженера М.В.Романова. Исследователь уделял большое внимание снижению массы своих электромобилей. Шасси и кузова изготавливались из тонких стальных труб. Для облицовки кузова использовался изобретенный М.В.Романовым материал, напоминающий современный текстолит.

В 1896 г. на улицах Петербурга ездили двухместные кэбы М.В.Романова (рис. 7.4).

В 1901 г. был построен первый русский 15-местный электрический омнибус М.В.Романова (рис; 7.5).

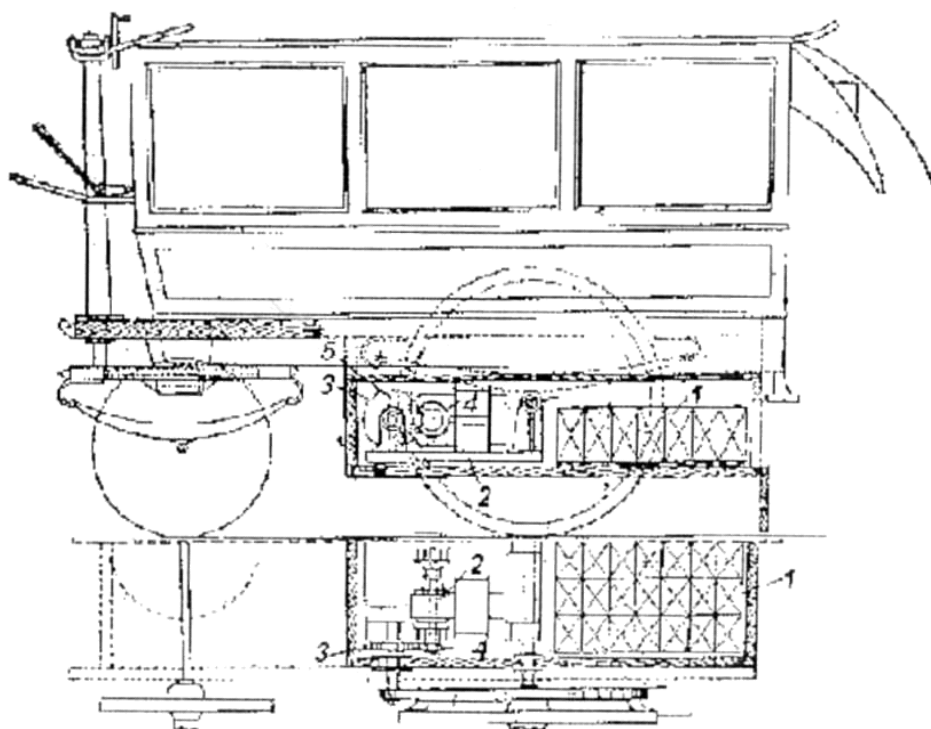


Рис. 7.3. Аккумуляторный омнибус Берсея: 1-аккумуляторная батарея; 2-электродвигатель; 3 и 5-шестерни зубчатой передачи



Рис. 7.4. Двухместный кэб М.В.Романова

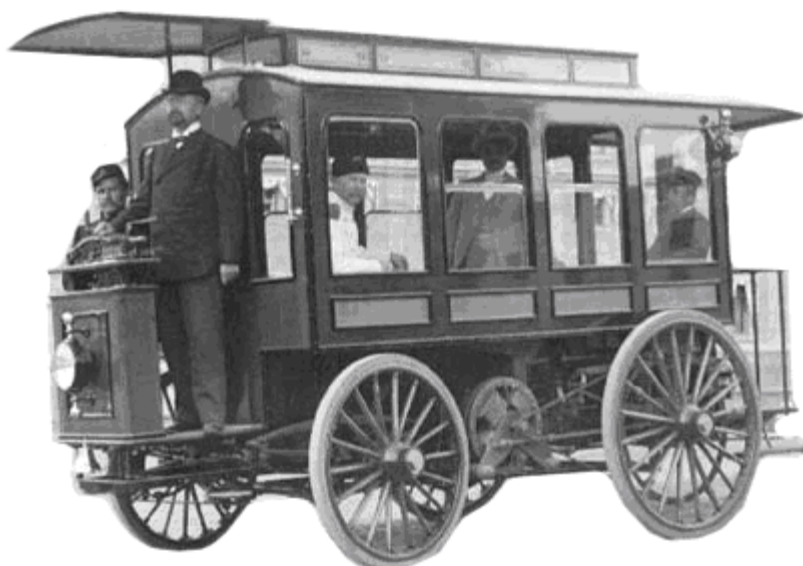


Рис. 7.5. Электрический омнибус М.В.Романова

До Первой мировой войны конструкторы работали главным образом над совершенствованием легкового электромобиля, увеличением его скорости и пробега на одну зарядку, надеясь создать тип дорожной машины, не уступающей бензиновому автомобилю. Однако, достигнутое облегчение веса аккумуляторов оказалось сравнительно небольшим и не позволило увеличить пробег электромобиля выше 130-140 км при скорости 25-30 км/ч в то время как бензиновый автомобиль, быстро совершенствуясь, достиг скоростей 80 км/ч при пробеге на одну заправку до 300 км. Кроме того, в конце XIX века была слабо развита сеть электрических заправочных станций что сдерживало развитие электромобиля. Не смотря на это в конце XIX ст. производство электромобилей было поставлено на поток. Так компания Detroit Electric выпускала ежегодно от 1000 до 2000 электромобилей в год. С 1920 годов продажи электромобилей снизились из-за снижения цены на нефтепродукты и увеличения продаж более быстрых и более мощных автомобилей с двигателем внутреннего сгорания.

Примерно с 1908 г. начинается довольно интенсивный рост числа грузовых электромобилей и их коммерческая эксплуатация. На рис. 7.6 показан типичный двухтонный грузовой электромобиль американской конструкции 1916-1917 г.

20-е годы XX века дали миру немало оригинальных конструкций. Все они снабжались свинцово кислотными аккумуляторами, имели простую конструкцию, были тихоходны, неповоротливы и громоздки. Тем не менее, запас хода доходил до 60-80 км при максимальной скорости электромобиля в 20 км/ч.

В 30-е годы XX века грузовые электромобили стали популярны в Германии из-за нехватки жидкого топлива. Их выпускали фирмы «Берлинер электромобиль-фабрик», «Бляйхерт», «Штиль», «Бергман» (рис.7.7).

Первые грузовые электромобили СССР появились в 1935 г. (рис. 7.8). Один из них на базе полуторки ГАЗ-АА, второй - на шасси ЗИС-5. Оба они были созданы в лаборатории электрической тяги (ЛЕТ) Московского энергетического института.

С 1947 г. в эксплуатации электромобилей лидировала Англия. Одной из причин этого стала послевоенная нехватка бензина, но важнее другое: англичане обнаружили ту сферу применения электромобилей, где максимально проявились их достоинства.

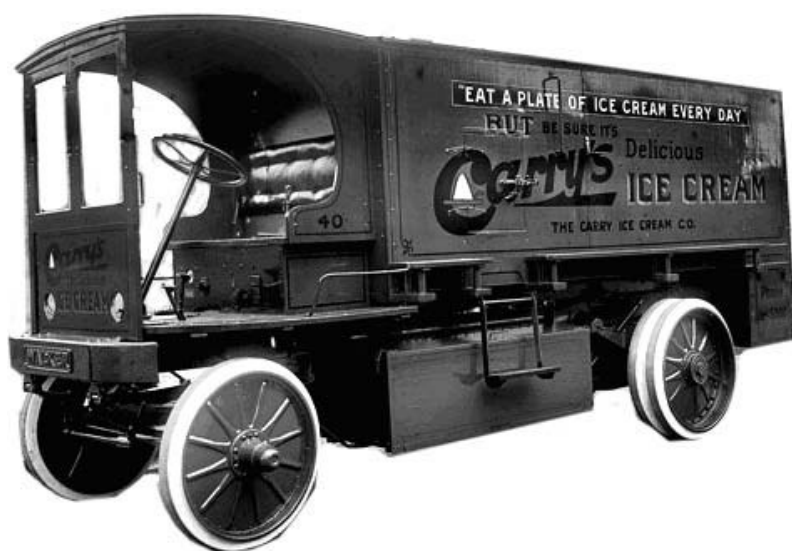


Рис. 7.6. Двухтонный грузовой электромобиль американской конструкции

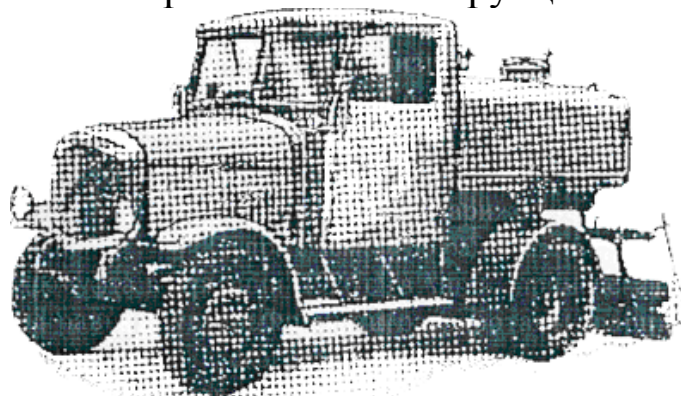


Рис. 7.7. Электромобиль фирмы «Бергман» для очистки и мытья улиц

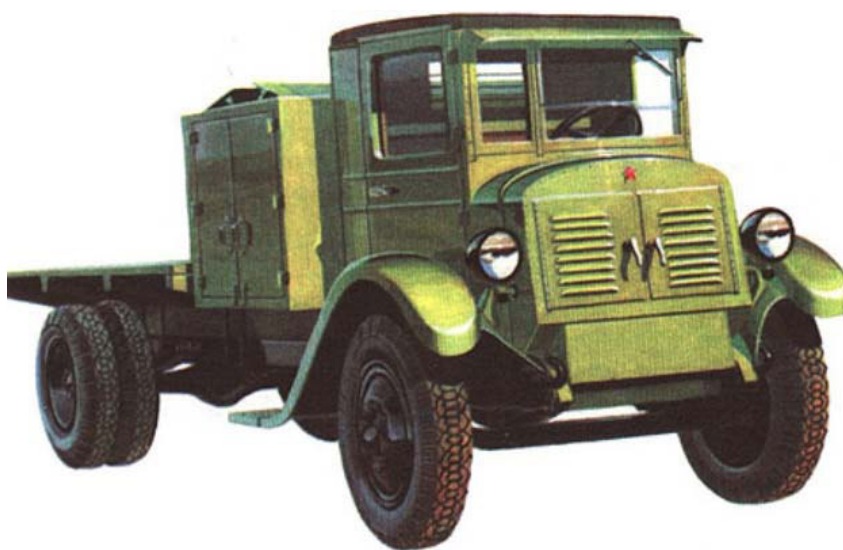


Рис. 7.8. Экспериментальный грузовой электромобиль ЛЕТ (СССР)

Использование электромобилей в этой стране связывают также с давней британской традицией получать на завтрак свежее молоко и хлеб, которые местные молочники и булочники на заре привозят прямо к дому и оставляют на пороге. Вот тут-то и появились английские электромобили. Это были, как правило, полуоткрытые грузовички или фургончики грузоподъемностью до 1,5-2 тонн со свинцовыми батареями, служившие исключительно для развозки продуктов. Маршруты были короткими и не требовали применения особо мощных источников тока, перезаряжать которые можно было не спеша в течение всего дня. После войны (которая закончилась в 1945 году) в Англии электромобилей насчитывалось 10-15 тыс., в следующем десятилетии их парк возрос до 25 тыс., затем до 30 тыс. В Англии даже появилось с десятков специализированных компаний по серийному выпуску таких машин. Это фирмы «Моррисон Электрикар», «Росс», «Смит», «Остин-Кромлтон», «Уэллс», «Брав» и др. В их программу входили трех- и четырехколесные грузовики с полезной нагрузкой от 300-500 кг до 2-3 т. На них монтировались как фургоны и бортовые платформы, так и специальное оснащение: мусоросборники, поливо-моечное, пожарное и санитарное оборудование и др. Запас их хода находился в пределах 40-60 км, а максимальная скорость не превышала 32 км/ч. Для облегчения электромобиля кузова делали из алюминия, пластмассы или даже из деревянных брусков и фанеры. Кабины - обычно открытые, без дверей, а некоторыми легкими машинами водитель управлял даже стоя. В них применялась классическая схема грузового электромобиля, актуальная и по сей день.

Английскую традицию подхватили и другие страны. Теперь электромобили использовались для обслуживания торговых точек и почты в городах, что потребовало несколько повысить их эксплуатационные качества, снабдить их закрытыми кабинами. Именно по этому пути развивались до недавнего времени и электромобили СССР. Первые четыре электромобиля появились на улицах Москвы в 1949-1950 гг., а в 1952-1958 гг. в Ленинграде для почтовых перевозок использовались 10 машин ЛАЗ-НАМИ (НАМИ-751), построенных на Львовском автобусном заводе, в которых применялись железоникелевые батареи (рис.7.9).



Рис. 7.9. ЛАЗ-НАМИ (СССР, 1948 г.)

Начиная с середины 60-х годов XX века интерес к электромобилям заметно повысился. Особенно интенсивно они начали разрабатываться в США, Японии, Германии и Англии.

