

В.О. Богомолів, В.І. Клименко, Д.М. Леонтьєв, А.В. Ужва

Історія інженерної діяльності Розвиток автомобілебудування



Міністерство освіти і науки України

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**ІСТОРІЯ ІНЖЕНЕРНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ
РОЗВИТОК АВТОМОБІЛЕБУДУВАННЯ**

Навчальний посібник
третє видання

Харків
ХНАДУ
2025

УДК 629.2(091)
ББК 39.33
Б 74

Рекомендовано вченою радою (дозвіл №76/25/5.9 «16» травня 2025 року)
як навчальний посібник для здобувачів закладів вищої освіти

Рецензенти:

- А.А. Кашканов* – професор кафедри автомобілів та транспортного менеджменту,
д.т.н., професор, Вінницький національний технічний університет
М.Л. Шуляк – завідувач кафедри агроінжинірингу, д.т.н., професор,
Сумський національний аграрний університет
Р.В. Зінько – професор кафедри проєктування машин та автомобільного інжинірингу,
д.т.н., професор, Національного університету «Львівська політехніка»
О.В. Воронай – завідувач кафедри ДМіТММ, д.т.н., професор, Харківський
національний автомобільно-дорожній університет

Автори:

В.О. Богомолов, д.т.н., професор, В.І. Клименко, д.т.н., професор,
Д.М. Леонтьєв, д.т.н., професор, А.В. Ужва, к.т.н., доцент, ХНАДУ.

Б 74 **В.О. Богомолов**
Історія інженерної діяльності. Розвиток автомобілебудування: навчальний
посібник. 3-є видання, доповнене / В. О. Богомолов, В. І. Клименко, Д. М. Леонтьєв,
А. В. Ужва – Харків : ФОП Бровін О. В., 2025. – 194 с.

ISBN 978-617-8587-01-7

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

УДК 629.2(091)
ББК 39.33

ISBN 978-617-8587-01-7

© ХНАДУ, 2025
© В. А. Богомолов, В. І. Клименко,
Д. Н. Леонтьєв, 2025

ПЕРЕДМОВА

В історичному плані інженерна діяльність - це накопичення досвіду взаємодії людини зі знаряддями праці та вдосконалення їх у процесі використання на благо людини. Розвиток науки і техніки за багато століть залучив до своєї орбіти досягнення як фундаментальних, так і прикладних досліджень. У своїй інженерній еволюції людство постійно поповнює інформаційну базу, вивчаючи різні явища та процеси, цим кардинально впливає на прийняття інженерних рішень, визначає майбутнє людства. Причому все це характерне для різних галузей науки та техніки. Це є не винятком і в автомобілебудуванні.

У навчальному посібнику розглянуто основні етапи еволюції машин і механізмів більш ніж за 2 500 років їх розвитку, особливу увагу приділено розвитку конструкції автомобіля та його основних вузлів, починаючи з створення перших механізмів до впровадження електроніки в їх системи управління.

Розвиток конструкції автомобіля поділено на три етапи: винахідницький, інженерний та дизайнерський. Розкриваються шляхи, якими йшов розвиток інженерної думки. Достатньо уваги приділено серцю сучасного автомобіля – двигуну внутрішнього згоряння.

Етапи розвитку електрообладнання автомобіля - від найпростіших електричних приладів до сучасних діагностичних та керуючих електронних мікропроцесорних систем - також знайшли відображення в даному виданні. Показано, як багато конструктивних рішень, що застосовуються на автомобілях загального призначення, апробувалися на спортивних і гоночних автомобілях.

Ретельно підібрані факти свідчать про значну роль вітчизняних учених та винахідників, які зробили вагомий внесок в історію як машин загалом, так і автомобіля зокрема.

Автори висловлюють подяку викладачам та співробітникам кафедри автомобілів за допомогу у підборі матеріалу, оформленні рукопису та ілюстрацій.

1. ОСНОВНІ ЕТАПИ ЕВОЛЮЦІЇ МАШИН

З часу появи машини вони полегшували працю людини і замінювали силу домашніх тварин. З розвитку техніки відомо, що завдання машин з часом змінювалися. На початку машини служили для того щоб замінити фізичну силу людини. Для них не було практично іншого завдання протягом двох тисяч років.

На початку XVIII ст. з'являються машини, які замінюють як фізичну силу людини, а ще й її вміння та майстерність. Вони не витіснили машини першої групи, а навпаки, сприяли прискоренню розвитку найпростіших механізмів, хоч і стали провідними у процесі виробництва.

З другої третини XX ст. створюються машини, які виконують логічні операції, раніше доступні лише людині. На їх фоні машини першого та другого типів одержують новий імпульс у своєму розвитку. З'являються машини, що поєднують фізичну міць, високу точність і можливість вибрати найбільш раціональні шляхи у вирішенні тих чи інших завдань, так звані роботи.

Загалом можна так сформулювати основні етапи еволюції машин:

1) від часу винаходу перших механізмів до кінця першої третини XVIII ст. машини замінюють фізичну силу людини; вони складаються з двигуна, передачі-трансмисії та робочого органу;

2) у XVIII–XX ст. машина замінює фізичну силу людини та її вміння; до її складу починають входити елементи регулювання та управління;

3) із середини XX ст. і до нашого часу машина замінює фізичну силу людини, її вміння та деякі фізіологічні та інтелектуальні функції; до її структури входять елементи регулювання, управління та логічного мислення.

Вивчаючи історію розвитку інженерної діяльності, необхідно звернути увагу на деякі особливості для її розуміння. Завдяки розвитку інженерної діяльності людини з'являються машини, які мають біологічний характер: знаряддя праці є як би вдосконаленими органами руху людини. Подібна «схожість» між машинами і живими організмами (особливо людиною) можна спостерігати в історії розвитку людства практично одночасно з появою машин.

Так, у давньогрецькій міфології бог вогню та покровитель ковальського ремесла Гефест намагався довести свою правоту за допомогою механічних пристосувань. Легендарний скульптор у грецькій міфології Пігмаліон, цар Кіпру, закохується у створену ним статую Галатею. Афродіта на прохання Пігмаліона оживила статую, і Галатея стала його дружиною. Великий французький філософ, фізик та фізіолог Рене Декарт (1596–1650 рр.) у першій половині XVII ст. висловив зухвалу для свого часу думку про те, що тварини – це машини. Людина це зв'язок неживого тілесного механізму із душею. Сучасник Декарта, англійський лікар, засновник сучасної фізіології та ембріології Вільям Гарвей (1578-1657 рр.) намагався визначити перебіг крові по судинах відповідно до законів механіки того часу.

Науковий напрямок, який виник у XVI–XVII ст. на стику фізіології та механіки, отримав назву ядромеханіка. Представники цього напрямку у науці намагалися пояснити всі фізіологічні явища з урахуванням законів механіки. Від неї приблизно із середини XVIII ст. веде початок біомеханіка, що зробила помітний внесок у створення роботів та маніпуляторів.

Починаючи з XVIII ст. неодноразово з'являється і дещо протилежна точка зору. Сама машина включалася в органічний світ, і їй приписувалися дії, властиві живому організму. Цей останній погляд на машину безперервно збагачується. Все більше і більше говорять про машини автономної дії і не тільки з точки зору виконуваної ними роботи. Машини нового покоління представляють собою об'єкти, що розвиваються самостійно, які потім зможуть відтворювати собі подібних.

Півтора мільйона років знадобилося гомініду австралопітеку (що з'явилося понад 3млн. років тому), щоб прийти до використання уламків каменів, кісток тварин і риб як найпростішого знаряддя праці. Епоха первісного оволодіння каменем і навичками його примітивної обробки зветься палеоліт (продовжується від виникнення людини, тобто понад 2 млн. років тому і приблизно до 10-го тис. до н.е.). Типи знаряддя цього періоду – ніж, сокира, скребок, голка, наконечники списа та стріли – це модифікації так званого клина, який використовується людством до сьогодні.

Близько сто тисячоліть тому виникає образотворче мистецтво – доказ того, що людина почала міркувати.

Техніка виготовлення знарядь праці вдосконалюється. Винаходиться лук, пастки для звірів. Пізніше здійснюється перехід до виробництва продуктів харчування, одомашнення тварин. Цей період (близько 8-3 тис. до н. е.) був названий неолітом. Період неоліту характеризується освоєнням шліфування, людина освоює свердління каменю (рис. 1.1).

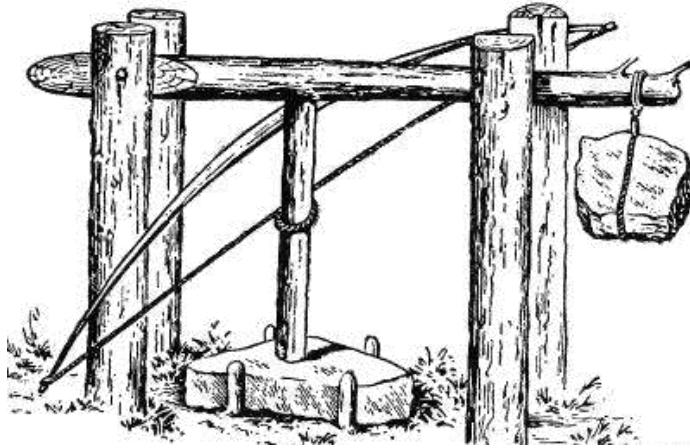


Рис. 1.1. Свердлильне знаряддя праці

З'являються нові ручні млини: два відшліфовані камені, за допомогою яких розтираються зерна. Освоюється колесо, гончарне коло. Все це – шлях до створення найпростіших машин.

1.1. Машини, що замінюють живу силу

Прийнято вважати, що першою машиною в сучасному розумінні слід називати водяний млин, тобто перетворювач енергії водяного потоку в енергію обертання жорен. Перші млини з'явилися на гірських річках і швидко поширювалися скрізь, де можна було створити перепад води.

Іншими областями інженерної діяльності людини, внаслідок якої виникли машини, були будівництво та водопостачання.

Для транспортування великих вантажів широко використовується важіль, потім був винайдений блок у формі колеса з жолобом по колу, через який перекидається канат (рис. 1.2).

Удосконалення лука та праці призвело до створення двох основних типів військових машин – катапульти та балісти.

Балісти призначалися для руйнування стін шляхом метання каміння, а катапульти – для ураження противника шляхом метання стріл. За їх допомогою можна було метати каміння та стріли на великі відстані, причому вага снарядів, що кидалися, доходила до 150- 200 кг.

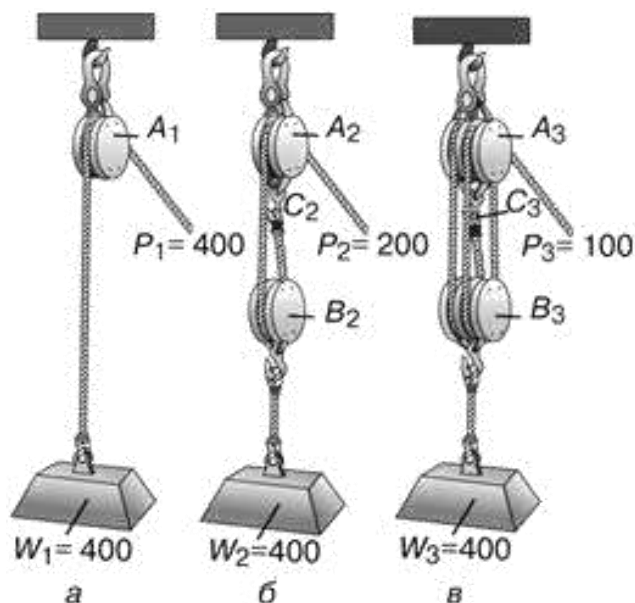


Рис. 1.2. Канатне колесо: а – з одним колесом; б – із двома колесами; в – з двома колесами та подвоєною кількістю жолобів

Всі ці машини умовно можна назвати динамічними пристосуваннями, оскільки вони створювалися для економії людської сили. Але майже одночасно з такими машинами з'являються і пристрої, які можна було б назвати кінематичними, тому що вони служили для перетворення руху, а не сили. Їх прийнято називати автоматами.

Твір про автомати написав вчений епохи пізнього еллінізму (між 323 і 30 рр. до н.е.) Герон Олександрійський, але можна припустити, що описані ним автомати були винайдені набагато раніше. Рух фігур та їх елементів здійснюється за допомогою ниток, навісаних на барабани різних діаметрів і вантажами, що натягуються. За допомогою таких автоматів проводились театралізовані дійства.

З ім'ям олександрійського механіка Ктесібія (II – I ст. до н. е.) пов'язується винахід пневматики. Ктесібій винайшов двоциліндровий пожежний насос, який нічим суттєво не відрізняється від сучасного,

водяний поплавковий годинник , водяний орган (гідралос), а також аеротрон – військову машину, в якій роль пружного тіла відіграло стиснене повітря. Пожежний насос і аеротрон являли собою циліндр з поршнем, що рухається всередині нього. Це перша в історії техніки згадка про кінематичній парі циліндр-поршень.

Великий давньогрецький вчений Архімед (287- 212 рр. до н. е..) розробив методи знаходження площ поверхонь і обсягів різних фігур, що передбачили інтегральне обчислення. Винайшов гвинт (рис. 1.3), удосконалив зубчасте колесо, в основу праці за статикою і гідростатикою (закон Архімеда) дав зразки застосування математики в природознавстві і техніці.

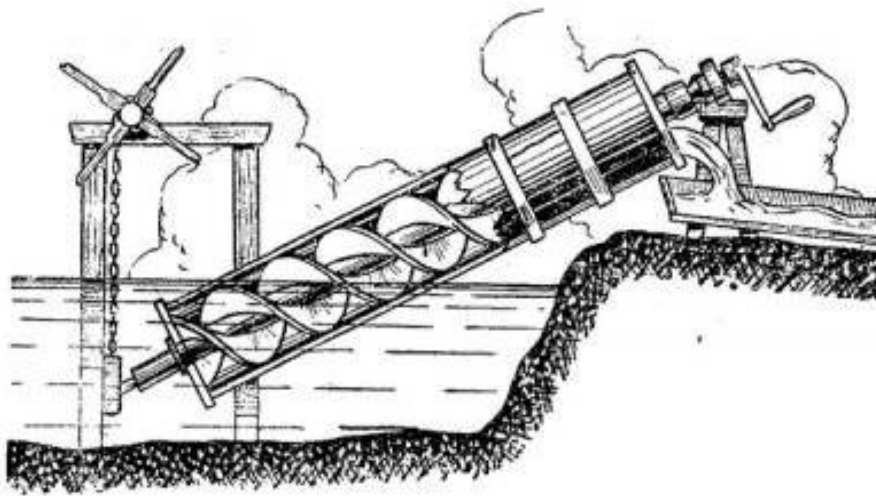


Рис. 1.3. Архімедів гвинт

У Римській імперії були винайдені деякі сільськогосподарські - та будівельні машини. Римський імператор та інженер Марк Вітрувій Полліон (друга половина I в. до н. е.) наприкінці I в. до н. е. написав знаменитий трактат "Десять книг про архітектуру". Десята книга творів присвячена машинам і тут же дано, мабуть, перше визначення машини: «Машини є поєднання з'єднаних разом дерев'яних частин, що має величезні сили для пересування ваг».

Механіки наступних двох століть майже нічого не додали до стародавніх вчень про машини. Втім, протягом багатьох століть , аж до кінця XIX ст., і саме поняття «машини» було невизначеним.

У Візантійській імперії (IV – XV ст.) рівень знань у галузі практичної механіки був відносно високим. Відомо, що в Константинополі був арсенал з великою кількістю військових

машин. Одночасно у межах Арабського Халіфату (VIII – IX ст.) створювалася нова наука.

Велике поширення набуло ткацьке мистецтво. Так, у Єгипті вироблялися лляні та вовняні тканини. Бавовну почали ткати в Індії. Центром шовкопрядіння була Візантія. У Вірменії ткали найкращі на ті часи килими. Таке масове виробництво тканин на ринку стало результатом вдосконалення техніки прядіння і ткацтва. Була вдосконалена конструкція ткацького верстата, який в античні часи був примітивною дерев'яною рамою з найпростішими механічними пристроями. Мабуть, близько II ст. до н. е. у Китаї було винайдено верстат з рухомими шнурами для підняття та опускання ниток після кожного прольоту човника.

У X-XI ст. виробництво борошна на ручних млинах було повсюдно припинено. Водяні млини ставилися не лише на річках. У Басрі в гирлі каналів, що харчувалися водою за рахунок припливу, були збудовані млини, які рухалися від води, що відступала під час відливу.

У IX ст. в Афганістані вперше з'явилися вітряки з лопатями вітряного колеса у вертикальній площині. Майже одночасно з вітряками були винайдені і регулюючі пристрої у вигляді люків, які відкривалися і закривалися, щоб силу вітру, що впливає на лопаті, можна було змінювати та регулювати.

Інженерна діяльність у Європі почала розвиватися завдяки технічним знанням, накопиченим за період розвитку Римської імперії, і завдяки працям та творам стародавніх греків та ісламської культури.

Країни Західної Європи отримали у спадок від Римської імперії відмінні дороги та акведуки (споруди у вигляді мосту або естакади), водяні млини, військову техніку та найелементарніші будівельні пристосування.

До кінця XII ст. у Франції та Англії почали будувати вітряки, у XIII ст. млина стали з'являтися в Німеччині, в XIV ст. – у Польщі та в Україні.

У XII–XIII ст. з'являються млини, в яких замість жорен застосовуються робочі органи: сукновалляльні, залізо-і папероробні. В ескізах архітектора Віллара де Оннекур (XIII ст.) з Пікардії (північна Франція) зображено млин з пилкою, що приводиться в дію за допомогою чотири ланкового шарніру.

У XIII ст. монах-францисканець Роджер Бекон (1214–1292 рр.) стверджував, що справжнє знання має ґрунтуватися на вивченні природи і що основою кожної науки має бути математика. Одним із перших він дійшов твердження, що досвідчені науки мають переваги перед «умоглядними», оскільки вони перевіряють свої висновки досвідом. У своїх працях Роджер Бекон писав, що в майбутньому можливі такі гармати, за допомогою яких великі кораблі, керовані тільки однією людиною, будуть рухатися морем з більшою швидкістю, ніж на всіх вітрилах, що можна буде побудувати екіпажі, які помчуть з неймовірною швидкістю без допомоги тварин, що за допомогою невеликої зброї можна буде піднімати найбільші тяжкості, що можна побудувати і такі машини, які дадуть людям можливість ходити дном морів і річок, не наражаючись на небезпеку.

Ще один цікавий мислитель XIII ст. Раймунд Луллій (Каталонія, Іспанія, 1235-1315 р.) у своєму творі «Велике мистецтво» вигадав ідею створення логічної (обчислювальної) машини і зробив спробу до її реалізації.

У X–XI ст. були винайдені механічні годинники. Їх створення приписується різним людям. Зокрема, їх винахідником називають математика Герберта Орійякського, який запровадив у Європі «арабські» цифри. Біля 1286 р. годинник з'явився в Англії, біля 1300р. - у Франції, близько 1335 г. - в Італії. Винахід та виготовлення годинника сприяло становленню механіки. Завдяки годинникам у техніці широко поширилися зубчасті колеса.

Техніка побудови машин постійно розвивалася. Наприкінці XIII ст. у Європі з'явилося прядильне колесо з нескінченним ременем (пасова передача). Тацький верстат отримав окремий привід. Таким чином, енергетична функція була відокремлена від технологічної, що залишилася за руками людини.

Постійно зростала кількість механізмів. У XIII ст. з ворота, вигнутого двічі під прямим кутом, з'являється колінчастий вал як зручний привод для ручного млина.

Якісно нові завдання перед механікою виникли у зв'язку з переходом до вогнепальної зброї: поліпшення техніки виготовлення - стволів, забезпечення їх міцності та точності стрільби.

До відома читача, вогнепальна зброя була винайдена в XIV ст. і мала вигляд, зображений на рисунку 1.4

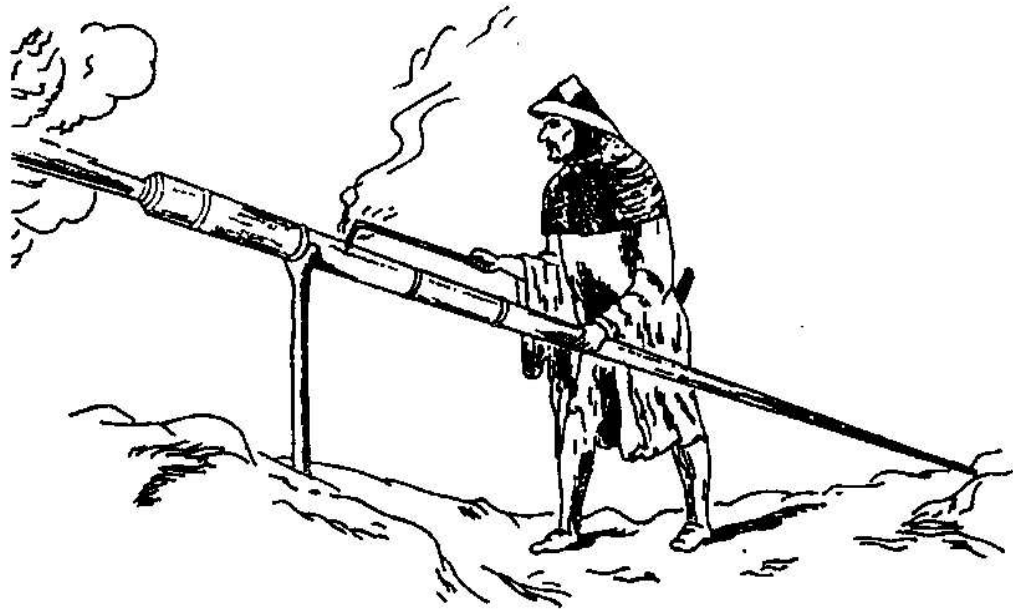


Рис. 1.4. Вогнепальна артилерія XIV ст.

Відкриття пороху – нового джерела енергії дискретної дії – стало, мабуть, результатом діяльності техніків різних країн.

Найстарішим рецептом пороху є суміш, що складається з калієвої селітри, сірки та деревного вугілля. Приблизно така суміш з'явилася в Китаї (перша згадка про застосування димного пороху в Китаї відноситься до 1232 р.), за одними відомостями на початку нашої ери, за іншими - в VIII-IX ст.

У середині VII ст. візантійці використовували так званий «грецький вогонь», що складається з сірки, гірської смоли, селітри та лляної олії.

Перші відомості про порох у Європі відносяться до XIV ст. У цьому столітті почалося застосування пороху і на Русі, на що є вказівки в Новгородській і Олександрівській літописах (1382 р.).

У Західній Європі винахідниками пороху вважали Роджера Бекона та Бертольда Шварца.

Наприкінці XIV ст. в Італії з'являється нова форма виробничого об'єднання - мануфактура, в якій виробничі операції були розділені між усіма робітниками, що давало їм можливість спеціалізуватися на виконанні однієї або кількох операцій. Енергетичною базою мануфактур продовжують залишатися праця людини, сила тварин, вода та вітер. Але в життя людини вже увійшли машини

безперервної дії, основною машинною структурою яких був млин. І з винаходом пороху – машини дискретної дії.

У 1453 році турки, зламавши опір захисників Костянтинополя (Царгород), опановують останній оплот Візантійської імперії. Вчені, що бігли від завойовників, принесли до Італії рукописи творів грецьких письменників і вчених.

У 1492 році Христофор Колумб (1451- 1506 рр.) після тривалої подорожі через Атлантичний океан описує землі, згодом названі Америкою.

Такі були події, які визначили початок нової епохи – Ренесансу чи Відродження (XIV–XVI ст.).

Одним із найвидатніших винахідників епохи Відродження був Леонардо да Вінчі (1452- 1519 рр.), геніальний італійський художник, учений, інженер. У сфері механіки він ставив експерименти і прагнув визначити коефіцієнт тертя, досліджував явище удару, опір різних матеріалів. Леонардо да Вінчі належать перші спроби в галузі повітря плавання та конструювання літальних апаратів. Він зробив малюнки схем парашута, гвинтокрила та ін. Винайшов кілька типів екскаваторів, кілька гідравлічних машин, у тому числі тангенціальну турбіну, прядильний і волочильний верстати, верстат для насічки напилків, пристосування для нарізки гвинтів, прокатний стан, верстат для свиття канатів. Багато його винаходів так і залишилися недосяжними для техніки тієї епохи. Наприклад, відцентровий насос, гідравлічний прес, вогнепальна нарізна зброя.

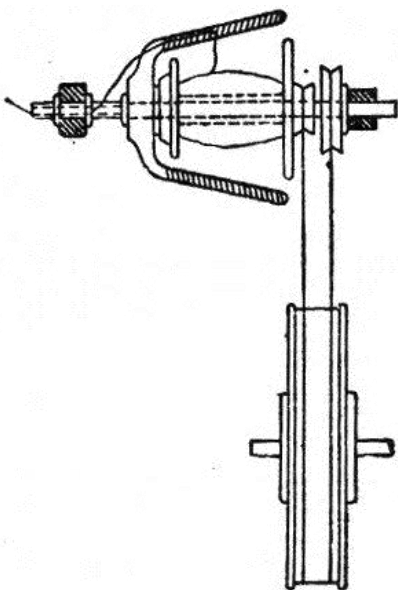


Рис. 1.5. Схема самопрядка

Практично до кінця XVIII ст. головним призначенням машин була заміна фізичної праці. Але з'являються вже й технологічні машини, які мають на меті заміну дії руки людини. У XV ст. була винайдена машина для ручної прядки (самопрядка) (рис. 1.5).

У XVI ст. до самопрядки був приєднаний ножний педальний механізм. Дуже давнім за своїм походженням є токарний верстат. Він був винайдений вже близько 500 р. до н. е. Вперше опис верстата з супортом для нарізки гвинтів зустрічається в праці Жака Бессона

«Театр інструментів ». Згодом винахід супорта було потворено російським механіком та винахідником А.К. Нартовим (1693 – 1756 рр.) (рис. 1.6) та у 1797 році англійським механіком, промисловцем Генрі Моделі (1771 - 1831 рр.).

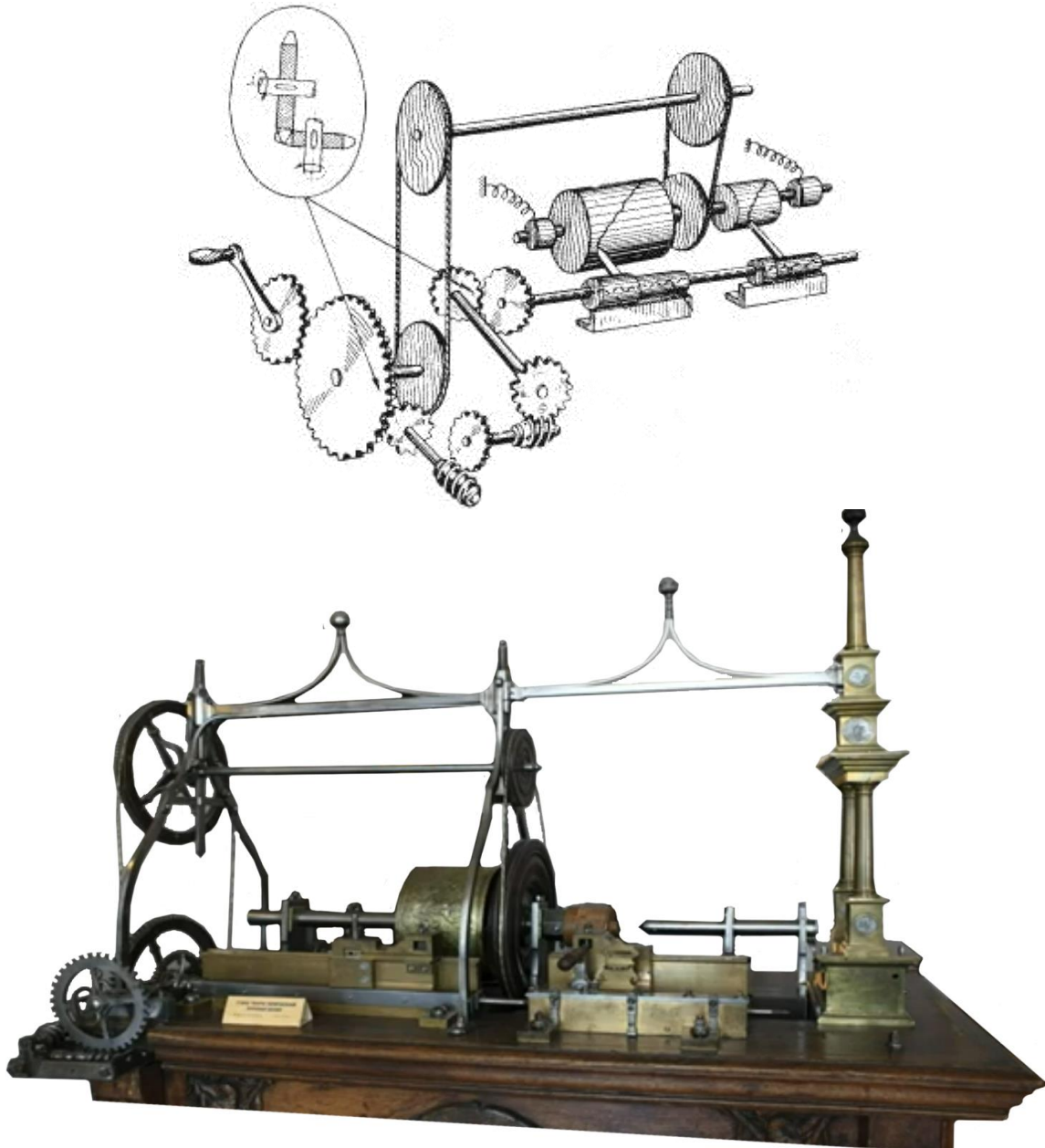


Рис. 1.6. Схема та зовнішній вигляд токарного станка Нартова А.К.

Великий внесок у розвиток конструкцій механізмів зробили: один із попередників Леонардо да Вінчі – Агостіно Рамеллі ; німецький лікар, мінеролог та металург Георг Бауер (Агрікола 1494– 1555 рр.), італійський лікар, математик та механік Джеролано Кардано (1501-1576 рр.).

Агостіно Рамеллі у своїй книзі «Різні та вправні машини» описує пристрої, що вражають багатством кривошипно-шатунних механізмів, кулісних пристроїв, різних типів черв'ячної передачі, зубчастих зачеплень. У своїй книзі «Про гірничу справу» (12 книг, вид. 1556 г) вказує, що вже тоді застосовувалося залізо для виготовлення рам, зубчастих коліс, підшипників. Йому вже було відомо, що від одного водяного колеса можна привести в дію кілька насосів.

Д. Кардано – один із основоположників кінематики механізмів, як теоретик один із перших прагнув глибоко розробити теорію та практику зубчастих зачеплень. Запропонував підвіс – прообраз карданного механізму.

Починаючи з XVI ст. , з'являються енергетичні установки, прообрази машин автоматичної дії У середині XVI ст. в Соловецькому монастирі ігумен Пилип (Ф.С. Количев) будує систему млинів, які мололи зерно, просівали помел і були крупорушками.

Цікаво, що перший опис подібної машини в Західній Європі з'являється лише через століття (книга німецького єзуїта Каспара Шотта).

Перші спроби створення парової машини відносяться до XVI ст. але вони не мали успіху. Аж до середини XVIII ст. основним джерелом енергії для великих установок залишалось водяне колесо.

Лондонська насосна установка, побудована в останній чверті XVI ст. , служила для постачання міста питною водою. Найбільше колесо в цій установці мало діаметр 10 м. та лопатки завдовжки 5 м.

У Франції майстер Раннекен Салем під керівництвом О. де Віля в 1682 р. спорудив установку, яка піднімала воду із Сени та подавала до фонтанів у Версалі та Марлі. Установка складалася з 235 насосів та 13 коліс, діаметр яких досягав 8 м.

Була ще одна установка, менш відома, але за своїми масштабами перевершує всі попередні. В 80-х р. XVIII ст. найбільше колесо в діаметрі становило 17,5 м.

Усі винаходи, що визначили характер промислового перевороту аж до XVIII ст. працювали в умовах старої енергетики – водяного колеса або сили тварин. Новим універсальним промисловим двигуном стала парова машина. Винайдено вона була на межі XVII - XVIII ст. зусиллями багатьох вчених.

Першу універсальну пареоатмосферну машину безперервної дії створив 1765 г. російський теплотехнік, винахідник І.І. Повзунів (1728-1766 рр.).

Першу універсальну парову машину в 1774- 1784 рр. винайшов англієць Джеймс Уатт (1736-1819 рр.).

Таким чином, промисловість одержала універсальний двигун. Наступним, завершальним етапом промислового перевороту XVIII – XIX ст. стало виробництво машин за допомогою самих машин. Так, завдяки розвитку інженерної справи виник напрямок машинобудування.

1.2. Машини, що замінюють фізичну силу людини та її вміння

Джеймс Уатт постійно вдосконалював свою машину і в 1784 р. була побудована парова машина з відцентровим регулятором - оборотів, що дозволило через рік використовувати її для приводу ткацьких верстатів.

В 1785 р. парова машина потрапляє до Німеччини, в 1798 - 1799 рр.. встановлюється на Олександрівській мануфактурі в Петербурзі.

Таким чином, напрямок «машинобудування» почав розвиватися як наука. В XVIII ст. розраховувати машини не вмiли, їх будували за правилами статики. Те , що основне для машин - рух, вперше вказав великий математик, механік, фізик Леонард Ейлер (1707 -1783 рр.), швейцарець за походженням, з 1766 р. академік Петербурзької академії наук. Трохи пізніше французький математик та інженер Гаспар Монж (1746 - 1818 рр..) Показав, що машина є сукупність механізмів, названих ним елементарними машинами.

В 1808 р. інженер Августин Бетанкур та математик Хосе-Марія Ланц написали перший підручник з курсу побудови машин, у якому було враховано 134 механізми. Наш співвітчизник , вчений у галузі теорії машин і механізмів І.І. Артоболевський до кінця третьої чверті XX ст. у своєму довіднику «Механізми в сучасній техніці», що отримав світову популярність, врахував 4746 механізмів.

Становлення машинобудування стимулювало роботу винахідників над проблемою передачі енергії від парової машини та розподілення її між верстатами. З винаходом і введенням супорта

верстат став безперервно діяти з досконалістю, недосяжною навіть для найвправнішої людської руки. На заводі винахідника Г. Модслі була застосована вже машинна система виробництва у формі з'єднання трансмісією великої кількості робочих машин, що рухаються універсальним тепловим двигуном. З'являються ступінчасті шківи та гнучкі нескінченні стрічки.

Особливістю техніки машинобудування 30 - 40-рр. ХІХ ст. є підвищення точності виробництва машин. Цей період був пов'язаний з роботами видатного англійського верстатобудівника Йосипа Вітворта (1803–1887 рр.), який ввів у машинобудування принципи та методи точної роботи.

Витворт винайшов першу вимірювальну машину, ввів калібри і домогся можливості вимірювати оброблювані поверхні до сотих, а пізніше і до тисячних часток міліметра. Г. Модслі сконструював - мікрометричний штангенциркуль.

Парова машина не тільки задовольнила нагальну потребу в універсальному двигуні, а й дозволила створити механічний транспорт.

Особливо велике значення для створення залізничного транспорту мали роботи шотландського інженера та механіка Річарда Тревітіка (1771 – 1833 рр.), який першим дійшов ідеї застосування парових локомотивів на спеціально влаштованих рейкових коліях. В 1803 р. Тревітік сконструював паровоз, а в лютому 1804 р. провів перше його випробування (рис. 1.7).

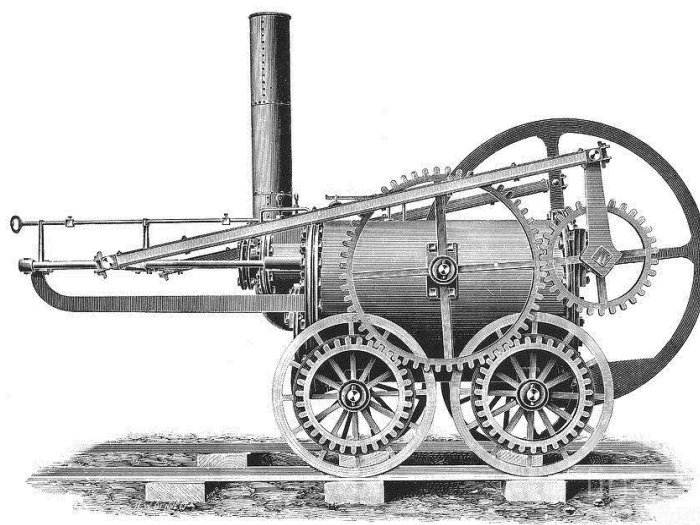


Рис. 1.7. Паровоз Тревітіка

Паровоз Тревітіка при вазі 6 т. міг тягнути п'ять вагонеток, загальною вагою близько 25 т., зі швидкістю понад 5 миль / година.

В 1814 р. сконструював та випробував свій перший паровоз Джордж Стефенсон (1781–1848 р.р.), який здебільшого вирішив проблему створення парового залізничного транспорту. В 1829 р. він створює свою знамениту «Ракету», яка вільно тягла потяг вагою 17 т. зі швидкістю до 21 км / годину.

В 1834 р. відомі російські винахідники, кріпаки батько Є. А. Черепанов (1774–1842 рр.) та син М. Є. Черепанов (1803–1849 рр.) будують перший російський паровоз. Побудований на Нижньо- Тагільському заводі паровоз Черепанових возив потяг вагою в 3,3 т. зі швидкістю до 16 км / год (рис. 1.8).

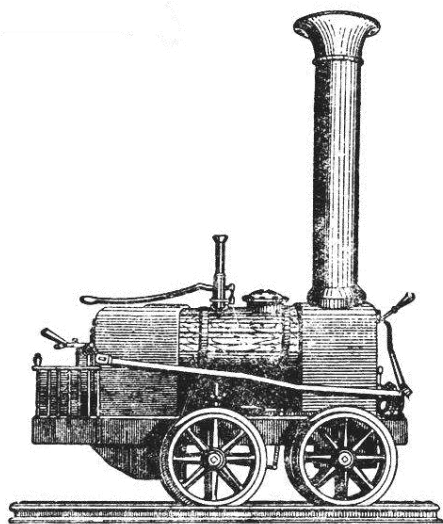


Рис. 1.8. Модель першого паровоза Черепанових

У вересні 1810 р. було відкрито першу у світі залізничну пасажирську лінію Ліверпуль – Манчестер довжиною сорок кілометрів.

Залізничне будівництво відіграло важливу роль у розвитку - машинобудування.

Можливість отримання великих замовлень на локомотиви, рухомий склад та різне машинне обладнання стимулювали розвиток старих та побудову нових машино- будівельних заводів.

Одночасно відбувалося становлення механізованого водного транспорту. Ще на початку XVIII ст. французький фізик Дені Папен (1647- 1714 гр.) побудував човен, що приводиться в рух паром.

У 1736 р. англієць Джонатан Хольз зробив спробу застосування парової машини Ньюкомена на судах. Однак цей двигун виявився зовсім не придатним для цього.

У 1787 -1788 рр. американець Д. Фітч побудував три пароплави, в яких паровий двигун приводив у рух весла. Проте випробовування найбільш досконалого останнього пароплава пройшли невдало.

Певною мірою успіх супроводжував англійця У. Саймінгтону, який в 1802 р. побудував в Англії буксирний катер «Шарлотта Дантас» (рис.1.9)

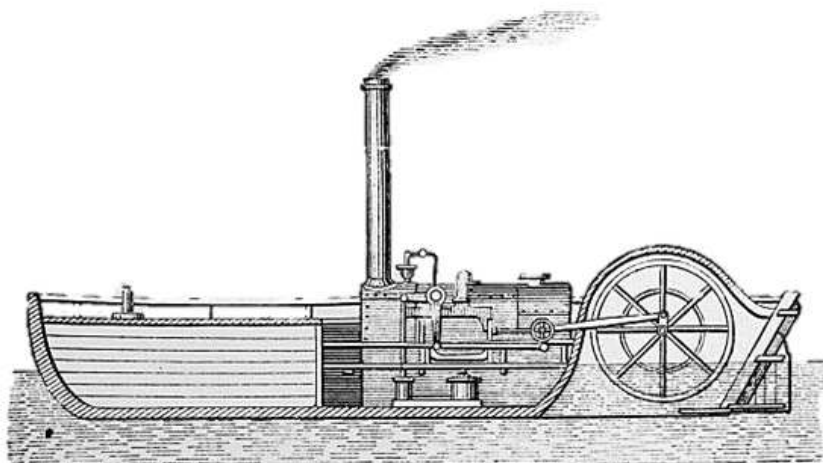


Рис. 1.9. Буксирний катер «Шарлотта Дандас»

Винахідником першого пароплава прийнято вважати американця Роберта Фултона (1765-1815 рр.). В 1807 р. він успішно випробовує колісний пароплав «Клермонт» (рис. 1.10), водотоннажністю 79 т.

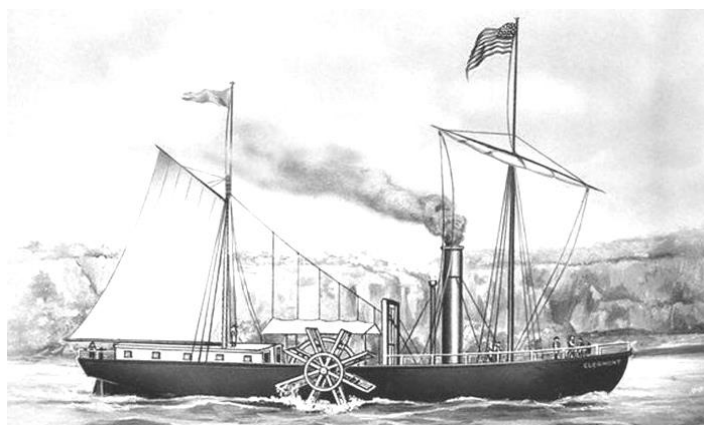


Рис. 1.10. Пароплав «Клермонт»

Довжина пароплава складала 43 м. двигун потужністю 20 к.с. приводив у рух гребні колеса діаметром 5 м. Потім він тривалий час експлуатувався на річці Гудзон між Нью-Йорком та Олбані (180 км). Досить висока надійність цього пароплава і дозволяє вважати Фултона винахідником пароплавів.

У 1818 році перший пароплав перетнув Атлантичний океан. То був «Саванна», він мав довжину 30,5 м. при ширині 7,9 м.

До кінця 30-х років XIX ст. пароплави будувалися з гребними колесами, що швидко ламалися морськими хвилями.

Усунути цю ваду вперше вдалося чеху Йосипу Ресселу (1793 – 1857 рр.). В 1826 р. він вперше виготовив гребний гвинт і встановив

його на невеликому човні вантажопідйомністю 5 т. В 1827 році Рессел отримав патент на свій гребний гвинт (рис. 1.11).

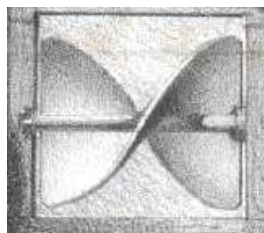


Рис. 1.11. Гребний гвинт
І. Рессела

Перший пароплав у Росії був побудований в 1815 році петербурзьким заводчиком Бердом.

У ці роки в сільському господарстві починає використовуватися парова машина.

У 1833 р. у США коваль Джон Дір створив перший цільносталевий плуг.

У 1855 р. англійські фермери Фаулер і Говард виробили найбільш відповідне поєднання парової машини та плуга, що дозволило створити плуг досить досконалої конструкції (зображений на рисунку 1.12).

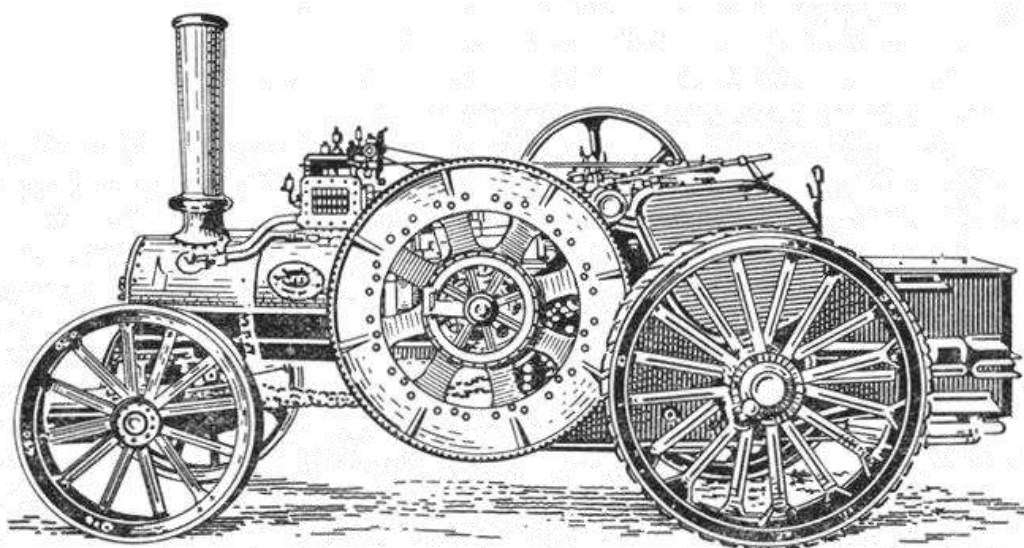


Рис. 1.12. Паровий плуг

У 1822 році англієць Генрі Огіль побудував жниварку, в якій вперше був застосований принцип ножиць, прийнятий у багатьох сучасних жниварках.

У 1840 році американський винахідник Тернер запропонував молотарку, в якій зерно не вибивалося, а вичісувалося.

Сільськогосподарські машини стали однією з перших груп технологічних машин, у яких значною мірою були просторові механізми.

Створюється велика кількість різноманітного металообробного обладнання – токарних, токарно-гвинторізних, стругальних і зуборізних верстатів. В 1829 р. Джеймс Несміт покращив конструкцію фрезерного верстата, і він став одним із головних у металообробці. Той самий винахідник в 1843 г. створив паровий молот.

Ще наприкінці XVIII ст. розпочалися роботи зі створення машин, які б полегшували важку працю шахтарів та землекопів. Отже, в 1864 г. французький інженер Куврі побудував перший багатоківшевий екскаватор на залізничному ході, який використовувався під час проходки Суецького каналу.

Розвиток промисловості вимагав нових видів зв'язку.

У 1832 році в Петербурзі російським вченим П.Л. Шилінгом (1786–1837 рр.) було продемонстровано роботу телеграфу.

У 1835 році американець Морзе запропонував телеграфний апарат, який здійснював передачу коротких та довгих імпульсів, що сприймаються на приймальному апараті, як сукупність точок та тире.

Протягом минулого століття парова машина була основним універсальним промисловим та транспортним двигуном. Однак ККД парової машини був невеликим, і тому творча думка вчених та винахідників неминуче прямувала на пошуки нових машин-двигунів.

Визначилися три основні напрямки пошуків.

Перший напрямок: розробка способу безпосереднього перетворення енергії палива в механічну енергію валу, що обертається. Це спричинило створення двигуна внутрішнього згоряння, включаючи двигун типу «дизель».

Другий напрямок: безпосереднє отримання обертального руху за допомогою вдосконалення найдавнішого принципу машини, закладеного у водяному колесі. Спочатку водяна турбіна, потім парова (1883 р. - Шведський винахідник Густав Лаваль (1845 – 1913 рр.)), а вже в XX столітті - газова турбіна (1904 р. - Німецький інженер Штольце).

Третій напрямок: освоєння нового виду енергії – електричної - для отримання механічної роботи. Спочатку були створені генератори постійного струму (рис. 1.13) (1869 р., винахідник З. Т. Грамм, 1826 - 1901 рр.), потім освоєний і змінний струм. Найбільш близько до цієї проблеми наприкінці XIX ст. підійшов сербський вчений, електротехнік М. Тесла (1856-1943 рр.), який

вважав найбільш доцільною в практичному відношенні двофазну систему. Проблема створення електричного двигуна була пов'язана з іншою, не менш важливою проблемою – передачею електроенергії на відстань. Винаходи, які дозволили раціональніше вирішити це питання, були розроблені російським інженером М. О. Доливо - Добровольським (1862 – 1919 рр.), який запропонував використовувати трифазний змінний струм. В 1890 р. він винайшов трифазний трансформатор, а в 1891 р. - трифазний асинхронний електродвигун.

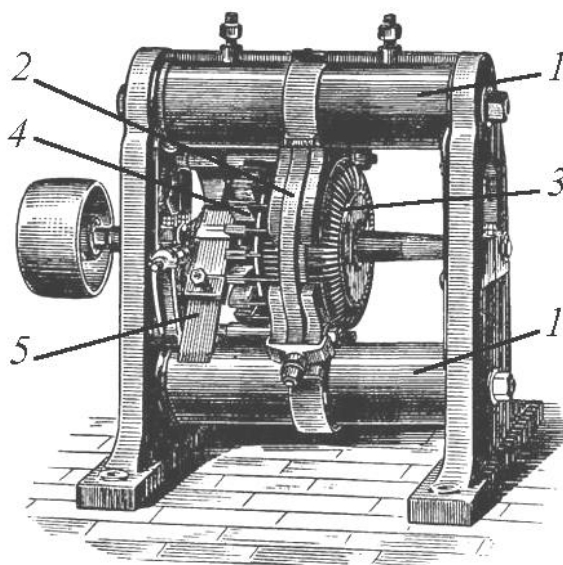


Рис. 1.13. Машина-генератор З.Т. Грамма
 1 - обмотки електромагнітів; 2 - полюсні наконечники, що охоплюють кільцевий якорь

З появою двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ) в 1886 г. незалежно один від одного два німецькі інженери К. Бенц і Г. Даймлер винаходять автомобіль.

Трохи пізніше було створено літальний апарат важчий за повітря – аероплан.

Перший аероплан був сконструйований знаменитим російським винахідником А.Ф. Можайським (1825-1890 рр.). В 1876 році в Петербурзі публічно демонструвалися у польотах його моделі.

У 1880 році А. Ф. Можайський подав заявку на винайдений ним літак з паровим двигуном (рис. 1.14). Літак А.Ф. Можайського в 1884 році відірвався від землі та пролетів невеличку відстань, що на той період було великим досягненням.

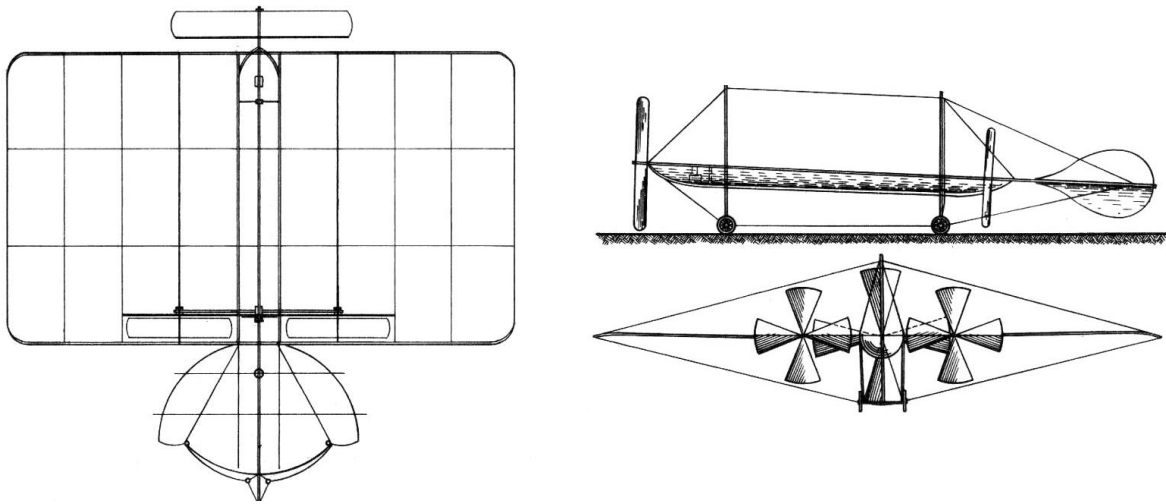


Рис. 1.14. Схема літака А.Ф. Можайського

У 1892 році англійський конструктор Р. Філінж створив перший великий аероплан, що піднявся без людини у повітря.

У 1898 році відомий американський винахідник станкового кулемета Максим Хайрем (1840–1916 рр.) побудував великий аероплан, який, однак, за першого ж польоту зазнав аварії.

У 1903 році в повітря піднялися американські винахідники брати Вілбер (1867–1912 рр.) та Орвілл Райт (1871–1948 рр.). На аероплані власної конструкції вони встановили чотирициліндровий двигун внутрішнього згоряння. Їхній політ тривав 53 с.

У 1909 році француз Луї Блеріо (1872-1936 рр.) на аероплані власної конструкції вперше у світі пролетів через протоку Ла Манш.

Великий внесок у створення авіаційної техніки належить великому російському вченому М.Є. Жуковському (1847-1921 рр.). В 1904 році М.Є. Жуковський зробив відкриття, що послужило основою для подальшого розвитку сучасної аеродинаміки. У роботі «Про приєднані вихори», що доповідалася 15 листопада 1905 р. на засіданні Московського математичного товариства, М.Є. Жуковський дав формулу визначення підйомної сили крила, яка була основою всіх аеродинамічних розрахунків літаків.

Так почалося зародження ще однієї галузі машинобудування – авіабудування.

Розвиток нових галузей промисловості зумовило зростання верстатобудування. Вже на початку ХХ ст. з'являються - спеціалізовані верстати. Значний розвиток набуло пресове обладнання, що приводиться в рух парою з пневматикою. Все

більшого значення набуває електропривод. Повсюдно з'являються спеціальні фабрики з виробництва електроенергії. Виникає нова індустрія – електротехніка і як одна із її складових - електротранспорт.

Ще в 1879 році фірма «Сіменс та Гальське», на промисловій виставці в Берліні, збудувала першу дослідну електричну залізницю.

У 1881 році поблизу Берліна була пущена перша трамвайна лінія завдовжки близько 2,5 км.

В Україні регулярна експлуатація трамвая почалася в м. Київ у 1892 р.

З 1901 року електрика використовується на замських лініях у м. Париж.

У 20-х р. починається електрифікація залізниць США, Франції, Італії, Німеччини, СРСР.

У 1934 році в Угорщині була здійснена електрифікація залізничних ліній на однофазному струмі промислової частоти.

Розвиток енергетичного машинобудування впливав і на інші галузі машинобудування. Високі швидкості, великі тиски, високі температури та висока міцність зажадали нових конструкційних матеріалів. Розвиток літакобудування висунув додаткові вимоги до максимального зниження ваги всіх елементів літака. Усе це стимулювало розвиток металургії та металургійного машинобудування.

До кінця ХХ ст. у доменній печі змінилася конструктивна форма: з кам'яної та громіздкої, що має низькі техніко-економічні показники, вона перетворилася на досить досконалу металеву споруду.

У 1856 році англійський винахідник Генрі Бессемер (1813-1898 рр.) отримав перший патент на вдосконалений метод плавки чавуну, що дозволило створити новий спосіб отримання ковкого заліза і сталі (так зване безсемування чавуну). Перший завод з безсемерівськими конвертерами був побудований в Шефільді (Англія) в 1858 р.

У 1864 році, за проектом французького металурга П'єра Мартена, була побудована перша у світі мартенівська піч.

Одна з перших мартенівських печей у Росії була побудована в 1870 році на Сормівському заводі.

У 1878 році з'являється томасівський конвертер (на ім'я англійського металурга Сіднея Томаса (1850-1885 рр.)).

Перший прокатний стан було збудовано в 1854 році в Німеччині на заводах Круппа.

У 1892 році в Сполучених штатах Америки (США), на пропозицію братів Л. Уорк та Дж. Уорк був побудований універсальний прокатний стан, удосконалення якого призвело до створення в США нових потужних прокатних станів-блюмінгів і слябінгів.

Розвиток металургії сприяв виникненню металографії – науки про будову металів, а також ряду інших наукових дисциплін.

Видатну роль у розвитку науки про метали зіграв російський вчений Д.К. Чернов (1839–1921 рр.). Його роботи про структурні перетворення в структурі сталі в залежності від температур поклали початок в металографії (роботи були оприлюднені в 70-х р. ХІХ ст).

Розвиток науки про машини мало велике значення для - машинобудування. На початку століття російський вчений В.П. Горячкін (1868–1935 рр.) почав розробляти «землеробську механіку», що стала основою теорії різання металів. Побудова верстатів одержує наукову основу.

Перша світова війна переключила машинобудівників на виробництво зброї та військової техніки.

Вже в 1915 році склалося три роди військової авіації: розвідувальна , винищувальна та бомбардувальна.

У 1903 році капітан французької армії Левасор пропонує перший проект всюдихідної броньованої бойової машини – був винайдений броньовик.

У 1911 році в м. Петербург російський інженер В.Д. Менделєєв запропонував свій оригінальний проект броньованої машини – прообраз танка.

У 1915 році в Англії та Росії будуються перші танки. 15 вересня 1916 р. на р. Сомме (Франція) англійці вперше застосували їх під час бойових дій.

Цілковом очевидно, що революція у промисловості на межі ХІХ–ХХ ст. була б неможлива без винаходу нових, прогресивніших засобів зв'язку та інформації.

Після винаходу телеграфу французький художник Луї-Жак Дагерр (1787– 1851 рр.) в 1839 році винаходить свій спосіб фотографування.

З розвитком теорії електрики, зокрема теорії електромагнетизму, була створена наукова база для винаходу телефону. Першим зразком телефонного апарату був прилад, сконструйований німецьким фізиком Філіпом Рейсом у 1861 році.

У 1876 році американський технік А. Белл (1847–1922 рр.) створив телефон і отримав патент на першу конструкцію телефону, за яким вже була можлива задовільна передача людського голосу (рис. 1.15).



Рис. 1.15. Телефон А.Г. Белла

У 1877 році американський винахідник Томас Алва Едісон (1847 - 1931 рр.) винаходить фонограф, на основі якого виникає грамофон та інші прилади, що застосовуються при механічному звуко запису.

У 1895 році французький винахідник Луї-Жан Люм'єр (1864– 1948 рр.) за участю брата Огюста (1862– 1954 рр.) створив апарат для зйомки та проєкції «рухомих фотографій», перший придатний до практичного використання кіноапарат, який отримав назву «кінематограф».

7 травня 1895 р. російський вчений А.С. Попов (1859- 1906 рр.) на засіданні Російського фізико-математичного товариства в Петербурзі вперше продемонстрував радіоприймач.

У 1913-1914 рр. вже з'являються нові приймально-передавальні пристрої.

У 20-х роках ХХ ст. повсюдно починає механізуватись сільське господарство. До цього часу в США та Канаді були винайдені - машини, в яких були поєднані функції жнивarki-косарки та молотарки, згодом ці машини були названі комбайнами.

30-ті роки ХХ ст. – це час різкого стрибка у розвитку ковальсько-пресового обладнання, без якого було б неможливим - пресове виробництво машин. Це обладнання дозволяло суттєво

економити працю та знижувати металомісткість. Деталі, виготовлені на пресах, майже не вимагають додаткової верстатної обробки.

Структура машин та механізмів у 30–40-ті роки ХХ ст. терпить деякі зміни: в якості структурних елементів до їх складу, крім чисто механічних жорстких і гнучких елементів, починають входити рідкі, газоподібні, електромагнітні, а потім і електронні елементи.

1.3. Обчислювальні машини, що замінюють уміння людини, її фізичні, інтелектуальні функції

Друга світова війна (1939-1945 рр.) внесла значні зміни у розвиток машинобудування.

На початку війни пріоритетним завданням був захист міст від нищівних ударів з повітря. Одним із вдалих рішень цього питання стало поєднання зенітної артилерії з радаром, що з'явився вперше в 1935 р. у СРСР. Крім виявлення літаків за допомогою радара, їх необхідно і збивати, ця обставина висунула завдання для керування вогнем. Великі швидкості викликали необхідність обчислення машиною елементів траєкторії руху зенітних снарядів.

З цією метою в 1943 році в США у Пенсільванському університеті створюється перша в світі електронна цифрова обчислювальна машина «ENIAC» (англ. *Electronic Numerical Integrator and Computer*). Вона призначалася для розрахунку траєкторій снарядів та бомб, але мала також змогу вирішувати деякі інші завдання. За кілька років електронно-обчислювальні машини (ЕОМ) виникли й в СРСР. ЕОМ, вироблені в СРСР у 80-х рр. ХХ ст., за технічними характеристиками перевершували машини, вироблені Intel (США) того самого періоду.

З появою обчислювальних машин було вирішено одне з найважливіших завдань сучасної техніки, що дозволило безпосередньо перейти до вирішення складних проблем автоматизації технологічних процесів, виробництва та управління, спорудження машин нового типу. У таких машин з'являється ще одна функція, властива людині: вони почали виконувати деякі логічні операції. За короткий час ці машини зазнали істотних змін - вони зменшилися в розмірах, у багато разів зросла швидкість обчислювальних операцій та інше.

Оволодіння швидкодіючими ЕОМ є одним із складових глибокого революційного процесу, що охоплює весь світ і називається науково-технічною революцією.

Насамперед, це дало найсильніший поштовх у розвитку світової енергетики. Так 27 червня 1954 року в селищі Обнінське Калузької області (країна: СРСР) у Фізико-енергетичному інституті імені О. І. Лейпунського (Лабораторія «В») була введена в дію перша в світі ядерна електростанція. Наприкінці 50-х років ХХ ст. у м. Харків були споруджені парові турбіни потужністю 100 МВт, а до 70-х років. потужність парових турбін збільшилася в 13 разів.

Надзвичайно широкі можливості відкрилися для розвитку авіації. Із заміною поршневих двигунів на турбореактивні, реактивні, турбогвинтові (50-ті рр.) вже в 1951 році американський експериментальний літак "Скайрокет " досягав швидкості понад 2500 км/год. В 1961р. радянський льотчик-випробувач Г.К. Мосолов літаком Е-66 з турбореактивним двигуном встановлює рекорд висоти – 34200 м.

У 1955 році створено перший у світі сучасний реактивний пасажирський літак ТУ-104, який мав швидкість понад 800 км/год. У вересні 1956 р. вперше в світі було відкрито регулярне пасажирське сполучення літаками ТУ-104.

4 жовтня 1957 р. став особливою віхою по дорозі розвитку людства. Цього дня в СРСР було запущено першого штучного супутника Землі.

12 вересня 1959 р. в СРСР було запущено космічну ракету, яка вперше в історії людства досягла Місяця.

12 квітня 1961 р. назавжди залишиться однією з найзнаменитіших подій в історії людства. У першу космічну подорож пішов громадянин СРСР Юрій Олексійович Гагарін, який став у всьому світі космонавтом номер один.

В 1970 р. на Місяць було доставлено за допомогою автоматичної міжпланетної станції радянський самохідний апарат «Лунохід-1».

Всі ці події були початком нового напрямку – космічної техніки, який наприкінці ХХ початку ХХІ століття розвинувся у важливий універсальний напрямок.

Застосування ЕОМ в наземній техніці дозволило почати випуск машин-гігантів. Так, наприклад, у 60-ті рр. ХХ ст. на

Новокраматорському заводі було розпочато випуск роторних екскаваторів продуктивністю 3 000 м³/годину, а в подальшому вже 5 000 м³/годину.

Багато з них є так званими «крокуючими» механізмами. Крокуючим механізмом належить велике майбутнє: така машина може пройти і бездоріжжям, і пересіченою місцевістю.

У 70-х роках ХХ ст. в СРСР було побудовано машину для діагностики вроджених вад серця. З цієї машини почалося використання ЕОМ й у медичній практиці.

ЕОМ перетворює науку на продуктивну силу, дозволяє розвиватися таким напрямкам, як інформатика (наука, що вивчає - структуру та загальні властивості інформації, питання, пов'язані з її збиранням та зберіганням), біоніка (наука про особливості будови організмів для створення нових приладів, механізмів, систем, тощо.), гена інженерія, що досліджує можливості зміни біологічної природи живої істоти. Мрії про створення механічної людини зустрічаються ще в грецькій міфології, у роботах середньовічних алхіміків.

З появою ЕОМ у 50-х роках. ХХ ст. з'являються перші роботи та маніпулятори. Перший патент на промисловий автомат отримано наприкінці 50-х років у США. Там же лише за кілька років було створено перші зразки таких машин. Незабаром вони потрапили до Японії. Тепер Японія – провідна країна з виробництва промислових - роботів (рис. 1.16), у якому зайнято понад сто фірм.



Рис. 1.16. Промислові роботи

Логічним продовженням цього напрямку стали заводи-автомати як найвища форма гнучкого автоматизованого виробництва, керованого центральною ЕОМ. Перший у світі автоматичний завод з виробництва поршнів, на якому використовувалися автоматичні поточкові лінії, був побудований в СРСР у 1949 році.

Як уже зазначалося раніше, машини є ніби удосконаленими органами людини і, як ми бачимо з проведеного огляду, принципова подібність між живим суспільством і його механічним відображенням постійно зростає. Особливо це відноситься до машин зі штучним інтелектом, що самі навчаються. Цілком очевидно, що найближчим часом з'являться нові класи ЕОМ. Є всі підстави вважати, що у найближчому майбутньому штучний інтелект створюватиметься не тільки на електронній, але й на біологічній нейтронно-волоконній основі.

Підтвердженням сказаного є сучасні розробки людиноподібних роботів у першій чверті ХХІ ст. (рис. 1.17).

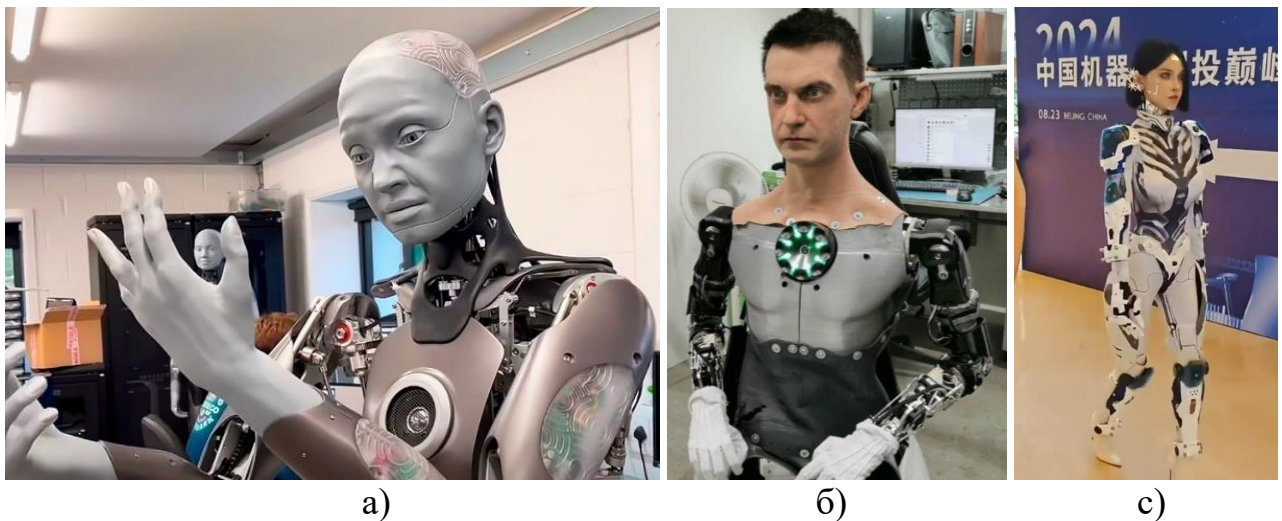


Рис. 1.17. Людиноподібні роботи: а) Британія; б) Росія; в) Китай

2. ОСНОВНІ ЕТАПИ РОЗВИТКУ КОНСТРУКЦІЇ АВТОМОБІЛЯ

У спеціальній літературі історію конструювання автомобіля прийнято поділяти на три періоди. Період, який був до першої світової війни – називається винахідницьким, коли головним завданням була матеріалізація ідеї, створення діючих машин і узагальнення досвіду. Наступний період (приблизно до 40-х рр. ХХ ст.) – інженерний. У цей час були розроблені основи теорії та розрахунку автомобіля, стали можливі швидкохідні, комфортабельні машини, їхнє масове виробництво. Третій період – дизайнерський, на передній план висунулися проблеми відповідності машини запитам споживача, зручність та безпека користування нею, її технічні якості.

Однак розвиток конструкції автомобіля почався ще задовго до його офіційної дати народження – 1886 р. Все почалося з колеса. Воно відоме приблизно з середини 4000 років до н.е. (Месопотамія - Дворіччя, Західна Азія). До цього людина знала, крім пішого ходіння і ходіння морем, ще два види пересування – верхову їзду та переміщення тягарів на волокушах з жердин, гілок та шкур. Можливо, конструкцію колеса підказали людям колоди-катки, за допомогою яких переміщали кам'яні блоки пірамід та інші важкі вантажі. Як правило, всі найдавніші колеса склалися із двох-трьох сегментів, з'єднаних планками (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Стародавні колеса

Пізніше для полегшення колеса в його сегментах стали робити вирізи або складали диск у вигляді ґрат з брусів, розташовуючи їх променеподібно або хрестоподібно.

Так прийшли до спиць, маточини та обода, складеного колеса з брусів, або гнutoго з дерева в розпареному стані.

З появою колеса з'являються одновісні гарби, іноді їх зчіпляли по дві. Виходив двовісний віз, що мав, однак, гіршу прохідність, ніж одновісний. Коли биків замінили кіньми, з'явилися колісниці. Спочатку вони почалися для урочистих виїздів, прогулянок і змагань, потім їх пристосували і для інших цілей: землероби – для вивезення врожаю, кочівники – як похідні житла, тощо.

Колісниці були дуже різноманітні: дво- і багатомісні, дво- і чотириколісні, відкриті та з балдахіном, прості та розкішно оздоблені.

Загальна деталь всіх колісниць - колеса, вільно посаджені на кінці осі, що не обертається. На більш давніх візках, та й на пізніших, аж до залізничних локомотивів і вагонів, обидва колеса обертаються разом з віссю, і на крутих поворотах одне з них прослизає, оскільки ближче до центру повороту робить менший шлях, ніж зовнішнє. У колісниць вони оберталися незалежно одне від одного, не буксували.

Принцип незалежного обертання коліс однієї осі став обов'язковим для автомобілів.

З упадом Римської імперії та розпадом Європи на малі феодальні князівства розвиток безрейкового транспорту загальмувалося на ціле тисячоліття. Їзда в середньовічній колімазі була справжньою мукою і на них головним чином возили вантажі.

У XV ст. було зроблено вирішальний крок у розвитку возів: кузов підвісили через ремені до загнутих кінців рами. Розтягуючись і похитуючи кузов, ремені пом'якшували поштовхи коліс.

У XVI-XVII ст. з'явилися кузова зі шкіряними боковинами тенту, а потім із жорстким дахом і засклені. Засклену карету називали берліною. Наприкінці XVII в. замість ременів з'явилися - сталеві ресори.

Великий внесок у розвиток конструкції кінних екіпажів зробили майстри дореволюційної Росії, гужовий транспорт якої в останніх десятиліттях минулого століття складав близько 1 млн. одиниць.

Протягом багатьох століть удосконалювалися кіннотягові візки. Їх будували, ніби готуючи створення автомобіля. Сліди його екіпажного минулого і зараз можна знайти у влаштуванні коліс, гальм, підвісок, назв кузовів.

Кілька слів про екіпажні та автомобільні назви. Ми називаємо ресори та пружини автомобіля підвіскою, обтічні панелі на колесах –

крилами, хоча його кузов не підвішений до рами, як у карет, а його крила не мають нічого спільного з бризковиками екіпажів, що деренчать. Колеса автомобілів, звичайно, не такі, як у екіпажів. Але в них є і шини, і обіддя, а іноді спиці. А деталі кузова? Тут і каркас, і оббивка, і сидіння, і замок. Все це є і в автомобілі, і в екіпажі.

Присвоєно автомобільним кузовам і назви (рис. 2.2). А термін «седан», прийнятий для кузовів багатьох автомобілів, – ще давніший, ніж слово карета.

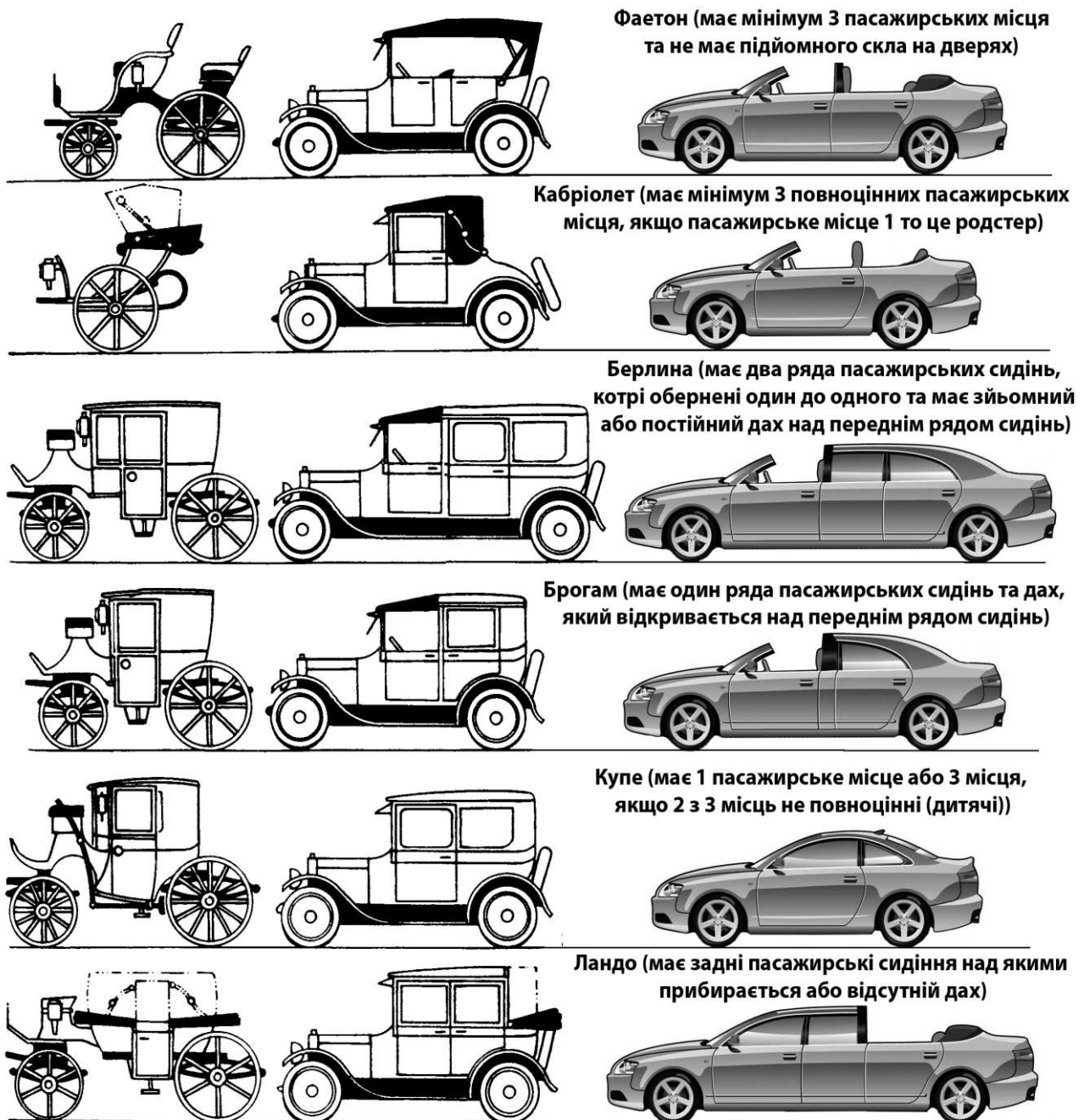


Рис. 2.2. Назва кузовів карет та автомобілів

Залишила слід в автомобільній термінології і «кінська сила». Вона зберігалася донедавна як мірило потужності, доки прийняли загальну одиницю – кіловат (близько 4/3 кінської сили).

Таким чином, у процесі розвитку кінних екіпажів фактично були підготовлені кузов і багато інших механізмів автомобіля. Але краще було б, якби екіпаж став саморушним, безкінним.

Починаючи з XV ст., з'являлися десятки саморушних (розважальних або військових) екіпажів та їх проектів. Тут і конструкції великого Леонардо Да Вінчі, які наводилися в дію слугами, що крокують поряд із візком або перебувають на ній самій, а також проект геніального художника та вченого – пружинний – автомобіль, який за принципом дії нагадує заводні іграшки для дітей. Це й віз німецького художника Альбрехта Дюрера з усіма приводними колесами – якщо одне потрапляє у бруд і ковзає, то інші продовжують котити. Віз став прообразом повнопривідного автомобіля підвищеної прохідності. У середині XVIII ст. російським умільцем Шамшуренковим була виготовлена і випробувана «самобігла коляска», яка керувалася двома слугами, що знаходяться на тому ж візку.

Ще більш досконалим м'язово-силовим екіпажем була «самокатка» видатного російського механіка І.П. Кулібіна, створена в 1791 р. Слуга, який приводив її в рух, знаходився ззаду, «на зап'ятках». Ступаючи на педалі, він штовхав важелі, які передавали зусилля на зубчасте колесо храпового механізму, насадженого на вісь маховичної маси (рис. 2.3).

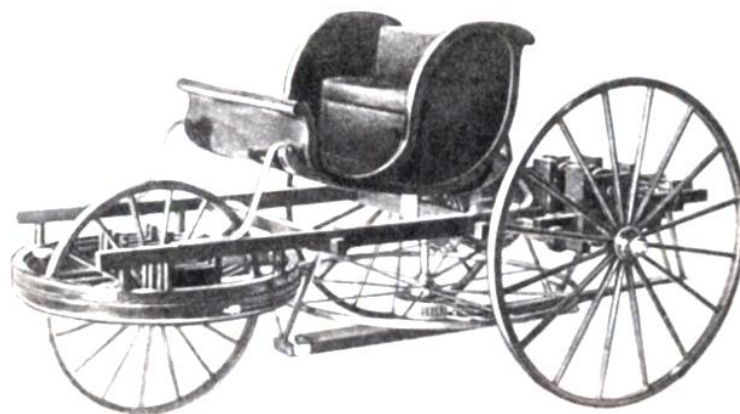


Рис. 2.3. Самокатка І.П. Кулібіна

Хоча І.П. Кулібін створював лише чергову «дикувину», призначену для прогулянок алеями парку, він поставив перед собою

ті ж завдання, які стоять і в наш час перед конструкторами автомобілів: зробити роботу коляски плавною, забезпечити її роботу не тільки по рівних, але і по пересічених дорогах, і на підйомах. Для цього в ній були встановлені коробка передач, великий маховик, який забезпечував плавність ходу, своєрідні роликові підшипники кочення.

Однак подібні м'язово-силові самокати не набули поширення. Правильне рішення легкого самокату, настільки легкого, щоб людина пересувалася на ньому самотужки досить швидко, знайдено було німецьким винахідником Карлом Фрідріхом Драйзом у 1816 р. Він замінив самокатом не екіпаж, а верхового коня, збудував машину, схожу на майбутній велосипед.

Машину назвали «біговою». Вона була легкою і надійною, котилася зі швидкістю до 15 км/год. У другій половині ХІХ ст. бігову машину забезпечили педалями та гумовими бандажами (шинами), замінили дерев'яні колеса сталевими з дротяними спицями, а суцільні дерев'яні та залізні рами – трубчастими, застосували шарикопідшипники.

Пізніше стали монтувати ланцюгову передачу і застосовувати диференціал, винайдений в 1877 р. Джемсом Старлєєм і майже одночасно французом Анрі Пекером.

Удосконалення велосипеда, особливо застосування в його конструкції шарикопідшипників, пневматичних шин і диференціала, мали надалі велике значення і для автомобіля. Так, наприклад, пневматична шина, винайдена англійцем Вільямом Томсоном в 1845 р. (була забута і знову винайдена Джоном Денлопом у 1888 р.), пом'якшувала удари колеса на нерівностях дороги. З її застосуванням стало можливим робити всі деталі машини з меншим запасом міцності та менш важкими; їзда стала не такою стомлюючою. Ця перевага стала відчутною після винаходу 1891 р. французом Едуардом Мішлен швидкознімної шини з камерою.

Увага конструкторів екіпажів, що саморухаються, привертала і така могутня сила природи, як вітер. Вітросилові вози будувалися аж до середини ХІХ ст. Найбільш вдалою з таких конструкцій може вважатися віз голландця Стевіна (див. рис. 2.4), створений в ХІХ ст. Він успішно курсував з пасажирами рівним морським узбережжям, де дули сильні вітри. Однак вітряні екіпажі, які не маневрені і залежать від поведінки вітру, на суші так і не прижилися.



Рис. 2.4. Віз голландця Стевіна

Тільки сучасні спортивні вітрильні сани-буєра нагадують нам про короткий відрізок шляху, яким йшло людство, розвиваючи свої сухопутні засоби пересування.

Великий фізик І. Ньютон в 1680 р. пропонував побудувати реактивний автомобіль. Реактивну тягу мала створювати пара, що виходить з котла через вузьке сопло. Ідея Ньютона в принципі була правильною, але дослідник не звернув увагу на те, що потужність струменя має бути набагато вищим, ніж могли створювати примітивні казани того часу.

2.1. Винахідницький період історії конструкції автомобіля

Першим практично діючим паровим автомобілем вважається «паровий віз» французького винахідника Ніколя-Жозефа Кюньо (рис. 2.5).



Рис. 2.5. Паровий віз Н. Кюньо

Віз виготовили в 1769 р. Наведемо деякі її технічні дані.

Вага воза була 1 т, стільки ж прийшлося на частку самої парової машини. Машина передбачалася як потужна тягова сила для артилерійських знарядь та перевезення снарядів. Віз перевозив до 3 т вантажів, пересувався зі швидкістю 2 – 4 км/год. Вся парова машина розташовувалась на передньому поворотному візку і в дію приводилися передні колеса, тому з керуванням такої машини могли

впоратися не менше двох осіб. Недосконалість парової машини, та й усієї конструкції в цілому призвела до того, що на випробуваннях стався нещасний випадок, що спричинив поломку паромобіля. Парижани не побажали бачити його на своїх вулицях, а машина була здана до Консерваторії наук, мистецтв та ремесел.

Кюньо мав численних послідовників. «Століття пари» породило ще кілька десятків подібних самоходів. Їх винаходили у різних країнах. Зробили свій внесок у розвиток парових автомобілів і російські дослідники. Так, у 1830 р. лафетний майстер Янкевич запропонував проект «парового швидкоката». Проект передбачав використання оригінального на той час котла з димогарними трубами, що значно знижувало масу машини. Швидкість паромобіля, за розрахунками автора, мала становити щонайменше 30 км/год.

У 1837 р. група дослідників на чолі з інженером Гур'євим виступила із пропозицією про створення сухопутних пароплавів у Росії. Цим ґрунтовно розробленим проектом передбачалося будівництво спеціальних доріг « колесо - провідів » між великими містами країни. Дорогами мали курсувати парові тягачі з причепами – вагонами. Сама дорога мала являти собою дві широкі колії, вимощені дерев'яними шашками, поставленими торцями на основу. Така дорога була б дешевою, оскільки її виготовлення передбачалося з місцевих матеріалів. Але, на жаль, усі ці цікаві проекти не було реалізовано.

Класичною країною сухопутних пароплавів стала Англія. Тут уже в середині минулого століття зустрічалися найрізноманітніші конструкції паромобілів – від невеликих слабосильних машин до справжніх гігантів, які перевозили до півсотні пасажирів разом з їх майном.



Рис. 2. 6. Омнібус У. Черча

Такими були чотири «паровики» Голсуорсі Брнея, які здійснювали регулярні рейси та наїздили у 1831 р. 6 тис. км. Таким був і перший омнібус Вільяма Черча (1832) (рис. 2.6).

Найдивовижнішим у ньому були два великі колеса – по одному спереду та ззаду, за допомогою яких він маневрував, та два бічні,

які надавали йому стійкості. Машина курсувала більш-менш регулярно на лінії Лондон - Бірмінгем і вміщала 50 осіб. Швидкість цього паровика досягала 16 км/год.