Произошло это по двум основным причинам. Первая из них - озабоченность населения по поводу загрязнения окружающей среды, движение в защиту которой возникло в начале 1960-х годов. Очевидно, что использование электромобилей практически исключает загрязнение воздуха и шум в городах. Второй причиной явился нефтяной кризис 1970-х годов. Стало очевидным, что мировые запасы нефти ограничены, и развитые страны, например США, начали немедленный поиск альтернативных источников энергии. Поэтому, в частности конгресс США, в 1976 г. принял закон об исследовании, разработке и изготовлении электрических и гибридных транспортных средств (рис.7.10), что привело к значительному ускорению работ в этой области.

Конкретные технологии, которые можно было использовать для создания электромобилей, к концу XX века были значительно усовершенствованы. Однако, невозможность накапливать электрическую энергию в достаточных количествах все еще ограничивало запас хода электромобилей по сравнению с бензиновыми АТС. Это стимулировало исследования проблемы аккумуляирования электрической энергии, и с 80-х годов начали активно разрабатываться аккумуляторы, которые позволяют значительно увеличить дальность пробега электромобилей. Появляются аккумуляторные батареи с улучшенными характеристиками: никель-цинковые, никель-железные, хлорно-цинковые (рис. 7.11).

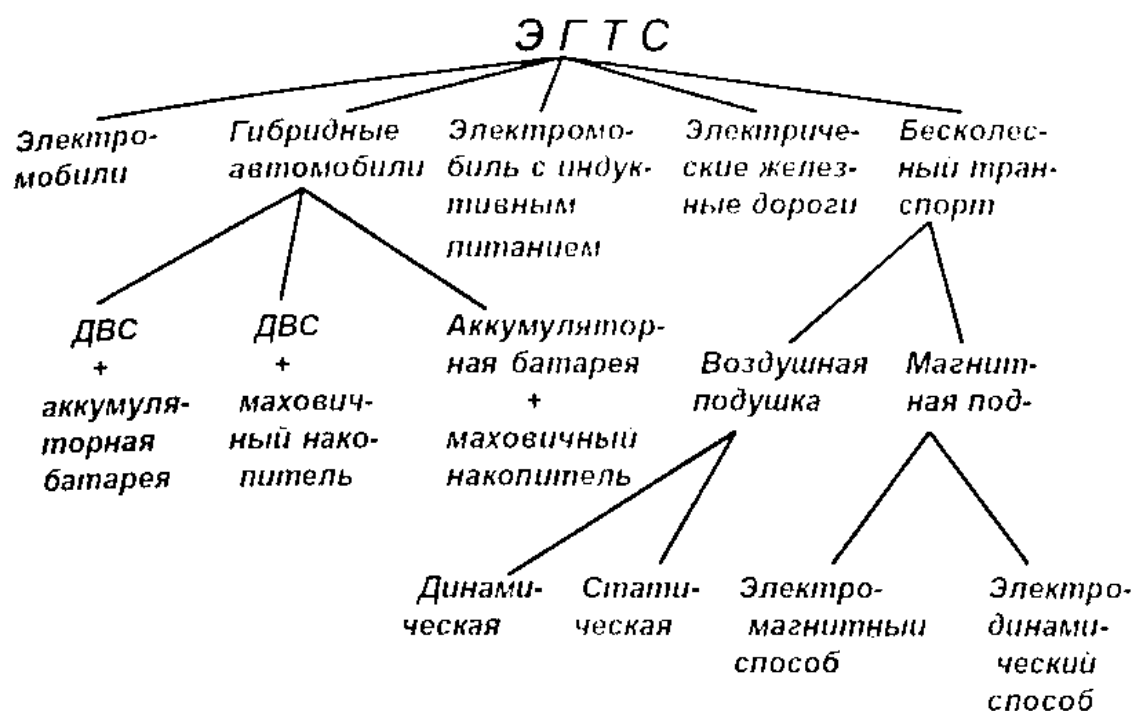


Рис. 7.10. Электрические и гибридные транспортные

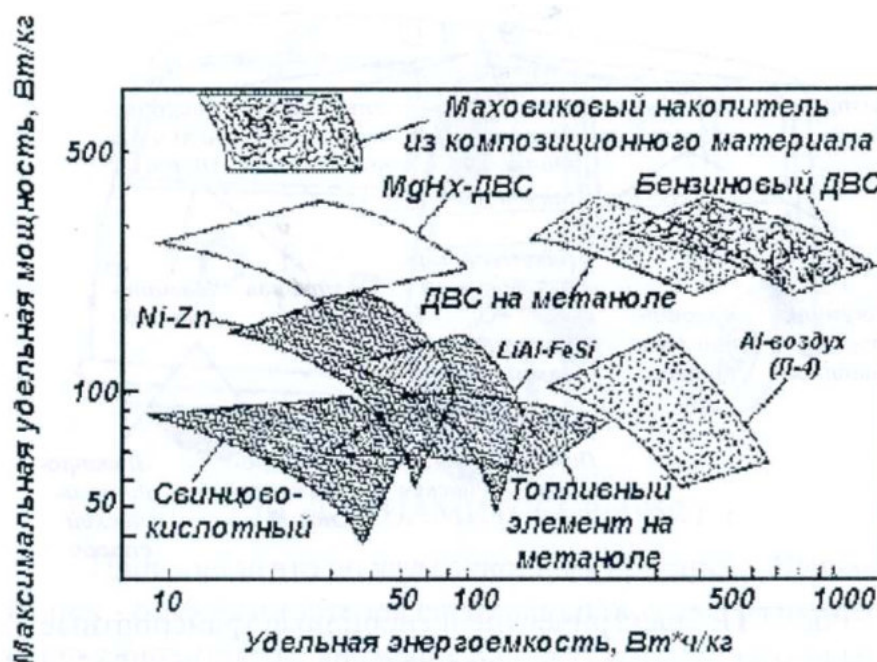


Рис. 7.11. Характеристики аккумуляторов

Однако, ни один из них не дал возможности электромобилю конкурировать с бензиновыми и дизельными автомобилями по энергоемкости силовой установки. Поэтому с середины 80-х годов XX века надежды связываются с металло-воздушными аккумуляторами, например, алюминий- и железно-воздушными, а также с топливными элементами.

Например, алюминий-воздушная батарея имеет относительно небольшое время подзарядки. Удельная энергоемкость такого аккумулятора на порядок выше по сравнению с существующими, что позволяет увеличить запас хода до 1600 км. Кроме того, вместо подзарядки разряженный аккумулятор можно заменить на предварительно заряженный или, что сложнее, заменить в нем алюминиевые пластины.

Возможно, что удастся разработать специальную конструкцию аккумулятора, которая позволит производить быструю замену пластин и тем самым избавиться от одного из основных недостатков электромобилей - потерь времени на подзарядку. Рассматриваемые батареи имеют тот недостаток, что продукт разрушения алюминия (гидроксид алюминия) остается в автомобиле и его необходимо периодически удалять. Однако, это абсолютно безопасное вещество, которое в настоящее время является основным сырьем для алюминиевой промышленности, и, следовательно, может быть повторно использовано.

Современный электромобиль имеет целый ряд функций. Американские грузовые электромобили обладают запасом хода до 160 км и максимальной скоростью 75-80 км/ч. Электромобили перевозят продукты, почти, работают в коммунальной службе. Для Америки не редкость электромобили, поливающие улицу, развозящие больных по госпитальному двору и пассажиров в аэропорту.

Совершенно необычное назначение у электромобилей американской фирмы «Ринкмейт». Это так называемый льдокомбайн - та самая машина, которая в перерывах хоккейного матча выезжает на лед и полирует его. Здесь важны достоинства электромобиля - чистота и бесшумность. Ведь работает он в основном в крытых спортивных комплексах. Аналогичная машина «Снежинка» выпущена Уральским автомобильным заводом (СССР).

Еще одно необычное и редкое назначение электромобиля пришло из Англии. Это передвижные лавки.

Грузовые автомобили сегодня стали неотъемлемой частью внутризаводского транспорта любого крупного предприятия. Это прежде всего электрокары и электро-погрузчики.

Сложившиеся традиции использования личного транспорта в таких развитых странах, как например США, позволяют наметить

области применения электромобилей как пассажирского транспорта. Например, около 45 % семей в США имеют 2 и более автомобиля. Кроме того, дальность около трети всех поездок не превышает 15 км. С учетом увеличения цен на топливо электромобиль может найти применение в качестве второго автомобиля (автомобиля для поездок в городе). Однако, основной областью применения электромобилей в этом смысле является общественный транспорт. Автомобиль с запасом хода 160 км может удовлетворить все личные потребности населения в городе, а также при поездках на работу.

Нынешний электромобиль многое перенял у современных автомобилей, однако это не значит, что достаточно заменить на автомобиле ДВС, коробку передач и бензобак электросиловой установкой, чтобы создать электромобиль.

В 50-60-е годы XX века было немало попыток построить такие «электромобили». Они закончились неудачно: машины получались очень тяжелыми, а тяговое электрооборудование не поддавалось удобному размещению на шасси. Теперь конструкторы склоняются к созданию специального электромобиля, устройство которого продиктовано реальными условиями эксплуатации.

Особенности конструкции современных электромобилей подсказываются его узкогородским назначением. Прочность деталей большинства автомобилей рассчитана на движение и с высокими скоростями, и по плохим дорогам. Детали же кузова и ходовой части электромобиля, предназначенного для быстрого движения по асфальту, могут быть сделаны более тонкими, из менее прочных материалов. Тем самым уменьшается масса машины и в какой-то мере компенсируется все еще большая масса аккумуляторных батарей.

К середине 80-х годов XX века, помимо различий в системе электрооборудования - постоянного или переменного, - сформировалось не менее семи схем компоновки (рис. 7.12) и шести основных разновидностей назначения машин: двухместный микроэлектромобиль, двухместный малый, обычный 4-5-местный легковой (типа такси), малотоннажный фургон, коммунальный, автобус средней вместимости.

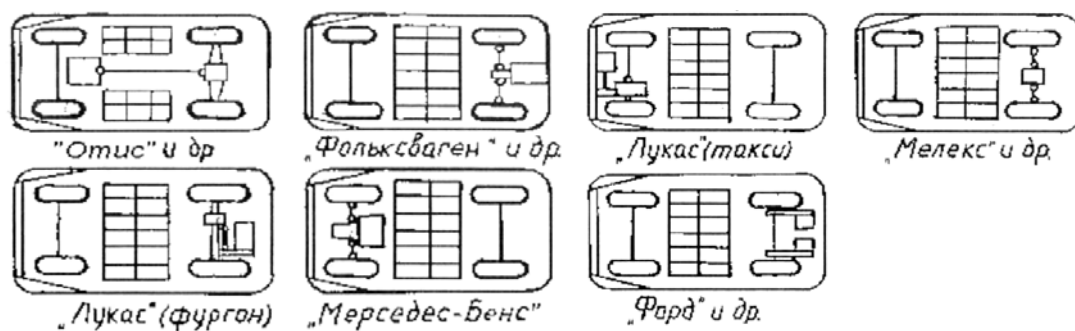


Рис. 7.12. Схемы компоновки электромобилей

В странах СНГ велись и ведутся работы над электромобилями на Рижском, Ереванском (рис.7.13), Волжском, Ульяновском автозаводах, в ряде научных институтов автомобильной и электротехнической промышленности.

До стадии эксплуатации небольших опытных партий дошли две разработки: Главмосавтотранс совместно со Всесоюзным научно-исследовательским институтом электромеханики и Научно-исследовательского института автомобильного транспорта совместно с ВНИИ электротранспорта (г. Калининград) и Рижским электромашиностроительным заводом. Грузоподъемность машин в обоих случаях - 0,5 т, аккумуляторы свинцово-кислотные; силовая установка расположена под кузовом, ведущие колеса - задние.



Рис. 7.13. Электромобиль ЕрАЗ-3732

Эксплуатировавшиеся в Москве электромобили (Главмосавтотранс) были созданы на базе грузового автомобиля УАЗ-451 ДМ, снабжались силовой установкой переменного тока, зарядным устройством и электрическим рекуперативным торможением. Собственная масса машины - 2,5 т. Машины НИИАТ эксплуатировались в подмосковном городе Подольске. Они были сконструированы с широким использованием агрегатов ходовой

части автомобиля ГАЗ-24. Силовая установка - постоянного тока; собственная масса машины - 2 т.

Представляют интерес также экспериментальные модели, созданные специалистами ВАЗа. ВАЗ-2702 (рис.7.14), в котором рама, кабина и кузов выполнены из алюминиевых сплавов.



Рис. 7.14. Электромобиль ВАЗ-2702

ВАЗ-2802 (рис. 7.15) задуман как доставочный фургон для транспортировки небольших партий грузов в крупных городах.



Рис. 7.15. Электромобиль ВАЗ-2802

Грузовой контейнер объемом $4,5 \text{ м}^3$ в нем сделан легкоъемным и крепится к раме четырьмя защелками. Благодаря этому один электромобиль может иметь набор различных по назначению специализированных кузовов, масса никель-цинковых аккумуляторов - 423 кг. Чтобы компенсировать столь значительную массу, рама электромобиля выполнена из алюминиевых профилей. Алюминиевые сплавы и пластмассы также использованы при изготовлении ряда деталей кузова. Количество мест - 2; грузоподъемность - 500 кг; наибольшая скорость - 74 км/ч.

При создании электромобилей конструкторам приходится решать ряд сложных задач. Самая основная из них, как это уже отмечалось выше, недостаточный пробег от зарядки до зарядки. В 70-80-е годы XX века наметились основные пути решения этой задачи:

Применение более прогрессивных аккумуляторных батарей.