Якийсь час парові автомобілі успішно розвивалися у Франції (рис. 2.7). Їхні двигуни були оснащені гасовими пальниками замість вугільних топків, стали легшими та потужнішими.

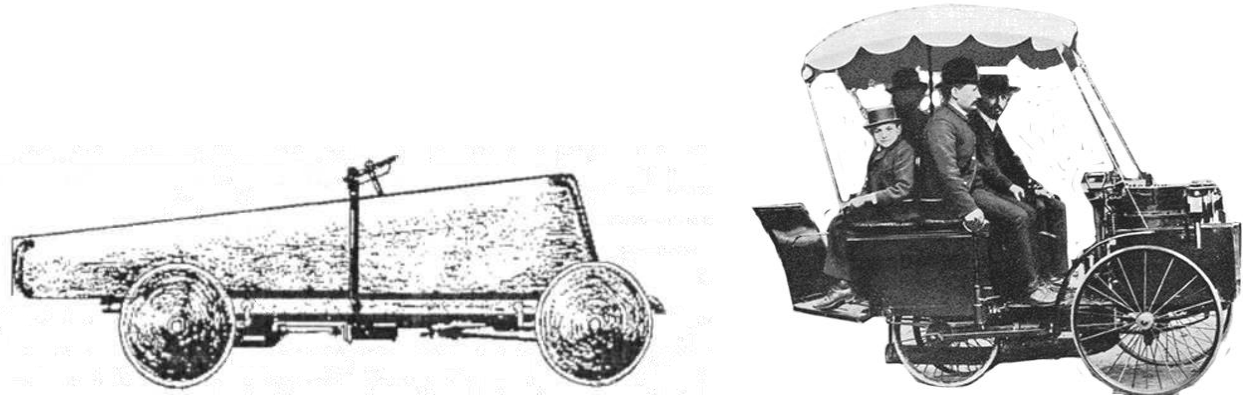


Рис. 2.7. Парові автомобілі

Леон Серполле (1858 – 1907 рр.) замінив котел із довгою багаторазово вигнутою трубою-змійовиком. Запас води міг бути зменшений, змійовик швидко розігрівався. На парових візках почали застосовувати еластичні шини, рульову трапецію, диференціал, ланцюговий і навіть карданний привід від парової машини до ведучих коліс.

Усі описані вище механізми можна знайти у конструкціях Андре Болле (1844 – 1917) рр.) та його сина. Автомобілі Болле розвивали швидкість до 38 км/год були дуже схожі по компоновці на майбутній класичний автомобіль. У них передбачені навіть такі конструктивні елементи, як незалежна підвіска, колеса та металевий кузов, що набули поширення та автомобілях лише в 30-х рр. ХХ ст.

Однак паровий двигун ХІХ ст. мав багато недоліків. Один тільки старт парового автомобіля вимагав великої спритності та забирав багато часу. У дорозі машиніст мав стежити за рівнем води в котлі, через кожні 30- 40 км. його потрібно було заправляти.

Парова машина була недостатньо надійна та практично недоступна для масового споживача. Автомобіль зажадав іншого двигуна, двигуна компактного, що легко запускається та економічного. Таким двигуном став двигун внутрішнього згорання.

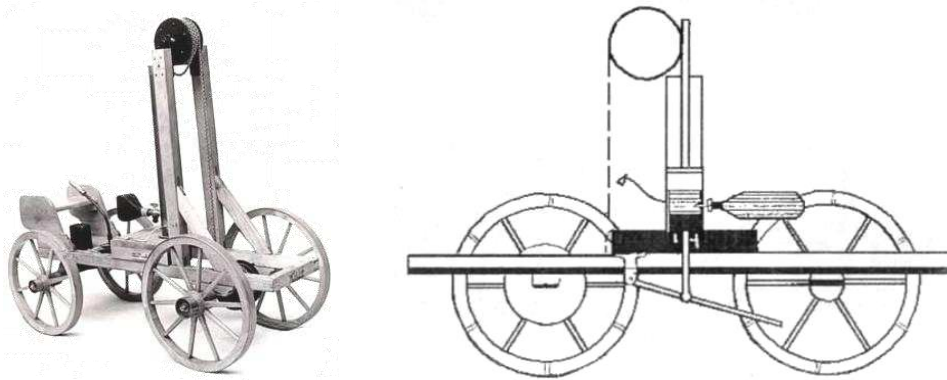


Рис. 2.8. Візок конструкції І. де Рівса

Одним з попередників такого двигуна є конструкція Ісаака де Рівса (рис. 2.8), яка захищена патентом у 1807 г. У конструкції Рівса розміщувався вертикальний циліндр як стовбур. У ньому містився своєрідний поршень «куля». Коли заряд пороху (за деякими джерелами – світільного газу) під поршнем вибухав від електричної свічки, поршень піднімався вгору, і крізь систему тяг цей рух передавалося на колеса воза, де встановлювався циліндр. Віз проїхав всього кілька метрів.

Загалом ідея була правильною. Але порох явно невідповідне паливо для автомобільного двигуна. І в другій половині ХІХ ст. увагу дослідників привернув світільний газ. Першу працездатну конструкцію ДВС, який працював на цьому газі, створив французький механік Етьєн Ленуар в 1860 г. Микола Август Отто вдосконалює його. Але газовим двигунам не судилося стати двигунами перших автомобілів.

У 1885 р. Готліб Даймлер отримав патент на чотиритактний двигун, котрий міг працювати на бензині. Частота обертання валу двигуна Даймлера була в 4–5 разів більша, ніж у газових двигунів, і досягла 450–900 об/хв, а потужність на 1 л. робочого об'єму вдвічі більша. Відповідно могла бути зменшена маса. До транспортної специфіки додамо закритий картер двигуна, заповнений мастилом і захищає рухомі частини від пилу і бруду. Охолодженню води в навколишньому двигуні «сорочці» сприяв пластинчастий радіатор. Для запуску двигуна служила заводна рукоятка.

Проте є підстави вважати, створення першого ДВЗ пов'язані з ім'ям нашого співвітчизника, морського офіцера О. Костовича.

О. Костович був людиною, що технічно широко освічена, тому наприкінці 70-х років. XIX ст. він створив проект дирижабля. Як рухову установку для повітряного гіганта О. Костович запропонував ДВЗ власної конструкції, який працював на бензині. Оригінально і сміливо спроектований двигун був багатоциліндровим. Це давало можливість при порівняно невеликій масі отримати потужність 80к.с. (59 кВт) та забезпечувало велику плавність роботи. Вісім циліндрів було розташовано горизонтально.

Двигун мав електричне запалювання, в ньому була застосована водяна система охолодження. У 1882–1884 роках цей двигун був виготовлений на Охтирській судноверфі. Нині він зберігається у Москві, у музеї авіації та космонавтики ім. Жуковського.

Створення перших автомобільних двигунів Г. Даймлера тісно пов'язані з Росією.

У офіційній фірмовій біографії (1935 р.) Г. Даймлера сказано: «У 1881 р. Г. Даймлер об'їздив Росію, щоб в місці познайомитися з нафтою...». 1882 р. став поворотним у житті Даймлера. Цей рік можна вважати роком народження автомобільного двигуна, хоча сам двигун був готовий лише наступного року.

Чому саме подорож до Росії знадобилося Г. Даймлеру для здійснення його задумів? У Росії вже працював завод з перегонки сирої нафти в гас. Хімік А. Літній провів експерименти та довів, що перегонка нафти та її залишків через розпечені залізні труби дає різні продукти, зокрема, таке пальне, як бензин. Легке нафтове паливо було саме тим, що шукав Даймлер для екіпажного двигуна. Крім того, він ознайомився із машинобудівною технікою, побував у містах Москва, Тула, Київ, Одеса, Харків.

З появою ДВЗ було все необхідне для створення легкого екіпажу-автомобіля, що рухається самостійно. Зареєстровано 416 патентів на почесний титул винахідника автомобіля. Проте з них найпомітніший слід в історії створення автомобіля залишили не більше ніж п'ять.

Зігфрід Маркус (1831 – 1898 рр.) створив у 1875 р. віз, здатний їздити без допомоги коня (рис. 2.9). Зігфрід Маркус запропонував цікаві рішення окремих механізмів машини, наприклад, карбюратор.

Джордж Селден (1846 - 1932 рр.) 1879 р. зробив патентну заявку на влаштування автомобіля. Однак, оскільки в його конструкції - двигун був змонтований на передній осі і повертався разом з нею,

прийнято вважати машину Селдена не автомобілем, а візком з моторним передком.

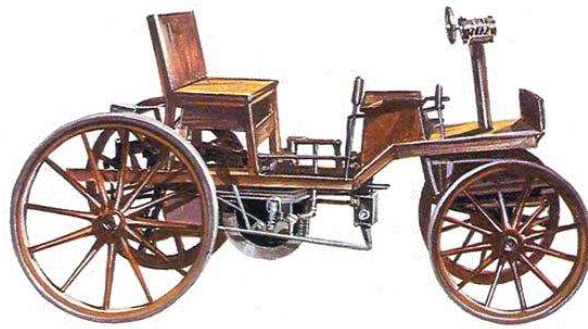


Рис. 2.9. Перший прообраз автомобіля

Едуарді Деламааре-Дебутвілі (1856 – 1901 рр.) в 1881 р. отримав патент на візок із пристосованими до нього механізмами. Існує лише копія, відтворена вже в наші дні за патентним схематичним кресленням.

Високої честі винахідників автомобіля удостоєні Готліб Даймлер (1834–1900 рр.) та Карл Бенц (1844–1929 рр.). Обидва побудували діючі самовізні візки 1885 р. і 1886 р. уточнили патенти. К. Бенц побудував триколісну машину, перша машина Г. Даймлера була двоколісною, а друга чотириколісною (рис. 2.10).



Рис. 2.10. Перші автомобілі

Таким чином, 1886 став роком народження автомобіля. У деяких публікаціях того часу згадується прізвище промисловця А. І. Путілова, який у 1882 р. з групою інженерів створив екіпаж, що саморухається, з бензиновим двигуном. Наводиться факт, що в одному з приволзьких міст автори демонстрували свою розробку в дії. Проте достовірних джерел, які б підтвердили реальність

існування автомобіля А.І. Путілова немає, тому дослідники, говорячи про історію автомобіля, обмежуються лише згадкою про цього винахідника. Першим автомобілем, що взагалі з'явився в Росії, вважається автомобіль марки Панар-Левасор. У 1891 р. він роз'їжджав вулицями м. Одеса.

Першим російським автомобілем вважається конструкція - лейтенанта військово-морського флоту Євгена Олександровича Яковлева (1857 – 1898 рр.) (рис. 2.11), створена ним в 1896 г. разом із гірським інженером Петром Олександровичем Фрезе, власником каретних майстерень. Машина демонструвалася на Всеросійській художній виставці в Нижньому Новгороді і на той час анітрохи не поступалася іноземним зразкам.

Одноциліндровий чотиритактний двигун здатний розвивати швидкість до 21 км/год; запалювання від батарей сухих елементів. На відміну від іноземних зразків, у ньому регулювалася подача не палива, а паливо-повітряної суміші. Оригінальними були також клапанна група, гальма з ручним та ножним керуванням.



Рис. 2.11. Автомобіль конструкції Є.О. Яковлева та П.О. Фрезе

Наприкінці XIX ст. (рис. 2.12) у технічно розвинених країнах з'явилося різноманіття транспортних засобів. Автомобільний парк США був таким: 22% усіх випущених механічних екіпажів склали бензинові автомобілі, 38% – електромобілі та 40% – паромобілі. Але вже до 1910 р. частка двох останніх скоротилася до 1% (див. рис. 2.12).

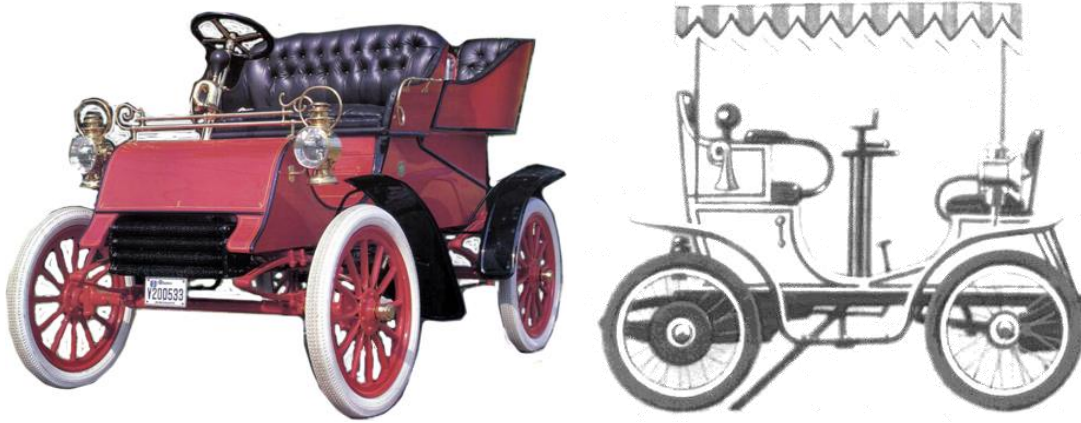


Рис. 2.12. Легкові автомобілі кінця XIX ст.

Пояснюється це тим, що суперники бензинового двигуна не мали складних систем запалення та коробки передач у трансмісії. У парової машини і електродвигунів зусилля на вихідному валу збільшується зі зменшенням частоти обертання, тобто немає необхідності збільшити зусилля за допомогою коробок передач на початку руху екіпажу з місця та під час його розгону, при русі бездоріжжям (рис. 2.13).

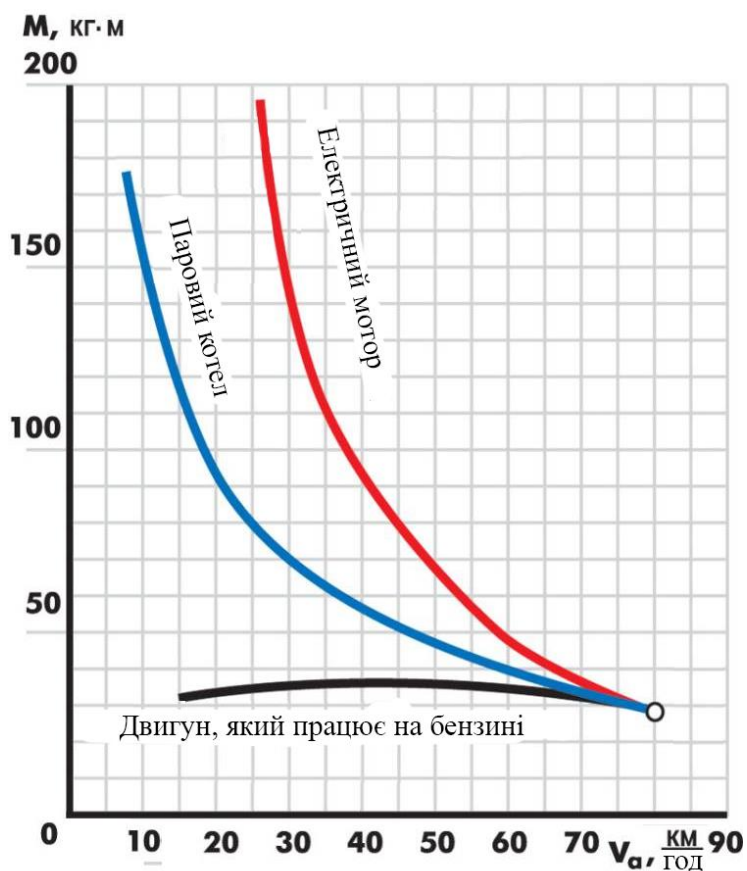


Рис. 2.13. Зовнішні швидкісні характеристики двигунів

Звідси і простота управління – немає педалі зчеплення та важеля коробки. Простота конструкції та управління, надійність небагатьох рухомих частин, безшумність, а для електромобіля ще й бездимність були головними перевагами «суперників». Крім того, показники питомої енергоємності силових установок були приблизно однакові. На початку ХХ ст. бензиновий двигун швидко удосконалювався. І вже до 1905 – 1910 р.р. його питома енергоємність у 4 – 5 разів була вищою, ніж у конкурентів. Отже, на початку ХХ ст. бензиновий двигун для автомобіля практично став найзручнішим і найвигіднішим.

До кінця ХІХ ст. для автомобіля типове компонування з двигуном, розташованим ззаду (під сидінням), та з ремінним приводом від нього на поперечний вал, далі ланцюговий привід на задні колеса (рис. 2.14).



Рис. 2.14. Автомобіль кінця ХІХ ст.

Але вже у 1890-х роках. головний конструктор французької фірми «Панар-Левассор» запропонував нове компонування автомобіля: двигун і радіатор розташовані попереду, зусилля через зчеплення та коробку передач передається на проміжний вал, а від нього ланцюгами на задні колеса. Зчеплення складалося з двох конічних дисків, які можна зближувати. У коробці передач було два вали з набором шестерень різних діаметрів. Вводячи в зачеплення ту чи іншу пару шестерень, можна змінювати частоту обертання вторинного валу і величину зусилля, що передається колесам. Це так зване класичне компонування загалом збережено й в наші часи.

У першому десятилітті ХХ ст. склалася специфічна конструкція автомобіля. У США домінували прості за будовою дешеві автомобілі, у Європі – машини спортивного типу. Конструктори почали винаходити нові форми кузовів.

Справжня революція в автомобілебудуванні була здійснена Генрі Фордом, який вперше організував випуск моделі "Форд-Т" на конвеєрі.

Форд встановив на модель "Т" невелику (до 1000 дол.) Ціну, але випускав десятки тисяч, потім мільйони машин на рік. Протягом 19 років майже в незмінному вигляді випускалася ця модель, і дорогами земної кулі таких автомобілів їздило більше, ніж решту.

Поряд із найпростішими (рис. 2.15), порівняно дешевими автомобілями по типу «Форда», «Олдсмобіля» або «Пежо», все більшу роль грали так звані «представницькі». Їх Позитивні якості: надійність, комфорт, ретельне оздоблення (рис. 2.16).



Рис. 2.15. Автомобілі початку ХХ ст.



Рис. 2.16. Легкові автомобілі початку ХХ ст. «представницького» класу.

До 1910 р. автобусів і вантажних автомобілів (рис. 2.17), за словами журналістів, дійсно корисних, було небагато. Не завжди вони успішно конкурували з кінними візками.



Рис. 2.17. Вантажні автомобілі початку ХХ ст.

Поступово з платформи (з двигуном під нею), як, наприклад, на вантажівці конструкції російського інженера Луцького (рис. 2.18), що випускався з 1896 р. на заводі Даймлера в Європі та Леснера в Росії, і фургончика на легковому шасі (рис.2.17), виріс вантажний автомобіль, з омнібуса - автобус.

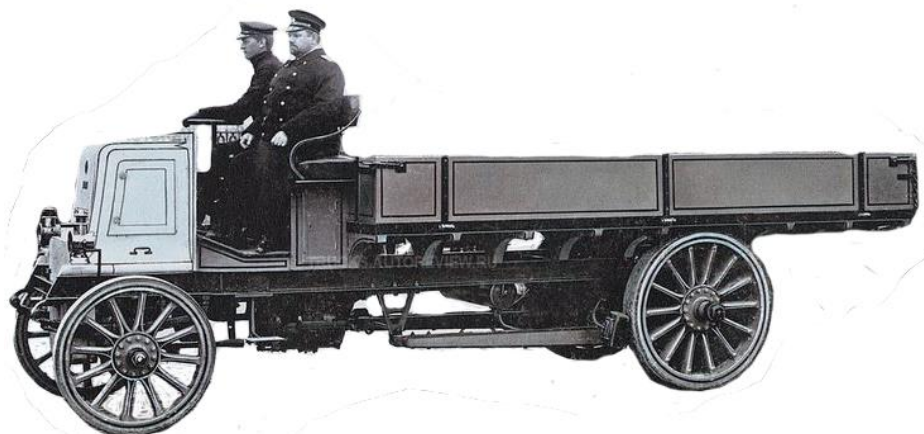


Рис. 2.18. Автомобіль Луцького

Починає зароджуватися спеціальний та спеціалізований транспорт. Так, у 1902 г. ідею змінних кузовів, вперше реалізовану на поштових диліжансах у Парижі ст 1842 г., підхопила німецька фірма « Дюркопп ». Вона створила легковий автомобіль, власник якого міг замінити на свій розсуд відкритий кузов на закрите купе.

У 10-х роках. ХХ ст. деякі невеликі фірми, щоб протистояти конкуренції сильніших компаній, пропонували легкові машини, у яких всю задню частину можна було замінити на іншу. Її знімали з

шасі вручну і замість цього ставили (наприклад, на зиму) закритий кузов, а влітку – відкритий, для виїздів можна було поставити більш комфортабельний кузов «лімузин», а потім на його місці змонтувати вантажну платформу, перетворивши автомобіль на пікап. Змінні кузова застосовували, наприклад, на чехословацьких легкових автомобілях «Прага-Альфа» у 20-х роках. XX ст. (Рис. 2.19).

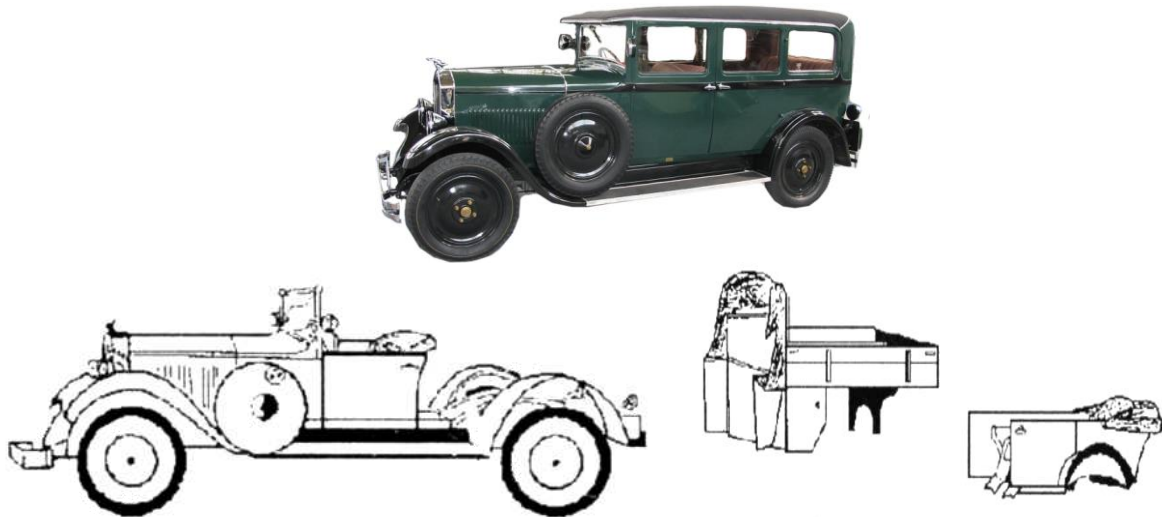


Рис. 2.19. Легковий автомобіль «Прага-альфа»
зі змінними кузовами

У 10-ті роки. XX ст. з'являються перші змінні кузова для вантажівок. Головна мета їх створення – підвищення універсальності машин та розширення виконуваних ними функцій.

Наприклад, у 1919 р. німецька фірма «Магірус» на своїй - стандартній вантажівці пропонувала два типи кузова – бортову вантажну платформу та цистерну. Цей принцип мав особливу популярність у 20 – 30-ті роки. XX ст. Актуальний він і в наші дні.

На території Росії з'являються перші у світі автомобілі підвищеної прохідності. В 1909 р. відомий винахідник, що жив і працював в Петербурзі француз Адольф Кегресс (1879–1944 рр.), запропонував використовувати широку стрічку з верблюжої шерсті (сьогодні її назвали б гусеницею), натягнуту між барабаном, що прикріплений до заднього колеса, і додатковим роликом (див. рис. 2.20).

Щозими на околицях Царського Села під Петербургом А. Кегресс випробовував переобладнаний ним автомобіль «Мерседес». Замість задніх коліс у нього були гусениці (з 1913 р. –

гумові), а поруч із передніми – лижі. Таким чином, машина мала низький тиск на опорну поверхню і могла впевнено рухатися зимовими дорогами.

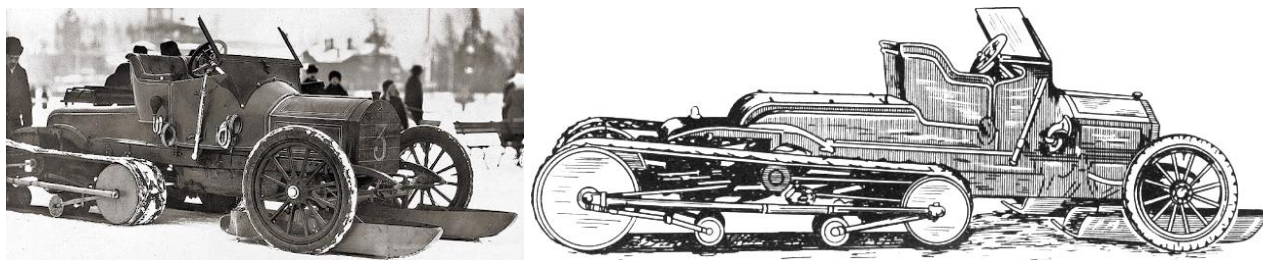


Рис. 2.20. Автомобіль із напівгусеничним рушієм А. Кегреса

Щоденні удосконалення дозволили створити надійну конструкцію, і 1914 г. на Російсько-Балтійському військовому заводі в Ризі було закладено першу партію напівгусеничних автомобілів. Трохи згодом такі ж автомобілі випускалися і на Путилівському заводі. Отже, наприкінці першого десятиліття ХХ в. в основному склалося компонування автомобіля, яке практично дійшло незмінним до сьогоднішніх днів (рис. 2.21).

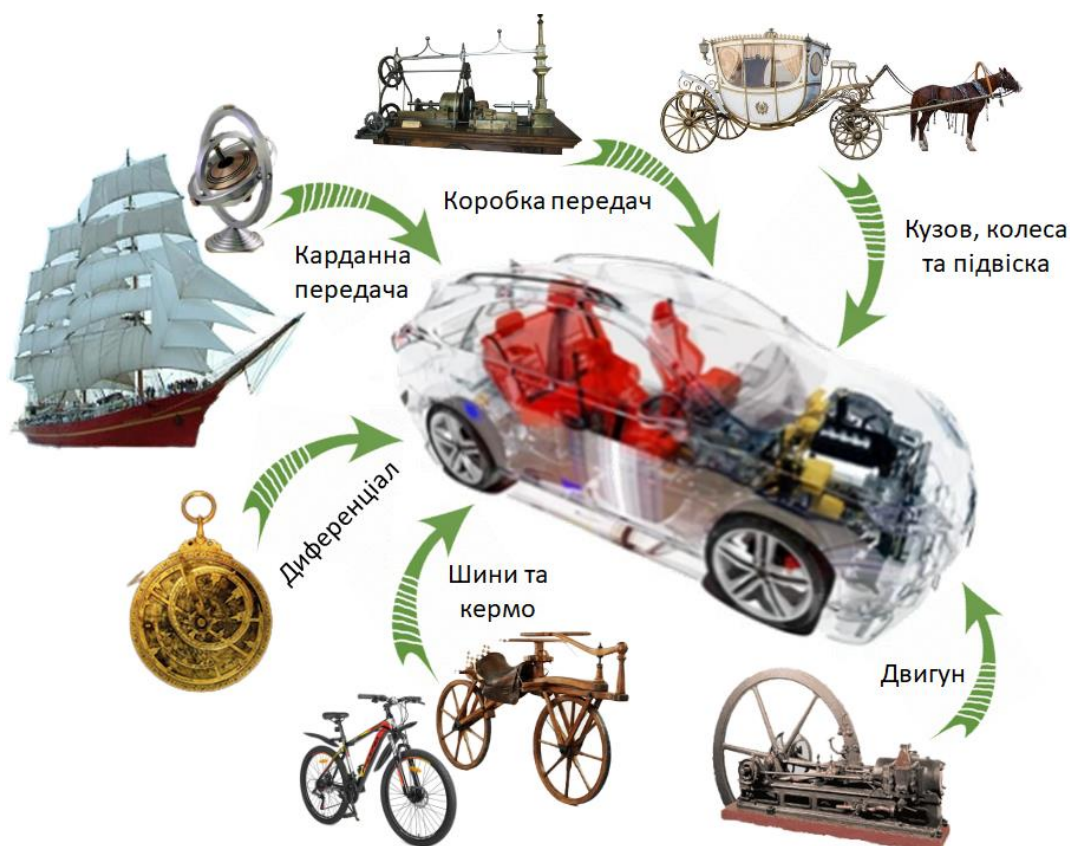


Рис. 2.21. Автомобіль та його попередники

У міру вдосконалення автомобілів вони все менше схожі на екіпажі та велосипеди, заводські верстати, стаціонарні двигуни та інші машини.

2.2. Інженерний період історії автомобіля

У 20-ті роки (рис. 2.22) автомобілем американця середнього достатку був "Форд-Т", а європейця - "Сітроен", "Остін" і "Адлер", "Татра", "Лянча", принципово нові "Ганомаг" із заднім розташуванням двигуна, "ДКВ" із приводом на передні колеса.

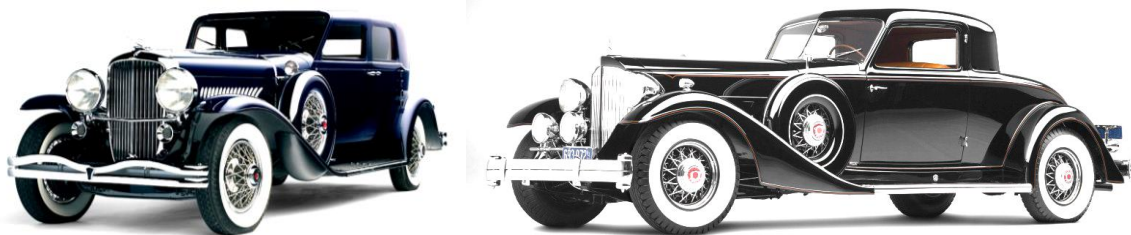


Рис. 2.22. Легкові автомобілі 20-х років.

У 1917 р. на автомобілях «Коламбія» (США) вперше у світовій практиці стали застосовувати жалюзі радіатора.

У 1918 р. на моделях "Мерсер" (США) вперше з'явилися амортизатори двосторонньої дії.

У 1919 р. французька філія «Іспано-Сюїза» застосувала підсилювачі гальм на легкових автомобілях. У Європі розпочали конвеєрне складання автомобілів марки «Сітроен» (Франція).

У 1920 р. вперше на автомобілях "Дюзенберг" (США) застосований гідравлічний привід гальм.

У 1922 р. розпочали серійний випуск автомобіля з несучим кузовом та телескопічними амортизаторами «Лянча-Лямда» (Італія). Завод «Рено» першим розпочав серійне виготовлення трьохосних вантажівок підвищеної прохідності.

У 1925 р. швейцарська фірма «Ойткер» створила гальмівний сповільнювач, вбудований у випускную систему вантажівок. У Парижі на Єлисейських полях випробуваний автомобіль «Рено», що керується по радіо.

У 1926 р. в Англії застосована гідромурфта, у Німеччині та Франції розроблені шарніри рівних кутових швидкостей.

У 1927 році у Франції вперше у світі виготовлено партію автомобілів з рамою з алюмінію.

У 1928 році завод «Кадилак» (США) першим став оснащувати коробку передач своїх машин синхронізаторами.

У 1930 році фірма «Армстронг» (Англія) побудувала перший досвідчений восьмиколійний зчленований автомобіль.

У конструкції та архітектурі великих машин 20–30-х років. ХХ ст. з'явилося багато оригінальних дизайнерських ідей (рис. 2.23).

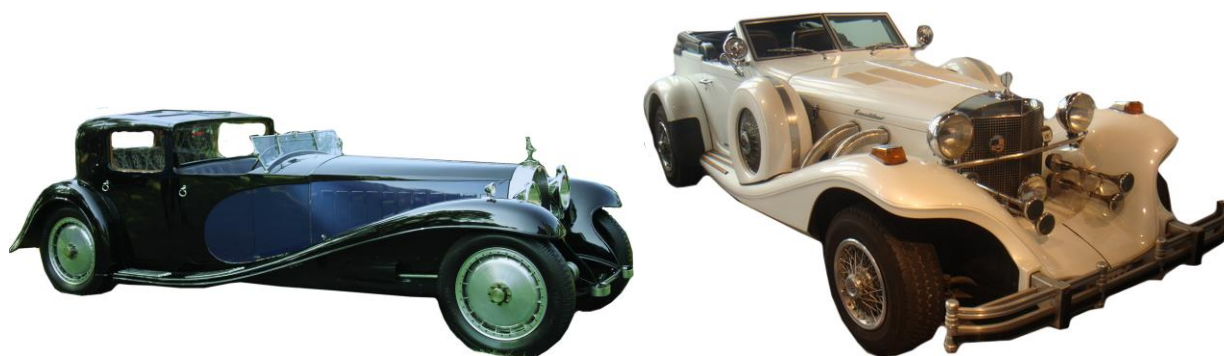


Рис. 2.23. Великі легкові автомобілі 20 – 30-х років. ХХ ст.

Розпочинається активне удосконалення всі системи та вузлів автомобіля.

У 1932 р. Ф. Порше (Німеччина) запатентував торсіонну незалежну підвіску коліс.

У 1933 р. англійські заводи «Лейланд» та «Гай» розпочали випуск вантажівок з колісною формулою 8 × 8.

У 1934 р. почали масове виробництво передньопривідних легкових автомобілів «Сітроен-Траксьйон-аван» з несучим кузовом та торсійною підвіскою коліс.

У 1936 р. завод «Даймлер-Бенц» моделлю «260Д» започаткував серійне виробництво легкових дизельних автомобілів.

У Німеччині почалося серійне виробництво «плаваючих» автомобілів.

У 1938 р. в Англії розпочали експерименти з використання на - автобусі «Лейланд» водневого палива.

У зв'язку зі збільшенням швидкості все більшого значення надавали обтічності автомобіля. У 30-х роках. розвиток пресового - виробництва та зниження центру мас автомобіля для забезпечення його стійкості відкрили дорогу обтічним кузовам (рис. 2.24).



Рис. 2.24. Обтічні легкові автомобілі 30-х рр. ХХ ст.

У 1940 р. проведено випробування легкового армійського автомобіля з колісною формулою 4x4, який взяли за основу заводи "Бантам", "Віліс", "Форд". З цього часу ведуть історію автомобілі типу «Джип» (рис. 2.25).



Рис. 2.25. Позашляховик Віліс-МВ

У 1941 р. у Радянському Союзі вперше у світі розпочався серійний випуск повнопривідного (з колісною формулою 4x4) легкового автомобіля ГАЗ-64, пізніше ГАЗ-67Б (рис. 2.26).

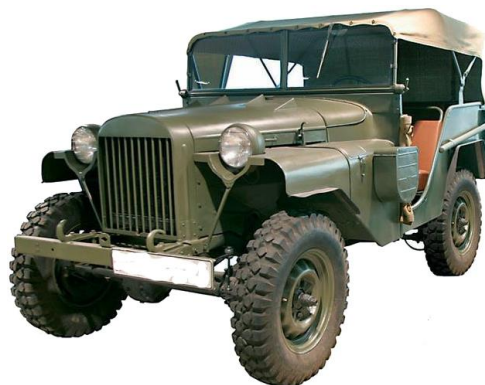


Рис. 2.26. Позашляховик ГАЗ-67Б

Високоманеврений, завдяки короткій базі, автомобіль-розвідник долав будь-які перешкоди і при цьому йшов досить плавно. Знаменитий "Вілліс" серійно почав випускатися лише в 1942 році, через рік після ГАЗ-64. На відміну від Вілліса, ГАЗ-67Б вільно вмщував чотирьох бійців у зимовому одязі з повною викладкою.

Найбільш характерними, з погляду дизайну та конструктивних - особливостей, для легкових автомобілів 30 – 40-х рр. ХХ ст. є моделі «Сітроен 7 CV » та «Фіат-500» (рис. 2.27).



Рис. 2.27. Легкові автомобілі «Сітроен 7 CV » та «Фіат-500»

У 30-ті роки автомобілебудування повертається до газового двигуна. Газобалонний автотранспорт отримав розвиток як у Європі, так і в Америці. Однією з основних переваг газу є можливість підвищення ступеня стиснення двигуна. Це призводить до того, що зменшується зношування двигуна, більш однорідна паливоповітряна суміш, крім того, згоряння газу призводить до менш галасливої, бездимної роботи двигуна. Одночасно з'явилися автомобілі, що дозволяють використовувати для газового двигуна тверде паливо шляхом встановлення на автомобілі спеціального газового генератора (рис. 2.28).



Рис. 2.28. Вантажний автомобіль 30-х років. ХХ ст. (ЗІС-21)

2.3. Дизайнерський період

По праву можна вважати, що дизайнерський період в історії розвитку конструкції автомобіля було відкрито вченими, інженерами та конструкторами Радянського Союзу. Радянський Союз першим серед країн, що брали участь у війні, підготувався до випуску нових, повоєнних моделей автомобілів.

19 червня 1945 року в м. Москва відбулася демонстрація дослідних зразків ГАЗ-20, ГАЗ-51, ЗІС-110, ЗІС-150, ЯАЗ-200.

У 1946 р. сталася подія, що залишила свій слід у світовому автомобілебудуванні аж до наших днів. Розпочато серійне виробництво першого у світі автомобіля з формою кузова без крил, що виступають – ГАЗ-20 «Перемога» (СРСР) (рис. 2.29).



Рис. 2.29. Автомобіль ГАЗ-М20 "Перемога"

"Перемога" - не просто ще один новий автомобіль. Це свого часу принципово нова конструкція. Новизна полягає у самій схемі машини та у пристрої її головного агрегату – кузова. У просторі між пружинами незалежної підвіски коліс встановлений двигун, радіатор зміщений уперед. Слідом за двигуном змістилися сидіння, задне майже повністю вийшло за межі колісних кожухів і розширилося. Став ширшим і весь кузов, колеса заглибилися в його корпус, прибрані виступаючі крила. Всі механізми кріпляться не до рами, а до кузова, що несе. Машина стала нижчою. Її маса розподілилася порівну між усіма колесами.

Щось подібне зроблено на деяких довоєнних автомобілях, наприклад, «Крайслер- Ерфлюо ». Але жоден конструктор масових

автомобілів не використовував усієї ширини автомобіля. Якщо були спроби побудувати «безкрилі» автомобілі, то лише для штучних або дрібносерійних моделей. Новизна компоновання поєднується в конструкції «Перемоги» з м'якою підвіскою коліс, вентиляцією та опаленням, відмінною маневреністю, потужними гальмами.

Форму кузова «Перемоги» запропонував молодий дизайнер В. Самойлов. Немає потреби стверджувати, що закордонні фірми копіювали «Перемогу». Можливо, вони самі дійшли такого ж рішення. Безперечно, однак, що всі масові автомобілі з переднім розташуванням двигуна, що з'явилися після "Перемоги", побудовані за її схемою. Є серед них і такі, які на вигляд неможливо відрізнити.

Післявоєнна Європа перебудовувала свою промисловість на мирний лад. І поки йшла ця перебудова, покупці задовольнялися - поряд із застарілими моделями автомобілів ще й недосконалими машинами-ерзацами. Мала успіх, наприклад, італійська "Ізетта", - куляста карета на чотирьох колесах (рис. 2.30). Інший приклад – "Мессершмітт", що випускався в Західній Німеччині колишнім авіаційним заводом (рис. 2.31).



Рис. 2.30. Легковий автомобіль «Ізетта»



Рис. 2.31. Автомобіль «Мессершмітт»

Він нагадує літак-розвідник: єдиний пасажир сидить позаду водія, для доступу до кузова потрібно відкинути плексигласовий ковпак і переступити через борт.

Почався сучасний період розвитку автомобіля, названий вище дизайнерським.

У 50-60-х роках ХХ ст. в США на першому плані висували зовнішню привабливість автомобіля (рис. 2.32). Чи не щороку змінювалися форми кузовів: то з великою кількістю хромованих прикрас, то з високими хвостами-кілями, то з західними на боковини, на шкоду доступу до кузова і жорсткості його конструкції, панорамним вітровим склом. Кожна нова модель, як правило, виявлялася потужнішою, довшою, важчою і дорожчою за попередню. Легкові автомобілі набували все більш спортивного характеру: невелика кількість місць при великій довжині і надпотужному двигуні. Водночас з'явилися дуже м'які підвіски та сидіння, автоматичні трансмісії, кондиціонери, магнітофони тощо.



Рис. 2.32. Легкові автомобілі США 50 - 60-х років ХХ ст.

У Європі в цей період хоч і в незначних кількостях, але також випускалися легкові автомобілі престижного класу, наприклад, автомобіль Роллс-Ройс «Фантом - V» (рис. 2.33).



Рис. 2.33. Автомобіль Роллс-ройс «Фантом- V»

Найбільш поширеними були автомобілі середнього класу з робочим об'ємом 1,8 – 3,5 м³. Представником цього класу є «Сітроен DS -21» (рис. 2.34). Автомобіль мав гідропневматичну підвіску і протримався у виробництві майже 25 років.



Рис. 2.34. «Сітроен DS-21»

Але все ж таки головним напрямом європейського автобудування стало створення компактних і легких автомобілів, нерідко названих « народними ». У найпоширенішого їх ця назва навіть стала його маркою – «Фольксваген» (рис. 2.35). На відміну від американських машин, що зберігали класичну схему, більша частина європейських вже тоді була побудована за схемою двигун в блоці з провідним мостом (переднім або заднім). За цим принципом з того часу будуються наймасовіші автомобілі.



Рис. 2.35. Компактні європейські автомобілі 50 - 60-х років ХХ ст.

"Фольксваген" належав до тієї ж конструкторської школи, що і "Татра" - двигун ззаду, повітряне охолодження, два ряди циліндрів, підвіска коліс незалежна торсіонна, замість рами - хребтоподібна труба. Його випуск, що досяг за чверть століття світового рекорду - понад 20 млн. штук, припинений у Європі лише в 1973 г. Однак його

випуск продовжений у ряді країн, що розвиваються. Дуже популярними в Європі на цей період у цьому ж класі були автомобілі "ФІАТ-500" та "Сітроен-2CV".