Применение быстросъемных аккумуляторных батарей.

Применение солнечных батарей (гелеомобили, солнцекары).

Электромобили с индуктивным подводом электроэнергии.

Гибридные транспортные средства и рекуперативное торможение.

Первый пункт этого перечня мы уже рассмотрели, вкратце остановимся и на последующих.

7.2. Электромобили с быстросъемными аккумуляторными батареями-контейнерами

Во время ранних электромобилей считалось нормальным подзаряжать батареи не снимая их с машины. Поэтому допускались и сложное крепление батарей на раме, и трудность их съема с машины.

Теперь батареи считают как бы составной частью «топлива». Значит, ими нужно заправлять электромобиль. Контейнеры для батарей должны быть нескольких стандартных размеров, а замена их - предельно упрощенной, механизированной (рис. 7.16).



Рис. 7.16. Замена батареи на электромобиле фирмы «Mercedes»

Электромобильная «заправочная колонка» становится складом контейнеров, а «шлангом» послужит некое погрузочное устройство. Будет ли зарядка батарей происходить тут же на «колонке»? Скорее всего, да.

При обеспечении несложной и быстрой смены батарей проблема запаса хода электромобиля теряет свою остроту.

7.3 Тенденции развитие электромобилей в XXI ст.

Прошло чуть менее ста лет с тех времен (1920г. XX ст.), когда электромобили начали отступать с рынка в угоду автомобилям с двигателем внутреннего сгорания. И вот технический прогресс вновь потихоньку возвращает электромобилю первенство на автомобильном рынке. Так в 2003г. предприимчивыми инженерами Мартином Эбехардом и Марком Тэппингом при содействии миллиардера Илона Маска и основателей компании Google - С.Брина и Л.Пейджа была основана компания под названием Tesla Motors, которая для компаний Mercedes и Toyota начала производить компоненты и составляющие гибридных автомобилей. Через три года в 2006 году XXI века компанией Tesla Motors на закрытом показе в аэропорту Санта-Моники (США) презентовала первый электромобиль Tesla Roadstar. Серийное производство этого автомобиля началось в 2008г, а уже к 2012г. количество сошедших с конвейера Tesla Roadstar составило 2600 единиц. Силовая установка (электродвигатель) электромобиля Tesla Roadstar способна создавать мощность порядка 248 л.с. (185 кВт) и крутящий момент в 270 Нм. Максимальное расстояние, которое преодолел автомобиль в 2008г на одной зарядке составляет 300 км.

В 2009г. состоялся релиз еще одного электромобиля от Tesla – Roadster Sport (рис. 7.17), разгоняющийся до 97 км/ч за 3,7 сек. Заявленный пробег автомобиля Tesla – Roadster Sport на одной зарядке составил 372 км.



Рис. 7.17. Электромобиль Tesla – Roadster Sport

Осенью того же года на соревнованиях в Австралии Global Green Challenge электромобиль Tesla – Roadster Sport преодолел на одной зарядке дистанцию в 501 км двигаясь со скоростью около 40 км/ч.

В 2010 году Roadster Sport стал победителем на Monte Carlo Alternative Energy Rally. В истории гонок данного вида первое место впервые занял электромобиль.

В 2014г. Tesla Roadster был обновлен до версии 3.0. У электромобиля снизилось аэродинамическое сопротивление (с 0,36 до 0,31), что позволило увеличить дальность его пробега на одной зарядке до 640 км;

Модель электромобиля, ставшая второй по счету от Tesla Motors, стала Tesla Model S (рис. 7.18). Это электромобиль премиум класса в виде 5-дверного лифтбека, который был впервые представлен на выставке во Франкфурте в 2009г.

Потребительский спрос на Tesla Model S в период с 2012 до 2014 года был настолько велик, что за одну неделю с конвейера сходило до 1000 автомобилей. Данная модель завоевала немало наград, среди которых – «Автомобиль года 2013» (по версии журнала Motor Trend, США).



Рис. 7.18. Электромобиль Tesla Model S

Tesla Model S была оснащена панелью приборов с LCD-экраном и впервые в автомобилестроении на передней панели приборов был установлен крупный 17 дюймов тачскрин. Передняя панель приборов автомобиля Tesla Model S изображена на рис. 7.19



Рис. 7.19. Передняя панель приборов автомобиля Tesla Model S

Электромобиль Tesla Model S продавался в нескольких вариантах комплектации в том числе и полноприводный. В краш-тестах по системе Euro NCAP и NHTSA Tesla Model S показала отличный результат – 5 звезд.

В 2015г. компания Tesla Motors начала продажу автомобиля Tesla Model X, которая имеет даже в самой простой комплектации полный привод и способна проехать на одной зарядке аккумуляторных батарей 340 км.

Tesla Motors не единственная компания, которая в начале XXI века начала выпуск электромобилей. В след за Tesla с 2012 года свои электромобили начали реализовывать такие компании как: BMW (BMW i3), Volkswagen (на базе Volkswagen Golf), Renault (Renault Zoe) и Nissan (Nissan Leaf). Электромобиль продолжает свое развитие.

7.4. Электромобили с индуктивным подводом электроэнергии

До сих пор рассматривались электромобили, которые имеют автономные источники энергии. На таких электромобилях должны устанавливаться тяжелые батареи, для размещения которых необходима мощная поддерживающая конструкция, что сильно утяжеляет электромобиль. Чем тяжелее электромобиль, тем больше энергии необходимо для его движения. Однако существует другое решение - индуктивный подвод энергии от заложенного в дорогу кабеля. Такой подход действительно позволяет рассматривать транспорт как единую систему, а не как множество подсистем. Эта технология была впервые реализована в середине 70-х годов XX века Дж. Бомером в лаборатории им. Лоуренса (США).

Идея состоит в том, что источник энергии находится под проезжей частью дороги, а приемник энергии располагается в электромобиле. Передача энергии осуществляется по принципу электромагнитной индукции через воздушный зазор около 25 мм, так что механический контакт приемника с дорогой отсутствует (рис.7.20).

В рамках этой системы движение и управление электромобилем может осуществляться за счет энергии от источника, расположенного под проезжей частью дороги.

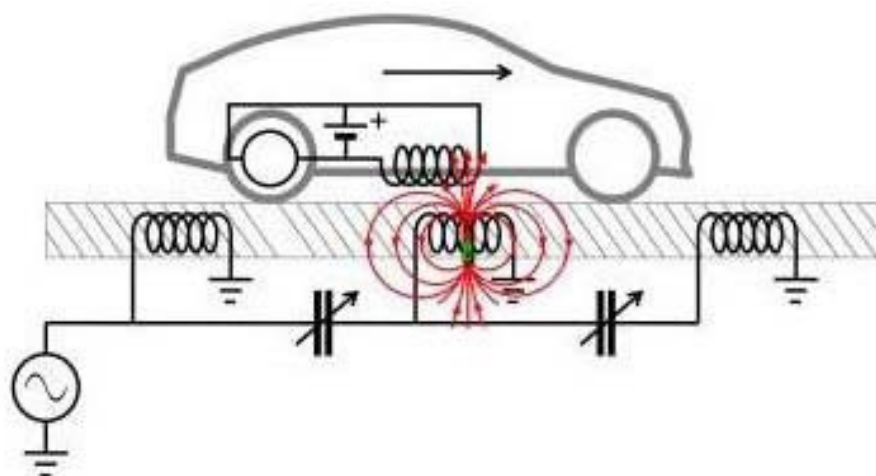


Рис. 7.20. Принципиальная схема электромобиля с индуктивным подводом энергии от кабеля, заложенного в дорогу

При установке на борту электромобиля дополнительного источника энергии он может двигаться по улицам и дорогам, не оборудованным источником энергии, т.е. функционировать вне системы. Таким бортовым источником энергии может быть электрический аккумулятор. Энергию для заряда бортовых аккумуляторов можно брать от дороги, пока автомобиль находится в пределах системы. Таким образом, отпадает необходимость электрификации всех улиц и дорог.

Теоретический анализ и моделирование, проведенные специалистами США, показали, что данная система является экономически выгодной и не имеет сопутствующих нерешенных проблем.

7.5. Гелиомобили (солнцемобили)

Гелиомобиль или солнцемобиль – это автомобиль, который перемещается за счет энергии солнца преобразованной в электрическую.

Значение энергии солнечного излучения, поучаемой поверхностью нашей планеты за год, равно приблизительно 1×10^{18} кВт·ч, что более чем в 20000 раз превышает современный уровень мирового энергопотребления. Солнечную энергию на протяжении столетий используют во многих сферах человеческой деятельности. Однако до последних десятилетий это осуществлялось в основном примитивными способами (например, обычная сушка пищевых продуктов).

Со временем был разработан ряд устройств для реализации различных технологических процессов: отопления и охлаждения зданий, опреснения, производства электроэнергии.

В начале XXI века 5-7 % всей энергии в Европе обеспечивают станции и устройства, преобразующие солнечную энергию.

Появился термин «солнечный двигатель», работающий на солнечной энергии. Вариантов таких двигателей множество. В частности, солнечные лучи, нагревая жидкое рабочее тело, превращают его в пар, который подается в возвратно-поступательный или вращающийся двигатель, где он расширяется, производя работу. Наиболее широко двигатели такого типа используют для привода водяных насосов. Другие направления преобразования солнечной энергии, такие как термоэлектрический, фотоэлектрический и т.д., применяются в настоящее время для создания так называемых «гелиомобилей» (рис.7.21).



Рис. 7.21. Концепт солнцемобиля «Ford» на базе минивэна C-Max

В настоящее время транспорт на солнечных аккумуляторах буквально делает первые шаги. Но примечательно, что областью использования солнечной энергии стали самые разнообразные виды транспорта. Так, например, в США создан самолет с электродвигателем и солнечными батареями.

Американец Дюпан построил «солнечный мотоцикл», скорость которого достигает 50 км/ч. Англичанин Алан Фридмен сконструировал велосипед без педалей, который приводится в движение электроэнергией. На велосипеде установлен аккумулятор, который подзаряжается электроэнергией, вырабатываемой солнечной батареей установленной на руле велосипеда. Энергетической емкости аккумулятора хватает для того, чтобы проехать со скоростью 25 км/ч на расстояние примерно 50 км.. Опытом изобретательного англичанина заинтересовались японские фирмы по производству велосипедов и мотоциклов.

Интересны конструкции трехколесных экипажей (США) вполне современной обтекаемой формы, покрытых специальным тентом. Тент - это не что иное, как своеобразная плата с укрепленными на ней кремниевыми элементами. Электродвигатель разгоняет экипаж до 25 км/ч, несмотря на то, что масса его вместе с водителем составляет 120 кг. Области перспективного использования таких экипажей - личный пассажирский транспорт, внутригородской транспорт для перевозки мелких грузов, почта.

В Швейцарии в 1975 г. состоялись первые международные соревнования гелиомобилей – «Тур де Соль». Стартовали 42 машины. Победителем соревнований стал «Мерседес-Бенц-альфа-реал» прошел расстояние 368 км за 9 ч 41 мин. На отдельных участках, скорость достигала 60 км/ч, а средняя скорость составила 37 км/ч.

С 1987 г эти соревнования имеют статус чемпионата мира. Организаторы чемпионата делают все возможное для их популяризации. Регулярно проходят семинары, конференции, а в феврале 1989 г. в Берне состоялся первый солнцемобильный салон. Технические требования «солнечного ралли» поощряют участие в нем доступных по цене машин, пригодных для серийного производства, а не уникальных рекордсменов наподобие американского «Санрейсера», который в ноябре 1987 г. пересек Австралию с севера на юг, пройдя 3025 км со средней скоростью 67,4 км/ч, развив на пробном участке 114 км/ч. Его разработка обошлась концерну «Дженерал Моторс» в несколько миллионов долларов.

В Швейцарии созданием гелиомобилей занято более 20 фирм. Некоторые из них добились ощутимых результатов. Так, с 1986 г. фирма «Сан-крафт» продала уже более 30 экземпляров своего двухместного «Салка-солар». Пробег на одной зарядке аккумуляторов у него около 50 км, максимальная скорость - 50 км/ч, масса 400 кг.

В МАДИ в 1986 г был разработан одноместный трехколесный гелиомобиль с гибридным приводом: электро и вело.

Летом 1989 г. на Всесоюзном конкурсе самодельных автомобилей в Набережных Челнах демонстрировался солнцемобиль, который построил творческий коллектив под руководством А. Кноха, финансируемый Центром НТТИ «Дока».

В 1982 году XIX ст. изобретатель Ханс Толstrup на гелиомобиле «Quiet Achiever» («Тихий рекордсмен») пересек Австралию с запада на восток со скоростью 20 км/ч, а в 1996 году XX ст. гелиомобиль «Dream» («Мечта») на IV Международном ралли гелиомобилей преодолел расстояние в 3000 км со средней скоростью 90 км/ч (на отдельных участках трассы скорость достигала 135 км/ч).

В начале XXI ст. развитие гелиомобилей сдерживает только КПД солнечных панелей, который находится, в ясную погоду, на уровне 10 – 15%, хотя в 2015 году учеными Санкт-Петербургского университета было заявлено, что КПД солнечных панелей, разработанных в их университете, увеличено до 25 – 30%.

7.6. Гибридные транспортные средства и рекуперативное торможение

Гибридное транспортное средство - транспортное средство, у которого имеется как минимум две энергетические установки.

Технология использования нескольких энергетических установок на автомобильном транспорте не нова и имеет давнюю историю. К примеру, еще в 1899 году немецкий конструктор Фердинанд Порше получил патент на гибридную силовую установку, в которой электродвигатель получал электрическую энергию от двигателя внутреннего сгорания. Но технология не получила развития в тот период времени из-за громоздкости и малой эффективности действия.

С тех пор прошло более ста лет и в конце XX века на рынке появились модели автомобилей с гибридными силовыми установками, которые смогли составить конкуренцию автомобилям с двигателем внутреннего сгорания. Особенностью гибридных силовых установок автомобилей конца XX века, является их дополнительное оснащение рекуператором торможения, который преобразует энергию торможения в электрическую энергию.

Почему же именно спустя сто лет, стало возможным создание таких автомобилей? Ответ очень прост, это обусловлено стремительным развитием электроники как минимум в четырех направлениях:

- силовая электроника;
- аккумулирование электрической энергии;

- создание вентильных электрических машин;
- развитие компьютерных и программных технологий.

Одними из первых гибридных автомобилей конца XX века стал автомобиль Toyota Prius (изображенный на рис. 7.22), который впервые был представлен на токийской автомобильной выставке в 1995 году. Серийный выпуск автомобилей Toyota Prius японской корпорацией «Toyota Motor Corporation» начался в 1997 году. В след за ним в 1999 началось производство Honda Insight.

Спустя шесть лет корпорация «Toyota Motor Corporation» выпустила новую модель гибридного автомобиля Toyota Prius II, которая появилась на рынках Украины в конце 2007 года уже XXI века.



Рис. 7.22. Гибридные автомобили Toyota Prius и Honda Insight

В след за японскими разработчиками гибридных силовых установок этой новинкой в автомобильной технике начали активно заниматься Европейские и Американские исследователи, которые увидели экономический потенциал в такой технике. Так с 2003 - 2004 гг. у компаний Ford, DaimlerChrysler, Honda появились собственные автомобили с гибридной силовой установкой. А с 2009 года компании Opel, Saab, Mercedes, BMW и Volvo заявили о намерениях освоить производство транспортных средств на аналогичных принципах.

В качестве второй энергетической установки на автомобиле может использоваться не только электродвигатель. Так например некоторые производители часто применяют маховичный накопитель энергии, хотя иногда встречаются и другие компоновки. Примером может служить автобус 70-х годов XX века Мерседес-Бенц (рис.7.23), в котором для городской эксплуатации используется аккумуляторная батарея, а при эксплуатации за городом - приводимый дизелем электрический генератор, который вырабатывает электрический ток.

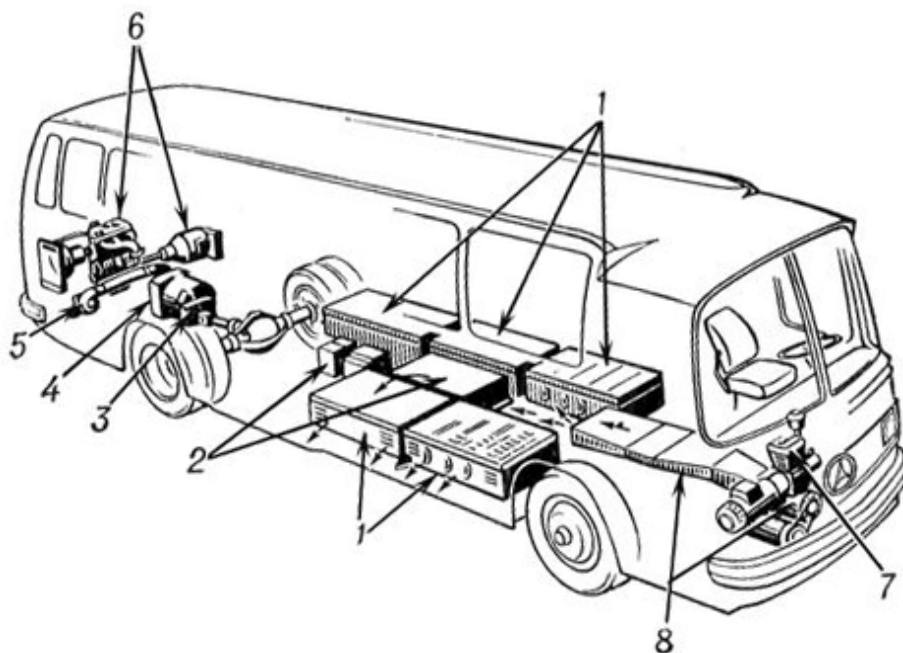


Рис. 7.23. Гибридный привод автобуса Мерседес-Бенц ОЕ 302:
 1- аккумуляторные батареи; 2- электронная система управления;
 3 –понижающий редуктор; 4- тяговый электромотор; 5-вентилятор
 охлаждения тягового электромотора; 6-дизель с генератором; 8- система
 охлаждения аккумуляторных батарей; 7- компрессор тормозной системы и
 насос усилителя рулевого управления

Использование маховичных накопителей энергии позволяет существенно повысить экономичность, как электромобиля, так и автомобиля в общем случае благодаря аккумулялированию энергии, которая может быть использована в нужный момент, особенно при движении транспортного средства в городских условиях с частыми остановками и троганиями с места. При наличии маховичного накопителя двигатель всегда может работать в оптимальном режиме. Излишняя энергия передается маховику, а при недостатке энергии она отбирается от него. Этот процесс называется «выравниванием нагрузки». Другое преимущество маховичного накопителя состоит в том, что большая часть поступательной энергии автомобиля, которая при торможении выделяется в виде тепла в тормозной системе, может быть им аккумулялирована и затем использована при разгоне транспортного средства. Этот процесс, который называют «рекуперативным торможением», позволяет значительно повысить КПД автомобиля.

Сам по себе, лишь спустя несколько тысячелетий после своего рождения, маховик находит место в сфере транспорта. В 1791 г. талантливый русский механик И.П. Кулибин создает «самокатку»,

которая по существу является прообразом современных транспортных средств с рекуператорами энергии. Современники И.П. Кулибина, наблюдавшие за испытанием «самокатки», были поражены: в гору она двигалась быстрее, чем по ровной дороге.

В 1860 г. инженер-поручик Шуберский предложил использовать маховые колеса как вспомогательное устройство на железной дороге. «Маховоз» конструкции Шуберского «умерял быстроту движения при спуске с горы и употреблял сбереженную скорость при подъеме в гору». Именно так характеризовала заметка в газете тех времен назначение маховичного устройства на железнодорожных поездах.

Что касается автомобиля, то уже на первом автомобиле К. Бенца (1886 г.) применялся маховик.

В 1953 г. фирма «Эрликон» (Швейцария) выпустила серию гиробусов, которые спустя два десятилетия все еще успешно трудились на дорогах Швейцарии, Бельгии, Африки.

Опыт эксплуатации транспортных механизмов, оснащенных маховиками (рис. 7.24), показал, что наиболее рациональная область их применения - городской транспорт: автобусы, троллейбусы, трамваи, поезда метрополитена, т.е. те случаи, когда непродолжительный стационарный режим движения сменяется торможением, остановкой и далее троганием с места и разгоном.

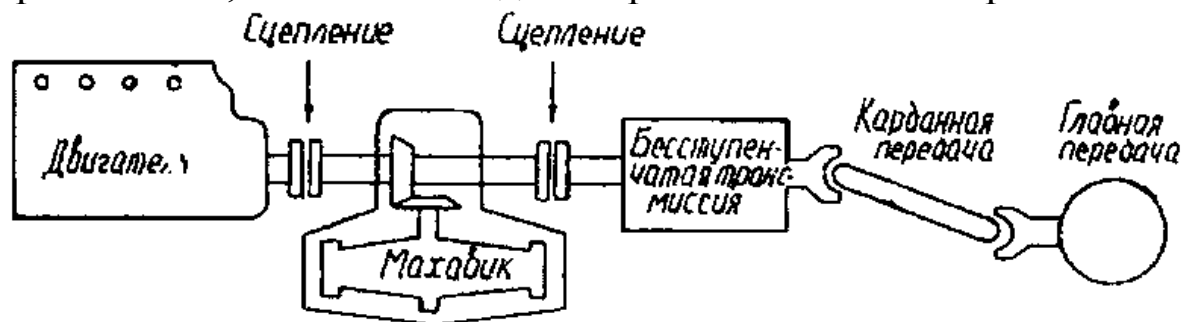


Рис. 7.24. Принципиальная схема шасси автомобиля с маховичным накопителем энергии и бесступенчатой трансмиссией

Рекуперация электрической энергии на городском транспорте способствует не только снижению расхода топлива на 30-50 %, но существенно уменьшает выделение токсичных выпускных газов в атмосферу.

Именно поэтому одна из моделей автобусов 80-х годов XX века фирмы «BOSH» (Германия) оснащена системой рекуперации энергии: маховик диаметром 0,5 м и массой 104 кг

вращается в вакууме с частотой 12000 об/мин. Управление взаимодействиями маховика, двигателя и трансмиссии осуществляется с помощью бортового компьютера. Аналогичная система рекуперации энергии использована в автомашинах «Мерседес-Бенц», где экономия топлива составила до 40 %.

Особенно эффективны рекуператоры энергии в электромобилях. Как показывает опыт, маховики позволяют сохранить до 50 % энергии аккумуляторов, т.е. практически вдвое увеличить пробег до подзарядки батарей.

Так, 40-местный автобус фирмы «Мерседес» (см. рис. 7.23), благодаря использованию энергии маховика, имеет мощность электродвигателя всего 60 кВт и среднюю скорость при этом 80 км/ч.

Маховичный накопитель энергии на автомобиле эффективен только в сочетании с бесступенчатой трансмиссией: электрической, гидрообъемной или фрикционной. Связано это, прежде всего с тем, что скорость вращения маховика не регулируется, при любом значении скорости маховика необходимо обеспечить ее согласование со скоростью автомобиля. Например, при разгоне автомобиля энергия отбирается у маховика, скорость автомобиля увеличивается, а скорость маховика уменьшается. Бесступенчатая трансмиссия должна непрерывно обеспечивать согласование этих скоростей (рис. 7.24).

Основным направлением совершенствования маховика является повышение уровня его удельной энергоемкости. Этого можно достичь двумя путями: увеличением либо частоты его вращения, либо массы. Однако реализацию обоих путей лимитирует прочность маховика. Начиная с определенных значений частоты вращения, в маховике заданной массы возникают столь значительные напряжения, что может разрушиться его обод. В середине 60-х годов XX века специалисты СССР предложили новые конструкции маховиков из слоисто-волоконистых материалов высокой прочности. Эти рекуператоры получили название супермаховиков, которые развивают окружную скорость до 700 м/с, витая структура их диска обеспечивает ему достаточную прочность.

В качестве рекуператора торможения может быть использован не только маховик, кроме него могут применяться электрические конденсаторы, резиновые и пневмогидравлические аккумуляторы.

Возможность наиболее рационального использования электрических конденсаторов в качестве аккумуляторов энергии на автомобилях активно изучается специалистами НАМИ (г. Москва).

Резиновые рекуператоры наименее энергоемки. Их удел - очень легкие и тихоходные машины. Гораздо лучше применять другой тип аккумуляторов - пневмогидравлические. При торможении машины ее кинетическая энергия расходуется на закачку жидкости в энергоаккумулятор и сжатие в нем газа, преобразуясь таким образом в потенциальную энергию последнего (рис.7.25), при разгоне она снова переходит в кинетическую, таким образом двигая транспортное средство.

Работы по совершенствованию таких транспортных средств велись и на территории Украины, в частности, в конце 80-х годов XX века подобная система рекуперации была создана в ХАДИ под руководством доцента Алексеенко В.Н.

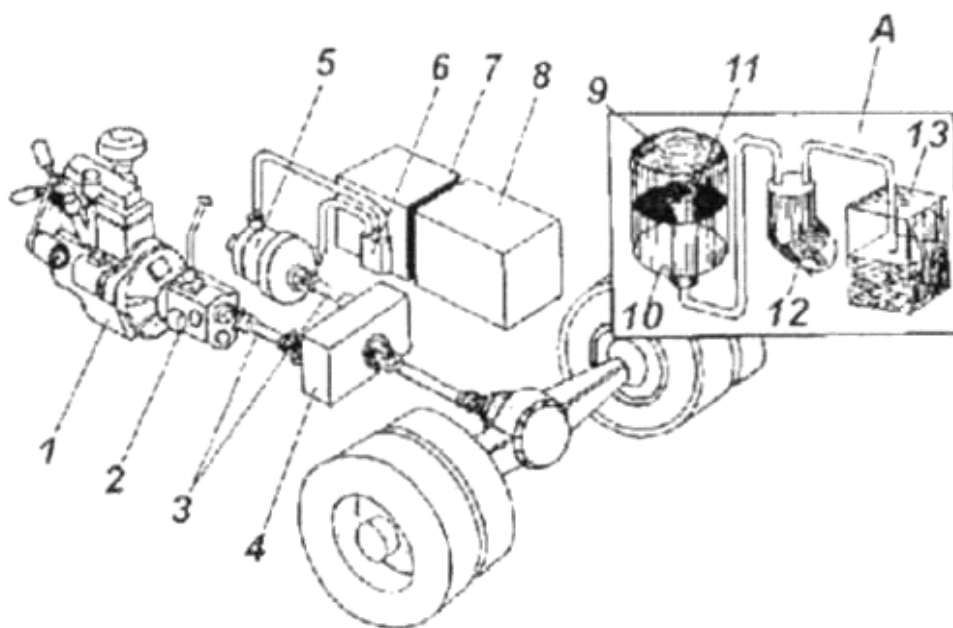


Рис. 7.25. Силовой агрегат автомобиля с гибридным двигателем:
 1-ДВС; 2-коробка передач; 3-карданный вал; 4-редуктор; 5-гидромашина обратимого действия; 6-переключатель; 7-гидростатический аккумулятор; 8-маслобак; А-гидропневматический силовой агрегат; 9-газовая полость; 10-жидкость; 11-эластичная перегородка; 12-обратимая гидромашина;

8. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ГОНОЧНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

8.1. Гоночные автомобили формулы 1

Одна из основных задач отечественной автомобильной промышленности состоит в повышении качества автомобилей всех типов. Технический опыт автомобильного спорта, несомненно, может способствовать решению этой задачи.