У передньопривідних машинах цінували низький рівень підлоги кузова, здатність проходити повороти без зниження швидкості. Але слабким місцем залишалися шарніри передніх півосей. Чим більший заданий кут повороту коліс, тим складнішими і міцнішими повинні бути шарніри. Доводилося обмежувати кут, що погіршувала маневреність автомобіля. Крім того, зчеплення провідних передніх коліс з дорогою зменшувалося через перерозподіл мас саме в той момент, коли слід його збільшити: на підйомах, при рушанні з місця. Щоб послабити цей ефект, конструктори відсували задні колеса від передніх. Маневреність ще більше погіршувалась, збільшилася маса автомобіля та витрата палива.

Вихід із цього становища знайшов головний конструктор фірми «Морріс». Створений ним автомобіль «Міні» зданий у виробництво 1959 р. та протримався на західному ринку майже 30 років.

Конструктор розмістив двигун уперек між передніми колесами, навантаження на них збільшилося, корпус кузова зайняв місце впритул до них, що дозволило надати пасажирам 4/5 довжини кузова.

У 60-х роках. передньопривідні автомобілі склали вже 20 % всього європейського ринку, задньомоторні – 60 %. Класичне - компонування дещо відступило.

Серед великих машин європейського автомобілебудування періоду 50-60-х років. ХХ ст. необхідно відзначити деякі експериментальні зразки: «Арбіль-Симметрик» з електроприводом всіх коліс, «Мерседес-Бенц» з похилим блоком циліндрів двигуна, «Чизіталія» з дверима-дахами спортивного типу, що відкриваються вгору, газотурбінний автомобіль англійської фірми «Ровер», продемонстрований в 1950 р. (рис. 2.36). У 1952 р. випробовувався газотурбінний двигун «Боїнг» (США), встановлений на 10-тонній вантажівці.

У 1956 р. було створено новий швидкісний міжміський газотурбінний автобус " Золотий дельфін" (рис. 2.37), побудований фірмою " Віберті " в Італії. Цей автобус має довжину майже 12 м. розрахований на 32 особи.

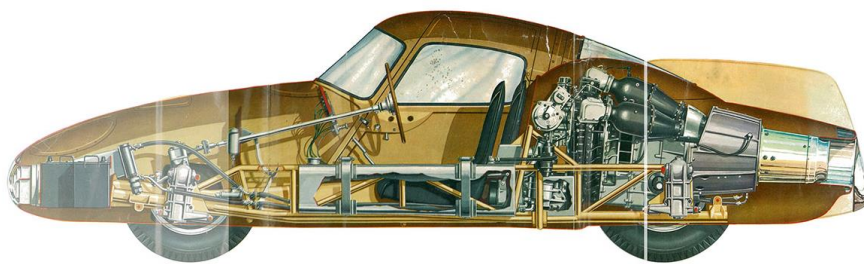


Рис. 2.36. Схема газотурбінного автомобіля "Фіат"

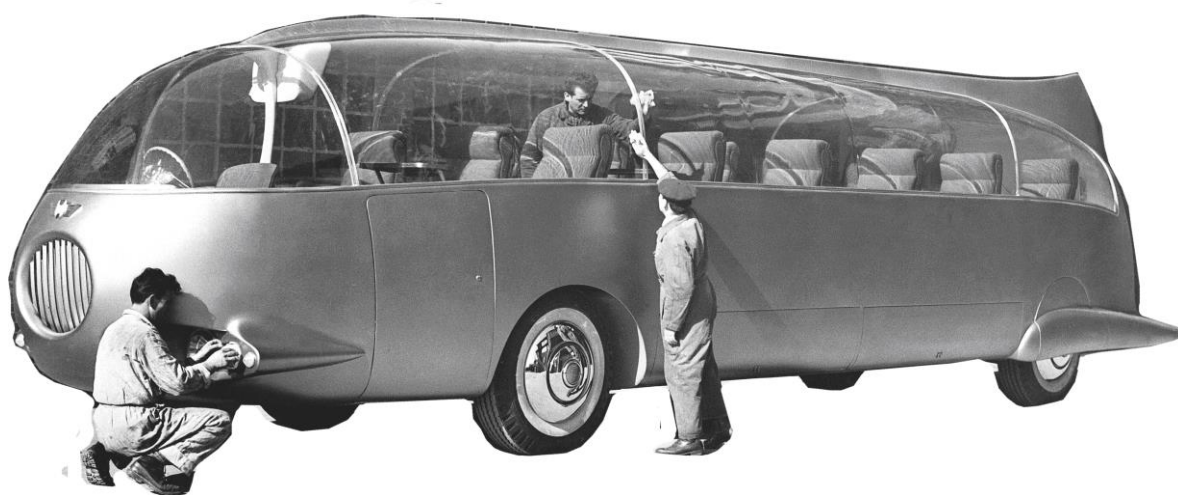


Рис. 2.37. Газотурбінний автобус "Золотий дельфін" (Італія)

У 1959 р. створено перший радянський багатомісний газотурбінний автобус. Основні переваги газотурбінного двигуна перед поршневим: менша кількість деталей, хороша врівноваженість мас (завдяки відсутності деталей, що здійснюють зворотно-поступальний рух), мала вага, багатопаливність, економічність на рівні дизельного двигуна.

У середині 50-х років ХХ ст. з'явилися безкарбюраторні бензинові автомобільні двигуни, в яких паливо за допомогою спеціального насоса стали під великим тиском вводити прямо в камеру згоряння (або ж у всмоктуючий трубопровід біля впускного клапана). У цьому потужність автомобільного двигуна збільшувалася на 15 – 25 % проти карбюраторним двигуном, а економічність підвищувалася на 5 – 15%.

У 1956 р. безкарбюраторні двигуни з паливною апаратурою - фірми «Бош» були вперше встановлені на автомобілях «Мерседес-Бенц».

Говорячи про досягнення радянських дизайнерів у 50 – 60-ті роки ХХ ст., доречно було б навести слова Р. Глора з його капітальної праці «Післявоєнні автомобілі», виданого у Швейцарії: «Надзвичайно незвичайний експериментальний НАМІ-013 із заднім розташуванням двигуна, що звужується до хвоста обтічною формою кузова і висунутим вперед сидінням водія. У цьому місткому автомобілі передбачені багато чисельні перспективні технічні особливості: автоматична трансмісія, серворуль, незалежна підвіска задніх коліс, дверні прорізи, що заходять на дах, та інші хитромудрі елементи. НАМІ-013 дав імпульс для розробки мікроавтомобіля НАМІ А50 "Білка", який, на жаль, не пішов у виробництво. Він був показаний у 1956 г. у варіантах чотиримісної машини вагонного типу із входом спереду, а також здатного плавати. Форма маленької закритої машини з великим панорамним склом була виключно оригінальною...» (рис. 2.38).



Рис. 2.38. Перші у світі легкові автомобілі вагонного компонування (НАМІ-013 та НАМІ А50 «Білка»)

Успіх радянських дизайнерів був закріплений у конструкції п'ятимісного автомобіля-таксі ВНДІТЕ-ПТ, створеного наприкінці 1964 г. у Всесоюзному інституті технічної естетики (рис. 2.39).



Рис. 2.39. Автомобіль-таксі ВНІТЕ-ПТ

У Європі подібні технічні рішення почали з'являтися лише через 10 років, наприклад, як таксі «Альфа-Ромео» (Італія 1975 рік).

Ідея вагонного компоновання виявилася настільки вдалою, що до середини 80-х років ХХ ст. була прийнята на озброєння при проектуванні легкових автомобілів практично всіма провідними фірмами світу.

На дизайн легкових автомобілів 70-80-х років ХХ ст. (рис. 2.40), насамперед, вплинули нафтові кризи 70-х рр. та підвищення цін на нафту. Все це змусило автомобілі будівельників відмовлятися від масового виробництва особливо висококласних (з погляду витрати палива) легкових автомобілів.



Москвич 2140



ІЖ – 2126



Citroen – CX



Renault – 5



Opel – KADETT

Рис. 2.40. Легкові автомобілі кінця 70-х початок 80-х рр. ХХ ст.

У зв'язку з цим адміністрація США ввела в дію обов'язкову для автомобільних фірм програму, згідно з якою випускаються ними автомобілі 1980 г. повинні були мати витрату палива трохи більше 11,8 л/100 км, в 1985 г. – 8,5 л/100 км, а 2000 – менше 5 л/100 км. Тому тоді в усіх країнах світу переважна більшість легкових автомобілів випускалося середнього та малого класів (див. рис. 2.41).

Одним з найбільш цікавих і, на думку японських фахівців, перспективних конструктивних рішень цих років є створення легкового автомобіля з усіма провідними колесами, що не відключаються.



Morris (Англія)



Honda-City



Lancia Y10



Fiat UNO



BMW M5



ВАЗ – 2108

Рис. 2.41. Легкові автомобілі 80-х років ХХ ст.

Першою такою серійною машиною була 1977 г. «Нива», за нею пішли «Ігль», «Ауді», «Фольксваген-Пасат» та ін.



«Нива»



Mitsubishi ASX



Chevrolet Captiva

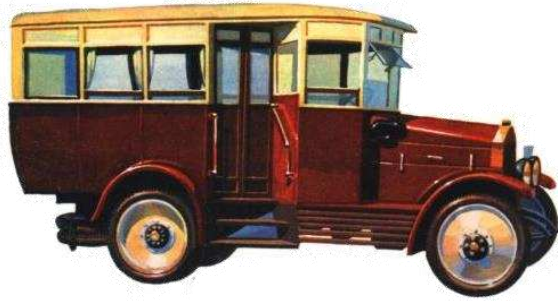


Grand Santa Fe

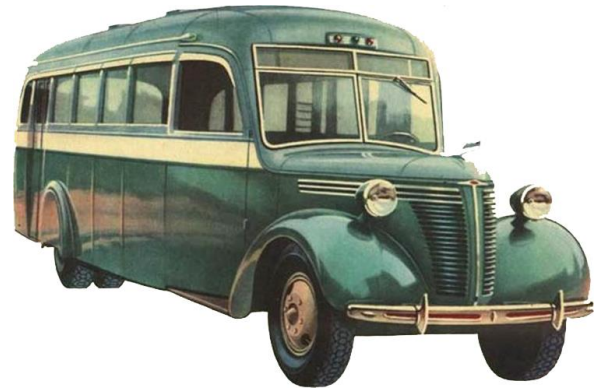
Рис. 2.42. Легкові автомобілі початку ХХІ ст.

Головна перевага інтегрального, як його називають, приводу полягає в тому, що він відкриває практично необмежені можливості вдосконалення компонування автомобіля, вирішує проблеми, пов'язані зі стійкістю та керованістю автомобіля, тому на початку ХХІ ст. автомобільний парк легкових автомобілів розширюється переважно за рахунок автомобілів з усіма провідними колесами (SUV та позашляховиків).

Але вагонне компонування виявляється перспективним не тільки для легкових автомобілів. На автобусах вона була головною вже практично з 40-х років ХХ ст. (Рис. 2.43).



АМО



ЗІС-16



ЛАЗ – 967М



Mercedes-travego

Рис. 2.43. Еволюція компонування автобуса від двооб'ємного. до вагонної

З третьої чверті ХХ ст. вагонна компоновка використовується також і на вантажних автомобілях (див. рис. 2.44). На початку ХХІ ст. при створенні зовнішнього вигляду вантажного автомобіля враховуються ергономічні та аеродинамічні його властивості



XIX ст.



Середина XX ст.



Третя чверть XX ст.



Наприкінці XX ст.



Вантажні автомобілі початку XXI ст.



Перспективні розробки вантажних автомобілів початку XXI ст.

Рис. 2.44. Розвиток компонування вантажних автомобілів

3. ДВИГУН: ВІД ВОДЯНОГО КОЛЕСА ДО ПАРОВОГО ДВИГУНА

Початок історії людства прийнято пов'язувати з тим часом, коли люди навчилися добувати вогонь тертям, тим самим перетворюючи механічну енергію на теплову. Але минули тисячоліття, як були відкриті способи зворотного перетворення теплової енергії на механічну. Необхідність у ефективному двигуні почала особливо гостро відчуватися під час промислової революції ХІХ ст. Про технічне оснащення дає уявлення його назва – мануфактура (від лат. *manus* – рука та *factura* – твір).

Головним джерелом механічної енергії на той час було водяне колесо.

Гідравлічні колеса застосовувалися вже в країнах Стародавнього Сходу: в Єгипті, Китаї та Індії, водяні млини використовувалися в Стародавній Греції та Римі.

Зазвичай потужність водяного колеса не перевищувала кількох десятків кіловат, кількість обертів водяного колеса була також незначною, приблизно від 1 до 10 об/хв. Залежно від конструкції водяного колеса ККД його коливався від 0,3 до 0,75.

Залежно від висоти напору води розрізняються три типи водяних коліс: нижньобійні, середньобійні та наливні, або верхньобійні колеса (рис. 3.1).

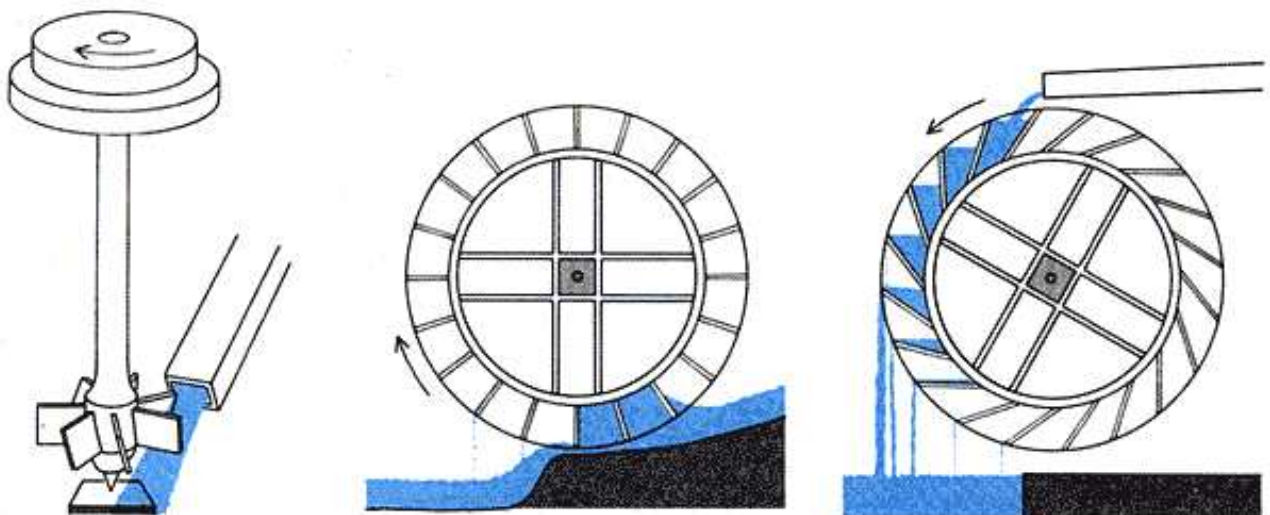


Рис. 3.1. Гідравлічні колеса

У XVII - XVIII ст. водяне колесо розвивалося у наступних трьох напрямках. Здійснювався перехід від нижньобійних коліс до верхньобійних, як більш продуктивним, поступово починали застосовувати метал для валів та інших деталей колеса; збільшувався його діаметр.

Прагнення підвищити потужність двигуна змушувало будувати гідравлічні установки великих розмірів. У Франції майстер Р. Салем під керівництвом А. де Віля спорудив у 1682 найбільшу гідросилову установку з 13 коліс, діаметр яких досягав 8 м. Колеса, встановлені на річці Сені, приводили в дію 235 насосів, що піднімали воду на висоту 163 м. Ця система, що постачала водою фонтани королівських парків у Версалі та Марлі, отримала у сучасників назва «диво Марлі».

Великих успіхів у галузі будівництва гідротехнічних споруд досяг російський винахідник К.Д. Фролов (1726–1800 рр.) на Коливано-Воскресенських копальнях Алтаю. У 70-х роках XVIII ст. на Алтаї перейшли до розробки срібних руд, що залягали на більш глибоких горизонтах. Водовідливні підйомні машини, що використовувалися раніше, які рухаються вручну чи кінної тягою, не могли забезпечити відкачування води і підйом руди на поверхню. Для збільшення кількості руди К.Д. Фролов розробив проект будівництва комплексу вододіючих установок. Після тривалої боротьби із чиновниками Гірського відомства К.Д. Фролову вдалося домогтися затвердження своїх пропозицій. На протязі 1783-1789 років він із своїми помічниками здійснив свій проект. Це була найбільша гідротехнічна споруда XVIII ст. (Рис. 3.2).

К.Д. Фролов побудував греблю заввишки 17,5, шириною по верху 14,5 м, в основі – 92 м та завдовжки 128 м, що створювала необхідний тиск води. По спеціальній штольні в 443 м і каналу довжиною 96 м вода надходила на перше гідравлічне колесо діаметром 4,3 м, що приводило в рух пилку для розпилювання деревини. Потім вода поділялася на два потоки: один йшов до Преображенського рудника, а інший за підземним виробленням завдовжки 128 м подавався до рудопідйомного колеса Катерининського рудника. Це колесо забезпечувало підйом руди з горизонтів 45 м, 77 м та 102 м. Протягом однієї години піднімалися 12 бадей вагою 30 пудів кожна. Підйомна машина обслуговувалась 12 робітниками. Від колеса вода з вироблення довжиною 64 м

прямувала до рушія водовідливної установки. Діаметр колеса досягав 17 м. Передача руху насосами здійснювалася за допомогою штанги, розміщеної у спеціальному виробленні довжиною 45 м. Вода насосами відкачувалася з глибини 213 м.

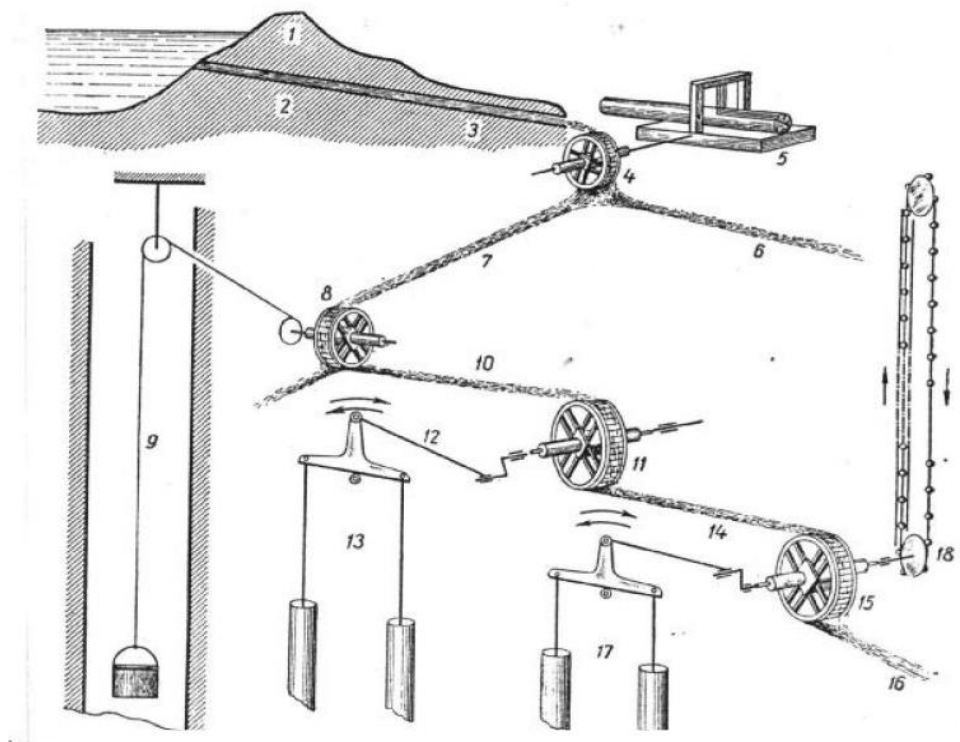


Рис. 3.2. Схема гідротехнічних споруд К.Д. Фролова:

- 1 – гребля; 2 – штольня; 3 – канал; 4 – водяне колесо; 5 - тартак;
- 6 – відведення води до Преображенського рудника; 7 – підземний канал;
- 8 – водяне колесо; 9 - рудопідйомник ; 10 – підземний канал; 11 – водяне колесо;
- 12 – передача до насосів; 13 - насоси Катерининського рудника;
- 14 - підземний канал; 15 – водяне колесо; 16 – підземний канал; 17 - насоси Вознесенського рудника; 18 – рудопідйомник

Для встановлення колеса К.Д. Фролову довелося під землею створити спеціальну камеру.

Після водовідливної установки вода йшла по виробленню до гідравлічного колеса Вознесенського рудника, яке рухало як рудопідйомну, так і водовідливну установки. Діаметр колеса Вознесенської копальні перевищував 15,6 м.

Під час створення своєї установки К.Д. Фролов ґрунтувався на світовому досвіді, накопиченому на той час у галузі гідротехнічних споруд. Ця установка працювала довгий час і після смерті винахідника, її роботу на Зміїногородських копальнях спостерігали і в 1827 році.

Однак навіть такі колосальні гідравлічні двигуни не мали достатньої потужності. Найбільші колеса мали потужність трохи більше 200 к.с. Потужність звичайних водяних коліс не перевищувала десятка кінських сил.

Прагнучи поліпшити гідравлічний двигун, винахідники і вчені намагалися змінити систему водяних коліс. Ще у XV ст. було сконструйовано горизонтальне водяне колесо, а на початку XVII ст. з'явилося горизонтальне колесо із ковшеподібними лопатками.

Розвиток водяного колеса і широке застосування його у виробництві призвело до інших винаходів, які надалі послужили основою для вирішення цілого ряду важливих завдань. Зокрема, у 30–40-х роках XVIII ст. словацький винахідник І. Гелл сконструював водяний двигун, який отримав назву водостовпової машини (рис. 3.3).

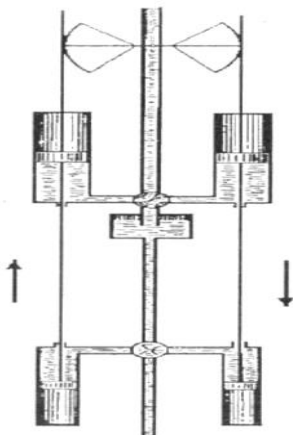


Рис. 3.3. Схема водостовпової машини

Принцип роботи цього двигуна ось у чому. Вода, надходячи трубопроводом, чинила тиск на поршень. Так як тиск води більший за атмосферний тиск, то поршень рухався вгору і піднімав вантаж. Для того щоб опустити поршень, необхідно було повернути кран і випустити воду в нижній б'єф.

У деяких водостовпових машинах перемиканням крана воду змушували по черзі тиснути то на один бік поршня, то на інший. У результаті поршень рухався то одному, то іншому напрямі.

Надалі водостовпові машини були значно вдосконалені. Наприклад, механік Меджер, працював у Росії у 1820 р., розробив просту та оригінальну водостовпову машину, яка була встановлена на Березовських рудниках.

Зі збільшенням масштабу промислових підприємств зростала споживана ними потужність, а це спричиняло зростання габаритів водяних коліс та гідромашин. Все необхідніше ставав двигун, досить потужний і зручний у використанні, який би не залежав від наявності річок. І такий двигун був створений у 1784 році шотландцем із м. Глазго – Джеймсом Уаттом. Машина Джеймса Уатта дала новий поштовх у розвитку інженерної думки та розширила кругозір мислення винахідників того століття.

Здатність пари виконувати механічну роботу давно була відома людині. Починаючи з давнини, з'являється цілий ряд механізмів, заснованих на використанні сили пари. Відомо, що ще Герон Олександрійський (I ст. до н. е. – I ст. н. е.) запропонував паровий шар «Еоліпіл» (рис. 3.4). Леонардо да Вінчі залишив опис парової машини, яка, за його словами, була винайдена Архімедом.

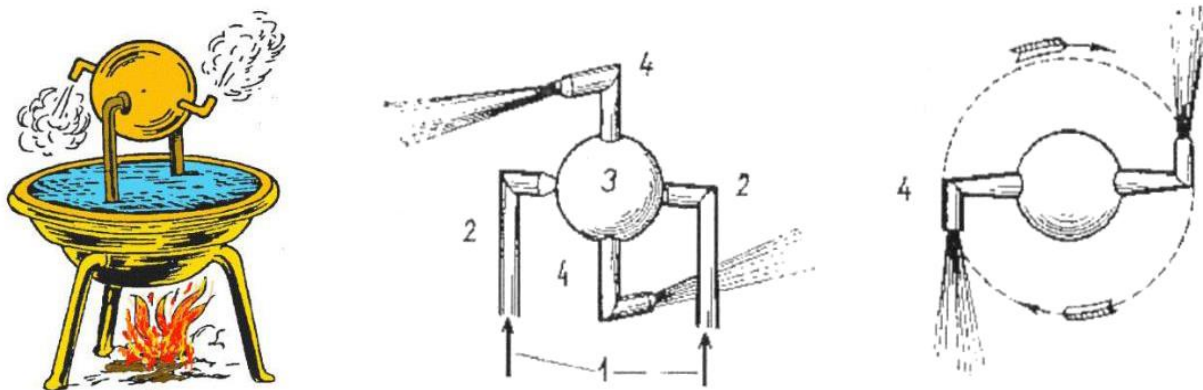


Рис. 3.4. Парова куля Герона «Еоліпіл»: 1 – водяний пар; 2 – трубки підводу пару; 3 – парова куля; 4 – трубки відводу пару

У 1643 р. видатний італійський фізик Е. Торрічеллі (1608-1647 рр.) довів існування атмосферного тиску і тим самим спростував думку, що склалася на той час, що «природа не терпить порожнечі».

На базі відкриття Е. Торрічеллі німецький фізик О. Геріке (1602-1686 рр.) Провів ряд дослідів, в результаті яких в 1654 довів, що повітря має масу і пружність, а також визначив його щільність. Досліди О. Геріке наштовхнули дослідників на думку, що силу атмосферного тиску можна використовувати для виробництва механічної роботи, якщо застосувати спосіб неаполітанського фізика Д. Порта (1535-1615 рр.) Одержання розрідженого простору, на який італійський учений вказав ще в 1601 р., звернувши увагу на те, що при конденсації водяної пари виникає розрідження.

3.1. Пароатмосферна машина Д. Папена

Першим цю думку реалізував французький фізик Дені Папен (1647–1712 рр.) – винахідник парового казана та запобіжного клапана.

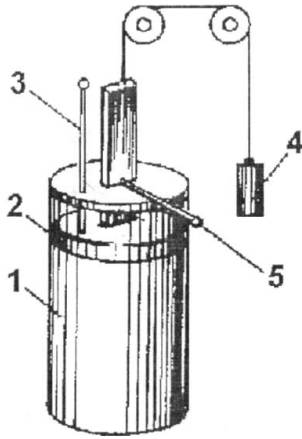


Рис. 3.5. Схема пароатмосферної машини Д. Папена: 1 – циліндр; 2 – поршень; 3 – стрижень-клапан; 4 – навантаження; 5 – стопор

Він першим у 1690 р. правильно описав пароатмосферний цикл, у якому використовувався атмосферний тиск (рис. 3.5). Сутність пароатмосферного циклу полягала в наступному. У циліндр 1 наливалася вода до рівня опускання поршня 2. Підігріваючи воду, отримували пар, що піднімав поршень до верхнього положення. Потім стопором 5 заклинивався шток поршня, вогонь забирався і поливався циліндр водою. В результаті створювалися конденсація пари та безповітряний простір. Коли забирався стопор, то поршень під тиском атмосфери

опускався, що дозволяло піднімати вантаж на певну висоту. Практична цінність такого двигуна була дуже мала, і Д. Папен надовго охолодів до цих експериментів.

3.2. Насос Томаса Севері

Знайшовся інший винахідник, який у використанні водяної пари для отримання корисної роботи виявився щасливішим.

Англійський шахтовласник Томас Севері (1650–1715 рр.) у 1698 р. створив машину, призначену для відкачування води із шахт. Паровий насос Севері (див. рис. 3.6) складався з котла 6 і конденсаційної посудини 4. Вони з'єднувалися між собою трубою через роз'єднувальний клапан 5. Пар, надходячи з котла в посудину 4, витісняв звідти воду через всмоктувальну трубу і клапан 2. Потім закривався клапан 5, а конденсаційна посудина обливався холодною водою з бачка, внаслідок чого пара конденсувалася. Під тиском атмосфери вода через клапан 1 по трубі, що всмоктує, піднімалася в посудину 4.

Відкриваючи знову кран 5, подавали в посудину пар, який виштовхував воду по трубі, що нагнітає, і через клапан 2 вода подавалася на злив. Потім всі операції повторювалися.

Нове в машині Т. Севері, в порівнянні з паровим котлом Д. Папена, полягало в тому, що у машини Севері паровий котел був

відокремлений від робочого простору. Але робота пари та її конденсація, як і раніше, відбувалися у тій самій посудині. Машина мала мізерний ККД - близько 0,3%, споживала велику кількість палива - до 80 кг вугілля на 1 к. с. за годину.

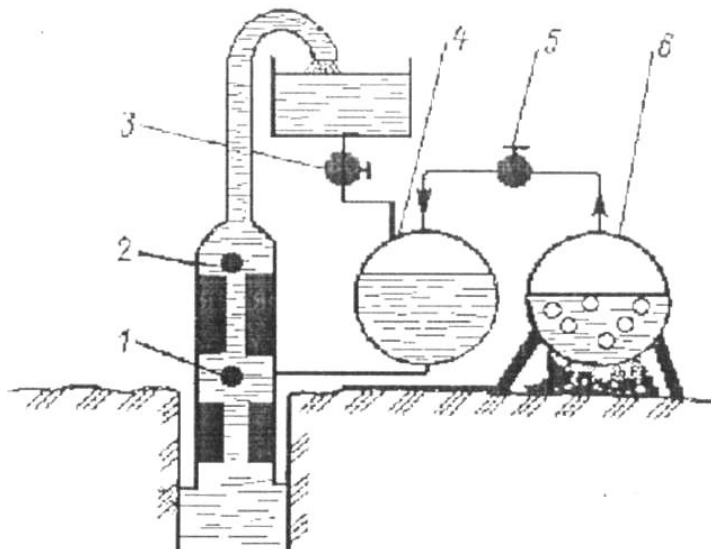


Рис. 3.6. Схема насоса Т. Севері: 1 – клапан всмоктування води; 2 – клапан витіснення води; 3 – клапан подачі охолоджувальної води; 4 – конденсаційний посуд; 5 – клапан роз'єднувальний; 6 – паровий котел;

Насос мав низку серйозних недоліків. Глибина всмоктування в ньому не перевищувала 7-8 м. Висота подачі води в машині досягала 20-25 м, що визначалося тиском пари, яка за умовами міцності котла не могла перевищувати 3 атм. Для відкачування води із великої глибини потрібно було ставити кілька машин одну над іншою. Насос був небезпечний у роботі через часті вибухи. Але, незважаючи на зазначені недоліки насоса Севері, його винахідника слід вважати першим, хто зумів на практиці застосувати пару для корисної роботи.

Машина Т. Севері досить широко застосовувалася протягом всього XVIII ст. як у Англії, і у інших країнах. У 1707 р. одна з машин Севері була придбана Петром I і встановлена в Петербурзі в Літньому саду для приведення в дію фонтанів.

3.3. Машини Томаса Ньюкомена

Критично оцінивши принцип дії насоса Т. Севері, його співвітчизник коваль Томас Ньюкомен (1663–1729 рр.) побудував у

1712 р. пароатмосферну машину для відкачування води. поршнем, а у другого – паровий котел. конденсацію пари Т. Ньюкомен здійснював інакше, не охолодженням циліндра зовні, а впорскуючи воду всередину нього (рис. 3.7).

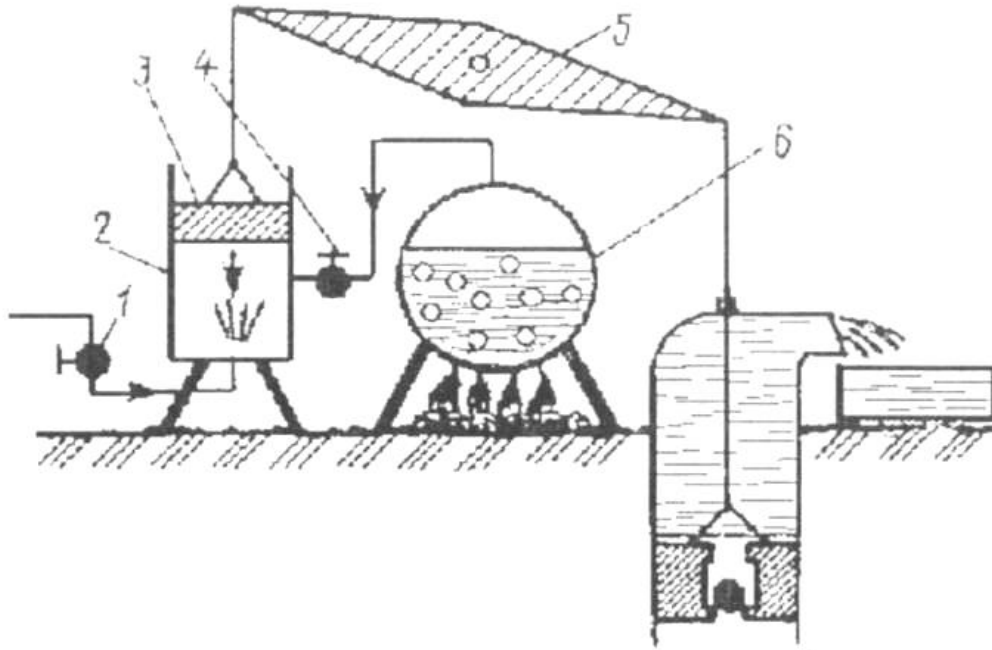


Рис. 3.7. Схема пароатмосферної машини Т. Ньюкомена :

1 - клапан подачі охолоджувальної води; 2 – циліндр; 3 – поршень; 4 – клапан роз'єднувальний; 5 – балансир; 6 – паровий котел

Принцип роботи машини Ньюкомена полягав у наступному. Всередині циліндра 2 рухався поршень 3, пов'язаний з одним кінцем балансира 5. Інший кінець балансира був з'єднаний із штангами водовідливного насоса. Пар, що надходить з котла 6 в циліндр після відкриття клапана 4 піднімав поршень, який врівноважувався власною вагою насосної штанги та додаткового вантажу. Потім для конденсації пари циліндр через клапан 1 впорскувалась холодна вода. Атмосферний тиск забезпечував рух поршня 3 вниз і, відповідно, підйом насосних штанг (відкачування води). Пар, що сконденсувався, разом з водою, що охолоджує його, видалялися з циліндра по спеціальній трубі..

Пароатмосферна машина Т. Ньюкемена була набагато економнішою за насос Севері і, крім того, дозволяла відкачувати воду з глибини порядку 80 м. ККД установки склав менше 1 %. Відповідною була питома витрата палива, хоча й майже втричі

менша порівняно з насосом Севері , – близько 25 кг/к. с. на годину при потужності установки 8 к. с. За деяких машин Т. Ньюкомена доводилося утримувати до 50 коней, що ледве встигали підвозити паливо.

Приблизно у 1772 р. багато важливих удосконалень у пароатмосферну машину вніс інженер Смітон. Не змінюючи основний принцип її дії, він розрахував правильне співвідношення між розмірами частин машини. Це спростило виготовлення машини. Крім того, Смітон зробив більш доцільною конструкцію окремих частин машини.

Машини Т. Ньюкомена отримали у XVIII ст. досить широке поширення у Англії, Франції, Німеччині. Вони працювали головним чином у гірничій промисловості; іноді застосовувалися як машини для постачання водопроводів великих міст.

У Росії її перша пароатмосферна машина Ньюкомена було встановлено 1772 р. в Кронштадті для відкачування води із доку.

Але машина Ньюкомена , хоч і здобула визнання, могла використовуватися, як правило, тільки для відкачування води. Коли ж потрібно було обертати механізм, її встановлювали як водопідйомний засіб для подачі води на лопаті водяного колеса.

3.4. Перша універсальна пароатмосферна машина І.І. Ползунова

Тим часом до 60-х років XVIII ст. для розвитку промислового виробництва виникла потреба у досконалішому двигуні.

Першим такий двигун потужністю близько 30 к. с. Створив у 1765 р. для Барнаульського сріблоплавильного заводу талановитий російський винахідник, гірський майстер Іван Іванович Ползунов (1729–1766 рр.). Про масштаб створеної ним «вогнедіючої машини» можна судити за її висотою (близько 11 м) і витраченим на виготовлення близько 25 т заліза та міді, а також понад 2 т свинцю та олова (рис. 3.8).

І.І. Повзунов був знайомий з описом машин Севері та Ньюкомена, а також з роботами М.В. Ломоносова з теплотехніки. В результаті досліджень він уперше у світі розробив універсальний тепловий двигун.

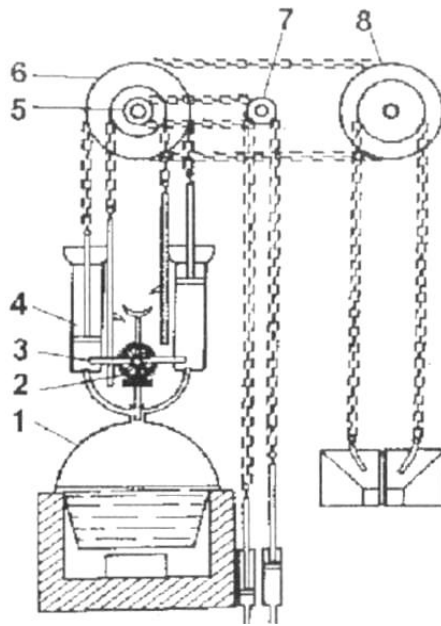


Рис. 3.8. Схема универсального теплового двигателя И.И. Ползунова:
 1 – паровой котел; 2 – автомат водопарораспределения; 3 – трубопровод подачи охлаждающей воды; 4 – левый цилиндр с поршнем; 5 – шкив привода автомата водопарораспределения; 6 – шкив передачи движения поршней;
 7 – шкив привода питательного насоса парового котла;
 8 – шкив привода воздуходувки

Машина працювала таким чином. Пар з котла по черзі подається в один із двох циліндрів, піднімаючи поршень до крайнього верхнього положення, після чого в циліндр упорскується вода, пара конденсується, і під поршнем створюється розрідження. Під тиском атмосфери поршень опускається, тоді як поршень іншого циліндра, під який надходить пара від котла, піднімається. Поперемінна подача в циліндри пари та води здійснюється автоматичним пристроєм. Робоче зусилля від поршнів передається ланцюговими передачами до укріпленого на валу шківа, від якого приводяться в дію пароводорозподільний пристрій, поршневий насос, що живить котел водою, і робочий вал, що забезпечує дію виконавчого механізму, - повітродувного хутра плавильних печей.

Запропонований І.І. Ползуновим принцип додавання на одному валу роботи кількох циліндрів у майбутньому став основним при конструюванні багаточиліндрових двигунів.

З великими труднощами, оскільки засобів для спорудження машини було відпущено недостатньо, Ползунов за допомогою кількох учнів приступив у 1764 р. до створення своєї машини, і в

1765 р. вона була побудована. Ползунову не вдалося дожити до пуску машини, у травні 1766 р. він помер. Пуск машини було здійснено лише у серпні 1766 р. Машина пропрацювала близько двох місяців, показавши свою ефективність: за 43 дні роботи вона принесла близько 12 тис. руб. прибутку. Але у листопаді 1766 р. казан почав текти. Машину зупинили, а через кілька років вона була зламана та забута.

3.5. Винаходи Джеймса Уатта

Перший універсальний паровий двигун, придатний для практичної експлуатації, був винайдений англійським теплотехніком Джеймсом Уаттом (1736–1819 рр.).

У деяких книгах з історії техніки стверджується, що працювати над створенням парової машини Д. Уатт почав у 1763 р., коли йому довелося зіткнутися з ремонтом діючої моделі машини Ньюкомена. Однак з великою довірою слід поставитися до тих джерел, які вказують, що задовго до цього талановитий механік досліджував властивості водяної пари і, зокрема, намагався визначити, скільки палива витрачається на випаровування конкретного об'єму води. Зрозуміло, це дозволило Д. Уатту критично оцінити машину Ньюкомена, що працювала з великою непродуктивною витратою пари, а отже, і палива. Уатт дійшов висновку, що хороша робота атмосферної машини залежить від виконання двох умов: по-перше, для отримання сильного розрядження під поршнем треба робити в циліндрі можливо повнішу конденсацію пари, а для цього якомога сильніше охолоджувати циліндр; по-друге, щоб уникнути недоцільних втрат пари, треба її впускати для наступного ходу поршня з котла в неохолоджений, гарячий циліндр. Виконати ці дві протилежні умови одночасно спочатку представлялося технічно неможливим. Д. Уатт дозволив це складне технічне завдання: він запропонував виробляти конденсацію пари в окремому резервуарі-конденсаторі, що сполучається з циліндром.

У 1765–1769 рр. Уатт побудував дві по суті експериментальні машини і в січні 1769 отримав патент на свій винахід.

Поршень (див. рис. 3.9) міститься в циліндрі без верхньої кришки, оточеному паровою сорочкою. Циліндр сполучено з конденсаторною трубою, на якій розташовані два клапани –

паровипускний і врівноважуючий. При пуску машини обидва клапани відкриваються, щоб пара витіснила повітря в конденсатор, після чого обидва клапани закриваються і вся система опиняється в рівновазі. Якщо тепер відкрити паровипускний клапан, пара з місця під поршнем попрямує в конденсатор, в якому сконденсується. Під поршнем створюється розрядження, і він під тиском пари, що надходить від котла у верхню порожнину циліндра, рушить вниз, виконуючи при цьому корисну роботу, яка за допомогою балансира передається штанзі насоса.

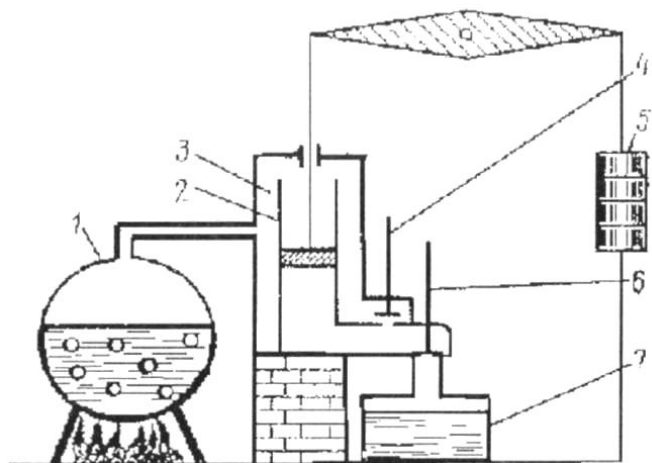


Рис. 3.9. Схема парової машини Д. Уатта простої дії:

- 1 – паровий котел; 2 – циліндр із поршнем; 3 – парова сорочка;
 4 – врівноважуючий клапан; 5 - протизвага; 6 – паровипускний клапан;
 7 – конденсатор

Після цього паровипускний клапан закривається і відкривається врівноважуючий клапан. Свіжа пара надійде під поршень, відновиться рівновага, і протизвагу підніме поршень. Потім знову треба відкрити паровипускний клапан і цикл повториться.

Таким чином, було знайдено правильну ідею вдосконалення - парової машини. Але треба було перейти до практичного здійснення цієї ідеї. На це Уатту довелося витратити багато років наполегливої праці. Виготовлення великих машин коштувало великих коштів, а кошти Уатта були зовсім незначні.

У пошуках засобів для спорудження свого двигуна Д. Уатт став мріяти про вигідну роботу за межами Англії. На початку 70-х рр. XVIII ст. він серйозно повів розмови про переїзд до Росії. Радянський уряд запропонував йому роботу.

Від'їзду Уатта в Росію перешкодив контракт, який він уклав з промисловцем Болтоном, власником машинобудівного підприємства в м. Сохо, поблизу Бірмінгема.

Завод у Сохо славився першокласним на той час обладнанням, мав кваліфіковані робочі кадри. З початку 70-х років XVIII ст. і до кінця свого життя Уатт залишався головним механіком цього заводу. На ньому він наприкінці 1774 р. збудував першу машину подвійної дії.

Д. Уатт був незадоволений своєю першою паровою машиною і почав працювати над її удосконаленням. У 1777 р. Уатт для подальшого підвищення економічності машини запропонував застосовувати відсічення та розширення пари. Машина Уатта першопочаткової конструкції значно здешевила отримання механічної енергії переважно для потреб гірничої промисловості. Вона дуже швидко знайшла собі застосування в рудниках і шахтах, повністю витіснивши машину Ньюкомена. Введення нових парових машин на три чверті скорочувало витрату вугілля. Завод Сохо до 1780 р. виготовив 40 парових машин Уатта. З 1778 р. Д. Уатт починає працювати над винаходом машини з безперервним обертальним рухом (універсальної парової машини). Було створено машину подвійної дії, яка і стала універсальним тепловим двигуном. Патент на цю машину він отримав 1784 р. (див. рис. 3.10).

Принцип дії машини полягав у тому, що пара з котла надходила через золотник у циліндр. Золотник дозволяв подавати пар то з одного боку поршня, то з іншого, створюючи цим необхідний тиск на поршень.

Отже, основні елементи універсальної парової машини склалися поступово.

Найважливішими нововведеннями, які вніс Д. Уат у машину подвійної дії, зводяться до наступного:

1) на відміну від першої машини 1769, в запатентованій в 1784 машині був застосований принцип подвійної дії, тобто пара поперемінно діяв то на один, то на інший бік поршня;

2) для подачі пари в різні порожнини циліндра він використовував спеціальний пристрій - золотник;

3) для вирівнювання обертального руху Уатт застосував махове колесо;

4) оскільки Уатт для отримання обертального руху не міг у своїй машині застосовувати шатунно-кривошипний механізм (на

таку передачу було взято охоронний патент французьким винахідником Пікаром), він у 1781 р. взяв патент на п'ять способів перетворення коливального руху в безперервно-обертальне. Спочатку для цієї мети він застосовував планетарне або сонячне колесо.

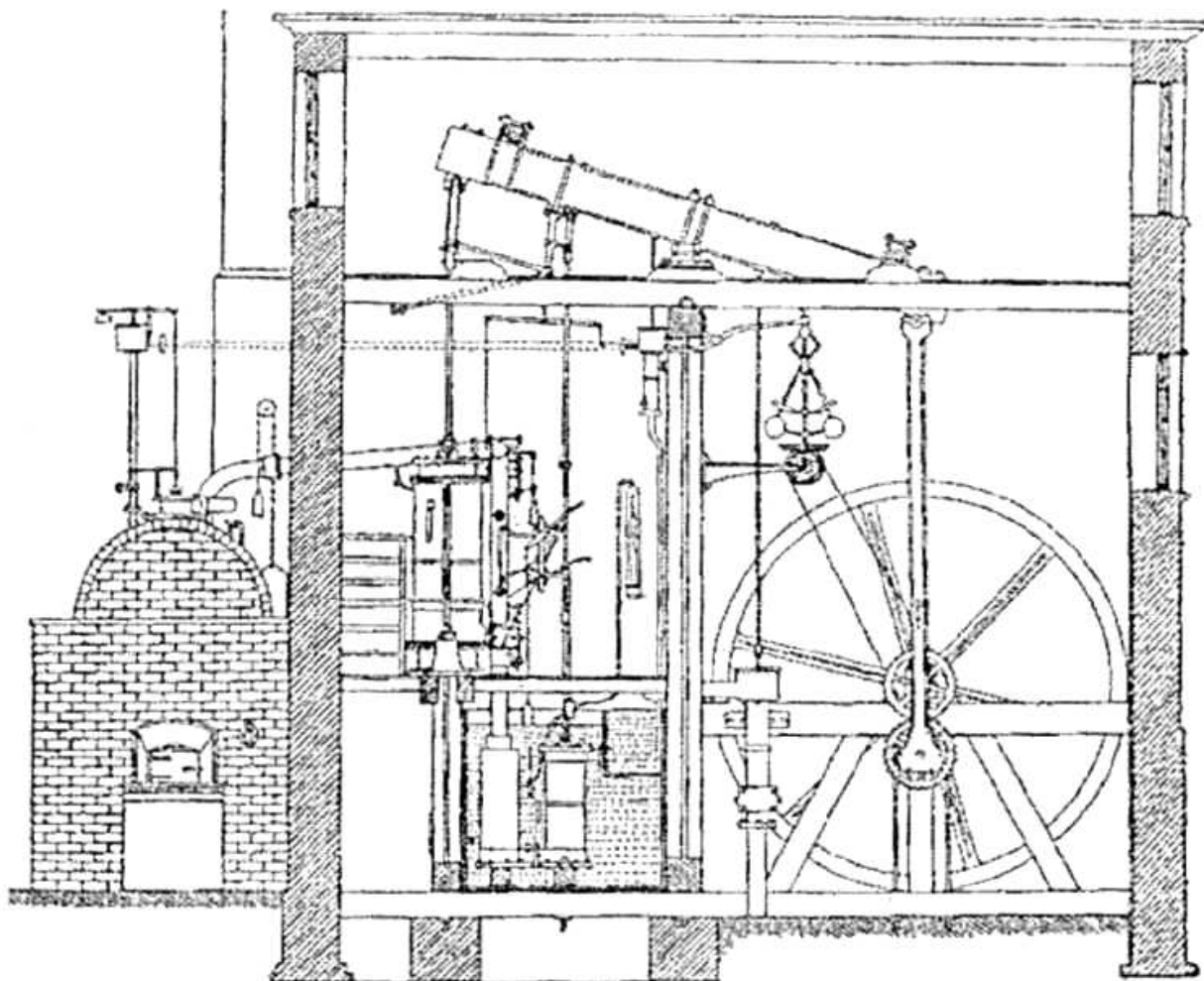


Рис. 3.10. Схема машини подвійного впливу Д. Уатта

Одним з важливих механізмів у паровій машині подвійної дії був механічний відцентровий регулятор, який за допомогою спеціальної дросельної заслінки в трубі, що паропідводить, регулював надходження пари в машину.

У середині 80-х років XVIII ст. конструкція парової машини була остаточно розроблена, і парова машина подвійної дії стала універсальним тепловим двигуном, який знайшов широке застосування майже в усіх галузях господарства багатьох країн.

4. ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ДВИГУНА ЗОВНІШНЬОГО ЗГОРАННЯ

4.1. Розвиток парового двигуна

За всіх переваг перших парових машин застосування їх ускладнювалося великою масою, громіздкістю і малою економічністю. ККД перших машин не перевищував 1-2%, що призводило до дуже великої витрати палива. Через вибухонебезпечність котлів того періоду тиск пари, що надходить у циліндр, не перевищував 1,5 атм. При такому малому тиску для отримання прийнятної потужності машини доводилося збільшувати площу поршня, а отже, масу та габарити всіх взаємопов'язаних з ним деталей циліндра, балансиру, маховика тощо. буд. Особливо погіршував масогабаритні показники маховика. Так, наприклад, на побудованій у 1789 р. машині потужністю близько 50 к. с. маса маховика діаметром близько 5,5 м. становила майже 5 т. Щоб обійтися без маховика і забезпечити плавну роботу двигуна, наприклад, на пароплавах того часу почали встановлювати по дві парові машини, що працюють на загальний гребний вал.

На першому етапі свого розвитку парова машина вдосконалювалася головним чином у напрямку збільшення тиску пари. Але ще за життя Д. Уатта деякі винахідники розуміли, що поліпшення основних показників машини може бути досягнуто і при використанні здатності пари розширюватися. Уатт реалізував цей принцип у деяких своїх машинах шляхом перекриття випуску пари до приходу поршня в нижню мертву точку, внаслідок чого подальший рух поршня відбувається лише за рахунок розширення пари.

Але Д. Уатт відмовився від будівництва машин з розширенням пари, оскільки недосвідчені машиністи не використовували цю перевагу, подаючи пару протягом усього ходу поршня. В результаті казан, розрахований на роботу машини з розширенням пари, не справлявся з навантаженням, а замовники машин вважали, що казан не забезпечує достатню паропродуктивність. Відмова від нововведення пояснюється і тим, що пар дуже низького тиску при розширенні, що застосовувався на той час, давав відносно невеликий ефект.

Першим усунув недолік машини простого розширення, використовуючи при цьому можливість пари більш високого тиску, англієць Горнблоуер. Він спроектував у 1781 р. машину, що працює на парі на ті часи дуже високого тиску - близько 6 атм.

Конструктор виходив з того, що в паровій машині простого розширення циліндр періодично з'єднується з котлом при впуску свіжої пари і з конденсатором - при випуску пари, що відпрацювала, в результаті чого при з'єднанні циліндра з конденсатором його стінки різко охолоджуються. Внаслідок цього значна частина чергової порції свіжої пари конденсується в циліндрі, втрачаючи при цьому працездатність.

Горнблоуер вирішив здійснювати розширення пари не в одному, а у двох послідовно з'єднаних циліндрах. При цьому в першому, так званому циліндрі високого тиску меншого діаметра, пара впливає на поршень повним тиском, після чого, надходячи в другий циліндр низького тиску більшого діаметра, він здійснює роботу за рахунок свого розширення. За такої схеми роботи циліндр високого тиску ніколи не з'єднується з конденсатором, а циліндр низького тиску не нагрівається свіжою парою, що надходить з котла.

Але Горнблоуер не зміг реалізувати свою ідею. Задуманий Горнблоуер двигун з'явився лише через чверть століття. Створив його 1804 р. англієць Артур Вульф (1766–1837 рр.). Машина Вульфа з двома циліндрами, що працювала на парі при тиску 3–4 атм., виявилася майже втричі економнішою за машину Уатта (рис. 4.1).

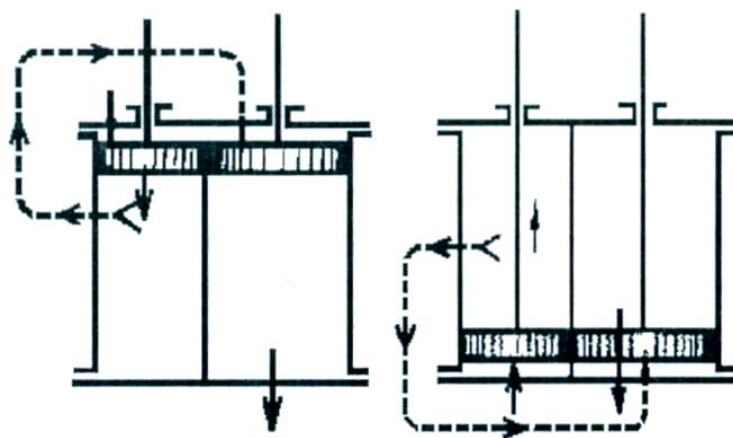


Рис. 4.1. Схема надходження пари в циліндри машини:
 - - - - - шлях руху пари

Перші успіхи у створенні парових машин досягнуто емпіричним шляхом, основу якого лежали інтуїція майстра та її досвід. Фактично, були навіть відомі властивості водяної пари. Яка з двох установок однакової потужності більш економічна, винахідники тієї пори могли розібратися, лише замірявши витрату палива в одиницю часу. Визначити ККД установки і відповісти на питання, як його збільшити, ніхто не міг.

Відповісти на всі ці питання вперше стало можливим після 1824 р., після виходу у світ книги французького військового інженера Саді Карно (1796–1832 рр.) «Роздуми про рушійну силу вогню і про машини, здатні розвивати цю силу».

Карно розглянув «круговий процес» – цикл, названий його ім'ям, у якому робоче тіло спочатку робить роботу і, використовуючи частину цієї роботи, повертається у вихідне становище.

Головне теоретичне значення циклу, запропонованого. Карно без математичних формул і креслень, а лише на відомому на той час дослідному матеріалі, полягає в наступному. Встановлюючи ступінь максимально можливого перетворення теплоти на роботу при заданому температурному перепаді, цей цикл дозволяє оцінювати ступінь досконалості будь-яких циклів, що застосовуються в теплових енергетичних установках і двигунах різних типів.

Наукові праці С. Карно набули подальшого розвитку.

У 1834 р. французький фізик Б. Клапейрон (1799-1864 рр.) Опублікував статтю, в якій висновки Карно представлені в аналітичному та графічному вигляді.

У 1841 р. німецький корабельний лікар Р. Майєр (1814–1864 рр.) вперше вказав на постійне чисельне співвідношення між витраченою теплотою та одержуваною роботою. Англійська фізик Д. Джоуль (1818–1889 рр.) на основі численних дослідів остаточно встановив передбачену Майєром залежність, що дорівнює 427 кгм /ккал, названу механічним еквівалентом теплоти.

У 1850 р. член Петербурзької Академії наук, німецький фізик-теоретик Р. Клаузіус (1822–1888 рр.) пов'язав ідею Карно з механічним еквівалентом теплоти.

Використовуючи закон збереження енергії, він вивів знамениту формулу для визначення термічного ККД теплового двигуна, який працює за циклом Карно

$$\text{ККД} = 1 - \frac{T_2}{T_1},$$

де ККД - термічний коефіцієнт корисної дії, тобто відношення проведеної за один цикл роботи до відповідної кількості витраченої при цьому теплоти; T_1 - температура гарячого джерела; T_2 - температура холодного джерела.

Коли інженери вперше розраховували економічність парових двигунів середини в ХІХ ст., то були вражені. Виявилось, ККД кращих із них не перевищував 4–5 %.

Потрібні були нові технічні рішення.

Винахідники шукали вихід із становища. Один із них, француз Дю Тремблей, створив оригінальну енергетичну установку з двома робочими тілами, теплота пари, що відпрацювала, одного використовувалася для перетворення на пару другого тіла, що має більш низьку температуру кипіння. Згодом подібні установки отримали назву бінарних (дворідинних).

У 1846 р. Дю Тремблей побудував першу стаціонарну бінарну - установку потужністю 50 к. с. Як тіло першого ступеня в ній використовувалася вода, а другого ступеня - етиловий ефір ($\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$). У 1853 р. водоефірною установкою було споряджене французьке парусногвинтове судно водотоннажністю 500 т (рис. 4.2).

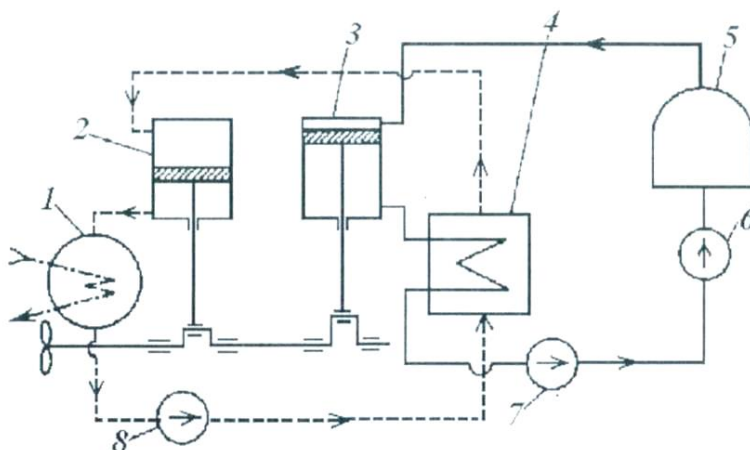


Рис. 4.2. Схема водоефірної енергетичної установки:

- 1 – конденсатор парів ефіру; 2 – циліндр пароводяної частини машини;
- 3 – циліндр пароводяної частини машини; 4 – конденсатор пароводяного контуру (1 ароефірний котел); 5 – водяний паровий котел; 6 – живильний насос;
- 7 – конденсатний насос; 8 – конденсатний насос ефіру; — — — — пароводяний цикл; - - - - - ефірний цикл; - . . . - - забортна вода

Принцип роботи установки є наступним. Водяна пара, надходячи з котла в циліндр високого тиску машини, здійснює в ньому роботу і конденсується в теплообміннику, що є одночасно - ефірним котлом, де віддає теплоту ефіру, випаровуючи його. Конденсат повертається в казан, замикаючи пароводяний цикл. Пара ефіру виконує роботу в циліндрі низького тиску машини, після чого надходить у конденсатор, що охолоджується забортною водою, конденсується та повертається в теплообмінник-конденсатор, замикаючи пароефірний цикл. Таким чином, установка дозволяє розсунути інтервал початкової та кінцевої температури робочих тіл, що беруть участь у циклі.

В іншому напрямку діяли конструктори, які намагалися збільшити температуру пари, але при цьому «обійти» необхідність одночасного підвищення її тиску. Для цього котли стали обладнати пароперегрівачами, розташовуючи їх на шляху виходу димових газів із котла. Перші пароперегрівачі представляли собою трубчастий теплообмінний апарат. Отримана в котлі насичена пара зовні омивала трубки, всередині яких проходили димові газы. У пароперегрівачі пара осушувалася, перегрівалася і після цього надходила до машини.

Перегрів давав відчутний ефект, дозволяючи майже на 20% зменшити витрати повітря. Однак незабаром з'ясувалося, що при температурі пари понад 1750 C° вживане на той час (середина XIX ст.) Машинне масло на органічній основі втрачає мастильні властивості, пригоряє і коксується. Крім того, часто перегорали трубки пароперегрівачів.

Тож у другій половині XIX ст. Завдання підвищення економічності парових машин довелося вирішувати в основному шляхом збільшення тиску пари. На зміну прямостінним котлам, які дозволяли мати тиск пари не вище 2–2,5 атм., прийшов вогнетрубний котел (див. рис. 4.3).

У таких котлах газы з топки потрапляють у димарні труби, через стінки яких віддають теплоту навколишньої труби воді, і залишають котел.

Спочатку такі котли були прямостінними, але в міру збільшення тиску пари вони все більше набували форми циліндра, чому і отримали назву циліндричних. Внаслідок застосування таких котлів тиск вдалося підняти до 3–4,5 атм.

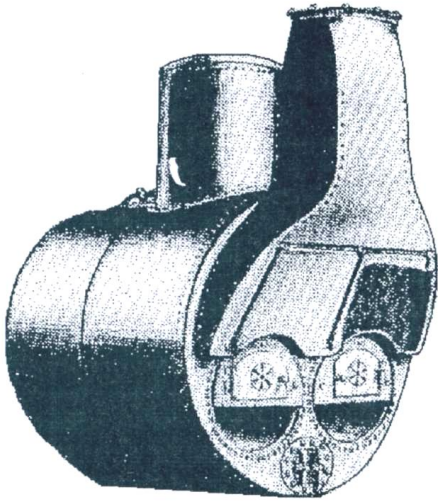


Рис. 4.3. Вогнетрубний
циліндричний котел

З підвищенням тиску пари почали застосовувати парові машини триразового розширення. Ці машини, порівняно з машинами дворазового розширення, були не тільки набагато потужнішими, а й мали найкращі питомі масогабаритні та економічні показники.

Перша корабельна парова машина триразового розширення була побудована в 1881 році.

Велика увага у цей період приділялася зниженню маси та габаритів парового котла шляхом інтенсифікації процесу горіння, для чого почали застосовувати штучну тягу.

Спочатку штучну тягу здійснювали за допомогою так званого парового форсуна (рис. 4.4.). Пара від котла подається в основу димової труби і, виходячи з великою швидкістю зі спеціальної насадки, створює ефект ежекції, в результаті якого димові гази засмоктуються та виштовхуються через трубу в атмосферу.

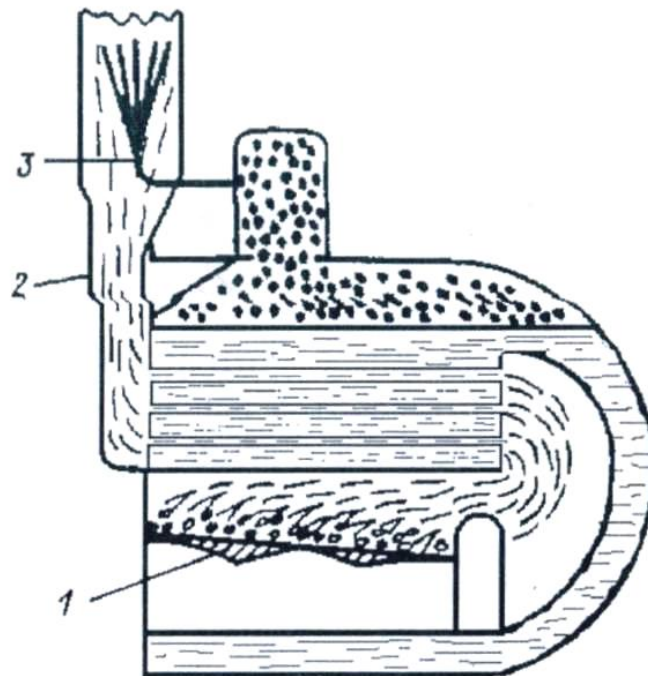


Рис. 4.4. Схема котла з паровим форсуном:
1 – колосникові ґрати; 2 – димар; 3 – паровий форсун

Але такий спосіб вимагає значної витрати пари, що становить 10% від паропродуктивного казана. У зв'язку з цим на деяких установках II половини XIX ст. до форсуни підводилася відпрацьована пара. Від парового форсуна відмовилися, коли почали застосовувати дуття за допомогою вентилятора.

Штучна тяга дозволила майже вдвічі знизити габарити та масу котлів. Але заміна природної тяги штучною тягне за собою зниження ККД котла, оскільки збільшений тепловий потік димових газів малоефективно використовують у поверхнях нагріву, начебто проскакуючи їх, не встигнувши віддати теплоту. Для усунення цього явища котли почали обладнати так званими «хвостовими поверхнями» – трубчастими теплообмінниками, розташовуючи їх на шляху виходу газів з котла, в яких підігрівалися повітря (повітронагрівач), що надходить у топку, і вода, що подається в котел (економайзер).

Конструктори котлів намагалися скоротити час їхнього введення в дію. Майбутній адмірал, а тоді лейтенант С.О. Макаров (1848–1904 рр.), запропонував у 1876 р. для прискорення підготовки до дії корабельних циліндричних котлів підігрівати їх водяний об'єм шляхом подачі пари, що гріє, через спеціальну систему.

Але ніякі поліпшення не могли врятувати вогнетрубний котел, оскільки його недоліки були наслідком принципу дії, в основі якого було використання дуже великого об'єму води всередині котла при вкрай слабкій її циркуляції в процесі перетворення в пару.

На зміну вогнетрубному котлу з'явився котел водотрубний зі значно меншим об'ємом внутрішньокотлової води і більшою поверхнею нагріву. діаметр пароводяного колектора, камер та трубок дозволяє виконати їх дуже міцними і мати у водотрубному котлі тиск пари набагато більший, ніж у вогнетрубному котлі.

Ідея водотрубного котла зародилася ще у XVIII ст. Але перший придатний для практичного використання казан такого типу у 1850 році створив французький інженер Ж. Бельвіль. Широко застосовуватися ці котли почали з 1855 р.

Практично одночасно з поширенням водотрубних котлів у кораблебудуванні намітився інтерес до заміни вугілля рідким паливом.

Можливим це стало лише після 1866 р., коли відомий російський вчений і винахідник Олександр Ілліч Шпаковський

(1823–1881 р.) винайшов форсунку для розпилення рідкого палива за допомогою стисненого повітря, через кілька років реконструйовану для розпилення мазуту парою. На початку 70-х років XIX ст. форсункою Шпаковського вперше були обладнані котли кількох пароплавів.

Конструктори XIX ст. багато зробили для вдосконалення парової машини. На початку XX ст. парові машини поршневого типу мали ККД 10-12%, тиск пари 12-15 атм. Але двигун цього типу залишався з властивими йому специфічними вадами.

У XX ст. набула поширення інша машина зовнішнього згоряння, що використовує енергію пари.

4.2. Парова турбіна

Ідея використання кінетичної енергії пари для отримання обертального руху вперше знайшла своє втілення в кулі Герона, що обертається (див. рис. 3.4). Цей прилад був прообразом реактивної парової турбіни. Іншою машиною, що використовує кінетичну енергію пари для свого обертання, було відоме «колесо» італійського вченого Бранка (XVII ст.). Воно оберталося завдяки тому, що пара з котла подавалася на лопаті горизонтального колеса з осередками. Цей пристрій був не чим іншим, як примітивною активною паровою турбіною. Але відомо, що неодмінною умовою реалізації ідеї, а тим більше впровадження її в практику, є соціальне замовлення, підкріплене можливостями науки і техніки.

Винахідники пароатмосферної та парової машин використовували в них принцип прямолінійно-поворотного руху не тому, що з точки зору механіки він був оптимальним, а тому що в ті часи гірничодобувна промисловість відчувала крайню потребу двигуна для відкачування води з шахт і копалень. Пароатмосферна машина Ньюкомена і пізніше парова машина Уатта простої дії дозволяли вирішувати це завдання.

У міру розвитку промислового виробництва (енергетика, суднобудування) з'являлися виконавчі механізми, що обертаються, які потребували відповідного приводу.

Над створенням парової турбіни винахідники різних країн працювали тривалий час. З 1880 р. по 1890 в Англії було видано 52 патенти на парові турбіни, а з 1890 р. по 1900 р. – 186. Найбільш

вдалі технічні рішення цієї проблеми запропонували швед Густав Лаваль (1854–1913 рр.) та англієць Чарльз Парсонс (1854–1931 рр.).

У 1883 р. Лаваль взяв патент, а 1890 р. побудував першу парову турбіну, названу згодом турбіною активного типу (рис. 4.5). Робота пари в турбіні Г. Лавалю поділялася як би на два процеси: перетворення потенційної енергії пари в кінетичну та передача кінетичної енергії лопаткам.

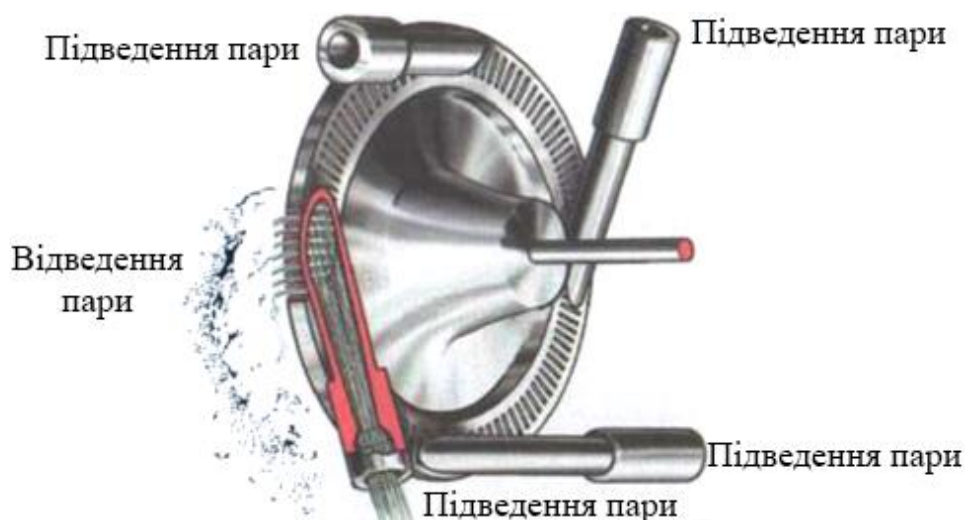


Рис. 4.5. Схема роботи активної турбіни Г. Лавалю

Турбіна Лавалю зіграла велику роль в історії турбобудування, але через недосконалість конструкції вона не набула великого - поширення.

Рішучий зсув в справі використання парових турбін справила турбіна Ч. Парсонса (рис. 4.6). У турбіні, створеної ним у 1884 р., тиск пари ніби розподілявся між рядом парових турбін, розташованих у одному корпусі.

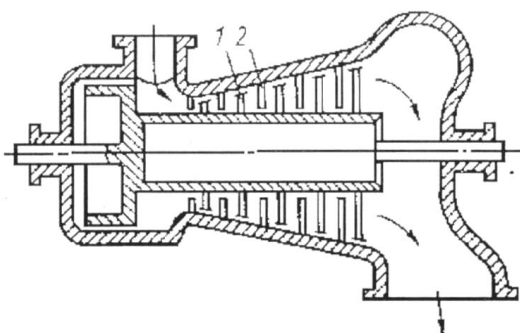


Рис. 4.6. Схема турбіни Парсонса:
1 – робочі лопатки; 2 – нерухомі напрямні лопатки

У турбіні Ч. Парсонса між робочими лопатками, що обертаються з ротором, розміщуються закріплені в корпусі турбіни нерухомі ряди таких же лопаток, але спрямовані в протилежний бік. У лопатках, що обертаються, пара розширюється, а лопатки нерухомих рядів служать для того, щоб продовжити розширення пари і направити його на сусідній ряд робочих лопаток.

Таким чином, енергія тиску пари поступово знижується від ступеня до ступеня, від одного ряду лопаток до іншого, перетворюючись на механічну роботу обертання валу турбіни. Так як при переході з одного ступеня в наступну пару розширюється і його обсяг зростає, то довжина лопаток кожного наступного ряду поступово збільшується.

Згодом Ч. Парсонс та інші винахідники створюють низку нових конструкцій парових турбін.

Парова турбіна має цілий ряд переваг перед поршневою - машиною: через проточну частину турбіни можна пропустити пару набагато більше, ніж через циліндр низького тиску, що дозволяє створювати дуже потужні двигуни; нижча питома витрата пари; ротативний принцип дії, немає зворотно- поступально рухомих частин; не потребують мастила деталі, що стикаються з парою.

Але є й недоліки, головний у тому числі проявився на суднових силових установках, саме: помітне зниження ККД при зниженні оборотів.

Тому з 1903 р. на кораблях починає розвиватися напрямок – спільне застосування парової турбіни та парової машини. Для малого ходу і реверсу призначалися парові поршневі машини, а при високих швидкостях руху, коли їхня пропускна здатність по пару ставала недостатньою, машини відключалися, і пара подавалась у турбіни (див. рис. 4.7). Це напрям у техніці розвивалося до 50-х рр. ХХ в.

Починаючи з кінця 50-х років. Парова турбіна отримує свій новий розвиток в атомних енергетичних установках, де вона використовується без парової машини, а замість казана застосовується ядерний реактор.

Щодо застосування парових машин на транспорті, то в принципі застосування парових машин в автотранспорті не так просто, як це здається на перший погляд. Вода має низку незручних експлуатаційних властивостей. Досі немає повної ясності, який паровий двигун кращий для автомобіля – поршневий чи турбінний.

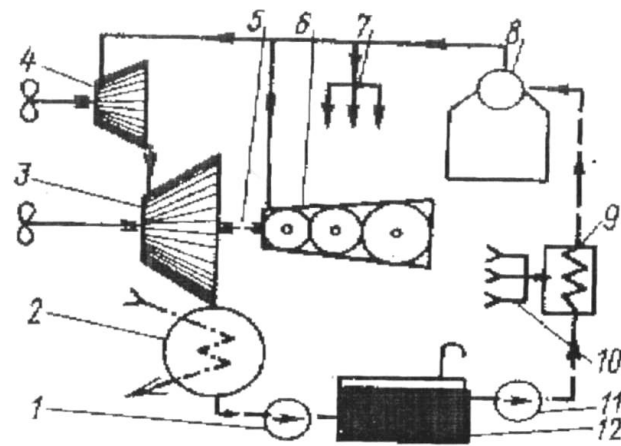


Рис. 4.7. Схема енергетичної установки винищувача " Велокс ":

1 - конденсаторний насос; 2 – конденсатор; 3 – турбіна низького тиску;
 4 – турбіна високого тиску; 5 – роз'єднувальна муфта; 6 – парова поршнева машина; 7 – пара до допоміжних механізмів; 8 – паровий котел;
 9 - водопідігрівач ; 10 – пара від допоміжних механізмів; 11 – поживний насос;
 12 – тепла скринька; — пара; ---- конденсат та поживна вода;
- забортна вода

Найбільших успіхів у 60 – 70-ті р.р. ХХ ст. із застосування парового приводу на автомобілі досяг відомий інженер Б. Лір. Його парова турбіна (рис. 4.8), що працює з повною конденсацією, розвиває потужність 220 к.с. У цій паросиловій установці - використовувалася незамерзаюча рідина.

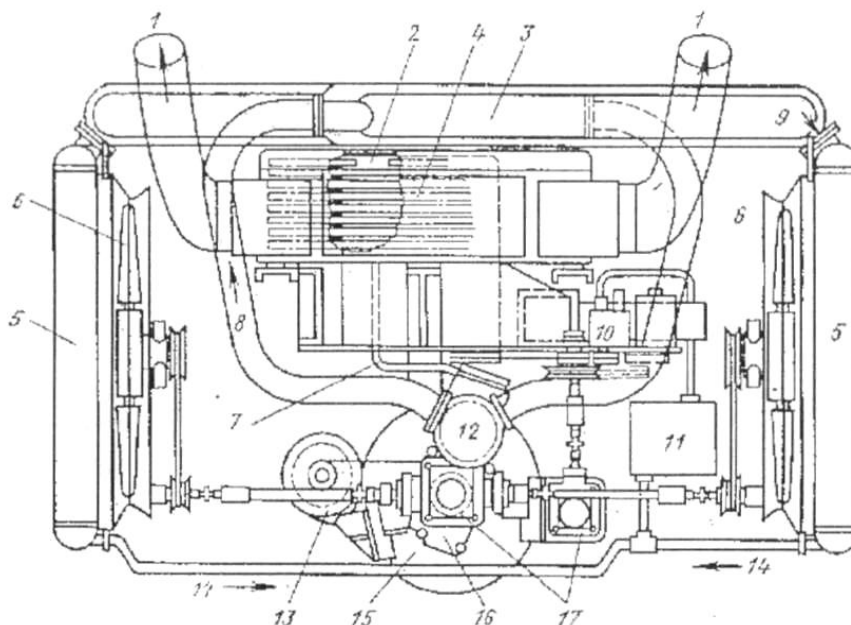


Рис. 4.8. Схема парової силової установки автобуса «Лір»:

На рисунку 4.8 позначено: 1 – випускні трубопроводи; 2 – пальники; 3 – теплообмінник; 4 – котел; 5 – конденсатори; 6 – вентилятори; 7 - трубопровід підведення пари в турбіну; 8 - трубопровід відведення пари з турбіни в теплообмінник; 9 - трубопровід підведення пари з теплообмінника в конденсатор; 10 – водяний насос; 11 – водяний бак; 12 - парова турбіна ; 13 – генератор; 14 - трубопровід відведення води з конденсатора у водяний бак; 15 - автоматична коробка передач; 16 - редуктори ; 17 – редуктори приводу допоміжних агрегатів.

Але крім парових машин зовнішнього згоряння, створювалися й машини з іншими принципами дії. Найбільш відомий з них двигун Стірлінга.

4.3. Розвиток двигуна Стірлінга

Ще у 1818 р. ХІХ ст. шотландським священиком Робертом Стірлінгом був запатентований незвичайний двигун. Двигун був побудований у 1826–1827 роках. На той час він показав фантастичні результати. Вага та габарити його не дуже відрізнялися від показників парової машини, але ККД був значно вищим – на рівні 5–6 %, тоді як у парової машини – 1–2 %.

У первісному вигляді він існував як тепла розширювальна - машина, в циліндрі якої робоче тіло, наприклад, повітря, перед стисненням охолоджувалося, а перед розширенням – нагрівалося. Схема та принцип дії такого двигуна показано на рисунку 4.9.

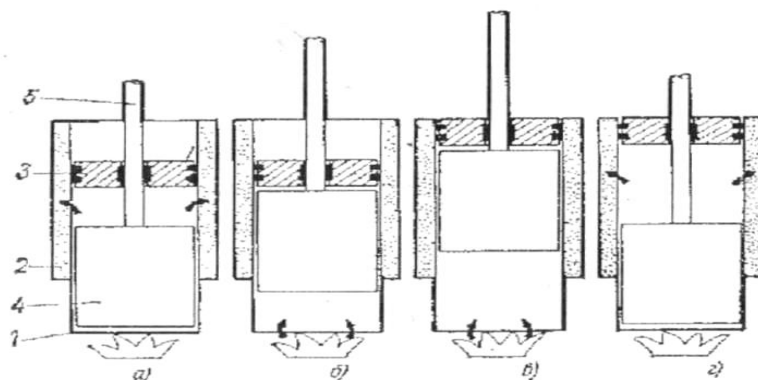


Рис. 4.9. Схема та принцип дії двигуна Стірлінга:
1 – циліндр; 2 – сорочка охолодження; 3 – робочий поршень;
4 – витіскувач; 5 – шток витіскувача

У верхній частині циліндра 1 є водяна сорочка 2, що охолоджує, а дно циліндра постійно нагрівається полум'ям. У циліндрі розміщений робочий поршень 3, ущільнений поршневыми кільцями і з'єднаний шатуном з колінчастим валом (на малюнку колінчастий вал не показаний). Між дном циліндра та робочим поршнем знаходиться поршень-витіснювач 4, який переміщається в циліндрі з великим зазором. Замкнене в циліндрі повітря через цей зазор перекачується витіснювачем 4 або до днища робочого поршня, або до дна циліндра, що нагрівається.

Витіснювач приводиться в рух штоком 5, що проходить через ущільнення в поршні і ексцентриковим механізмом, який обертається з кутом запізнення близько 90 град, в порівнянні з механізмом приводу робочого поршня.

У положенні *a* поршень знаходиться у нижній мертвій точці (НМТ), і повітря, що охолоджується стінками циліндра, знаходиться між ним і витіснювачем. У наступній фазі *б* витіснювач рухається нагору, а поршень залишається в НМТ. Повітря між ними виштовхується через зазор між витіснювачем і циліндром на дно циліндра і при цьому охолоджується стінками циліндра. Фаза *є* робочою, протягом якої повітря нагрівається гарячим дном циліндра, розширюється і виштовхує обидва поршні вгору до верхньої мертвої точки (ВМТ).

Після здійснення робочого ходу витіснювач повертається в нижнє положення на дно циліндра і виштовхує повітря через зазор між стінками циліндра в камеру під поршень, повітря при цьому охолоджується стінками. У положенні *г* холодне повітря підготовлене до стиснення, і робочий поршень рухається від ВМТ до НМТ. Оскільки робота, що витрачається на стиск холодного повітря, менше роботи, що здійснюється при розширенні гарячого повітря, виникає корисна робота. Акумулятором енергії, необхідної для стиснення повітря, є маховик.

Але наприкінці ХІХ ст. двигун Стірлінга у боротьбі з двигуном внутрішнього згорання (ДВЗ) програв. Справа в тому, що тоді був потрібен двигун, що мав добрі питомі показники, тобто потужність, що припадає на одиницю маси чи об'єму. ДВЗ переміг тому, що проблема, яка не вирішувалася двигуном із зовнішнім підведенням тепла, при малій власній масі спалювала велику кількість палива і отримувала, відповідно, велику кількість теплоти в малому обсязі.

Принцип внутрішнього згоряння дозволяв продуктивніше використовувати тепло для роботи. А парова машина та двигун Стірлінга мали величезну топку. ДВЗ дав імпульс створення індивідуальних екіпажів замість омнібусів, що на той час було вже актуальним.

На довгий час про двигун Стірлінг просто забули.

Першою реанімувала двигун Стірлінга голландська радіотехнічна фірма «Філіпс», що в 30-х рр. отримала замовлення на спеціальну радіоапаратуру для експедиції в невідомі ділянки планети, які пропрацюють один-два місяці та вимагатимуть перезарядки, недоцільно. Фахівці цієї фірми в картотеках натрапили на двигун Стірлінга, знайшли теоретичні дослідження щодо нього, проведені наприкінці минулого століття професором Празького університету Густавом Шмідтом. Там було доведено, що цей двигун має ККД, що дорівнює ККД циклу Карно. Це привабило інженерів Філіпса.

Почалися роботи з удосконалення двигуна, які були перервані другою світовою війною.

Після війни роботи розгорнулися на повний хід. Були створені двигуни невеликої потужності – близько кількох сотень ват. Вони поки що поступалися за вагогабаритними показниками ДВЗ, але, найголовніше, вони могли працювати практично на будь-якому виді палива, будь-яких відходах у вигляді соломи, тирси та інші. Існує легенда про те, як на фірмі був відкритий зворотний цикл Стірлінга, тобто - холодильник. Інженери одного разу намагалися запустити двигун, увімкнули пальник і, впевнені, що він увімкнувся, почали розкручувати двигун. І раптом побачили, що вся головка двигуна вкрилася інієм. Не помітивши, що пальник не ввімкнувся, вони відкрили зворотний цикл. Кріогенна техніка отримала нове малогабаритне, надійне джерело холоду.