Автомобильный спорт существенно помог улучшению эксплуатационных качеств автомобиля и, в первую очередь, его динамики. На протяжении более чем 100 лет с момента зарождения автомобиля было построено и испытано большое количество различных гоночных и спортивных автомобилей. Изготовление гоночных автомобилей тесно связано с основной автомобильной промышленностью и базируется на общетехнических достижениях. При производстве обычных транспортных автомобилей было бы неправильно игнорировать богатый опыт изготовления и эксплуатации гоночных автомобилей. Автомобильный спорт должен быть поставлен на службу развития техники, помогать непрерывной работе по усовершенствованию транспортных автомобилей. Гонки нужны как средство для испытания новых конструктивных элементов, компоновочных схем, улучшенных материалов, они стимулируют повышение эксплуатационных качеств автомобилей.

В 1895 г. состоялись гонки по маршруту Париж-Бордо-Париж. Это были первые гонки в полном смысле этого слова, так как оценка результатов проводилась только по времени прохождения полной дистанции. Наилучший результат из 46 автомобилей-участников показал автомобиль «Панар-Левассор», прошедший дистанцию со средней скоростью 24 км/ч.

С тех пор количество гонок увеличивалось из года в год.

В 1895 г. был учрежден первый автомобильный клуб - Автомобильный клуб Франции (АКФ). Благодаря АКФ Франция в течение 20 лет (с 1894 по 1914 г.) оставалась центром автомобильного спорта. Целью первых автомобильных гонок являлось доказательство практической применимости автомобиля как транспортного средства. Образцы гоночных автомобилей первого периода представляли собой конструкции, показанные на рис. 8.1 – рис. 8.4.

Гонки того времени способствовали конструктивным усовершенствованиям автомобилей:

Введение в 1896 г. пневматических шин.

Введение цепной и карданной передач вместо ременной.

Применение электрического зажигания.

Применение уравновешенных четырехцилиндровых двигателей вместо одно- и двухцилиндровых.

Удлинение базы автомобиля.

В 1903 г. состоялись гонки Париж-Мадрид, ставшие переломным пунктом в истории автомобильного спорта. Средняя скорость впервые перешла за 100 км/ч.



Рис. 8.1. Автомобиль «Панар-Левассор», лидировавший в гонке Париж-Бордо-Париж



Рис. 8.2. Автомобиль «Панар-Левассор» (четырёхцилиндровый, 16 л.с), лидировавший в гонке Париж-Бордо (1899 г.)



Рис. 8.3. Гоночный автомобиль "Рено" (класс легких автомобилей), лидировавший в гонке Париж-Вена (1902 г.)



Рис. 8.4. Гоночный автомобиль «Панар-Левассор», лидировавший в гонке Париж-Вена (1902 г.)

Начиная с 1903 г. дорожные гонки начали проводить по замкнутым маршрутам.

Типичным представителем гоночных автомобилей первого периода можно считать автомобиль «Бразье» (рис.8.5). На нем впервые были применены фрикционные амортизаторы. Тормозная система имела два тормоза, один из которых действовал на дифференциал, второй на задние колеса.



Рис. 8.5. Гоночный автомобиль «Бразье» (1905 г.)

В 1906 г. впервые были применены съемные ободья (рис. 8.6), что также дало возможность несколько увеличить среднюю скорость автомобиля.

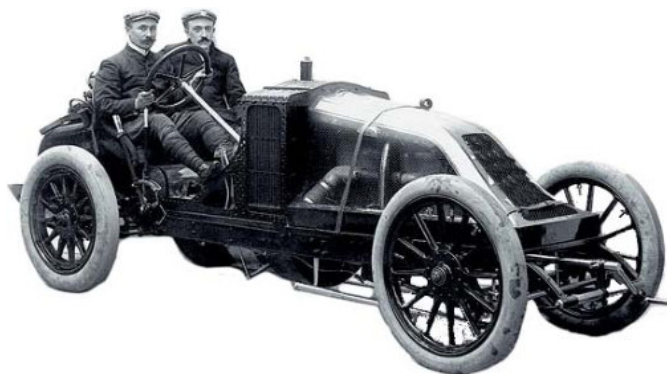


Рис. 8.6. Гоночный автомобиль «Рено» (1-е место в гонке на Большой приз АКФ, 1906 г.)

С 1907 г. вводятся автомобили гоночных формул с ограничением расхода топлива, диаметра цилиндров (рис.8.7). К этому же времени относится начало применения на гоночных автомобилях верхних клапанов в сочетании с полусферными камерами сгорания.



Рис. 8.7. Гоночный автомобиль «Бенц»
(2-е место в гонке на Большой приз АКФ, 1908 г.)

Автомобиль "Пежо" (рис.8.8) имел уже по четыре верхних клапана на цилиндр, управляемых двумя распределительными валами.

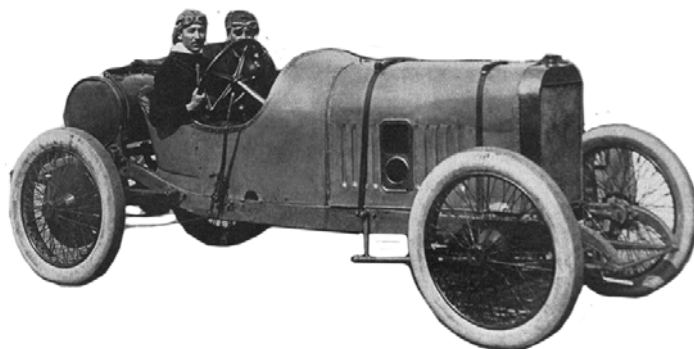


Рис. 8.8. Гоночный автомобиль «Пежо»
(1-е место в гонке на Большой приз АКФ, 1912 г.)

Впервые преимущество торможения всех колес было показано на автомобиле "Мерседес" (рис.8.9); на участках со многими поворотами автомобили с тормозами на всех колесах неизменно показывали более высокую среднюю скорость. В дальнейшем развитие дизайна дорожно-гоночных автомобилей вплоть до Второй мировой войны можно проследить по следующим моделям (рис.8.10-8.15).

За период 1921-1939 г.г. значительно усовершенствовалась подвеска автомобиля, появилась независимая. Улучшилась обтекаемость и уменьшилась площадь лобового сопротивления дорожно-гоночных автомобилей.

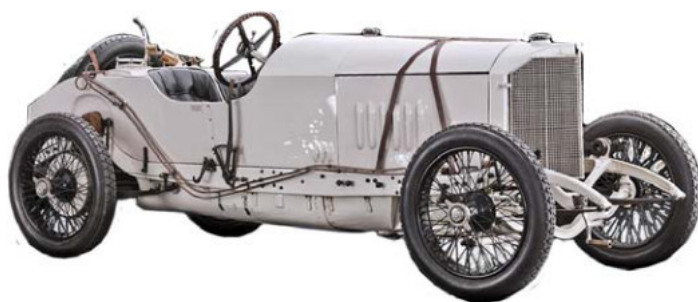


Рис. 8.9. Гоночный автомобиль «Мерседес»
(1-е место в гонке на Большой приз АКФ, 1914 г.)

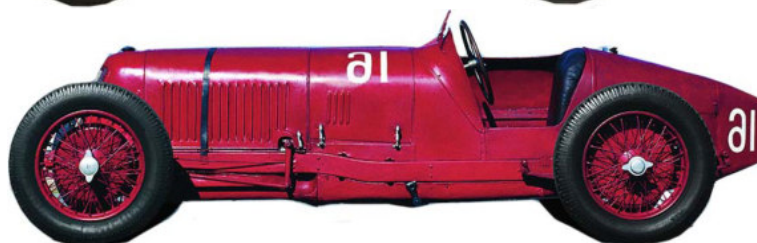


Рис. 8.10. Гоночные автомобили формул 1922-1927 гг.:
вверху «Фиат 804» 1922 г. (6-цилиндровый, 2 л),
внизу «Далаж» 1927 г. (8-цилиндровый, 1,5 л)



Рис. 8.11. Гоночный автомобиль «Бугатти»
(первые места в гонках на большой приз АКФ, 1928 и 1930 гг.)



Рис. 8.12. Спортивный автомобиль «Мерседес-Бенц»
(6-цилиндровый, 7 л, 300 л.с.)



Рис. 8.13. Гоночный автомобиль «Альфа-Ромео»
(1-е место в гонке на Большой приз АКФ, 1932 г.)



Рис. 8.14. Гоночный автомобиль «Авто-Унион»
(16-цилиндровый, 3 л,) типа GP, 1939 г.



Рис. 8.15. Гоночный автомобиль «Мерседес- Бенц»
(12-цилиндровый, 3 л) типа GP, 1939 г.

В послевоенные годы (после 1945 г.) дорожно-гоночные автомобили, в частности формулы 1, развивались по следующей схеме.

С 1954 г. по 1960 г. к гонкам допускали автомобили с двигателями рабочим объемом 2,5 л без наддува и с двигателями 0,75 л, но имеющими нагнетатели (рис.8.16).

В автомобилях гоночной формулы 1961-1965 гг. (рис. 8.17) допустимый рабочий объем двигателя уменьшен до 1,3-1,5 л, нагнетатели были запрещены.

С 1966 г. в гонках по формуле 1 допускаются автомобили массой не менее 575 кг, с двигателем 3 л без наддува или 1,5 л с наддувом, число цилиндров не более 12 (рис.8.18, 8.19).



Рис. 8.16. Гоночные автомобили с двигателями 2,5 л: а – «Мерседес-Бенц» (8-цилиндровый); б - «Феррари» (4-цилиндровый); в – «Лянчия» (8-цилиндровый); г – «Мазерати» (6-цилиндровый)

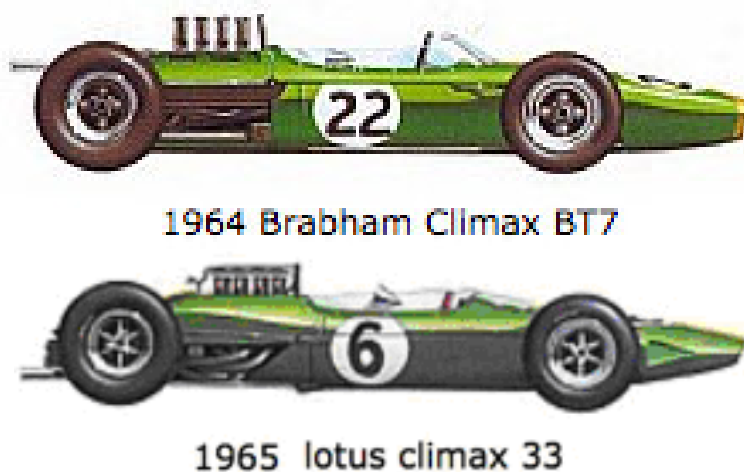


Рис. 8.17. Автомобили формулы 1 (60-х годов XX века): «Бребхам» 1964 г. и «Лотос» 1965 г.



Рис. 8.18. Автомобили формулы 1 Ferrari 312T (1975 г.)



Рис. 8.19. Гоночный автомобиль формулы 1
Lotos (1978 г.)

Кроме того, на равных основаниях в гонках по формуле 1 допускают автомобили с газотурбинным двигателем и роторным двигателем Ванкеля. С 1989 г. объявлен запрет на двигатели с нагнетателями, но установлен лимит рабочего объема -3,5 л. В настоящее время автомобильные скоростные состязания могут быть разделены на несколько основных категорий: дорожные гонки; трековые гонки; горные гонки; рекордные заезды.

8.2. Дорожные гонки

Для дорожных гонок используют замкнутые кольцевые маршруты, состоящие из дорог нормального транспортного назначения с ровным и твердым покрытием. Используются также кольцевые дороги. Полная дистанция дорожной гонки принимается в пределах 300-320 км. Длина одного круга не превышает 20 км.

Критерием для допуска автомобилей к участию в гонках является гоночная формула:

- 1) Условия для формулы 1 приведены ранее.
- 2) К гонкам по формуле 2 допускаются автомобили с двигателем до 2 л. Наддув не разрешен, число цилиндров не более 6, число передач не более пяти, число ведущих колес не более двух. Масса автомобиля не менее 500 кг.
- 3) Для гонок по формула 3 предписывают использование блока цилиндров и головки блока от серийного автомобиля, выпускаемого не менее 5000 шт. в год. Число цилиндров не более 4, рабочий объем двигателя не более 2 л. Наддув не допускается. Масса автомобиля не менее 440 кг.