Але фірма Філіпс продовжувала займатися двигуном Стірлінга. Багато зусиллями її інженера Майєра відбулося друге народження цього двигуна. Вивчивши термодинамічні основи циклу, Майєр вирішив використовувати у вигляді робочого тіла газу, що мають високу енергоакумулюючу здатність і малу в'язкість, - це гелій і водень.

У 1956 р. останній двигун Майєра (рис. 4.10) показав за своїми питомими параметрами результати на рівні ДВЗ за більш високої економічності.

Принципова схема такого двигуна представлена рис. 4.11. Тут, перш за все, було застосовано зовнішній регенератор теплоти, через який здійснювалося перекачування повітря з верхньої частини циліндра в нижню під дією витіснювача. Послідовно до регенератора у зовнішньому контурі був підключений радіатор. Регенератор акумулює теплоту повітря, що надходить після розширення у холодну камеру.

При перебігу повітря у зворотному напрямку акумулятор знову віддає йому теплоту. Тим самим зростає різниця максимальної та мінімальної температур циклу. Радіатор, розміщений за регенератором, відводить лише частину цієї теплоти, решта зберігається в акумуляторі та використовується знову. При цьому покращується ККД двигуна і збільшується його максимальна частота обертання. Теплота відпрацьованих газів підігрівача використовується для підвищення температури свіжого повітря, що подається в камеру згоряння.

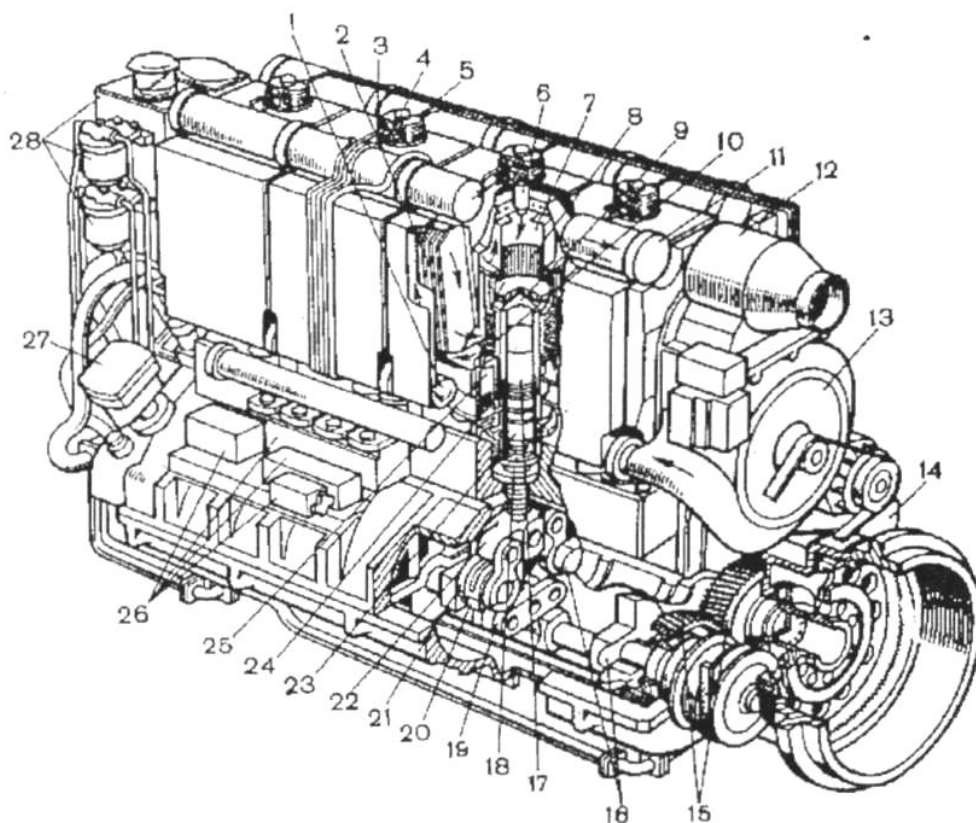


Рис. 4.10. Двигун Стірлінга фірми «Філіпс»

На рисунку 4.10 позначено: 1 – нагнітальний повітропровід; 2 – повітропідігрівач; 3 - паливо - провід ; 4 – трубопровід первинного дроту; 5 – свічка запалювання; 6 – пальник; 7 – камера згоряння; 8 – нагрівач; 9 – головка циліндра; 10 - ребра ; 11 – випускний трубопровід; 12 – допоміжний насос; 13 – відцентровий компресор; 14 – стартер; 15 – синхронізуюча зубчаста пара; 16 - колінчасті вали; 17 - витіснювальні поршні; 18 - ущільнення з діафрагмою, що згортається; 19 - траверса витіснювального поршня; 20 - шатун витіснювального поршня; 21 - шатун робочого поршня; 22 - траверса робочого поршня; 23 – робочий поршень; 24 – охолоджувач; 25 – регенератор; 26 – блок контрольних, перепускних та розвантажувальних клапанів; 27 – регулятор; 28 – блок фільтрів.

Поршень 2 (рис. 4.11) є робочим, він передає тиск повітря на кривошипно-шатунний механізм, а витіснювач 1 призначений для переміщення повітря з верхньої частини циліндра в нижню.

У положенні *a* повітря з простору між двома поршнями надходить через радіатор 3 і регенератор 4 трубки підігрівача 6 і потім у верхню частину циліндра. Трубки підігрівача розміщені в камері згоряння. Коли свіже повітря для згоряння подається по каналу 7 і потім, проходячи через теплообмінник, надходить у зону розпилювача форсунки 5 відпрацьовані гази з підігрівача відводяться через випускний трубопровід 8.

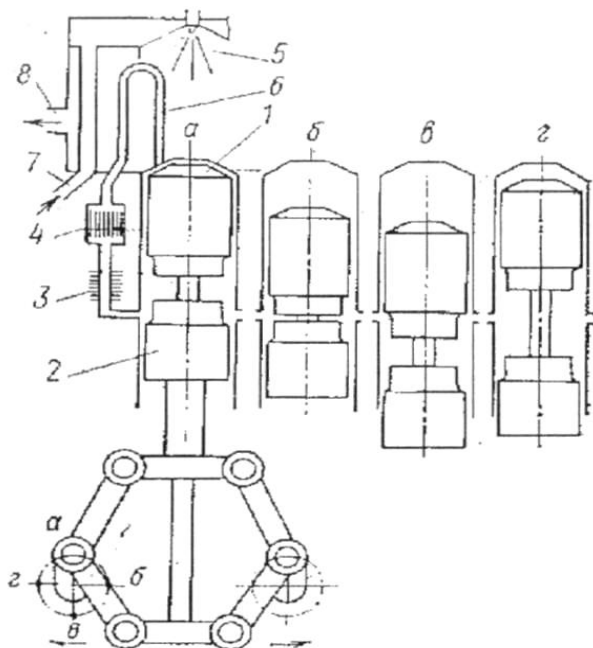


Рис. 4.11. Схема двигуна Стірлінга з регенератором

На рисунку 4.11 позначено: 1 – витеснитель; 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.

У положенні *a* повітря стиснуте і при русі у верхню частину циліндра нагрівається спочатку в регенераторі, а потім у підігрівачі. У положенні *б* все повітря, витіснене з простору між двома поршнями і виконує роботу, переміщуючи обидва поршні в нижнє положення. У положенні *в*, після виконання роботи рабочий поршень залишається в нижньому положенні, а витиснювач 1 починає виштовхувати повітря з верхньої частини циліндра в простір між поршнями через регенератор, в якому повітря віддає значну частину своєї теплоти, і радіатор, де повітря охолоджується ще глибше. В останній фазі циклу 2 повітря охоложене і витіснений з верхньої частини циліндра в простір між поршнями, де відбувається його стиск.

Стиснення холодного повітря, надходження його через регенератор і радіатор у верхню частину циліндра, подальше розширення та охолодження повітря представляють рабочий цикл. У циліндрі зберігається стала маса повітря, тому циліндр працює без вихлопу. Для підігріву можна використовувати будь-яке джерело тепла. У розглянутій схемі застосований котел на рідкому паливі, взаємне переміщення поршня 2 та витиснювача 1 забезпечуються двома колінчастими валами та ромбічним механізмом.

Після очевидних успіхів фірми Філіпс компанія Дженерал Моторс купила ліцензію у цієї фірми. Дослідження стали проводитися у дуже широкому діапазоні застосування: космос, водний та підводний транспорт. Але, на жаль, питання про використання двигуна Стірлінга в наземному транспорті тоді не порушувалося. Відлякувало те, що він мав велику інерційність, вважалося, що його потужність швидко підвищувати не можна. Але знов-таки роботи на фірмі Філіпс показали згодом, що це не так. Показники його динамічності порівнялися з показниками автомобільного ДВЗ. Підключилися інші фірми: у Швеції було створено фірму «Юнайтед Стірлінг», у цьому напрямі в 80-х гг. почали працювати фірми "MAN ", "FORD", а також ряд японських компаній.

В результаті цих досліджень розроблено двигун Стірлінга другого покоління – двигун із поршнем подвійної дії (див. рис. 4.12).

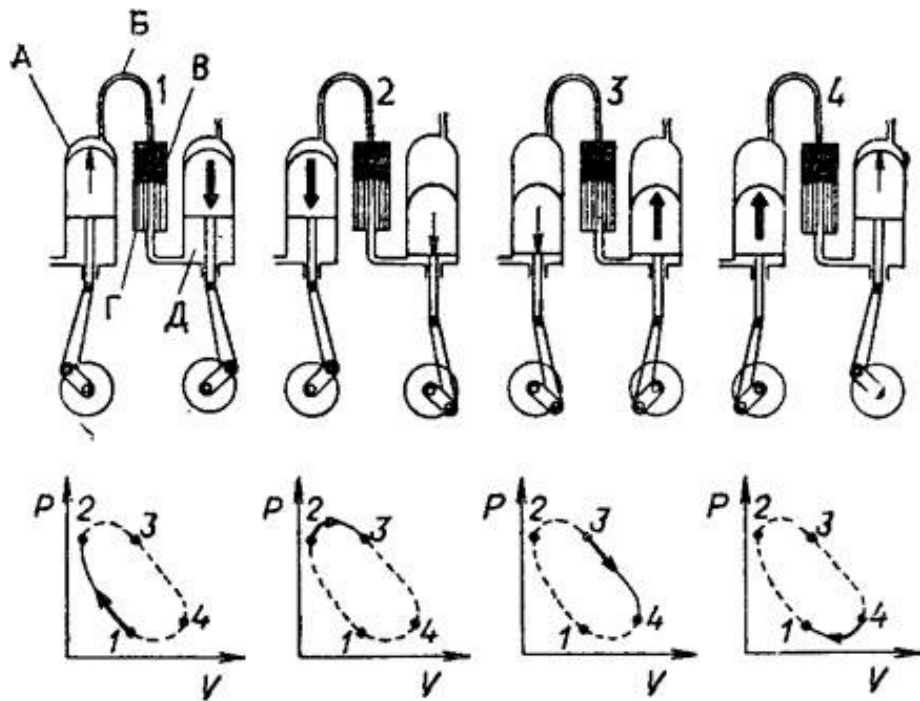


Рис. 4.12. Схема роботи двигуна Стірлінга поршнем подвійної дії:
 А – гаряча камера; Б – підігрівач; В – регенератор; Г – радіатор;
 Д – холодна камера

У такому двигуні з'єднання гарячої верхньої камери одного циліндра з холодною камерою під поршнем сусіднього циліндра дозволяє досягти необхідної зміни об'єму без окремого витіснювача. У чотирициліндрового двигуна зсув між кривошипами поршнів сусідніх циліндрів становить 90° .

Схема з'єднання сусідніх циліндрів з таким розташуванням кривошипів показано на рис. 4.12. Сполучні трубопроводи пов'язують гарячу камеру, підігрівач, регенератор, радіатор та холодну камеру. Два колінчасті вали обертаються в одному напрямку і пов'язані з поршнями через крейцкопфний механізм.

5. РОЗВИТОК ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ

5.1. Двигун внутрішнього згорання поршневого типу

Творці перших двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) відштовхувалися від конструкції парової машини. Як зробити її більш компактною та продуктивною? Насамперед, позбутися топки та котла. Для цього потрібен резервуар із палим газом, наприклад, світильником; газ треба змішати з повітрям, вводити в циліндр машини і там запалювати. Горіння та розширення суміші створять силу, яка замінить його. У цьому випадку топка та котел більше не знадобляться.

Раніше інших у цьому напрямку успіх прийшов до бельгійського механіка Етьєна Ленуара (1822–1900 рр.), який взяв у 1860 р. патент на двигун, конструктивно схожий на парову машину, але в принципі, що відрізнявся від неї способом дії. Двигун Ленуара - двосторонній (або, як заведено, подвійної дії; робочий процес відбувається з двох сторін поршня) і двотактний, тобто повний цикл роботи поршня триває протягом двох його ходів (рис. 5.1).

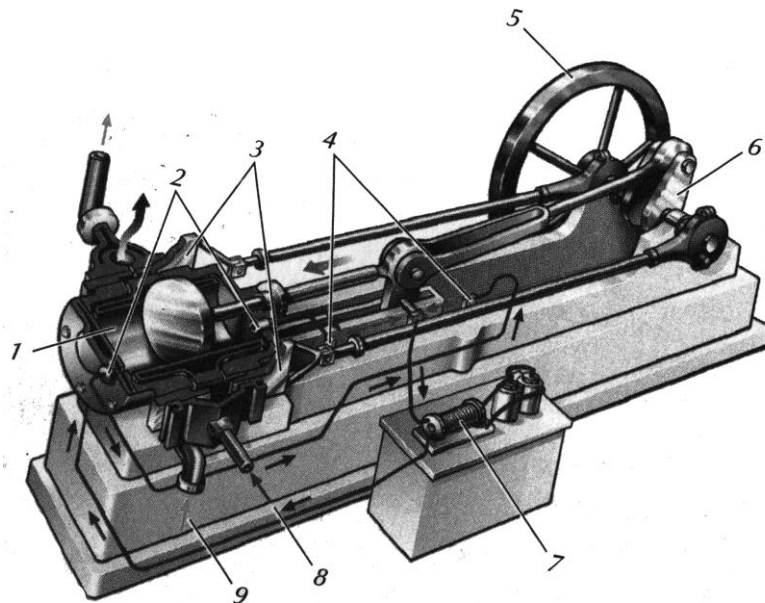


Рис. 5.1. Двигун Ленуара в розрізі:

- 1 – робочий циліндр із поршнем; 2 – свічки запалювання; 3 – золотники;
- 4 – контакти запалювання; 5 – маховик; 6 – колінчастий вал;
- 7 – індукційна котушка; 8 – впуск газу; 9 – впуск води

При ході поршня вниз суміш світильного газу та повітря всмоктується у циліндр, як вода у шприц. Коли поршень зробить приблизно половину ходу, від електричної іскри суміш вибухає. Продукти згоряння, що утворюються при цьому, тиском 5–6 атм. рухають поршень до кінця ходу. Рух поршня передається за допомогою кривошипного механізму колінчастого валу із закріпленим на ньому маховиком. Під час зворотного ходу поршня, що забезпечується обертанням маховика, продукти згоряння виштовхуються в атмосферу, а суміш газу і повітря всмоктується в циліндр. Впуском та випуском управляє засувка-золотник, а золотником – ексцентрик, змонтований на валу двигуна.

Переваги нового двигуна перед паровою машиною не обмежувалися ліквідацією котла та топки. Газові двигуни не вимагали розведення пари, обслуговувати їх було неважко. Але маса нового двигуна залишалася майже такою самою, як і у парової машини. ККД двигуна становив лише 0,04.

Причина низької продуктивності двигуна полягали у самому принципі його дії. Тиск займистої суміші не перевищував 5 кг/см^2 , а до кінця робочого ходу знижувалося втричі. Простий розрахунок показує, що одноциліндровий двигун робочого об'єму 2 л. при такому тиску, частоті обертання валу 100 об/хв і ККД = 0,04 розвиває потужність трохи більше 0,1 кВт. Іншими словами, лемуарівський двигун у тисячу разів менш продуктивний, ніж двигун нинішнього автомобіля.

Зробити газовий двигун ефективнішим вдалося комерційному службовцю Миколі-Августу Отто (1832 – 1891 рр.) з Кельна спільно з інженером Ейгеном. Ланген (1833 – 1895 рр.).

У 1878 р. на третій Всесвітній виставці у Парижі було виставлено газовий двигун, названий ім'ям його винахідника Ніколауса Отто.

Двигун Отто швидко витіснив з міжнародного ринку двигун Лемуара. До 1897 г. у світі було збудовано 42 тис. таких двигунів.

Створюючи новий двигун, Н. Отто звернув увагу до чотирьох тактного циклу, вперше запропонованого в 1862 р. французьким інженером А. Бо де Роше, який його теоретично обґрунтував, використовуючи працю Карно. В 1876 р. двигун був сконструйований, а наступного року Отто став володарем патенту на чотиритактний газовий двигун, що працює зі стисненням горючої

суміші перед її запаленням. Про термодинамічну досконалість циклу цього двигуна дає уявлення його ККД, що становив близько 22 %. Двигуни Отто, як і двигуни Ленуара, що передували їм, могли працювати тільки на світільному газі, а для механічних транспортних засобів, що швидко розвиваються в кінці XIX ст. потрібний був двигун, що працює на паливі, зручному для перевезення. Адже так само, як і паровий двигун, безпосередньо пов'язаний з котлом, газовий потребував розташованого поруч газогенератора, що перетворював те чи інше паливо на світільний газ.

За вирішення завдання взявся інженер-механік Огнеслав (Ігнатій) Степанович Костович (1851 – 1916 рр.), який поставив мету створити двигун внутрішнього згоряння потужністю до 60 к. сил, що працює на бензині.

У сконструйованому ним 8-циліндровому двигуні всмоктується в циліндрі паливо-повітряна суміш готувалась у спеціальному пристрої, пізніше названому карбюратором. У 1884 р. двигун із фантастично малою на той час питомою масою – 3 кг/к. с. був побудований та випробуваний. У 1888 р. Костович подав патентну заявку на бензиновий двигун внутрішнього згоряння і 1892 р. отримав патент.

Одним із перших оцінив перспективність двигуна внутрішнього згоряння на рідкому паливі технічний директор заводу з виготовлення газових двигунів Отто та Лангена інженер Готліб Даймлер (1834 – 1900 рр.). Організувавши власне підприємство, Даймлер сконструював та побудував бензиновий двоциліндровий двигун, запатентувавши у 1885 р. його застосування на автомобілі, мотоциклі та моторному човні.

У своїх двигунах Даймлер велику частоту обертання валу, що забезпечується, зокрема, інтенсивним займанням суміші, справедливо вважав головним показником його роботи на транспортній машині. Частота обертання валу двигуна Даймлера була в 4 - 5 разів більше, ніж у газових двигунів, і досягала 450 - 900 об/хв., а потужність 1 л робочого об'єму - вдвічі більше. Такі особливості, як закритий картер (кожух) двигуна, заповнений мастилом і захищав рухомі частини від пилу та бруду, сприяли розвитку їхньої «транспортної специфіки». Охолодження води в навколишній двигун «сорочці» сприяв пластинчастий радіатор. Для запуску двигуна служила заводна рукоятка.

Наприкінці ХІХ ст. двигуни внутрішнього згоряння на рідкому паливі широко застосовувалися на сухопутному та водному транспорті. Однак при всіх перевагах поширенню двигунів, що працюють за циклом Отто, перешкоджала обмежена агрегативна потужність, що не перевищує 80 - 100 к. с.

Ще одним великим кроком у розвитку ДВЗ стали винаходи німецького інженера Рудольфа Дизеля (1858–1913 рр.).

У 1892 р. Дизель отримав патент на винахід «Робочий процес і спосіб виконання одноциліндрового та багатociліндрового двигуна». Але це був лише початок.

У 1892 – 1895 р.р. один за одним Дизель будує три двигуни, в яких прагне дотримуватися циклу Карно. Але згодом він вирішив відступити від циклу Карно, замінивши ізотермічне згоряння палива адіабатичним стисненням повітря в циліндрі. Двигун на честь винахідника згодом був названий дизелем.

У дизелі застосований той самий чотиритактний цикл. Але в порівнянні з двигуном Отто, в циліндрі двигуна Дизеля стискається не суміш палива та повітря, а чисте повітря, що дозволяє практично вдвічі збільшити ступінь стиснення, оскільки виключена можливість передчасного займання палива.

Побудований в 1896 р., двигун потужністю 25 к. с. був на 10% економнішим за двигун Отто. На Всесвітній виставці 1900 р., де Г. Лаваль демонстрував свою другу турбіну, двигун Дизеля справив фурор і був удостоєний Великого призу.

Раніше за інших продуктивність нового двигуна оцінили в Росії, де вже в 1897 р., за пропозицією професора Г.Ф. Делпа, ліцензію на будівництво дизеля придбав завод «Людвіг Нобель» у Петербурзі. А у 1899 р. закінчилися випробування російського дизеля. Згодом дизелі неодноразово вдосконалювалися. Так, у 1906–1908 роках було створено двотактні дизелі (рис. 5.2)

Робочий цикл двотактного дизеля здійснюється за два ходи поршня - один оборот колінчастого валу. У циліндрі двигуна передбачені продувні та випускні вікна. Повітря в продувочні вікна подається спеціальним насосом під тиском приблизно 1,5 атм.

Поршень, рухаючись вгору, спочатку перекриває вікна, а потім стискає повітря, що залишилося в циліндрі, до тиску, що забезпечує досягнення температури самозаймання впорскуваного палива.

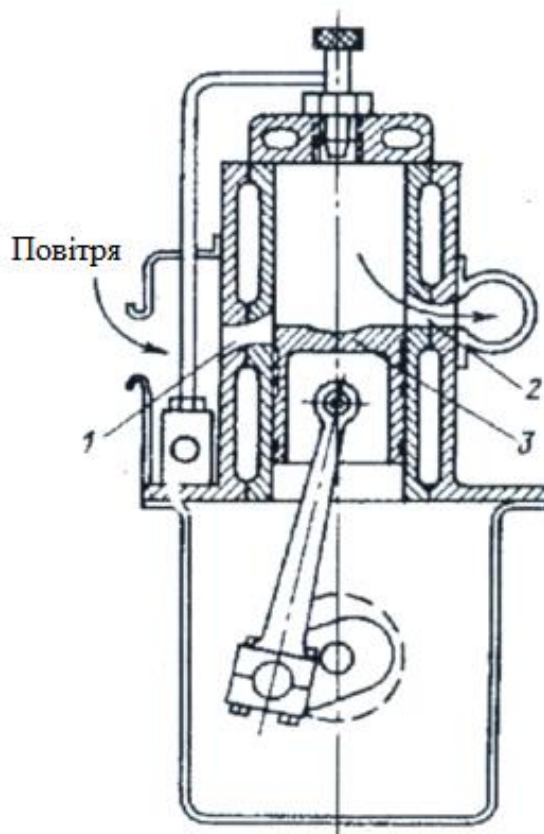


Рис. 5.2. Будова двотактного дизеля:
1 – продувні вікна; 2 – випускні вікна; 3 – поршень

Після згоряння палива під впливом розширюваних газів поршень рухається вниз, послідовно відкриваючи спочатку випускні вікна, через які гази виштовхуються в атмосферу, а потім продувні, в які надходить від насоса свіже повітря, виштовхуючи гази, що залишилися, і заповнюючи циліндр.

Здавалося б, за інших рівних умов потужність двотактного дизеля повинна бути вдвічі більшою, ніж у чотирьох тактного дизеля. Але через наявність у ньому продувних вікон корисний хід поршня скорочується. Крім того, частина потужності двигуна витрачається на привід продувного насоса. В наслідок чого потужність зростає не в два, а приблизно 1,5 – 1,7 рази.

У 20-х роках. ХХ ст. було зроблено ще один винахід, що не втратив своєї актуальності і до наших днів не тільки в дизельних - двигунах. У ряді країн для збільшення потужності двигунів внутрішнього згоряння стали застосовувати наддув повітря, що дозволяє спалювати в циліндрі більше палива, в результаті чого збільшувалася маса продуктів згоряння, а отже, і тиск на поршень, і зростала потужність двигуна.

Спочатку повітродувка приводилася в дію від валу двигуна , споживаючи частину потужності, що розвивається ним. Пізніше для цієї мети застосували газотурбонаддувний агрегат (рис. 5.3), газова турбіна якого працює на газах, що відпрацювали дизеля. Серйозне вдосконалення дозволило зменшити питому масу та габарити - двигуна в 1,5 – 2 рази.

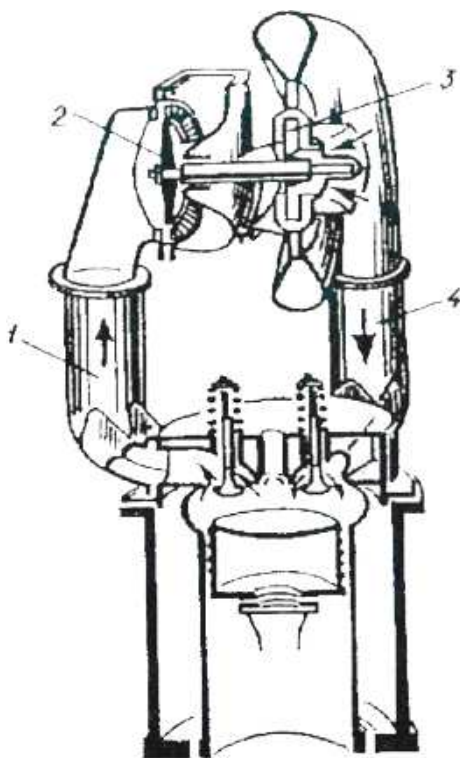


Рис. 5.3. Схема дизеля з газотурбінним наддувом:

1 – вихлопний колектор; 2 – газова турбіна; 3 – відцентровий насос

Одним з основних показників якості автомобільного двигуна стало підвищення ступеня стиснення горючої суміші перед її запаленням, тобто відношення об'єму циліндра при крайньому нижньому положенні поршня до об'єму циліндра при крайньому верхньому положенні поршня (наприкінці стиснення). Підвищення такого стискування збільшує і потужність двигуна, яка стає більшою зі збільшенням оборотів двигуна. Ця тенденція у розвитку ДВЗ спостерігається і до наших днів (рис. 5.4). Підвищення ступеня стиснення горючої суміші пов'язане з підвищенням так званого октанового числа пального – показника, що характеризує антидетонаційні властивості бензину. Детонація горючої суміші призводить до передчасного та неправильного (надмірно швидкого)

згоряння горючої суміші та різкого збільшення її витрати і в результаті до втрати потужності двигуна. Вже в середині другої світової війни ряд англійських і особливо американських карбюраторних двигунів мали високий ступінь стиснення - 6,5 - 6,8 і працювали на бензині з октановим числом не менше 70 - 72. Досягнуте підвищення ступеня стиснення, а також швидкості обертання колінчастого валу та вдосконалення конструкції двигунів (у частині карбюратора, механізму газорозподілу) забезпечили значне підвищення потужності, що припадає на кожний літр робочого об'єму двигуна (рис. 5.4).

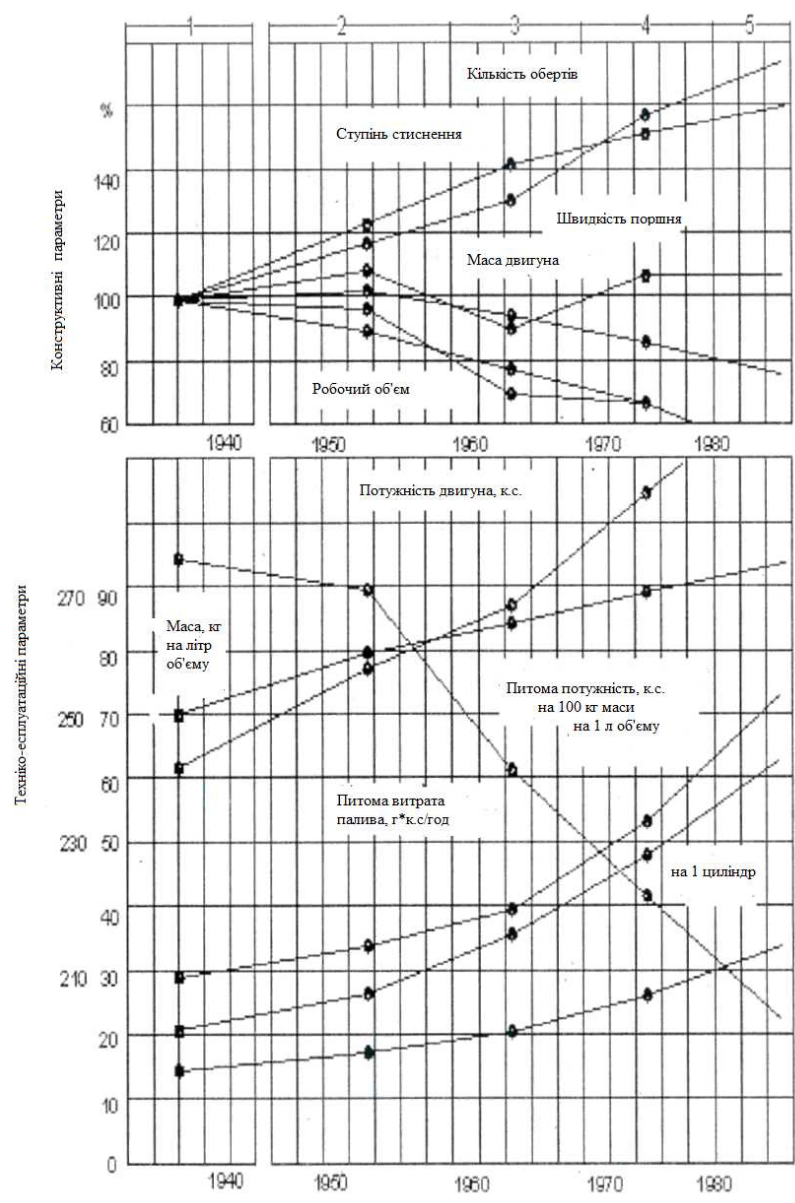


Рис 5.4. Середні дані щодо розвитку параметрів автомобільних двигунів

Ще в 1937 р. співробітники Інституту хімічної фізики АН СРСР пропонували збільшити потужність джерела запалювання в двигуні внутрішнього згоряння, що потім на практиці здійснилося у використанні факела полум'я, направлено в камеру згоряння двигуна. На початку 60-х років. на автозаводі Горького створена вдала конструкція двигуна, в якому, крім звичайної камери згоряння, є ще маленька запальна камера (форкамера) зі свічкою запалювання. У цьому двигуні є дві системи живлення з двома карбюраторами для приготування збідненої (основної) та збагаченої (запальної) сумішей. При запаленні збагаченої суміші в камері запалення струмені полум'я вриваються в основну камеру, де і відбувається загоряння збідненої суміші. Запальна предкамера називається форкамерою, звідси – форкамерний двигун (рис. 5.5).

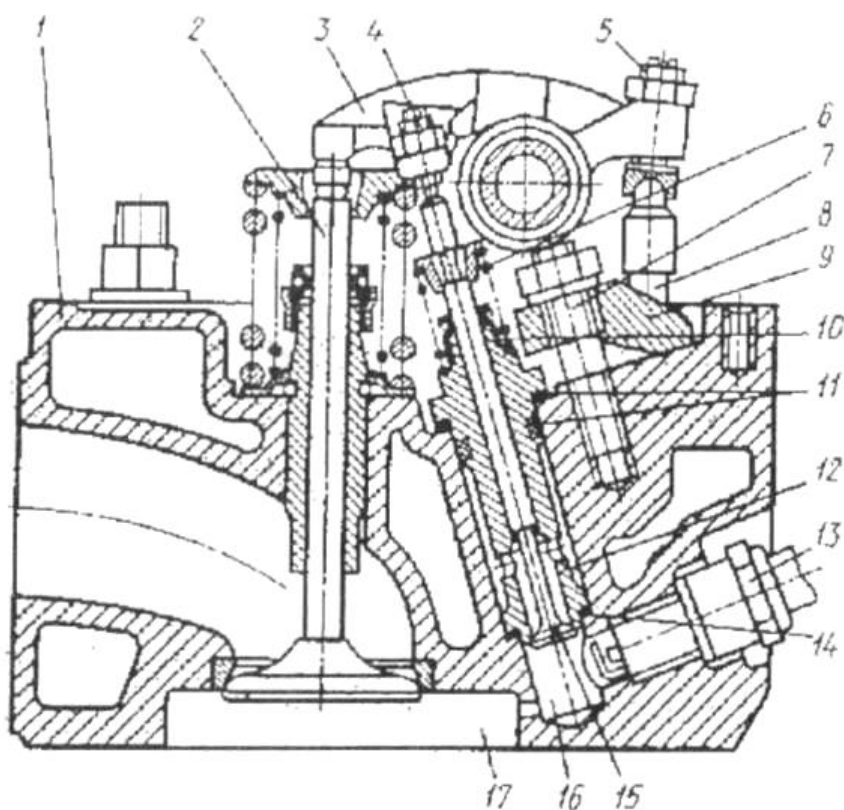


Рис. 5.5. Привід клапанів форкамерного двигуна:

- 1 – головка циліндрів; 2 – впускний клапан; 3 – коромисло основного та додаткового клапанів; 4 – регулювальний гвинт додаткового клапана;
- 5 – регулювальний гвинт; 6 – пружина додаткового клапана; 7 – шпилька;
- 8 – штанга; 9 - скоба кріплення; 10 - масловідбивач; 11 - кільця ущільнювачів;
- 12 – корпус додаткового клапана; 13 – свічка запалювання; 14 – прокладання;
- 15 – додатковий клапан; 16 - форкамера ; 17 – основна камера згоряння

Такий двигун встановлювався на автомобілі ГАЗ-52, зараз їм оснащений ГАЗ-3102. Смолоскипне запалювання дозволяє на 10 – 15 % знизити витрати палива, і навіть значно зменшити забруднення повітря окисом вуглецю.

У середині 50-х років з'явилися безкарбюраторні бензинові нові двигуни. Потужність таких двигунів може підвищуватись на 15 – 20 % порівняно з карбюраторними, а економічність збільшується на 5 – 15 %. Пізніше у 70-ті роки на такі двигуни стали встановлювати турбонаддув, що дозволило додатково на 25 – 30 % збільшити їхню потужність. Схема такого двигуна кінця 70-х років представлена на рис. 5.6.

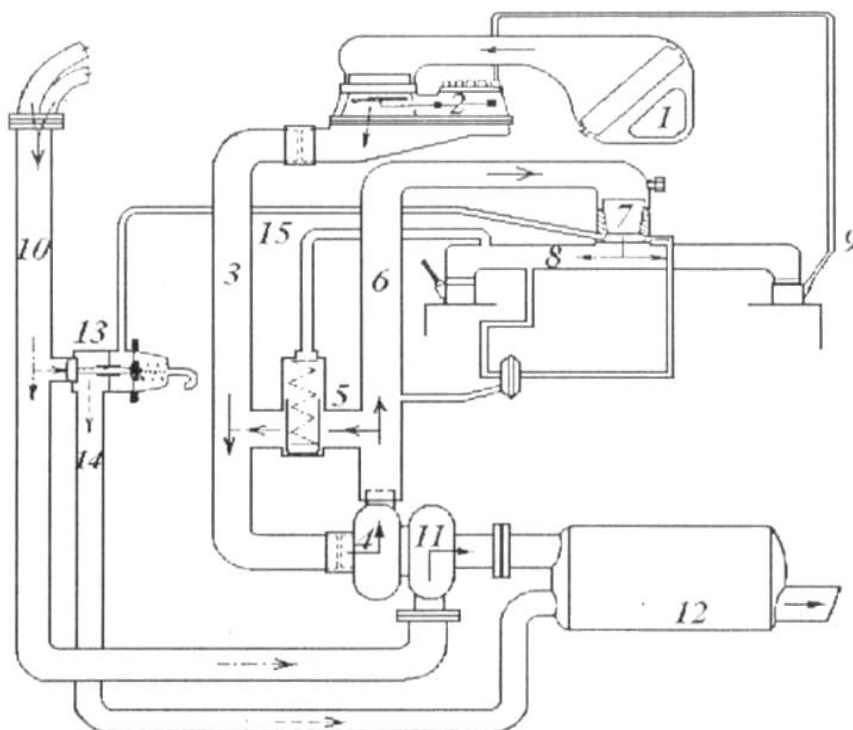


Рис. 5.6. Схема турбонаддуву безкарбюраторного бензинового двигуна:
 1 – повітряний фільтр; 2 – регулятор складу суміші; 3 – впускний трубопровід;
 4 – компресор; 5 – перепускний клапан; 6 – 7 – впускні канали;
 8 - патрубок впускного каналу; 9 – паливна форсунка; 10 – випускний
 трубопровід; 11 – турбіна; 12 - глушник шуму випуску; 13 - клапан перепуску
 відпрацьованих газів; 14 - сполучний трубопровід глушника;
 15 - канал керуючого тиску

Цей двигун працює таким чином.

Відпрацьовані гази з двигуна надходять у випускний трубопровід 10, а потім через турбіну 11 в глушник шуму

випуску 12. При максимальному навантаженні і високій частоті обертання двигуна тиск у впускному каналі 7, що передається через канал 15, відкриває клапан перепуску 13, через який відпрацьовані гази трубопроводу 14 пропускають безпосередньо в глушник, минаючи турбіну.

У турбіну надходить менша кількість газів, що відпрацьовали, і подача повітря компресором 4 у впускному каналі 6 зменшується в кілька разів (6-8 разів). Для збільшення прийомистості двигуна застосовується байпасний канал компресора 4. Повітря надходить у двигун через повітряний фільтр 1, регулятор складу суміші 2 фірми «BOSH», керуючий паливними форсунками 9, потім у впускний трубопровід 3 і далі компресором 4 нагнітається у впускні канали та патрубки 6-8. При швидкому відпусканні педалі управління компресор ще обертається, і для зниження тиску в каналі 6 перепускний клапан 5 вакуумом у впускному патрубку 8 відкривається, і повітря під тиском з каналу 6 через той же клапан 5 перепускається знову в трубопровід 3 перед компресором. Вирівнювання тиску відбувається дуже швидко, частота обертання турбокомпресора при цьому різко не падає. При наступному натисненні на педаль перепускний клапан 5 швидко закривається, і компресор з незначною затримкою подає повітря під тиском у двигун. Це дозволяє досягти повної потужності двигуна за частки секунди після натискання на педаль керування.

У 60-ті роки фахівці різних країн активно конструюють нові - типи ДВЗ. З'являється дуже перспективний напрямок, свого роду комбінації ДВЗ та газотурбінних двигунів. Як приклади розглянемо декілька.

Експериментальний двигун "Оріон", який розроблено у США, зображено на рис. 5.7.

Двигун складається з поршневого генератора гарячих газів і джерела механічної енергії, яким служить газова турбіна 2. Поршнева частина виконана у вигляді двотактного двигуна з поршнями, що зустрічно рухаються в циліндрі 7. Від поршневого двигуна наводиться великий відцентровий нагнітач 1, що подає - повітря як для згоряння в циліндри, так і для охолодження їх повітрям. Для перетворення теплової енергії в механічну енергію служить газова турбіна 2, що працює на газах, що відпрацьовали, змішаних з охолоджуючим повітрям.

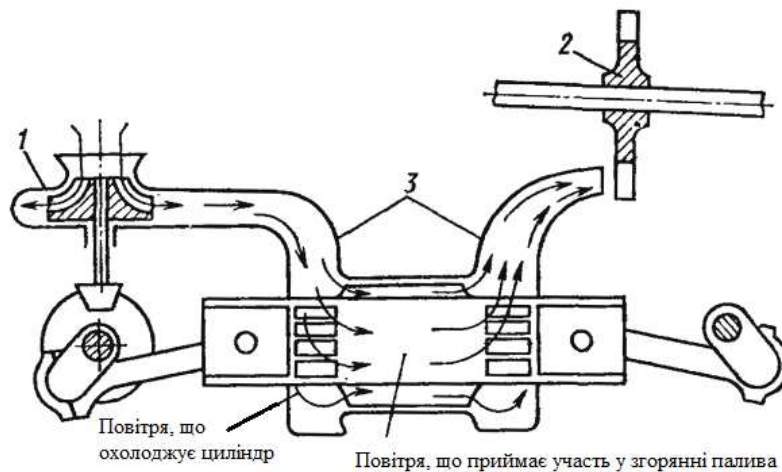


Рис. 5.7. Схема комбінованого двигуна «Оріон»:
 1 – відцентровий нагнітач; 2 – газова турбіна;
 3 – впускний та випускний трубопроводи

Двигун із «вільними» поршнями представлений на рис. 5.8.

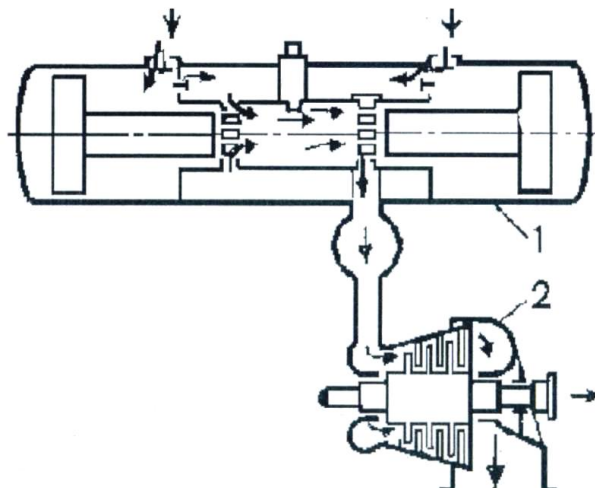


Рис. 5.8. Схема двигуна зі «вільними» поршнями:
 1 – двигун-генератор газу; 2 – газова турбіна

При прямому ході поршнів у циліндрі двигуна (рис. 5.8) відбувається розширення та випуск газів з циліндра, а також починається його продування та наповнення. У компресорній порожнині насоса, що продуває, в цей час відбувається розширення повітря, що залишилося в шкідливому просторі, а потім впуск свіжого заряду. У буферній порожнині, що являє собою пневматичний акумулятор енергії, здійснюється стиснення повітря, впорскування палива та згорання.