Формула 3 рассчитана на то, чтобы организовать соревнования сравнительно простых и дешевых гоночных автомобилей. Такие автомобили по устройству ближе к серийным

моделям, и их эксплуатация может дать сведения, полезные для усовершенствования автомобилей массового производства.

8.3. Трековые гонки

Трек, или автодром, представляет собой специальное дорожное сооружение, рассчитанное для движения автомобилей с высокой скоростью.

В большинстве случаев трек состоит из двух прямых, соединенных закруглениями (виражами) большого радиуса, и имеет в плане более или менее овальную форму. Длина треков колеблется в пределах 1,5-4 км.

Дистанция трековых гонок изменяется в широких пределах 160-800 км. Автомобили классифицируются по литражу двигателей или в соответствии с требованиями специальных формул. Трековые гонки распространены в США. Так, например, в Индианаполисе (США) к гонкам допускаются автомобили, имеющие двигатели мощностью 800-900 л.с. Средняя скорость в последние годы составляет 240-264 км/ч.

8.4. Горные гонки

Горные гонки имеют незамкнутый маршрут длиной 1 - 20 км. Дорога выбирается в гористой местности и всегда состоит из целого ряда поворотов с минимальными прямыми участками между ними. Угол поворота часто составляет 180 градусов. Начиная от старта, расположенного у подножия горы, дорога непрерывно идет вверх. Финиш на 100-1600 м выше старта.

Средняя скорость обычно 100-130 км/ч.

Классификация конкурентов производится по литражу двигателей или международным формулам.

8.5. Рекордные заезды

Рекордом называется высшая скорость, когда-либо зарегистрированная на данной дистанции или в данный промежуток времени. Регистрируются рекорды на дистанциях 0,4-100000 км.

Рекорды на малых дистанциях доступны только специальным автомобилям. Рекорды на больших дистанциях устанавливаются на автомобилях стандартного типа, которые демонстрируют при этом не только скорость, но и долговечность современного автомобиля.

По международной классификации предусмотрено 11 классов автомобилей:

Класс А	рабочий объем свыше 8000 см ³ .
Класс В	рабочий объем от 5000 до 8000 см ³ вкл.
Класс С	рабочий объем от 3000 до 5000 см ³ вкл.
Класс О	рабочий объем от 2000 до 3000 см ³ вкл.
Класс Е	рабочий объем от 1500 до 2000 см ³ вкл.
Класс Р	рабочий объем от 1100 до 1500 см ³ вкл.
Класс О	рабочий объем от 750 до 1100 см ³ вкл.
Класс Н	рабочий объем от 500 до 750 см ³ вкл.
Класс I	рабочий объем от 350 до 500 см ³ вкл.
Класс J	рабочий объем от 250 до 350 см ³ вкл.
Класс К	рабочий объем до 250 см ³ .

Кроме того, предусмотрены специальные классы автомобилей с дизелями и газовыми турбинами.

Рекорды автомобилей с дизелями регистрируются отдельно ввиду того, что при современном состоянии техники они еще не могут состязаться с двигателями, работающими по циклу Отто.

С 1964 г. регистрируются рекорды на автомобилях с реактивными двигателями.

8.6. Типы гоночных автомобилей

На основных видах гонок имеют место существенные различия в условиях работы автомобиля и его механизмов. Во время дорожной гонки периоды движения с максимальной постоянной скоростью кратковременны и часто сменяются интенсивным торможением, взятием поворотов с уменьшенной скоростью и разгоном. Такой режим движения гоночных автомобилей представляет большой практический интерес, так как дает возможность использовать технический опыт эксплуатации гоночных автомобилей для обычных конструкций.

Трековые гонки требуют от автомобиля длительной работы на максимальной скорости; скорость разгона имеет второстепенное значение, торможение во время гонки вообще не производится.

В горных гонках максимальная скорость на высшей передаче совсем не используется, зато двигатель часто работает с высокой частотой вращения на промежуточных передачах. Большое значение имеют поворотливость, эффективность торможения и приемистость.

Рекорды на большие расстояния создают для автомобиля такие же условия работы, как и трековые гонки. При установлении рекордов на короткие расстояния с хода (1-10 км) машина движется с максимальной скоростью по прямой линии, при ограниченной длине дороги здесь тоже требуется интенсивный разгон и быстрое торможение. Маневренность в данном случае имеет меньшее значение. Существенную роль играет способность автомобиля держать прямое направление при действии сильного давления воздуха и порывов бокового ветра, а также сохранять правильное распределение нагрузки на оси.

Различия в условиях работы находят свое отражение в конструкции автомобиля, приспособленной к определенному типу состязаний. В связи с этим гоночные автомобили делятся на дорожно-гоночные (рис.8.20-8.21), горно-гоночные и рекордные, среди которых особое место занимают:

С поршневым двигателем:

«Челленджер», показавший скорость 654,2 км/ч (рис. 8.22);
«Голденрод», показавший скорость 658,5 км/ч (рис. 8.23).

С газотурбинным двигателем:

«Летающий жезл», достигший скорости 420 км/ч (рис. 8.24);
«Синяя птица», достигший скорости 648,7 км/ч (рис. 8.25).

С реактивной тягой:

«Спирит оф Америка» («Дух Америки»), достигший скорости 846,9 км/ч (рис.8. 26, 8. 27);

«Голубое пламя», достигший скорости 1014,3 км/ч (рис.8.28);

«Будвайзер», достигший скорости 1190,3 км/ч (рис. 8.29);

"Thrust-SSC" (Бритиш траст) (рис. 8.30), на которой майор британских ВВС Энди Грин в США на плато Черные скалы впервые превысил скорость звука, его рекордный автомобиль достиг скорости 1230 км/ч.



Рис. 8.20. Дорожно-гоночный автомобиль «Феррари» (3 л)



Рис. 8.21. Дорожно-гоночный автомобиль «Тиррелл-Форд» (3 л)



Рис. 8.22. Рекордно-гоночный автомобиль «Челленджер 1»



Рис. 8.23. Схема рекордного автомобиля «Голденрод»



Рис 8.24. Самолетоподобный «Летающий жезл»



Рис. 8.25. Рекордный автомобиль «Синяя птица» (1964 г.)



Рис. 8.26. Реактивный рекордный автомобиль «Дух Америки» (1964 г.)



Рис. 8.27. Реактивный автомобиль «Дух Америки Соник-1» (1965 г.)



Рис. 8.28. Реактивный рекордный автомобиль «Голубое пламя» (1970 г.)

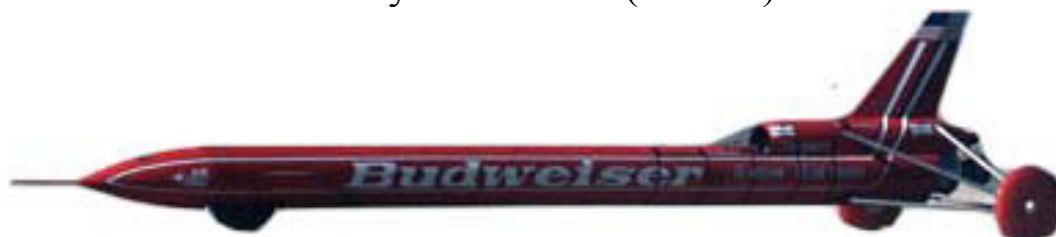


Рис. 8.29. Реактивный автомобиль «Будвайзер» (1979 г.)



Рис. 8.30. Рекордный автомобиль «Thrust-SSC» (Бритиш траст)

Общим для всех типов гоночных автомобилей является стремление к максимальной мощности в пределах ограничений, предъявляемых формальной классификацией. Наиболее форсированные двигатели ставятся на рекордные автомобили для малых дистанций, так как надежность в длительной работе, как правило, уменьшается. Дорожно-гоночные автомобили имеют очень эффективные тормозные устройства и обтекаемые кузова с открытыми колесами. Рекордные автомобили для коротких дистанций отличаются тщательностью разработки конструкции обтекаемого кузова, охватывающего колеса, и нередко отсутствием тормозов на передних колесах; угол поворота управляемых колес весьма ограничен; запас топлива весьма невелик в соответствии с дистанцией. На горно-гоночных автомобилях часто отказываются от установки обтекаемых кузовов; особое внимание уделяют снижению массы машины; расстояние между осями уменьшают для увеличения маневренности. Трековые автомобили можно рассматривать как промежуточный тип между дорожно-гоночными и рекордными. Из практики автомобильных гонок известно, что не исключена возможность успешного использования одной и той же машины в дорожных, трековых и горных состязаниях. В большинстве случаев посредством незначительных модификаций шасси и двигателя автомобиль может быть приспособлен для определенного типа гонок. В силу этого классификация гоночных автомобилей по назначению приобретает довольно условный характер.

Исключением являются автомобили класса А для рекордов на небольшие дистанции, совершенно непригодные для

продолжительной работы и движения на поворотах вследствие недолговечности их шин, огромного расхода топлива, большой массы, неповоротливости и значительных габаритных размеров, обусловленных количеством двигателей и их мощностью (один - четыре двигателя общей мощностью 2000-5000 л.с). Такими же особенностями отличаются рекордные автомобили с реактивными двигателями.

Особую группу составляют так называемые дрегстеры (dregster) - автомобили для гонок на короткие дистанции со стартом с места. Эти гонки широко распространены в США: дистанция 400 м, 800 м, 1000 м. Для дрегстера характерны облегченная конструкция, большой литраж двигателя, высокая статическая нагрузка задней оси (до 80 % силы тяжести).

В заключение необходимо отметить различие между гоночными и спортивными автомобилями.

Согласно установившимся в автомобильной технике понятиям, гоночным считается автомобиль, спроектированный и изготовленный специально для использования в гонках; такой автомобиль всегда непригоден для обычной эксплуатации по целому ряду технических и экономических соображений. Под спортивным автомобилем (рис. 8.31) принято понимать автомобиль с повышенными динамическими качествами, пригодный как для скоростных соревнований, ограниченных определенной регламентацией, так и для нормальной транспортной эксплуатации.



Рис. 8.31. Спортивный автомобиль

В 1965 г. ФИА ввела классификацию автомобилей, используемых в скоростных соревнованиях, которая предусматривает разделение автомобилей на следующие группы:

1-я - легковые автомобили серийного производства (минимальный выпуск 5000 шт. в год);

2-я - легковые автомобили (минимальный выпуск 1000 шт. в год);

3-я - серийные автомобили большого туризма (минимальный выпуск 1000 шт. в год);

4-я - автомобили большого туризма (минимальный выпуск 400 шт. в год);

5-я - специальные легковые автомобили, производные от автомобилей групп 1-4;

6-я - двухместные гоночные автомобили;

7-я - гоночные автомобили международных формул;

8-я - гоночные автомобили "свободной формулы".

Под автомобилями большого туризма подразумеваются автомобили с повышенной динамикой и комфортабельностью.

К группе 8 относятся гоночные автомобили, изготовленные в соответствии с требованиями различных национальных формул, отличающимися от требований международных.

8.7. Гоночные автомобили ХАДИ

В России первые автомобильные соревнования проводились в 1898 году. Тогда на старт выходило до 5 автомобилей. Из года в год увеличивалось количество машин, участвующих в соревнованиях. Так, в 1908 году в гонках по маршруту Москва-Петербург выступали уже 32 гонщика, а средняя скорость победителя составила 82 км в час.

Проводились и первые рекордные заезды. Впервые они были организованы в 1902 году. Достигнутая максимальная скорость на дистанции одна верста с ходу составляла 45,5 км/ч. В 1903 г. средняя скорость составила 56,5 км/ч, а в 1904 г - 106 км/ч, достигнутая известным гонщиком А.Солдатенковым.

Создание первых спортивных и гоночных автомобилей в городе Харькове и проведение первых рекордных заездов относится к концу 40-х и началу 50-х годов.

В эти годы энтузиасты автомобильного и мотоциклетного спорта А. Пельтцер, С. Глазунов, А. Абросименков, Ю. Ивилов, И. Помогайбо, Э. Лорент, В. Никитин разработали и построили ряд оригинальных гоночных автомобилей («Звезда», ЗиЛ-112с, МЗМА-2, «Авангард», «Шахтер», «Харьков», «Л-290»). На этих автомобилях установлены первые рекорды:

22.04.1951 г., автомобиль «Харьков-2» под управлением В. Никитина установил скорость 177,78 км/ч на дистанции в 1 км.

19.05.1951 г., автомобиль «Харьков-3» под управлением В. Никитина установил скорость 196,51 км/ч на дистанции в 5 км.

26.10.1951 г., автомобиль «Харьков-3» под управлением В. Никитина установил скорость 202,18 км/ч на дистанции в 5 км.

С 1950 по 1953 гг. на автомобилях серии «Харьков» установлено 15 Всесоюзных рекордов скорости.

Развитие автомобильного спорта, создание и испытание гоночных автомобилей привлекает все большее число молодежи. В 1953 г., с целью широкого приобщения студентов к научно-техническому творчеству в Харьковском автомобильно-дорожном институте (ХАДИ) при непосредственном участии ректора Б.В. Решетникова, создается лаборатория скоростных автомобилей (ЛСА) и при ней студенческое проектно-конструкторское бюро (СПКБ). Лаборатория скоростных автомобилей под руководством известного гонщика СССР В.К. Никитина на долгие годы становится одним из ведущих центров научно-технического творчества студенчества.