При зворотному ході поршнів під дією тиску в буферній порожнині в циліндрі двигуна спочатку відбувається продувка і наповнення циліндра, а потім стиснення повітря, впорскування палива та згоряння.

В адіабатних турбокомпаундних двигунах (рис. 5.9) циліндр та його головка не охолоджуються, тому втрати теплоти за рахунок охолодження відсутні. Енергія відпрацьованих газів використовується для приводу газової турбіни, механічно пов'язаної з колінчастим валом. За рахунок цього ККД двигуна вдається підвищити до 50 %.

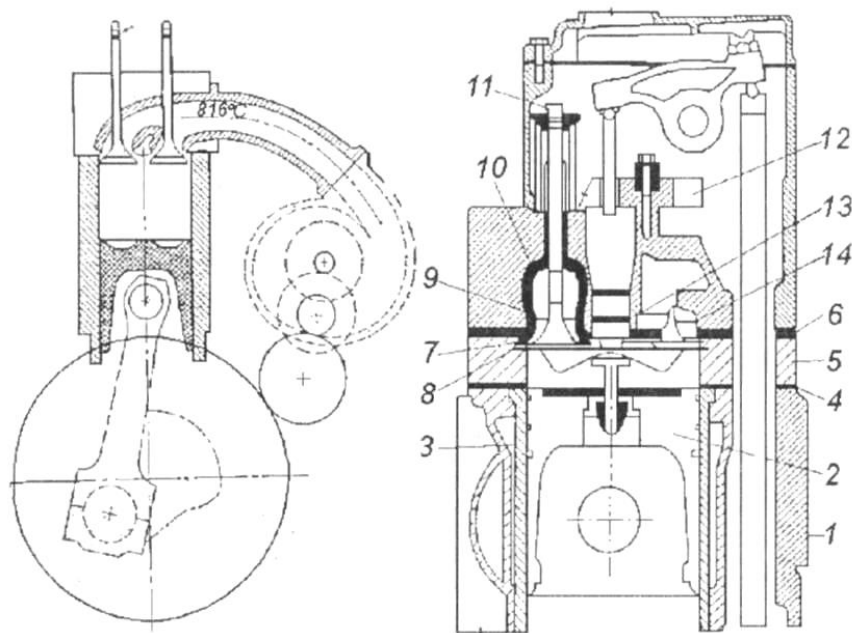


Рис. 5.9. Схема адіабатного турбокомпаундного двигуна:

- 1 – блок циліндрів; 2 – складовий поршень; 3 – гільза циліндра;
- 4 - тепло-ізолююча прокладка блоку циліндрів; 5 – вставка між головкою та блоком циліндрів; 6 – теплоізолююча прокладка головок циліндрів;
- 7 – теплоізолююча шайба камери згоряння; 8 – нижнє ущільнення теплоізолюючої шайби; 9 – сідло випускного клапана; 10 – керамічна ізоляція випускної труби; 11 – випускний клапан; 12 – насос-форсунка;
- 13 - теплоізолююча склянка насос-форсунки ; 14 - сідло впускного клапана

В цей же час з'являються автомобільні комбіновані установки, в яких для використання теплоти газів, що відпрацювали, і підвищення ККД ДВЗ застосований так званий цикл Ранкіна. Гази, що відпрацювали, нагрівають рідину (наприклад, фреон), пари якої надходять у роторний двигун. Цей двигун збалансований із ДВЗ.

Конструкція такої комбінованої силової установки - представлена на рис. 5.10.

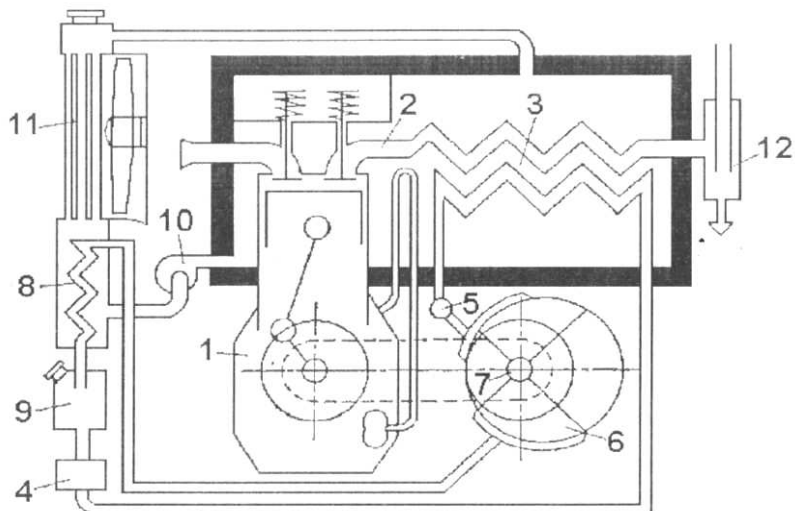


Рис. 5.10. Схема комбінованої силової установки:

- 1 – ДВЗ; 2 – випускна труба; 3 – теплообмінник «відпрацьовані гази – фреон»;
- 4 – насос подачі фреону; 5 – дросельний клапан подачі парів фреону;
- 6 – роторний двигун на фреоні; 7 – муфта вільного ходу;
- 8 – теплообмінник "фреон-вода"; 9 – бак із фреоном;
- 10 – водяний насос двигуна; 11 – радіатор двигуна;
- 12 – конденсатор води з відпрацьованих газів двигуна

Відомі також установки, що складаються з ДВЗ і парової турбіни, пара в яку надходить з котла, що нагрівається теплом відпрацьованих газів двигуна. ККД цієї комбінованої силової установки досягає 50 – 55 %.

5.2. Роторно-поршневий двигун

Роторно-поршневі двигуни з'явилися наприкінці 50-х років ХХ ст. Вони відрізняються від звичайних поршневих тим, що у них зворотно-поступальний рух поршнів замінено обертальним, планетарним рухом ротора трикутної форми в корпусі, виконаному у формі епіциклоїди (так званий трикутник Рьоло).

При обертанні ротора між корпусом і її сторонами утворюються порожнини об'єму, що змінюється та використовується для процесів стиснення, впуску і виштовхування робочого тіла. Відсутність поступово рухомих мас дозволяє збільшувати частоту обертання

валу відбору потужності двигуна, що, у свою чергу, дає можливість при однаковому заряді масового робочого об'єму отримувати велику потужність двигуна. При однаковій потужності роторно-поршневі двигуни компактніші за звичайні поршневі і легші.

Принцип використання поршня, що обертається, був відомий ще в XVI ст., проте конструктивне втілення цього принципу було здійснено тільки в 1957 році Ф. Ванкелем, що створив працездатний - зразок роторно-поршневого двигуна.

Складний планетарний рух ротора забезпечується тим, що геометричний центр ротора обертається навколо осі вала відбору потужності по колу, описаного центром ексцентрика, закріпленого на цьому валу. Трикутний ротор може обертатися на підшипнику по колу ексцентрика, а поворот ротора щодо корпусу здійснюється обкатуванням закріпленої в роторі шестерні внутрішнього зачеплення навколо нерухомого зубчастого колеса зовнішнього зачеплення. Один повний оберт ротор робить за три оберти ексцентрикового валу.

Робочий процес у роторно-поршневих двигунах здійснюється за чотири такти в кожній з трьох порожнин, чергування яких показано на рис. 5.11.

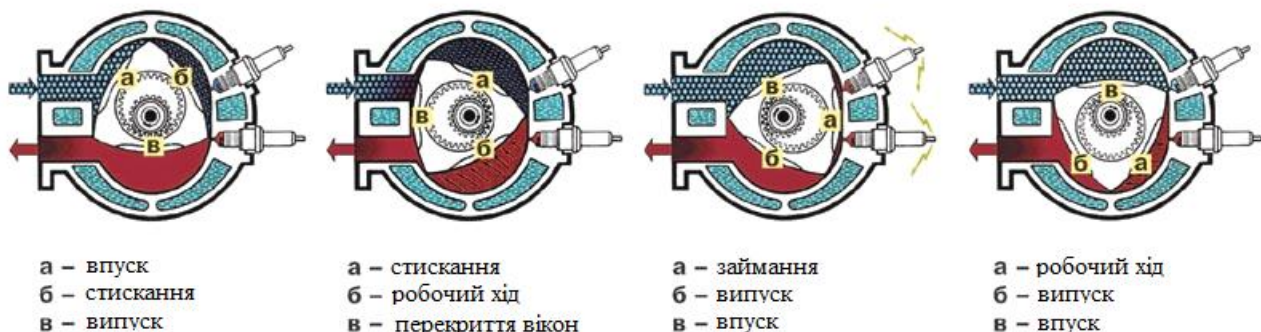


Рис. 5.11. Схема роботи роторно-поршневого двигуна

Тривалість кожного такту двигуна триває 270° кута повороту ексцентрикового валу тобто повний чотиритактний цикл в одній порожнині відбувається за один повний оборот ротора.

Великих успіхів у вдосконаленні конструкції двигуна Ванкеля (економічність доведена до рівня дизельного двигуна) у 70-ті роки. досягла японська фірма « Тойо Коге » (рис. 5.12). У цьому двигуні створюється розшарований заряд (за аналогією з форкамерним запалюванням).

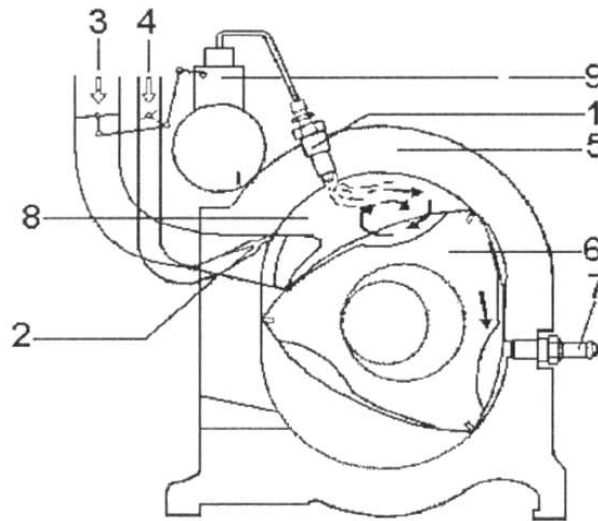


Рис. 5.12. Роторно-поршневий двигун японської фірми «Тойо Коге»:
 1 – паливна форсунка; 2 - вхідний отвір додаткового впускного каналу;
 3 – основний впускний канал; 4 – додатковий впускний канал; 5 – корпус
 двигуна; 6 – ротор; 7 – свічка запалювання; 8 – камера; 9 – насос

При частковому навантаженні повітря подається в камеру не через основний канал, а по малому додатковому впускному каналу.

Це покращує перемішування суміші, дозволяє отримати біднішу суміш і знизити витрату палива. Упорскування бензину здійснюється безпосередньо в камеру механічним насосом через встановлену в корпусі двигуна форсунку.

При такому сумішоутворенні в камері згоряння ротора до моменту подачі іскри свічкою запалювання може утворитися розшарований заряд, якщо основна частина повітря надходить по впускному каналу, а через додатковий малий канал з тангенціальним входом повітря вдувається з великою швидкістю, що покращує сумішоутворення.

Ступінь стиснення двигуна Ванкеля не може бути занадто великою через геометрію двигуна і камеру згоряння. Тож у 60-ті роки фірма «Ролле Ройс» розробила двоступінчастий дизельний - двигун Ванкеля (рис. 5.13).

В першому (більшому за розмірами) щаблі відбувається попереднє стиснення повітря, яке потім по короткому каналу проходить у другий, менший ступінь, де повітря стискується вже - остаточно до необхідного тиску. Після впорскування палива розширення відбувається знову в обох ступенях.

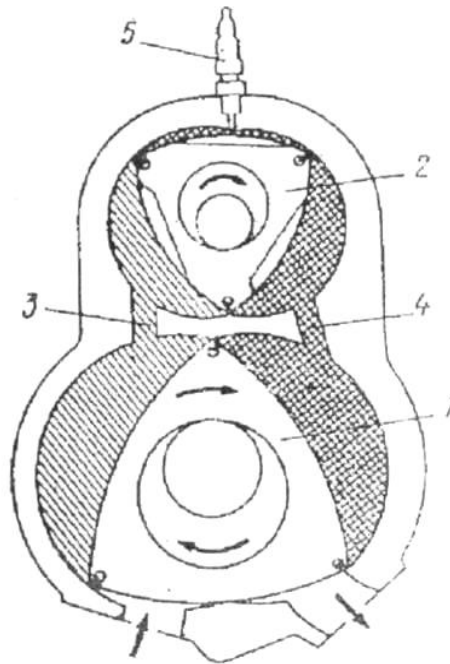


Рис. 5.13. Дизель із розділеним двостадійним стиском та двостадійним розширенням: 1 – поршень низького тиску; 2 – поршень високого тиску; 3 – впускний перепускний канал; 4 – випускний перепускний канал; 5 – форсунка для впорскування палива

Великою перевагою двигуна Ванкеля є мала кількість рухомих деталей, а оскільки рух обертальний, то двигун дуже просто врівноважити.

Ще більш урівноваженим є так званий газотурбінний двигун.

5.3. Газотурбінний двигун

Пропозиції щодо використання продуктів згоряння палива для роботи в турбіні висувалися ще задовго до того, як парова турбіна знайшла практичне застосування. Перший патент на газотурбінний двигун (ГТД) в 1791 г. отримав англієць Д. Барбер. Запропонована ним конструкція мала дуже віддалену схожість із сучасним ГТД. Пройшло близько 80 років, з'явився відомий твір С. Карно, де вказувалося, що повітря в якості робочого тіла теплового двигуна може виявитися краще водяної пари. Очевидно, цим керувався німецький інженер Штольце, який спроектував у 1872 г. двигун, названий ним "вогненною машиною", з елементами сучасного ГТД.

Принцип роботи ГТД досить простий.

Компресор засмоктує повітря з атмосфери, стискає його та подає в камеру згоряння, куди одночасно надходить паливо. Змішуючись із повітрям, паливо займається і згоряє. Продукти згоряння під тиском, створюваним компресором, поступають у газову турбіну, обертають її, а також закріплені на загальному валу компресор і паливний насос, після чого видаляються в атмосферу.

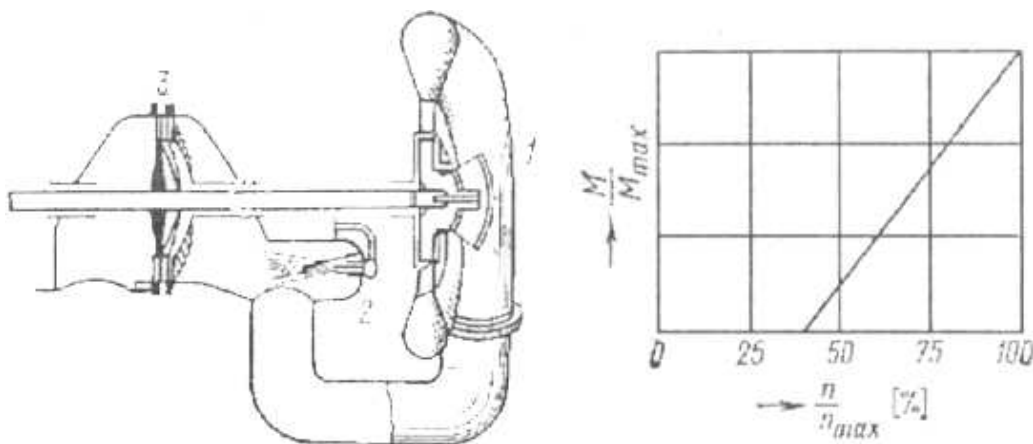


Рис. 5.14. Схема одновального ГТД:

1 – колесо компресора; 2 – камера згоряння; 3 – колесо робочої турбіни

Втілити свій задум у реальну конструкцію Штольце зумів лише у 1904 році.

Помітний внесок у створення ГТД зробив російський військовий інженер Павло Дмитрович Кузьмінський (1840-1900 рр.), який у 1894 р. випробував свою першу установку на Балтійському заводі Петербурзі.

На початку ХХ ст. у Франції та Німеччині було побудовано кілька ГТД невеликої потужності. Певний успіх супроводжував німецькому інженеру Г. Гольцверту, який сконструював у 1909–1913 роках ГТД з проектною потужністю 1000 к.с., який, проте, на випробуваннях зміг розвинути лише близько 200 к.с.

Великий внесок у розвиток газотурбобудування зробив професор Володимир Матвійович Маковський (1870–1941 рр.), робота якого «Досвід дослідження турбін внутрішнього згоряння», опублікована в 1925р., давала наукове обґрунтування перспективності ГТД. В організованій Маковським у 1930 р. газотурбінною лабораторією у Харкові було збудовано установку потужністю 1000 к.с. Друга світова війна перервала випробування.

Наприкінці 40-х – на початку 50-х років ХХ ст. ГТД починає завойовувати все більш міцні позиції на транспорті, у тому числі й автомобільному.

Одновальна турбіна через несприятливу залежність крутного моменту на валу турбіни від її оборотів (рис. 5.14) виявилася непридатною для автомобіля як силова установка. Тому з середини 50-х років ХХ ст. для автомобілів використовується двовальна - турбіна (рис. 5.15).

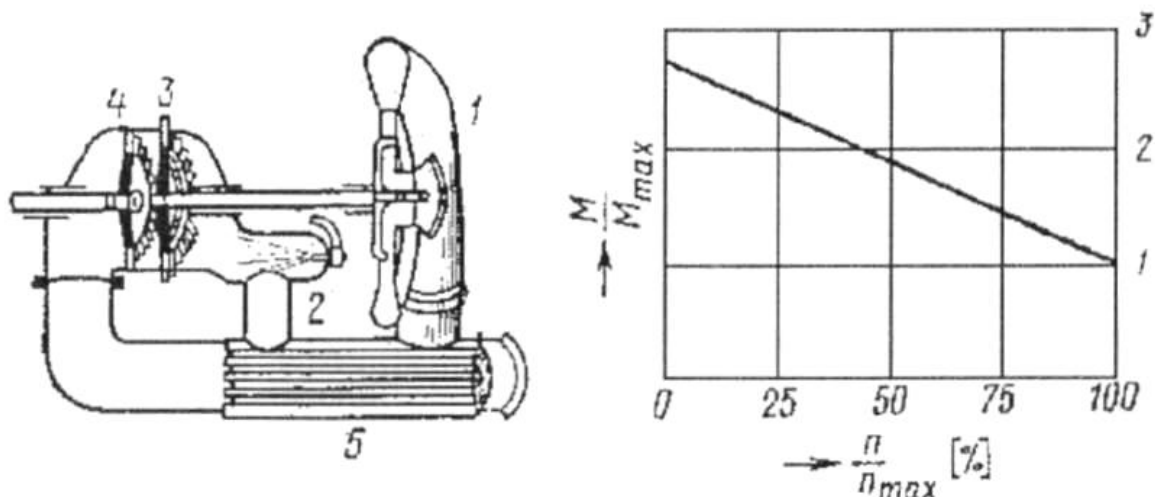


Рис. 5.15. Двовальна газова турбіна і крива її крутного моменту:
 1 – колесо компресора; 2 – камера згоряння; 3 – колесо турбіни приводу компресора; 4 – колесо робочої турбіни; 5 – теплообмінник

Така газотурбінна установка має два колеса: одне з них 3 приводить компресор в рух 1, а інше 4 є силовою установкою і розташоване на окремому валу. Крім того, силову установку, що розглядається, входить теплообмінник 5, в якому відпрацьовані гази підігрівають повітря з компресора перед камерою згоряння 2, що дозволяє деякою мірою збільшити ККД турбіни.

На рис. 5.16 зображена схема газотурбінного автомобільного двигуна 60-х рр. ХХ ст фірми «Форд» з теплообмінником, який обертається.

Повітря від компресора 4 перш ніж потрапити в камеру згоряння 3 проходить через колесо теплообмінника, що обертається 8, де віно підігрівається. Гарячі гази після турбіни 10 спочатку проходять через колесо теплообмінника, що повільно обертається.

Реактивні двигуни, у яких тяга створюється силою реактивного руху струменя газів, що з величезною швидкістю витікають з реактивного сопла, діляться на дві групи. Перша група – це безкомпресорні повітряно-реактивні двигуни, друга – турбореактивні двигуни. У двигунах першої групи стиск повітря в камері згоряння забезпечується за рахунок динамічного натиску повітря. Найбільш типовими серед них є так звані прямоточні двигуни. Прямоточні повітряно-реактивні двигуни використовують як окислювач атмосферне повітря.

Ідея повітряно-реактивних двигунів не раз висувалась у різних країнах, у тому числі в Росії. Але найбільш важливими, оригінальними роботами в цьому відношенні є дослідження, проведені в 1908–1913 роках французьким вченим Р. Лореном, який, зокрема, у 1911 р. запропонував низку схем прямоточних повітряно-реактивних двигунів.

У травні 1939 році в СРСР вперше відбулося випробування ракети із прямоточним повітряно-реактивним двигуном конструкції І.А. Меркулова. Це була двоступінчаста ракета (перший ступінь – порохова ракета) із злітною вагою 7,07 кг. При випробуваннях ракета досягла висоти 2 км.

У 1939-1940 роках вперше у світі в Радянському Союзі проводилися випробування повітряно-реактивних двигунів, встановлених як додаткові на літаку конструкції М.М. Полікарпова. В 1942 році у Німеччині випробовувалися прямоточні повітряно-реактивні двигуни конструкції Е. Зенгера. Однак застосування прямоточних повітряно-реактивних двигунів досить ефективно лише в умовах, коли забезпечена велика швидкість польоту літака – надзвукова швидкість, при якій повітря вриватиметься в камеру згоряння двигуна під порівняно великим тиском.

У розвитку реактивних двигунів основне значення має інша група повітряно-реактивних двигунів – турбореактивні двигуни.

У таких двигунах є газова турбіна, яка приводить в рух компресор, що нагнітає повітря в камеру згоряння (крім стиснення повітря, що надходить від швидкісного напору), а гази, що відходять, використовуються для реактивної тяги (рис. 5.17). Якщо чотири такти в циліндрі поршневого двигуна чергуються в часі, то процеси, що відбуваються в турбокомпресорному реактивному двигуні, чергуються в просторі.

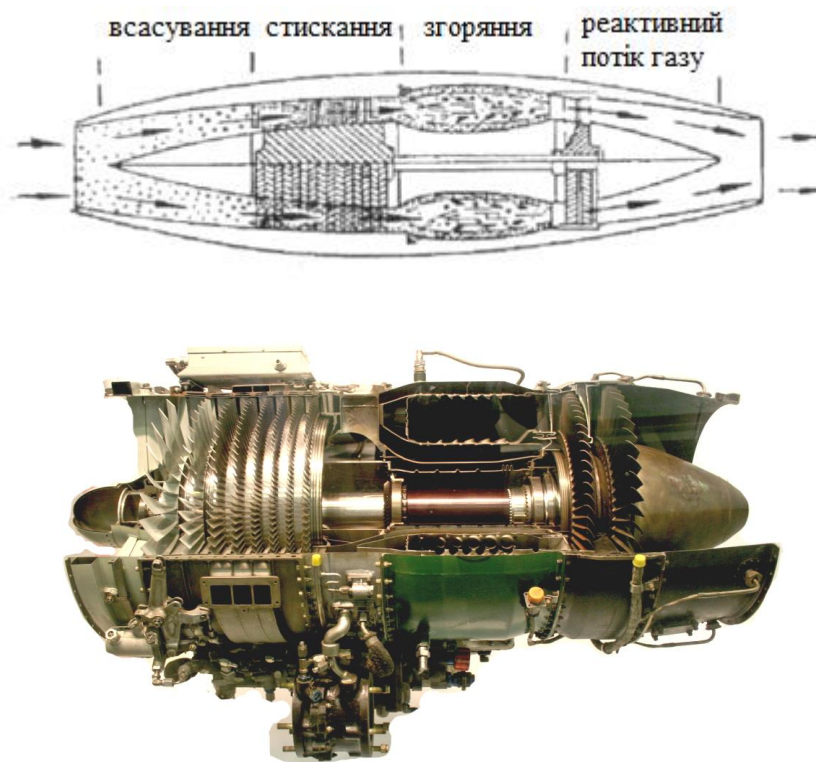


Рис. 5.17. Схема та зовнішній вигляд турбореактивного двигуна

Над винаходом турбореактивного двигуна багато працювали російські вчені. В 1909 р. проект турбореактивного двигуна було розроблено інженером Н. Герасимовим.

В 1914р. лейтенант російського морського флоту М.М. Нікольський сконструював та побудував модель турбореактивного авіаційного двигуна.

В 1924 р. В.І. Базаров розробив двигун із роздвоєним потоком повітря.

В 1941 р. в Англії було здійснено політ на експериментальному літаку з турбореактивним двигуном конструкції англійського авіаконструктора Франка Уїттла.

У СРСР розвитку та вдосконаленні турбореактивних двигунів і реактивної авіації велику роль грали колективи конструкторів, керовані О.С. Яковлєвим, О.О. Микулїним, А.М. Туполєвим, В.Я. Клімовим та ін., що створили нові оригінальні конструкції турбореактивних двигунів.

Починаючи з 60-х років ХХ ст. турбореактивні двигуни є основними типами авіаційних двигунів у швидкісній авіації.

Дещо відокремлено стоять рідинно-реактивні двигуни. Рідинно-реактивний двигун відрізняється від інших реактивних тим, що несе з

собою разом з паливом весь запас окислювача, а не забирає необхідне спалювання пального повітря, що містить кисень, з атмосфери (рис. 5.18).



Рис. 5.18. Схема рідинного реактивного двигуна

У рідинному реактивному двигуні (рис. 5.18) рідке паливо і окислювач насосами 4 подаються під тиском з баків 2 і 3 камеру згоряння 1. Продукти згоряння розширюються в соплі 5 і витікають в навколишнє середовище з великою швидкістю. Витік газів із сопла є причиною виникнення реактивної тяги двигуна.

Це єдиний двигун, який може бути застосований для надвисокого польоту поза земною атмосферою. Вперше ідея такого двигуна було висунуто К.Е. Ціолковським. Систематичні - експериментальні роботи над цими двигунами почалися в 30-х роках ХХ ст.

Перші в СРСР рідинно-реактивні двигуни були створені в 1930 - 1933 р.р. радянським інженером Ф.А. Цандером та групою вчених у Ленінграді.

Вперше політ літаком – ракетопланом з рідинно-реактивним - двигуном – було здійснено в Радянському Союзі в лютому 1940 р.

Рідинно-реактивні двигуни мають особливе значення для створення ракет та ракетних снарядів. В даний час приділяється велика увага вдосконаленню реактивних двигунів як в авіації, так і в ракетобудуванні.

6. РОЗВИТОК АВТОМОБІЛЬНОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ

У перших автомобілях все електроустаткування складалося із системи запалення. Наприклад, в автомобілі Карла Бенца, як система запалення використовувалося електричне запалення, засноване на застосуванні батарей та індукційної котушки. Потім з'явилися такі вдосконалення, як фари, стартер та інше електрообладнання. Застосування в автомобілі власне електроніки почалося, мабуть, у 30-х роках ХХ ст. з лампових автомобільних радіоприймачів.

Проте фундамент появи лампової радіоелектроніки було закладено роботами фізиків у XVIII і XIX ст. Перші у світі дослідження електричних розрядів у повітрі здійснили у XVIII ст. у Росії академіки М.В. Ломоносов, Г.В. Ріхман і незалежно від них американський вчений Б. Франклін. Важливою подією стало відкриття електричної дуги академіком В.В. Петровим в 1802 р. Проходження електричного струму у розряджених газах досліджували у XIX ст. в Англії У. Крукс , Д.Д. Томсон, Д.С.Е. Таундсенд , Ф.У. Астон, у Німеччині – Г.І.В. Гейслер , І.В. Гітторф , Ю. Плюккер та інші вчені.

У 1873 р. російський електротехнік О.М. Лодигін винайшов перший у світі електровакуумний прилад – лампу розжарювання. Незалежно від нього таку ж лампу створив та вдосконалив американський винахідник Т.А. Едісон. Електричну дугу вперше застосував з метою висвітлення П.М. Яблочкин у 1876 р.

Одним із найбільших відкриттів у галузі техніки був винахід радіо. Честь його винаходи належить великому російському вченому О.С. Попову.

Ще в 1886 році німецький вчений Г. Герц (1857 - 1894 рр.) вперше експериментально довів факт випромінювання електромагнітних хвиль.

О.С. Попов в 1889 р., працюючи в галузі дослідження електромагнітних коливань, вперше висловив думку про можливість використання електромагнітних хвиль для передачі сигналів на відстань.

7 травня 1895 р. О.С. Попов на засіданні Російського фізико-математичного суспільства в Петербурзі вперше продемонстрував радіоприймач. Радіоприймач, винайдений Поповим, був названий ним «грозовідмітником» і дозволяв приймати радіохвилі на відстані кількох кілометрів (рис. 6.1).

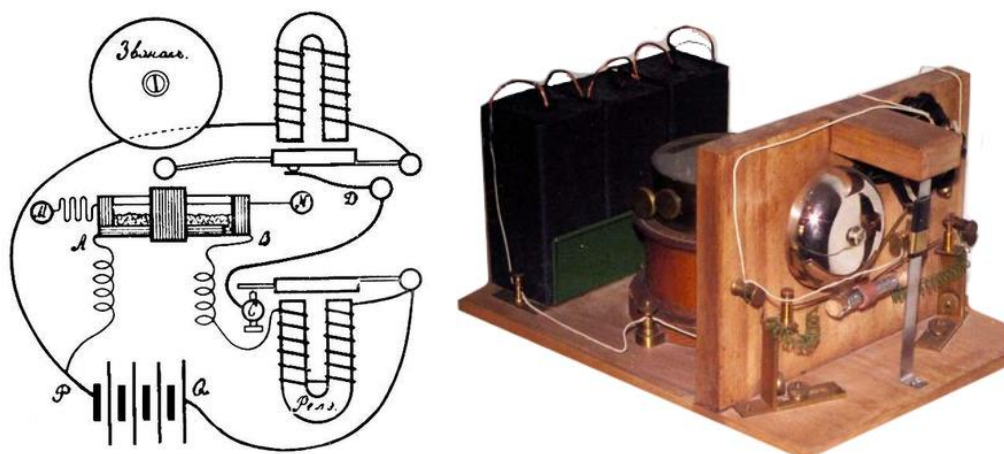


Рис. 6.1. Радіоприймач А.С. Попова

Через рік після першої доповіді О.С. Попова італієць Г. Марконі взяв патент в Англії на прилад для телеграфування без дротів. З опису видно, що радіоприймач Марконі дуже близько відтворював грозовідмітник О.С. Попова.

Велику роль виникненні електроніки зіграла електронна теорія, розроблена наприкінці ХІХ ст. поряд видатних фізиків.

У 1887 р. раніше згадуваний фізик Г.Р. Герц відкрив фотоелектричний ефект. Дослідження цього явища, розпочаті 1888 р. у Росії О.Г. Столетовим, і відкриття ним законів фотоелектричного ефекту започаткували фотоелектронні прилади.

У 1884 р. Т.А. Едісон відкрив термоелектронну емісію, а 1897 р. К.Ф. Брауном (Німеччина) було створено першу електронно-променеву трубку.

Використання електронних приладів у радіотехніці почалося з того, що у 1904 р. англійський вчений Д.А. Флемінг застосував двоелектродну лампу з розжареним катодом для випрямлення частотних коливань у радіоприймачі.

В 1907 р. американський інженер Л. Форест ввів у лампу сітку, що управляє, тобто створив перший триод.

Перед першою світовою війною у Росії В.І. Коваленко сконструював перші чотириелектродні лампи (з додатковою сіткою).

У 1918–1919 рр. вчений Нижегородської лабораторії М.О. Бонч-Бруєвич розробив теорію триода, що мала велике значення для проектування електродних ламп.

У 1930 р. вчений із США А. Хелл запропонував пентод, який став однією з найпоширеніших ламп.

Успіхи, що були досягнуті до 30-х років. XX ст. у розвитку лампової електроніки, в автомобілі відбилися не лише через лампові приймачі. Лампи застосовувалися і в інших пристроях, наприклад, у пристроях управління уприскуванням на електронних лампах фірми «Крайслер» (1957 р.). Однак електронні лампи погано переносили вібрацію, вимагали багато місця та електроенергії, і тому не знайшли широкого застосування в автомобілях.

У 1948 р. Д. Бардін, У. Браттейн та У. Шоклі (США) винайшли транзистор. З 1949 р. розпочато їхнє виробництво в СРСР, а з 1952 р. - масове виробництво в Японії. В 1958 році виникли інтегральні схеми (ІС). Однак, порівняно з іншими областями, застосування - транзисторів та ІС в автомобілях дещо затрималося і почалося з середини 50-х рр. XX ст. із застосування кремнієвих випрямляючих діодів та транзисторних радіоприймачів на автомобілях фірми «Дженерал моторс» (1955 р.).

Ця ж фірма ст 1962 році вперше застосувала контактно-транзисторне (рис. 6.2), а в 1964 році повністю транзисторне запалювання (рис. 6.3).

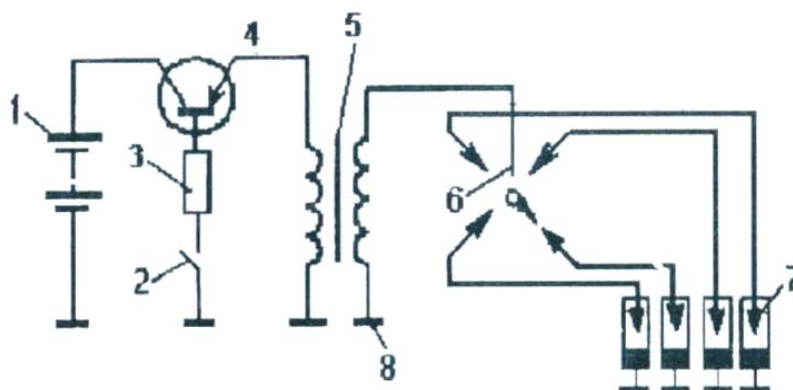


Рис. 6.2. Принципова схема електронної контактно-транзисторної системи запалювання: 1 – джерело струму; 2 – переривник; 3 – додатковий резистор; 4 – транзистор; 5 – котушка запалювання; 6- розподільник; 7 – свічка запалювання; 8 – маса

Перехід до контактно-транзисторного та транзисторного запалювання пояснюється наступним. Зі збільшенням оборотів колінчастого валу і циліндрів двигуна час замкнутого стану контактів стає настільки малим, що напруги на вторинній обмотці котушки запалення недостатньо для пробію іскрового проміжку і виникають пропуски запалення.

Вирішити ці проблеми можна лише шляхом збільшення сили струму в первинній обмотці котушки запалення, але оскільки комутація цього струму здійснюється контактами переривника, то термін їхньої служби та надійність системи запалення значно зменшуються.

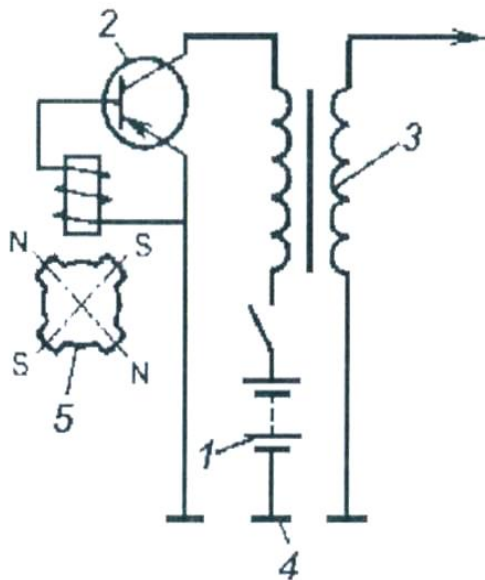


Рис. 6.3. Принципова схема електронної безконтактної схеми запалення: 1 – джерело струму; 2 – транзистор; 3 – котушка запалення; 4 – маса; 5 – датчик

Якщо комутацію струму первинної обмотки котушки запалювання здійснювати за допомогою електронних приладів, то перелічені вище проблеми стають розв'язними. У цьому випадку керуючий імпульс подається на базу транзистора або від переривника (контактно-транзисторна система запалювання – рис. 6.2) або від спеціального датчика (безконтактна електронна система запалення рис. 6.3). При цьому в ланцюзі емітер-база проходить струм, в результаті чого транзистор відкривається і в ланцюзі емітер-колектор-первинна обмотка системи запалення проходить струм низької напруги, індукуючи у вторинній обмотці струм високої напруги.

Після 1967 р. в автомобілях почали застосовувати ІС. Швидкими темпами розпочався процес насичення двигуна електричними пристроями, датчиками та системами, з'явився регулятор напруги на ІС («Дженерал моторс» – 1972 р.) та ін. Приблизно в той же час на ринку з'явилися пристрої керування трансмісією, упорскуванням палива, гальмами, а також пристрої для підтримки заданої швидкості автомобіля та інші, в яких використовувалися аналогові схеми.

Контроль прослизання коліс при гальмуванні застосовується починаючи з 1968 р. (автомобілі «Форд»), потім ці системи набули поширення в Японії («Тойота», «Нісан» – 1971 р.), США, Європі.

Система керування гальмами головним чином запобігає блокуванню коліс при гальмуванні, забезпечуючи підвищення

стійкості автомобіля при гальмуванні. Така система називається - антиблокувальною (АБС). Стан блокування колеса можна визначити, порівнюючи поступальну швидкість автомобіля та кутову швидкість колеса. Але так як швидкість колеса автомобіля визначити дуже важко через прослизання коліс, замість неї як базова зазвичай використовується розрахункова середня швидкість коліс.

На підставі сигналів датчиків швидкості обертання коліс, електронний блок керування виявляє стан блокування будь-якого колеса і посилає сигнал виконавчому пристрою (модулятор тиску), яке знижує тиск стисненого повітря (гальмівної рідини) в циліндрі гальмівного даного колеса. Як тільки швидкість колеса збільшиться, тиск стисненого повітря (гальмівної рідини) знову зростає і процес повторюється (рис. 6.4).

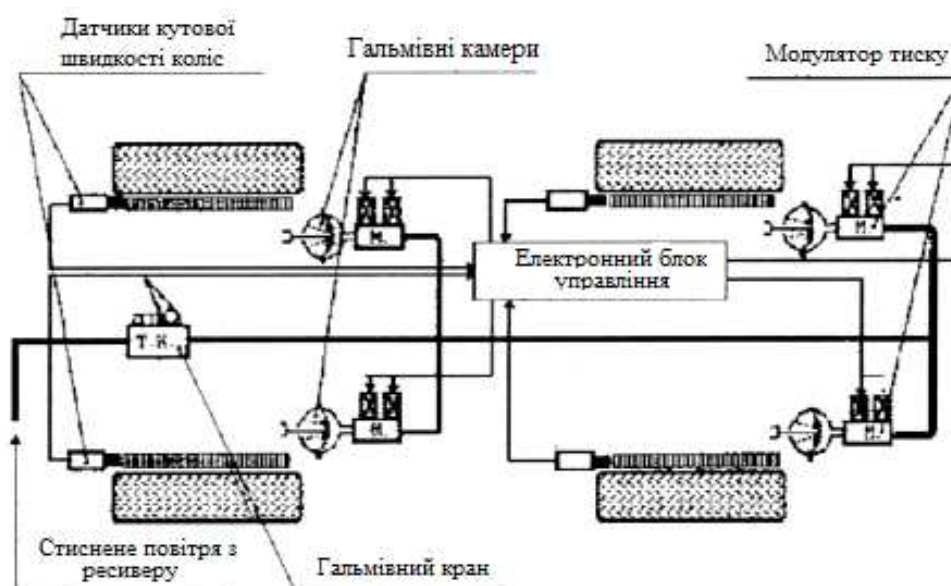


Рис. 6.4. Принципова схема АБС гальмівної системи із пневматичним приводом гальм

У 70-х роках ХХ ст. насичення автомобіля електронікою прискорилося. Це сталося завдяки цілій низці законодавчих актів США щодо обмеження складу відпрацьованих газів (1970, 1973, 1977 рр.), і навіть щодо обмеження споживання пального (1976, 1980 рр.), що зв'язано з нафтовими кризами 1973, 1979 рр. Стала обов'язковою система, що перешкоджає запуску двигуна, якщо на водії та пасажирів не пристебнуті ремені безпеки («Мазда», «Вольцваген» та ін.).

В 1972 р. була винайдена мікро-ЕОМ, але тільки в 1976 р. вона була вперше застосована в автомобілі для керування випередженням запалювання («Дженерал моторс» розробила систему, звану «Місар»). Завдяки високій точності управління стало можливим - значне поліпшення показників двигуна.

Використання мікро-ЕОМ в управлінні автомобілем різко збільшилося у зв'язку з введенням обмежень, що вже раніше згадувалися, на склад відпрацьованих газів і витрата палива. Комплексна система управління бензиновим двигуном, приклад якої наведено на рисунку 6.5 забезпечує оптимальну роботу двигуна шляхом управління впорскуванням палива, кутом випередження запалення, частотою обертання колінчастого валу двигуна на холостому ході і проведенням діагностики. На рисунку показано систему розподіленого упорскування, в якій форсунки встановлені безпосередньо перед кожним циліндром.