Первым самостоятельно собранным автомобилем в ХАДИ стал «ХАДИ-1» (Рис. 8.32). Участвуя в 1952-1954 гг. в официальных заездах, студент Л.Кононов установил на «ХАДИ-1» республиканский рекорд - 146 км/ч на дистанции 1 км с хода.



Рис. 8.32. Первый гоночный автомобиль собранный в Харьковском автомобильно-дорожном институте «ХАДИ-1»

Работа ЛСА и СПКБ не ограничилась созданием только рекордно-гоночных автомобилей. За время работы были построены и другие уникальные автомобили. Автомобиль «ХАДИ-2» (Рис. 8.33) - первый в СССР автомобиль со стеклопластиковым кузовом. В 1996-1997 гг. автомобиль был реконструирован. Заменен мотоциклетный двигатель М-72 на автомобильный М-421, заменена коробка передач, установлены 13-дюймовые колеса, улучшен салон автомобиля с применением деревянных панелей.



Рис. 8.33. Первый в СССР автомобиль со стеклопластиковым кузовом «ХАДИ-2»

Автомобиль «ХАДИ-3» (рис. 8.34) - самый маленький рекордный автомобиль, из-за своих габаритов занесен в книгу рекордов Гиннеса. Двигатель Е80 - мотоциклетный, форсированный, объем 500 см³, мощность 36 л.с, кузов несущий стеклопластиковый, масса 180 кг, годы постройки 1961-1962. Предельно малые лобовая площадь и масса автомобиля обеспечивали при указанной мощности двигателя скорость 200-220 км/ч. Однако ходовые испытания на озере Баскунчак показали недостаточную курсовую устойчивость из-за слишком узкой колеи. Поэтому скорость до максимально возможной не доводилась.



Рис. 8.34. Рекордно-гоночный автомобиль «ХАДИ-3»

«ХАДИ-4» - рекордно-гоночный автомобиль, построен в 1962-1963 гг. Участвуя в заездах на озере Баскунчак в 1963 году на этом автомобиле В. Никитин установил два республиканских рекорда: на дистанции в 1 км с хода - 270 км/ч и на дистанции в 5 км с хода - 251 км/ч. Третий заезд на 10 км окончился аварией из-за разрыва шины. На большой скорости автомобиль перевернулся и сгорел.

«ХАДИ-5» (рис. 8.35) - рекордно-гоночный автомобиль изготовлен в течение 1964-1966 гг. по чертежам «ХАДИ-4» и повторил в основном его конструкцию. В 1966 году на нем В.Никитиным установлено два рекорда СССР: на дистанции 0,5 км с места - 99,5 км/ч (превышение мирового рекорда) и на дистанции 1 км с места - 143 км/ч.

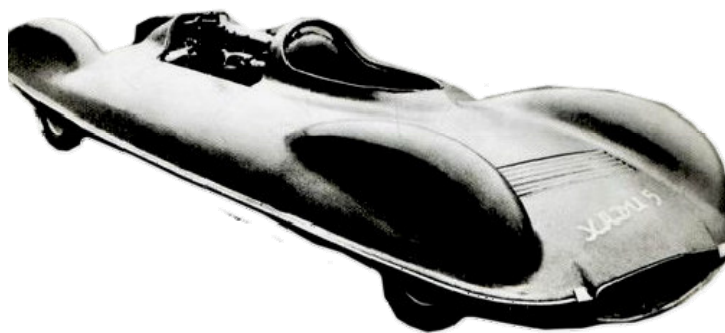


Рис. 8.35. Рекордно-гоночный автомобиль «ХАДИ-5»

«ХАДИ-7» (рис. 8.36) - один из наиболее известных рекордно-гоночных автомобилей ХАДИ. Проектировался и создавался в период с 1963 по 1966 гг. параллельно с постройкой «ХАДИ-4» и «ХАДИ-5».



Рис. 8.36. Рекордно-гоночный автомобиль «ХАДИ-7»

По первоначальному проекту для «ХАДИ-7» в СКПБ был сконструирован и с помощью заводов г. Харькова изготовлен поршневой двухметровый К-образный 8-цилиндровый двигатель мощностью порядка 300 л.с. Ко времени завершения работ над этим силовым агрегатом СКПБ получило в свое распоряжение вертолетный газотурбинный двигатель ГТД-350 мощностью 400 л.с. которым и был оборудован автомобиль «ХАДИ-7» для рекордных заездов именно этим двигателем.

При опытных заездах на дистанции в 1 км с места автомобиль развил скорость 320 км/ч, имея еще значительный запас мощности. Некоторые технические данные «ХАДИ-7»: рама - плоская, трубчатая, сварная; кузов - дюралевый, заводского изготовления; масса - 800 кг; расчетная максимальная скорость - 400 км/ч.

При проведении официальных заездов на Чугуевском аэродроме В. Никитин установил 3 Всесоюзных рекорда скорости, превышающие мировые достижения. В 1966 г. на дистанции 0,5 км

с места - 101 км/ч и на дистанции 1 км с места - 160,6 км/ч, а в 1967 г. на дистанции 0,5 км с места - 112,8 км/ч. Автомобиль «ХАДИ-7» демонстрировался на многих отечественных и зарубежных выставках. В частности:

1972 г. - ЧССР (Прага);

1973 г. - Канада (Монреаль);

1973 г. - США (Канзас-Сити, Вашингтон, Хьюстон, Питсбург, Денвер, Сан-Франциско);

1975 г. - Италия (Милан);

1976 г. - Куба (Гавана).

В 1967 году открывается новое направление работы ЛСА и СКПБ - это проектирование и создание шоссейно-кольцевых автомобилей.

«ХАДИ-8» (рис. 8.37) - гоночный шоссейно-кольцевой автомобиль был построен в 1968 году. На нем был установлен форсированный двигатель ГАЗ М-21 с рабочим объемом 2000 см³, мощностью 130 л.с; рама пространственная, трубчатая, сварная; кузов стеклопластиковый, масса - 600 кг; расчетная максимальная скорость - 200-220 км/ч.



Рис. 8.37. Гоночный шоссейно-кольцевой автомобиль «ХАДИ-8»

В этом же году на Чугуевском аэродроме инженер В.Капшеев установил на этом автомобиле Всесоюзный рекорд скорости на дистанции 0,5 км с места - 96,5 км/ч.

Во время соревнований по шоссейно-кольцевым гонкам этот автомобиль получил существенные повреждения. В течение 1971-1972 годов он был восстановлен с изменениями ходовой части, формы кузова (обтекание) и материала. Обтекатель из стеклопластика заменен на лист из магниевых сплава. При этом автомобиль получил название «ХАДИ-10», продолжив участие в соревнованиях.

«ХАДИ-9» (рис. 8.38) - рекордно-гоночный автомобиль с реактивной тягой. Проектировался и строился в СКПБ с 1969г. по 1978 г. с целью достижения наиболее высоких скоростей на суше. Некоторые технические данные автомобиля: двигатель турбореактивный РД-9БФ, тяга 3800 кг на форсаже; рама - пространственная, трубчатая, сварная; кузов стеклопластиковый, соединенный неразъемно с рамой; масса автомобиля - 2500 кг.



Рис. 8.38. Рекордно-гоночный автомобиль «ХАДИ-9»

Автомобиль имел трехточечную опору с двумя спаренными колесами спереди и разнесенной до 3600 мм задней колеи: колеса первоначально на резиновых шинах, а в конечном варианте на металлических дисках.

Оборудован электрической, гидравлической и пневматической системой управления. Привод рулевого управления гидравлический; торможение - щитками, пневмотормозами и тормозным парашютом.

Испытания «ХАДИ-9» проводились на Чугуевском и Волгоградском аэродромах и на участках озера Баскунчак. Они показали заложенные в автомобиле возможности достижения скорости порядка 700-800км/ч, но отсутствие трассы и необходимых мер техники безопасности не позволили развить максимальную скорость.

1970-1972 гг. - время создания первого в СССР рекордно-гоночного электромобиля (рис.8.39). Основные технические данные: двигатель - компаундный, электромотор номинальной мощностью 30 кВт при напряжении 24 В, электропитание вначале от свинцовых аккумуляторов, в дальнейшем от комплекта серебряно-цинковых батарей; рама плоская, трубчатая, сварная; кузов стеклопластиковый; масса – 490 кг; максимальная расчетная скорость - 200 км/ч.



Рис. 8.39. Рекордно-гоночный электромобиль «ХАДИ-11Э»

Предварительные ходовые испытания электромобиля проводились в 1972 году на Чугуевском аэродроме, а в 1973 году, участвуя в официальных рекордных заездах на автополигоне НАМИ в г. Димитрове, «ХАДИ-11Э» стал обладателем сразу трех Всесоюзных рекордов скорости. Два из них были установлены Ю. Стебченко: на дистанции 0,5 км с места - 93,7 км/ч (выше мирового рекорда) и на дистанции 1 км с места - 145,7 км/ч. Третий рекорд принадлежал студенту ХАДИ В. Гавриленко, который прошел дистанцию 1 км с места со скоростью 109,1 км/ч. «ХАДИ-11Э» - участник автомобильных выставок: 1973 г. - ГДР (Берлин), 1974 г. - Болгария (София).

По окончании выставки в Болгарии «ХАДИ-11Э» был передан в дар Народной республике Болгария по просьбе ее правительства.

«ХАДИ-13Э» (рис. 8.40) - второй рекордно-гоночный электромобиль. Время изготовления 1974-1976 гг. Имеет тяговый компаундный электродвигатель мощностью 30 кВт при напряжении 24 В, электропитание - от комплекта серебряно-цинковых аккумуляторных батарей; рама трубчатая, пространственная; кузов стеклопластиковый, масса - 450 кг; максимальная расчетная скорость - 220 км/ч.



Рис. 8.40. Рекордно-гоночный электромобиль «ХАДИ-13Э»

В ходе официальных рекордных заездов, проводившихся в 1977 году на автополигоне НАМИ, было установлено три новых Всесоюзных рекорда скорости. Два из них принадлежат участнику

СПКБ студенту Д. Сильчику: на дистанции 0,5 км с места - 96,2 км/ч (выше мирового) и на дистанции 1 км с хода - 161,7 км/ч; третий рекорд установил студент А.Апшилава, пройдя дистанцию 1 км с места со средней скоростью 115,9 км/ч. «ХАДИ-11Э» - участник выставок НТТМ в СССР и международной выставки в Австрии (1977 г.). В 1998 году автомобиль передан Киевскому политехническому музею.

«ХАДИ-15» - двухместный спортивный туристический автомобиль. Построен в 1980-1981 гг. Двигатель - автомобильный ВАЗ-2103; рабочий объем 1500см³, мощность - 85 л.с; рама пространственная, трубчатая; масса - 650 кг; расчетная скорость - 200 км/ч.

В 1980-1983 гг. под руководством инженера лаборатории скоростных автомобилей Ю. Стебченко был построен электромобиль «ХАДИ-21Э» (Рис. 8.41). Электромобиль имел два тяговых электромотора мощностью по 30 кВт; рама пространственная, сварная; кузов стеклопластиковый. Расчетная максимальная скорость - 240-250 км/ч. Ю.Стебченко, стартуя с места на дистанции 500 м. по сумме двух заездов показал результат - 99,1 км/ч. Это был новый Всесоюзный рекорд скорости, превышающий мировой для электромобилей собственной массой до 500 кг.



Рис. 8.41. Гоночный электромобиль «ХАДИ-21Э»

Автомобиль «ХАДИ-24» (рис. 8.42) открывает новое поколение рекордно-гоночных автомобилей, построенных в лаборатории скоростных автомобилей ХАДИ, это - дрегстеры. Специальные автомобили с увеличенной колесной базой и максимальной загрузкой задней оси для получения максимальных сцепных свойств колес.

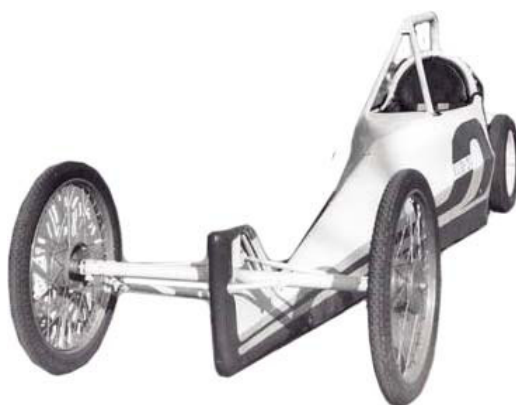


Рис. 8.42. Рекордно-гоночный автомобиль «ХАДИ-24»

Над созданием автомобиля работали молодые инженеры лаборатории И.Лукашов и М.Гриненко. В октябре 1984 г. на Чугуевском аэродроме группой студентов и инженеров на автомобиле «ХАДИ-24» было установлено 4 Всесоюзных рекорда скорости. На дистанции 500 м заведующий ЛСА инженер Г.Билис в классе 750 см³ установил рекорд -112 км/ч, а на дистанции 1 км инженер М. Кузенков установил рекорд 132,7 км/ч. В классе 500 см³ на дистанции 500 м инженер П.Бородай установил рекорд, равный 110,4 км/ч, а инженер М.Гриненко на дистанции в 1 км - 132,8 км/ч.

На этом автомобиле установлен спиртовой двигатель «Ява» мощностью 42 кВт. С 1983 по 1988 гг. было построено еще три рекордно-гоночных автомобиля типа дрегстер: это «ХАДИ-26», «ХАДИ-27», «ХАДИ-28Э». Эти автомобили были построены, но участия в рекордных заездах не принимали, так как соревнований на установление рекордов скорости в СССР и на Украине не проводилось. Автомобили стали постоянными участниками различных автомобильных выставок.



Рис. 8.43. Рекордно-гоночный автомобиль «ХАДИ-27»

С 1988 г. по 1990 г. сотрудники ЛСА работали над проектированием гоночного автомобиля для кольцевых гонок «ХАДИ-29» (Рис. 8.44).

За короткий промежуток времени (8 месяцев 1991 года) автомобиль был построен и с 1992 года является постоянным участником чемпионатов Украины по автомобильным кольцевым гонкам. В 1994 году пилот М.Гриненко стал серебряным призером чемпионата Украины, а в 1995 и 1996 гг. - бронзовым. Автомобиль «ХАДИ-29» полностью соответствует международным техническим требованиям формулы E-8 P1A. Двигатель ВАЗ-2106 форсированный; мощность 140 л.с; максимальная скорость – 240 км/ч.



Рис. 8.44. Автомобиль для кольцевых гонок «ХАДИ-29»

В 1996 году сотрудники ЛСА приступили к модернизации заводского автомобиля «Эстония-25». На этом автомобиле была полностью изменена подвеска передних и задних колес, повышена жесткость рамы, улучшена аэродинамика автомобиля, применены диффузоры в задней его части.

После доработки автомобиля пилот А. Арманд в 1996 г. стал серебряным призером чемпионата Украины, в 1997 г. - чемпионом Украины, а в 1998 году - бронзовым призером.

Весной 2005 года началась работа над новым гоночным автомобилем формулы 1600 (E8) для участия в соревнованиях по автомобильным кольцевым гонкам. Таким автомобилем стал «ХАДИ 31» (Рис. 8.45), который является результатом разработок ведущих ученых и специалистов ХАДИ. Дебютировал автомобиль на заключительном этапе чемпионата по кольцевым автомобильным гонкам в 2006 году.



Рис. 8.45. Автомобиль для кольцевых гонок «ХАДИ-31»

В период с 2002 по 2004 год специалисты и ученые Харьковского национального автомобильно-дорожного университета (ХНАДУ) и Харьковского физико-технического института низких температур (ФТИНТ) НАН Украины создали экспериментальную модель криогенного автомобиля (криомобиля) под маркой «ХАДИ-32» (Рис. 8.46), который работает на жидком азоте. Главной задачей, которая преследовалась при создании опытного образца, являлась оценка принципиальной возможности преобразования энергии сжиженного газа в механическую энергию за счет теплообмена с окружающим воздухом.



Рис. 8.46. Криогенный автомобиль «ХАДИ-32»

При использовании баллона со сжатым азотом емкостью 50 л, автомобиль «ХАДИ-32» был способен двигаться со скоростью до 10 км/ч, а при использовании баллона с жидким азотом бака хватило на 14 минут непрерывного движения по кольцевой траектории и 6 минут работы пневмодвигателя на холостом ходу.

В 2007 году в ХНАДУ начались работы по созданию нового автомобиля «ХАДИ-33» (Рис. 8.47), теоретической предпосылкой к созданию которого явились многолетние исследования сотрудников ЛСА в области проектирования автомобилей для кольцевых автомобильных гонок.



Рис. 8.47. Автомобиль для кольцевых гонок «ХАДИ-33»

В проектировании «ХАДИ-33» принимали активное участие студенты автомобильного факультетов ХНАДУ, особо стоит отметить Стукало Михаила, который принимал участие в создании сразу двух моделей марки ХАДИ («ХАДИ-33» и «ХАДИ-34»). Завершилось создание автомобиля «ХАДИ-33» в 2009 году.

В 2008 году в СПКБ «ЛСА ХАДИ» было принято решение о создании экологически чистого автомобиля «ХАДИ-34» (Рис. 8.48), а в январе 2009 года уже появилось его финансирование, благодаря международному издательскому холдингу «New Frontier Media Group». В мае 2010 года автомобиль «ХАДИ-34» был полностью завершен и принял участие в «Shell Eco-marathon 2010» на трассе «Лаузиц Ринг» в Германии, где показал результат в 570 км на 1 л бензина. Результат внесен в книгу рекордов Украины как самый экономичный автомобиль страны.



Рис. 8.48. Экологически чистый автомобиль «ХАДИ-34»

Команда ХНАДУ на автомобиле «ХАДИ-34» в 2011 и 2013 годах также принимала участие в других международных соревнованиях проводимых компанией «Shell» и улучшила свой результат до 575 км на 1 л бензина.

ПОСЛЕСЛОВИЕ

В результате развития инженерной деятельности человека появилось большое количество машин и механизмов, облегчающих его жизнедеятельность. История формирования и совершенствования этих машин и механизмов позволила выделить следующие этапы эволюции техники:

1. Этап создания машин заменяющих физическую силу человека.

2. Этап создание машин заменяющих физическую силу человека и его умения.

3. Этап создание машин заменяющих физическую силу человека, его умения и некоторые физиологические и интеллектуальные функции.

Формирование понимания сущности представленных этапов эволюции техники позволило человеку осознать необходимость формирования новых отраслей науки и техники, таких как роботизация, автоматизация и интеллектуализация. Дало возможность развития уже существующей техники и сформировало аспекты создания принципиально новых технологий. Так в начале XXI ст.. появились машины, позволяющие заглянуть в глубины микро и макро мира окружающего человека, покинуть ареол его обитания и ощутить глубины космического пространства. Осознание возможностей, которые раскрывает инженерная деятельность человека, позволяет дальнейшее совершенствование, и развитие инженерной мысли каждого индивидуума общества на нашей планете и за ее пределами. И такие мысли уже не единичны в научных кругах среди инженеров, практиков, ученых, исследователей и специалистов в области технической и биологической инженерии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Адасинский С.А.* Городской транспорт будущего. - М.: Наука, 1979. - 168 с.
2. *Алексеев В.П., Вороник В. Ф., Греков Л.В. и др.* Двигатели внутреннего сгорания. Устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей. - М.: Машиностроение, 1990,- 288 с.
3. *Алексеев Ю.Г.* Евгений Чудаков.- М.: Моск.рабочий. 1983.-240 с.
4. *Алексеев Ю.Г.* Люди и автомобили.- М.: Патриот, 1990.-320 с.
5. *Бекман В.В.* Гоночные автомобили.- Л.: Машиностроение, 1980.- 320 с.
6. *Боголюбов А.Н.* Творения рук человеческих: Естественная история машин.- М.: Знание, 1988.- 176 с.
7. *Большая советская энциклопедия.* - М.: Сов. энциклопедия.
8. *Большой энциклопедический словарь: 2 т.* - М.: Сов. энциклопедия, 1991.
9. *Бурдаков В.П., Данилов Ю.И.* Ракеты будущего.- 2-е изд. перераб. и доп.-М.:Энергоатомиздат, 1991.-176 с.
10. *Виргинский В.С.* Жизнь и деятельность русских механиков Черепановых.- М.: 1956.
11. *Галкин Ю.М.* Электрические аккумуляторные автомобили (электромобили). - М.-Л.: Изд. Н аркомхоза РСФСР, 1938. - 160 с.
12. *Гасаиов Р.* Баловень века.- М.: Молодая гвардия, 1990.-191 с.
13. *Гоголев Л.Д.* Автомобили-солдаты: Очерки об истории развития и военном применении автомобилей.- М.: Патриот, 1990.- 191 с.
14. *Гоголев Л. Д.* Эволюция автомобшя. - К.: Техшка. 1983.-143 с.
15. *Гулиа КВ.* Накопители энергии.-М.:Наука.-152 с.
16. *Долматовский Ю.Л.* Автомобиль за 100 лет.- М.: Знание, 1986. - 240с.
17. *Цузь П.Д.* История воздухоплавания в России (июль 1914г.- октябрь 1918 г.).-М.: Машиностроение, 1989.-336с.
18. *Захаров В.М.* Эти быстрые автомобили.- М.: ДОСААФ СССР, 1986.- 144 с.
19. *Зворыкин А.А., Осъмова Н.И., Чернышев В.И., Шухардин СВ.* История техники. - М.: Изд. социально-эконом. литературы, 1962. - 772 с.
20. *История теплоэнергетики.* - М.: Машиностроение, 1958. -239 с.

21. История электроэнергетики. - М.: Энергоиздат, 1959. -187 с.
22. Кершинбаум В.Я., Фальк В. Э. Горизонты транспортной техники. - М.: Транспорт, 1988. - 256 с.
23. Кончев Е. Люди, автомобили, рекорды. - М.: Молодая гвардия, 1982. - 288 с.
24. Крадинов Е.Я. Велосипед: Устройство, эксплуатация, ремонт. - 2-е изд. - М.: Машиностроение, 1994.- 160 с.
25. Крылов А.М. Мои воспоминания. - Л.: Судостроение, 1984.-478 с.
26. Мацкерле Ю. Автомобиль сегодня и завтра. - М.: Машиностроение, 1980. - 384 с.
27. Мацкерле Ю. Современный экономичный автомобиль. М.: Машиностроение, 1987. - 320 с.
28. Сига Х, Мидзутани С. Введение в автомобиль-ную электронику. Пер. с яп. - М.: Мир, 1989. - 232 с.
29. Харченко КВ. Индивидуальные солнечные установки.
30. М.: Энергоатомиздат, 1991. - 208 с.
31. Холодов А.М. История науки и техники автомобильно-дорожного транспорта: Учеб. пособие.- Харьков, 1996. -123 с.
32. Шавров В. Б. История конструкции самолетов в СССР 1938-1950 гг. - М.: Машиностроение, 1988. - 568 с.
33. Шатино 77.С. Сердце корабля. - Л.: Судостроение, 1990. И4 с.
34. Шугуров Л.М. Автомобили России и СССР: 2 т.- М.: ИЛБИ, 1993.-400 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
1. Основные этапы эволюции машин	5
1.1. Машины, заменяющие живую силу	7
1.2. Машины, заменяющие физическую силу человека и его умения	16
1.3. Вычислительные машины, заменяющие умения человека, его физические, интеллектуальные функции	27
2. Основные этапы развития конструкции автомобиля...	31
2.1. Изобретательский период истории конструкции автомобиля	36
2.2. Инженерный период истории автомобиля	50
2.3. Дизайнерский период	54
3. Двигатель: от водяного колеса к паровому двигателю	64
3.1. Пароатмосферная машина Д.Папена	68
3.2. Насос Т.Севери	69
3.3. Машины Т.Ньюкомена	71
3.4. Первая универсальная пароатмосферная машина И.И.Ползунова	72
3.5. Изобретения Д.Уатта	74
4. Совершенствование конструкции двигателя внешнего сгорания	79
4.1. Развитие парового двигателя	79
4.2. Паровая турбина	86
4.3. Развитие двигателя Стерлинга	90
5. Развитие двигателя внутреннего сгорания	98
5.1. Двигатель внутреннего сгорания поршневого типа	98
5.2. Роторно-поршневой двигатель	110
5.3. Газотурбинный двигатель	113
5.4. Реактивный двигатель	116
6. Развитие автомобильной электроники	120
7. Развитие электромобилей и гибридных транспортных средств	131
7.1. Этапы развития конструкции электромобилей	131
7.2. Электромобили с быстросъемными аккумуляторными батареями-контейнерами	145
7.3 Тенденции развитие электромобилей в XXI ст.	146
7.4. Гелиомобили	148

7.5. Электромобили с индуктивным подводом электроэнергии	149
7.6. Гибридные транспортные средства и рекуперативное торможение	152
8. История развития гоночных автомобилей	158
8.1. Гоночные автомобили формулы 1	158
8.2. Дорожные гонки	165
8.3. Трековые гонки	166
8.4. Горные гонки	166
8.5. Рекордные заезды	166
8.6. Типы гоночных автомобилей	167
8.7. Гоночные автомобили ХАДИ	173
 ПОСЛЕСЛОВИЕ	 186
 ЛИТЕРАТУРА	 187

Навчальне видання

ТУРЕНКО Анатолій Николаєвич
БОГОМОЛОВ Виктор Александрович
КЛИМЕНКО Валерій Іванович
ЛЕОНТЬЕВ Дмитрий Николаєвич

ІСТОРІЯ ІНЖЕНЕРНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ
РОЗВИТОК АВТОМОБІЛЕБУДУВАННЯ

Навчальний посібник

(російською мовою)

Відповідальний за випуск В.І. Клименко

Редактор Л.В. Кузьміна

Комп'ютерна верстка Н.А. Купіної

План 2016 р., поз 1 (н.п)

Підписано до друку 31.01.2017 р. Формат 60 × 84 1/16. Папір офсетний.

Гарнітура Times New Roman Cyr. Віддруковано на ризографі.

Ум. друк. арк. 10,3. Обл.-вид. арк. 12,8.

Зам. № 61/17. Тираж 50 прим. Ціна договірна

ВИДАВНИЦТВО

Харківського національного автомобільно-дорожнього університету

Видавництво ХНАДУ, 61002, Харків-МСП, вул. Петровського, 25.

Тел./факс: (057)700-38-72; 707-37-03, e-mail:rio@khadi.kharkov.ua

*Свідоцтво Державного комітету інформаційної політики, телебачення
та радіомовлення України про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів
видавничої продукції, серія ДК №897 від 17.04.2002 р.*