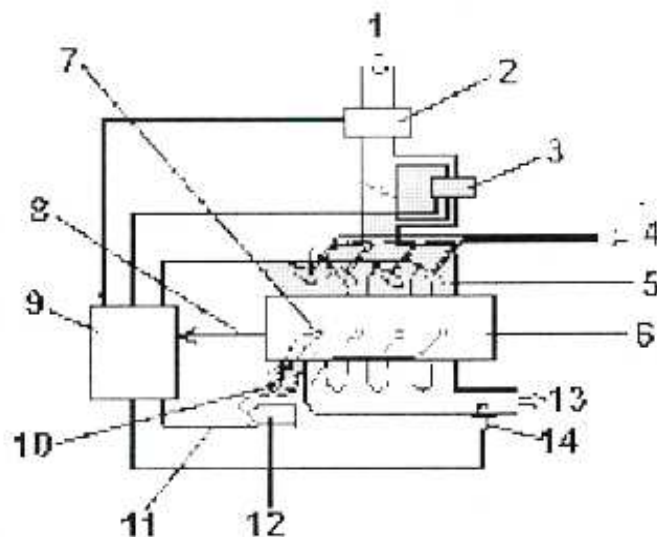


Рис. 6.5. Комплексна електронна система керування: бензиновим двигуном:
 1 – повітря; 2 – датчик витрати повітря; 3 - виконавчий пристрій управління частотою обертання колінчастого валу на холостому ході; 4 – паливо;
 5 – форсунки упорскування палива; 6 – двигун; 7 – свічки запалювання;
 8 – частота обертання колінчастого валу двигуна; 9 – ЕБУ; 10 – розподільник запалювання; 11 – вихідний сигнал; 12 - котушка запалювання;
 13 - відпрацьовані гази; 14 – датчик кисню

Електронна система управління дизельним двигуном розвивалася повільніше, ніж бензиновим, так як у порівнянні з традиційною системою управління (де використовувався механічний

відцентровий регулятор) необхідність застосування датчиків і виконавчих пристроїв складної конструкції робила всю систему значно дорогою.

Проте після енергетичної кризи збільшився попит на дизельні двигуни. У Японії та інших країнах стали застосовуватися переважно дизельні двигуни, параметри яких (димність відпрацьованих газів, шумність і рівень вібрації тощо) були значно поліпшені завдяки електронному управлінню. Але все-таки ступінь електронізації дизельних двигунів залишився нижчим, ніж у бензинових. На початку ХХІ ст. електрифікація дизельних двигунів стала активнішою і впроваджена практично на всіх автомобілях, завдяки чому дизельний двигун став використовуватися не тільки на вантажних автомобілях, а й на легкових малого класу.

Система електронного управління дизельним двигуном контролює кількість палива, що впорскується, момент початку впорскування, тощо.

На рисунку 6.6 представлена система управління паливним насосом високого тиску, перероблена з механічної в електронну. На цьому прикладі видно, що оскільки насос працює на принципах механіки, ця система суттєво відрізняється від електронної системи упорскування бензинового двигуна.

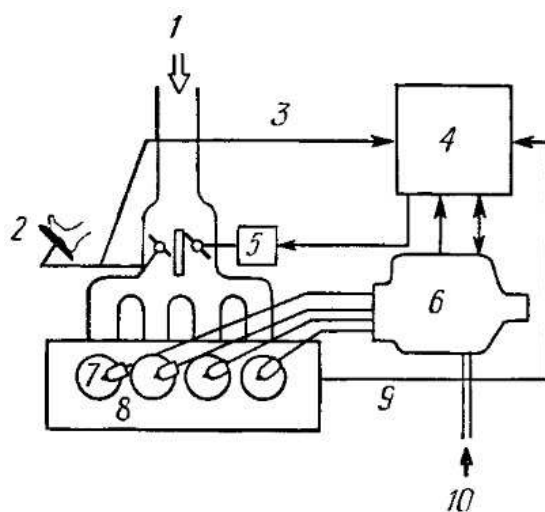


Рис. 6.6. Комплексна електронна система керування дизельним двигуном:
1 – повітря; 2 – датчик відкриття дросельної заслонки;
3 – ступінь відкриття дросельної заслонки; 4 – електронний блок керування;
5 – виконуючий пристрій; 6 – паливний насос високого тиску;
7 – форсунки впорскування палива; 8 – двигун; 9 – частота обертання колінчастого валу двигуна; 10 – подача палива

Але для виконання все зростаючих вимог щодо економічності та токсичності двигунів, як виявилось, електронні системи управління необхідні не тільки для двигуна, не менш ефективно вони можуть бути використані і в управлінні трансмісією.

В електронній системі управління трансмісією об'єктом регулювання є головним чином автоматична трансмісія. При цьому ЕБУ, на підставі сигналів датчиків кута відкриття дросельної заслінки та швидкості автомобіля, вибирає оптимальне передатне число передачі та час увімкнення зчеплення. Крім того, система, посилаючи в ЕБУ двигуна необхідні сигнали, може забезпечувати пом'якшення ударів і поштовхів, що виникають при перемиканні передач і спрацьовуванні зчеплення.

На рисунку 6.7 наведено приклад такої системи.

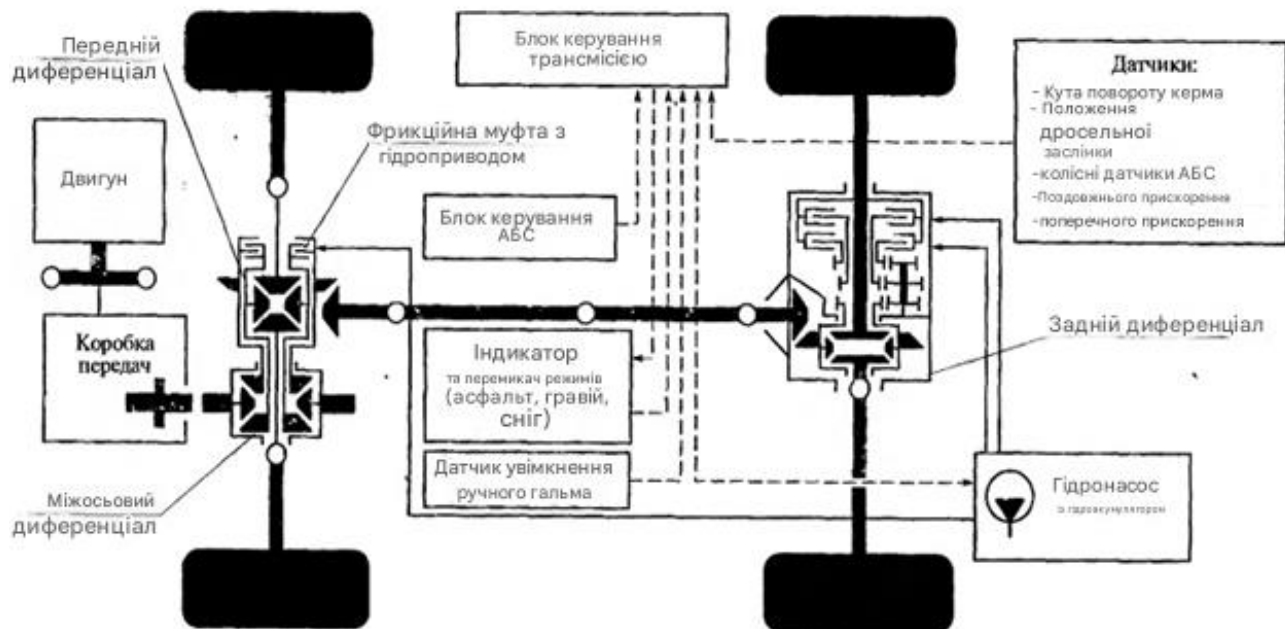


Рис. 6.7. Пример системы управления трансмиссией

З настанням 80-х років ХХ ст. у всьому світі чітко позначилася загальна тенденція застосування новітніх технологій та зростання різноманітності вимог користувача. У зв'язку з цим з'явилася необхідність підвищення споживчої цінності автомобіля, і в результаті стали з'являтися автомобілі, в яких застосовувалися мікро-ЕОМ і пов'язані з ними електронні приладові панелі, системи керування підвіскою, автоматичні кондиціонери повітря,

радіоприймачі з електронним налаштуванням, багатофункціональні інформаційні системи. дисплеями та багато іншого.

Керування підвіскою забезпечує її оптимальну роботу при різних швидкостях та масі вантажу, що перевозиться автомобілем. Електронні системи керують висотою кузова щодо дороги, пружними елементами та демпфуванням амортизаторів.

Керування висотою кузова щодо дороги забезпечує сталість цього параметра незалежно від завантаження автомобіля. Зменшення висоти кузова під час руху з високою швидкістю призводить до зниження аеродинамічних втрат та підвищення стійкості автомобіля на дорозі. Системи з ручним завданням висоти застосовувалися і раніше на автомобілях «Сітроен» та ін. Використання електронної системи керування автоматично забезпечує оптимальну висоту кузова над дорогою. Сигнали від датчиків висоти кузова та швидкості надходять на вхід електронного блоку керування (ЕБК). Вихідний сигнал з нього подається у виконавчий механізм, який зазвичай є діафрагмою, що переміщається під дією стисненого повітря, що подається насосом.

Керування пружними елементами підвіски та демпфуванням амортизаторів підвищує стійкість автомобіля та перешкоджає змінам положення кузова при різких поворотах, прискоренні та гальмуванні. З одного боку, для підвищення комфортності руху підвіска повинна бути «м'якою», але, з іншого боку, для кращої стійкості вона, навпаки, повинна бути досить жорсткою. Тому ЕБК, отримуючи на вхід сигнали від датчиків швидкості, кута повороту рульового колеса, кута відкриття дросельної заслінки, а також від кінцевого перемикача педалі гальма, управляє виконавчими пристроями, які змінюють параметри пружних елементів підвіски і амортизаторів кожного з коліс.

Зазвичай це здійснюється за допомогою електромагнітних клапанів або малогабаритних електродвигунів, які змінюють перерізи отворів у пневматичних пружних елементах, змінюючи цим пружність, або в гідравлічних амортизаторах, варіюючи їх демпфування (рис. 6.8).

Системи керування обладнанням салону та кузова були покликані підвищити комфортабельність та споживчу цінність автомобіля. Залежно від класу автомобіля використовуються такі пристрої з електронним управлінням, як кондиціонер повітря, панель

приладів, мультифункціональна інформаційна система, компас, фари, склоочисник з переривчастим режимом роботи, індикатор ламп, що перегоріли, пристрій виявлення перешкод при русі заднім ходом, протиугінні пристрої, апарат зв'язку, централізоване блокування замків дверей тощо.

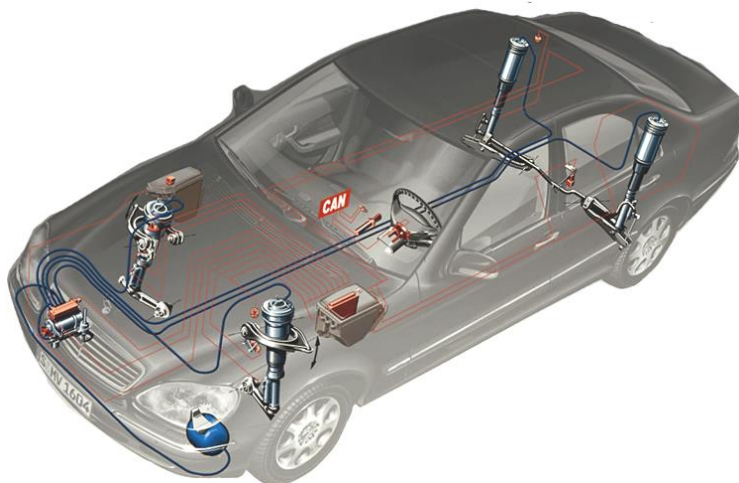


Рис. 6.8. Система керування демпфуванням амортизаторів

На рис. 6.9 показано електронну панель приладів з дисплеєм.

Історія автомобільної електроніки показує, що період від моменту винаходу будь-якого нового напівпровідникового пристрою до його використання в автомобілі поступово скорочується. Можна сказати, що завдяки суттєвому прогресу електронної техніки в порівняно короткий термін напівпровідникові компоненти стали придатними для застосування у понад тяжких умовах експлуатації на автомобілі.



Рис. 6.9. Електронні панелі приладів з рідкокристалічним дисплеєм

Вершиною застосування ЕОМ на автомобілі стали сучасні навігаційні системи, що вперше з'явилися на початку 80-х рр.. Приклад сучасної системи зовнішнього зв'язку автомобіля показаний на рисунку 6.10.

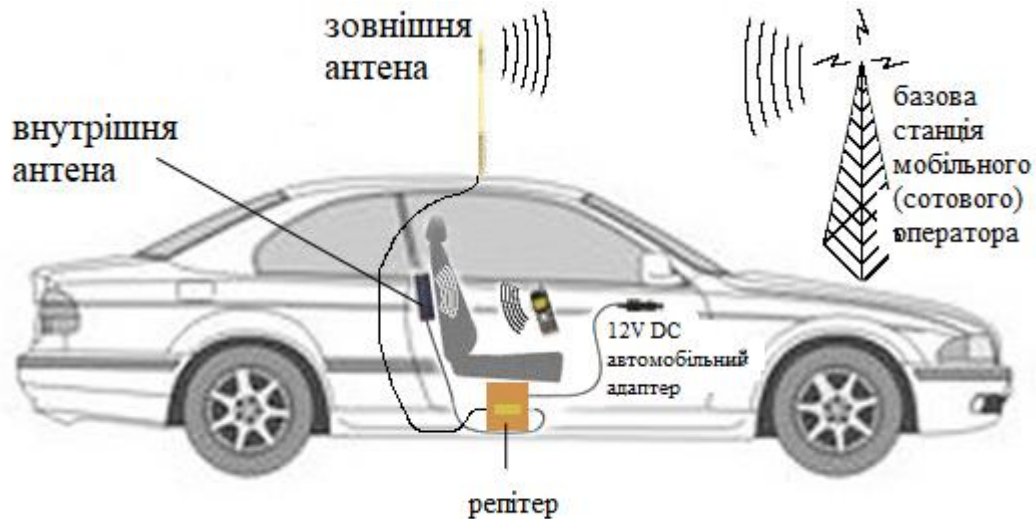


Рис. 6.10. Приклад системи зовнішнього зв'язку автомобіля

Об'єднання в мережу безлічі ЕБК, встановлених в автомобілі, дає можливість загального використання інформації, взаємної діагностики, виконання функцій ЕБУ (або їх частини), що вийшов з ладу, іншим ЕБУ. Крім того, використання систем позиціонування та навігації (GPS – Європейська або «ГЛОНАС» – Російської Федерації) через штучні супутники Землі дозволяють визначати становище автомобіля на землі, його швидкість руху та траєкторію руху. Застосування таких систем дозволяє водієві автомобіля оцінити завантаженість тієї чи іншої дороги та спланувати оптимальний маршрут свого руху з мінімальними витратами часу та ресурсів.

7. РОЗВИТОК ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ І ГІБРИДНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

7.1. Етапи розвитку конструкції електромобілів

Історію розвитку електромобілів можна було б розпочати ще з великих відкриттів XVII –XIX ст. у галузі електрики.

Почати можна з електричного генератора, який у 1650 році був винайдений Л. Отто фон Геріке. Цей генератор давав струм вкрай слабкої сили, хоча на ньому можна було отримати заряд високої напруги.

Наприкінці XVIII ст. були вироблені перші уявлення про електрику та вивчені найважливіші явища електростатики. З початку XIX ст. у центрі вивчення – електричний струм. Цьому сприяло відкриття гальванічних елементів, завдяки яким вчені виявили велику область явищ, пов'язаних із постійним електричним струмом.

Новий період у розвитку вчення про електрику починається з робіт італійського фізіолога Луїджі Гальвані (1737–1798 рр.), що опублікував у 1791 г. свій «Трактат про сили електрики при м'язовому русі», та італійського фізика та фізіолога Олессандро Вольта (1745–1827 рр.), що у 1800 році винайшов так званий вольтів стовп – перше джерело постійного струму, яке широко використовується дослідниками багатьох країн при вивченні електричних явищ.

Найбільший для свого часу вольтів стовп був створений у 1802 році російським вченим В.В. Петровим (1761-1834 рр.). Цей стовп складався з 4200 мідних і цинкових пластин і дозволяв отримувати близько 1700 Вт.

У 1826 році німецький фізик Г.С. Ом (1787–1854 рр.) у роботі «Визначення закону, яким метали проводять електрику» встановлює основний закон електричного ланцюга, який пов'язує опір ланцюга, електрорушійну силу і силу струму.

У 1820 році датський вчений Х. Ерстед відкрив дію струму на магнітну стрілку. У цей час французький фізик А. Ампер встановив закон взаємодії електричних струмів.

29 серпня 1831 року англійський фізик Михайло Фарадей (1791-1867 рр.) відкрив явище електромагнітної індукції. Це відкриття принесло Фарадею світову популярність. Подальший розвиток вчення про індукцію струмів набуло у працях російського вченого

Е.Х. Ленця. В 1833 р. він обґрунтував так зване «правило Ленця», яке встановлює закономірність між струмом індукції і магнітним потоком, що змінюється.

Видатним продовжувачем робіт М. Фарадея був англійський фізик Джеймс Максвелл (1831-1879 рр.). Математичним виразом теорії електромагнітного поля Максвелла стала його знаменита система рівнянь.

Відкриття Фарадея дало поштовх у розвитку електричних генераторів струму та електродвигунів.

Спочатку були створені генератори з збудженням від постійних магнітів: генератори братів Пікслі (1832 р.), англійця Кларка (1836 р.), Б.С. Якобі (1842 р.) та ін. Але застосування постійних магнітів перешкоджало створенню генераторів достатньої потужності. Тому надалі було здійснено перехід до електромагнітів, що дозволили збільшити потужність генератора, але потребує створення складної системи живлення. Вирішальним у створенні генераторів великої потужності було винахід машини з самозбудженням, в якій живлення здійснювалося за рахунок струмів, які отримують у самій машині. Перші генератори з самозбудженням були створені датським винахідником Хіортом (1854 р.), англійським винахідником Барлеєм (1860 р.) і Уїтстоном (1866 р.), а також німецьким інженером Сіменсом (1876 р.).

Однак перші генератори з самозбудженням були вкрай недосконалі через невдалу конструкцію якоря. І тільки з появою генератора з самозбудженням французького винахідника Грама, в якому була застосована нова конструкція якоря (кільцевий якір), електричний генератор вийшов з експериментальної стадії розвитку.

Паралельно зі створенням генератора йшла робота над удосконаленням конструкції електродвигуна. Оригінальну конструкцію електродвигуна створив Б.С. Якобі в 1834 році (Рис. 7.1). Важливим етапом у вдосконаленні електродвигуна було винахід в 1860 році італійського вченого Починотті - двигуна з кільцевим якорем, що обертається.

Одним з найбільш помітних досягнень у розвитку конструкції електричних машин став винахід німецького електротехніка -

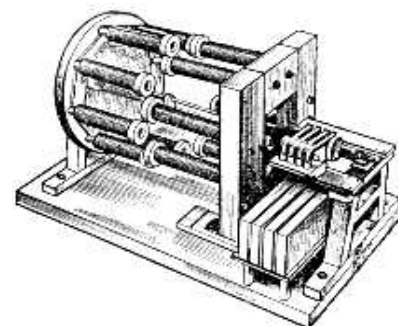


Рис. 7.1. Модель електродвигателя Б.С. Якоби

Гефнер-Альтенека (1872 р.). Він помістив обмотку генератора на зовнішній поверхні залізного циліндра, в результаті чого було досягнуто максимальне використання провідників, що рухаються в магнітному полі.

У 1875 році французький електротехнік Фонтень першим довів оборотність електричних машин.

Протягом 70-80-х років ХІХ ст. електрична машина постійного струму набула всіх основних рис сучасної машини.

Таким чином, починаючи з 30-х років ХІХ ст. створено передумови появи електромобіля. До попередників електромобілів можна віднести електричні вантажівки американців Девенпатора та Пейджа, збудовані в 1837 році, а також електричний локомотив шотландця Р. Девідсона (1842 р.). В 1847 році американець Фармер сконструював машину, яку прийнято вважати першим електромобілем. У всіх цих конструкціях джерелом енергії служила батарея гальванічних елементів.

Найбільш інтенсивно електромобіль почав розвиватися лише через 30 років, десь у 1880 році, після того, як були вдосконалені свинцеві акумулятори, винайдені Г.А. Планте в 1860 році.

У 1881 році на міжнародній електротехнічній виставці у Парижі було виставлено одномісний трицикл.

Приблизно в цей час знаменитий французький винахідник М. Жентау сконструював свій перший електромобіль (рис. 7.2). Електродвигун 1 приводив у рух задні колеса за допомогою зубчастої передачі.

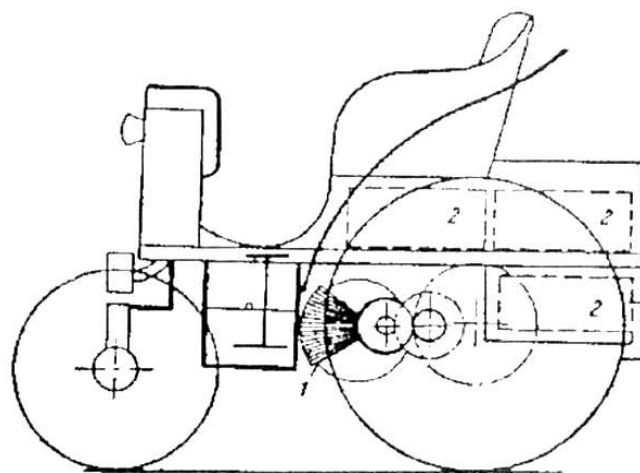


Рис. 7.2. Перший електромобіль М. Жентау :
1 – електродвигун; 2 – акумуляторна батарея

Протягом 90-х років XIX ст. електромобіль успішно конкурує із автомобілем. В 1899 році бельгієць К. Жепатці на своєму електромобілі під назвою «Завжди незадоволена» досяг межі швидкості 100 км/ч.

У низці країн створюються електричні вантажівки та омнібуси.

У 1897 році в м. Лондон випускається дослідний електричний омнібус на 25 пасажирів (рис. 7.3) компанії Electric Motive Power Co. У цьому електричному омнібусі акумуляторна батарея 1 була розташована під підлогою кузова. Електродвигун 2 приводив у рух задні колеса за допомогою редуктора 3 і 4 пасової передачі 5.

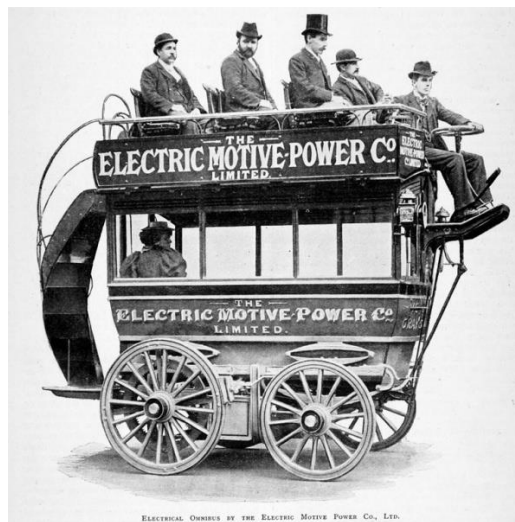
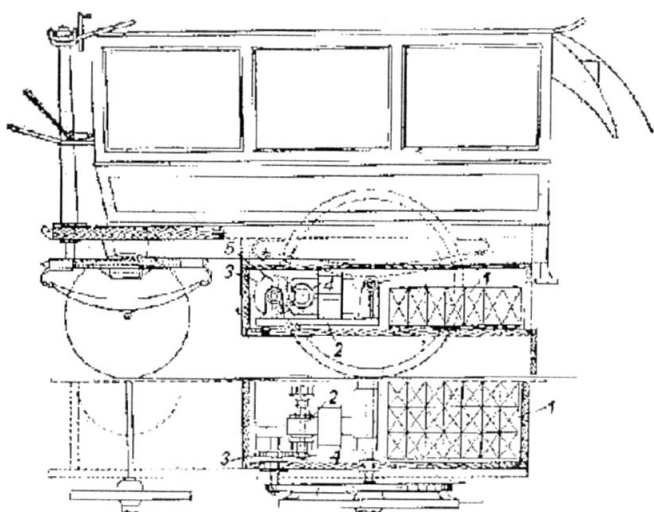


Рис. 7.3. Акумуляторний омнібус компанії Electric Motive Power Co: 1 – акумуляторна батарея; 2 – електродвигун; 3 і 5 - шестерні зубчастої передачі ; 4 – ланцюгова передача

В той же час (у 1897 році) по вулицях м. Лондон починають експлуатуватися електричні таксі конструкції Волтера Берсея (рис. 7.4). Ці автомобілі належали компанії В. Берсея, яка мала назву London Electrical Cab Co.



Рис. 7.4 Акумуляторний автомобіль таксі конструкції Волтера Берсея

Не погані для свого часу електромобілі будували у Росії. Їх створення пов'язане з ім'ям петербурзького інженера М.В. Романова. Дослідник приділяв велику увагу зниженню маси своїх електромобілів. Шасі та кузови виготовлялися з тонких сталевих труб. Для облицювання кузова використовувався винайдений М.В. Романовим матеріал, що нагадує сучасний текстоліт.

У 1896 році на вулицях Петербурга їздили двомісні кеби М.В. Романова (рис. 7.5 а).

У 1901 році був побудований перший російський 15-місний електричний омнібус М.В. Романова (рис. 7.5 б).



Рис. 7.5. Електричні транспортні засоби М.В. Романова:
а) двомісний кэб; б) електричний омнібус

До Першої світової війни конструктори працювали головним чином над удосконаленням легкового електромобіля, збільшенням його швидкості та пробігу на одну зарядку, сподіваючись створити тип дорожньої машини, яка не поступається бензиновому автомобілю. Однак досягнуте полегшення ваги акумуляторів виявилось порівняно невеликим і не дозволило збільшити пробіг електромобіля вище 130 - 140 км при швидкості 25-30 км/год, в той час як бензиновий автомобіль, швидко вдосконалюючись, досяг швидкості 80 км/год при пробігу на одній заправці до 300 км. Крім того, наприкінці ХІХ ст. була слабо розвинена мережа електричних заправних станцій, що стримувало розвиток електромобіля. Незважаючи на це, наприкінці ХІХ ст. виробництво електромобілів було поставлено потік. Так, компанія Detroit Electric випускала щорічно від 1000 до 2000 електромобілів на рік. З 1920 р. продажі електромобілів зменшилися через зниження ціни на нафтопродукти

та збільшення продажів швидших і потужніших автомобілів з двигуном внутрішнього згорання.

Приблизно з 1908 року починається досить інтенсивне зростання числа вантажних електромобілів та його комерційна експлуатація. На рисунку 7.6 показаний типовий двотонний вантажний електромобіль американської конструкції 1916-1917 рр.

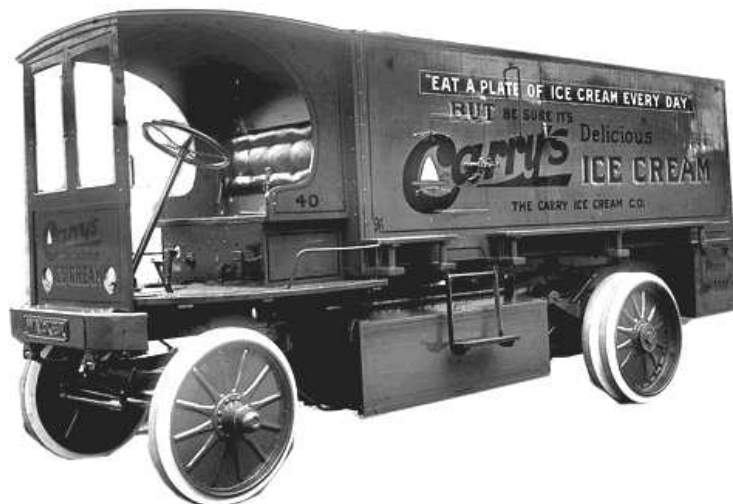


Рис. 7.6. Двотонний вантажний електромобіль американської конструкції

20-ті роки ХХ ст. дали світу чимало оригінальних конструкцій. Всі вони постачались свинцево - кислотними акумуляторами, мали просту конструкцію, були тихохідні, неповороткі і громіздкі. Проте, запас ходу сягав 60– 80 км за максимальної швидкості електромобіля в 20 км/год.

У 30-ті роки ХХ ст. вантажні електромобілі стали популярними в Німеччині через брак рідкого палива. Їх випускали фірми « Берлінер електромобіль-фабрик », « Бляйхерт », «Штиль», «Бергман» (рис.7.7).

Перші вантажні електромобілі СРСР з'явилися 1935 р. (Рис. 7.8). Один із них на базі півторки ГАЗ-АА, другий – на шасі ЗІС-5. Обидва вони були створені в лабораторії електричного потягу (ЛЕП) Московського енергетичного інституту.

З 1947 року в експлуатації електромобілів лідирувала Англія. Однією з причин цього стала повоєнна нестача бензину, але важливіше інше: англійці виявили ту сферу застосування електромобілів, де максимально виявились їхні переваги.

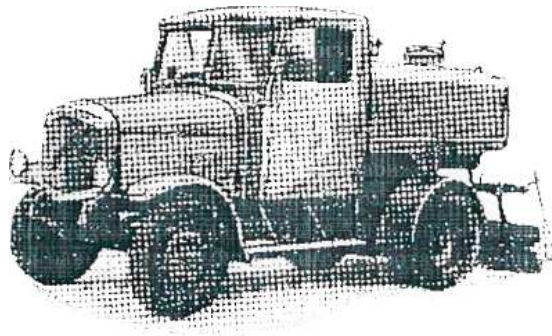


Рис. 7.7. Електромобіль фірми «Бергман» для очищення та миття вулиць

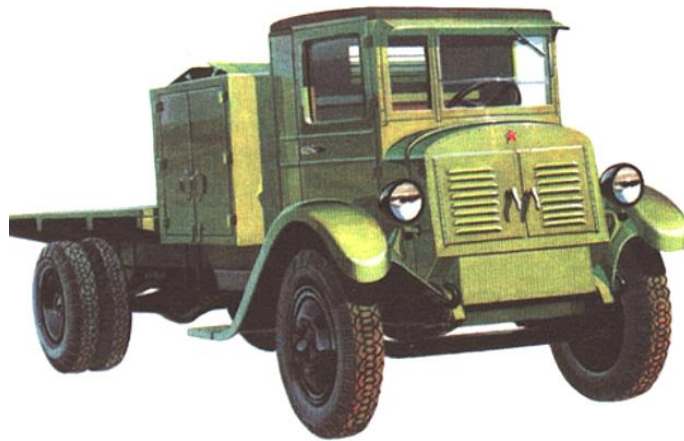


Рис. 7.8. Експериментальний вантажний електромобіль ЛЕТ (СРСР)

Використання електромобілів у цій країні пов'язують також із давньою британською традицією отримувати на сніданок свіже молоко та хліб, які місцеві молочники та булочники на зорі привозять прямо до будинку та залишають на порозі. Ось тут і з'явилися англійські електромобілі. Це були, як правило, напіввідкриті вантажівки або фургончики вантажопідйомністю до 1,5-2 тонни зі свинцевими батареями, що служили виключно для розвезення продуктів. Маршрути були короткими і не вимагали застосування особливо потужних джерел струму, перезаряджати які можна було поспішаючи протягом усього дня. Після війни, яка закінчилася в 1945 р., в Англії електромобілів налічувалося 10-15 тис., у наступному десятилітті їх парк збільшився до 25 тис., потім до 30 тис. В Англії навіть з'явилося з десятків спеціалізованих компаній із серійного випуску таких машин. Це фірми « Моррісон Електрикар », «Рос», «Сміт», « Остін-Кромлтон », «Уеллс», «Брав» та ін. До їхньої програми входили три- та чотириколісні вантажівки з

корисним навантаженням від 300–500 кг до 2–3 т. На них монтувалися як фургони та бортові платформи, так і спеціальне оснащення: сміттєзбірники, поливно-мийне, пожежне та санітарне обладнання та ін. Запас їхнього ходу знаходився в межах 40–60 км, а максимальна швидкість не перевищувала 32 км/год. Для полегшення електромобіля кузова робили з алюмінію, пластмаси або навіть дерев'яних брусків і фанери. Кабіни зазвичай відкриті, без дверей, а деякими легкими машинами водій керував навіть стоячи. У них застосовувалася класична схема вантажного електромобіля, яка використовується і сьогодні.

Англійську традицію підхопили і інші країни. Тепер електромобілі використовувалися для обслуговування торгових точок та пошти в містах, що потребувало дещо підвищити їх експлуатаційні якості, забезпечити їх закритими кабінами. Саме цим шляхом розвивалися донедавна і електромобілі СРСР. Перші чотири електромобілі з'явилися на вулицях Москви в 1949-1950 рр., а в 1952-1958 рр. у Ленінграді для поштових перевезень використовувалися 10 машин ЛАЗ-НАМІ (НАМІ-751), побудованих на Львівському автобусному заводі, в яких застосовувалися залізнікелеві батареї (рис. 7.9).

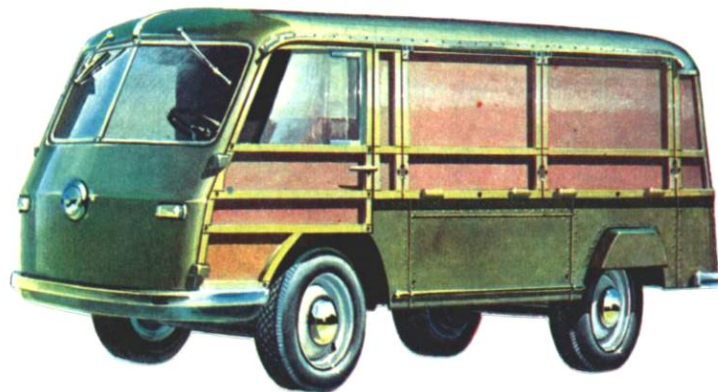


Рис. 7.9. ЛАЗ-НАМІ (СРСР, 1948 р.)

Починаючи з середини 60-х р. ХХ ст. інтерес до електромобілів помітно підвищився. Особливо інтенсивно вони почали розроблятися в США, Японії, Німеччині та Англії.

Сталося це з двох основних причин. Перша з них – занепокоєння населення щодо забруднення навколишнього середовища, рух на захист якого виник на початку 1960-х р.

Очевидно, що використання електромобілів практично виключає - забруднення повітря і шум у містах. Другою причиною стала нафтова криза 1970-х років. Стало очевидним, що світові запаси нафти обмежені, і розвинені країни, наприклад, США почали негайний пошук альтернативних джерел енергії. Тому, зокрема, конгрес США 1976 р. ухвалив закон про дослідження, розробку та виготовлення електричних та гібридних транспортних засобів (рис. 7.10), що призвело до значного прискорення робіт у цій галузі.

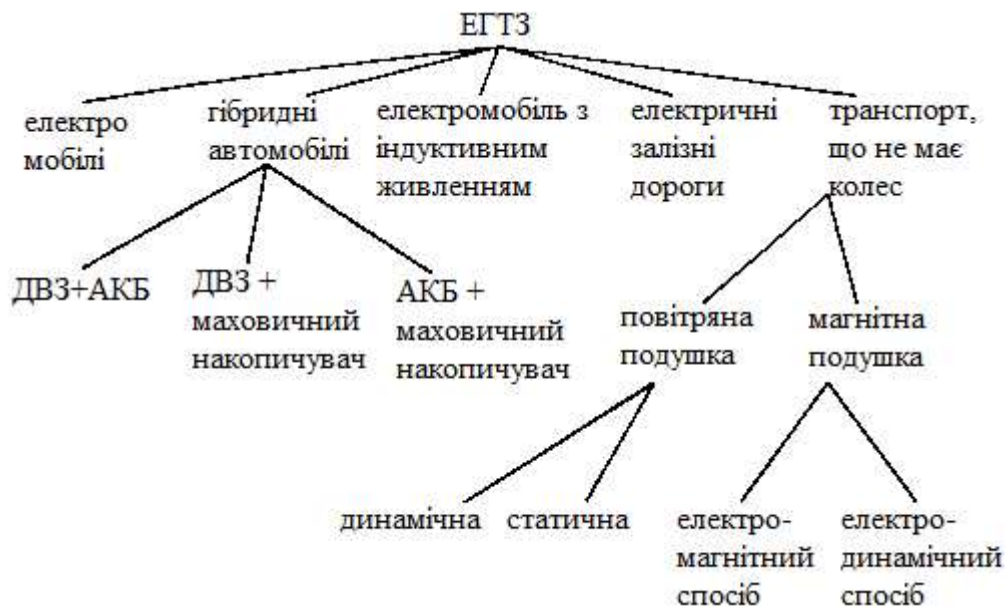


Рис. 7.10. Електричні та гібридні транспортні засоби (ЕГТЗ)

Конкретні технології, які можна було використовувати для створення електромобілів, до кінця ХХ ст. були значно вдосконалені. Однак неможливість накопичувати електричну енергію в достатній кількості все ще обмежувало запас ходу електромобілів у порівнянні з бензиновими АТС. Це стимулювало дослідження проблеми акумулювання електричної енергії, і з 80-х рр. почали активно розроблятися акумулятори, які дозволяють значно збільшити дальність пробігу електромобілів. З'являються акумуляторні батареї з покращеними характеристиками: нікель-цинкові, нікель-залізні, хлорно-цинкові (рис. 7.11).

Однак жоден з них не дав можливості електромобілю конкурувати з бензиновими та дизельними автомобілями з енергоємності силової установки. Тому з середини 80-х роках ХХ ст. надії пов'язуються з метало-повітряними акумуляторами, наприклад, алюміній- і залізно-повітряними, а також з паливними елементами.

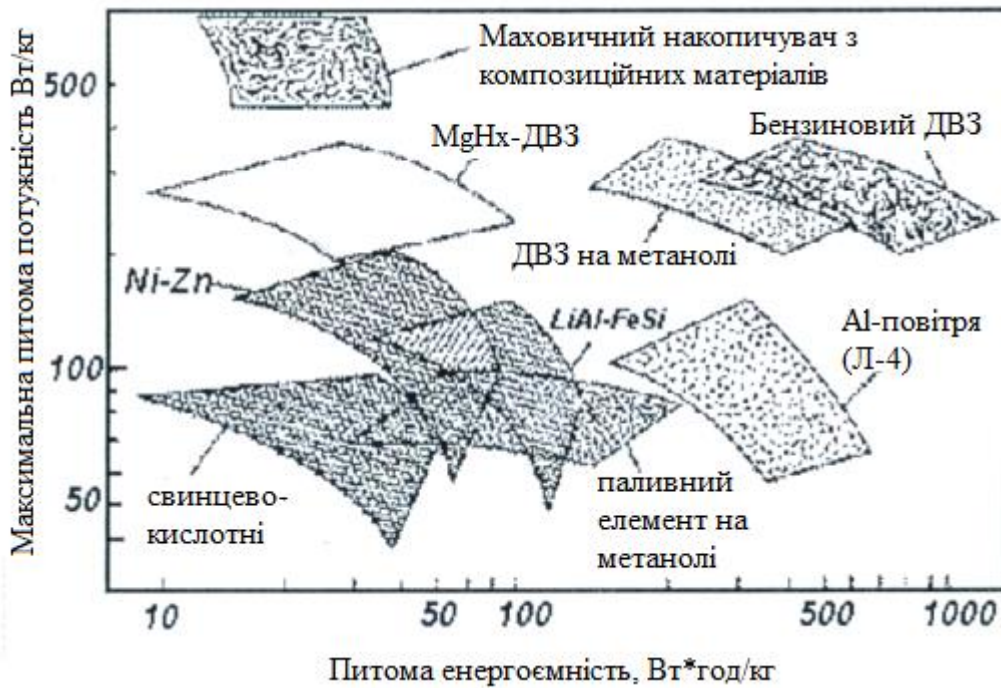


Рис. 7.11. Характеристики акумуляторів

Наприклад, алюміній-повітряна батарея має відносно невеликий час підзарядки. Питома енергоємність такого акумулятора на порядок вище в порівнянні з існуючими, що дозволяє збільшити запас ходу до 1600 км. Крім того, замість підзарядки розряджений акумулятор можна замінити на попередньо заряджений або, що складніше, замінити в ньому алюмінієві пластини.

Можливо, що вдасться розробити спеціальну конструкцію акумулятора, яка дозволить проводити швидко заміну пластин і тим самим позбавитися одного з основних недоліків електромобілів - втрат часу на підзарядку. Розглянуті батареї мають той недолік, що продукт руйнування алюмінію (гідроксид алюмінію) залишається в автомобілі і його необхідно періодично видаляти. Однак це абсолютно безпечна речовина, яка в даний час є основною сировиною для алюмінієвої промисловості, і, отже, може бути використана повторно.

Електромобілі ХХ ст. мали низку функцій. Американські вантажні електромобілі мали запас ходу до 160 км і максимальну швидкість 75–80 км/ч. Електромобілі перевозять продукти та працюють у комунальній службі. Для Америки не рідкість електромобілі, що поливають вулицю, розвозять хворих по госпітальному двору та пасажирів в аеропорту.

Цілком незвичайне призначення у електромобілів американської фірми «Рінкмейт». Це так званий льодокомбайн – та сама машина, яка у перервах хокейного матчу виїжджає на лід та полірує його. Тут важливі переваги електромобіля – чистота та безшумність. Адже працює він переважно у критих спортивних комплексах. Аналогічна машина "Сніжинка" випущена Уральським автомобільним заводом (СРСР).

Ще одне незвичайне та рідкісне призначення електромобіля прийшло з Англії. Це пересувні лавки.

Вантажні автомобілі сьогодні стали невід'ємною частиною внутрішньозаводського транспорту будь-якого великого підприємства. Це насамперед електрокари та електронавантажувачі.

Традиції, що склалися, використання особистого транспорту в таких розвинених країнах, як, наприклад, США, дозволяють намітити галузі застосування електромобілів як пасажирського транспорту. Наприклад, близько 45 % сімей США мають 2 і більше автомобіля. З іншого боку, дальність близько третини всіх поїздок вбирається у 15 км. З урахуванням збільшення цін на паливо електромобіль може знайти застосування як другий автомобіль (автомобіля для поїздок у місті). Однак основною сферою застосування електромобілів у цьому сенсі є громадський транспорт. Автомобіль із запасом ходу 160 км. може задовольнити усі особисті потреби населення у місті, а також під час поїздок на роботу.

Електромобілі сьогодні багато перейняли у сучасних автомобілів, проте це не означає, що достатньо замінити на автомобілі ДВЗ, коробку передач та бензобак електросиловою установкою, щоб створити електромобіль.

У 50-60-ті роки ХХ ст. було чимало спроб збудувати такі «електромобілі». Вони закінчилися невдало: машини виходили дуже важкими, а тягове електроустаткування не піддавалося зручному розміщенню на шасі. Наразі конструктори схиляються до створення спеціального електромобіля, пристрій якого продиктований реальними умовами експлуатації.

Особливості конструкції сучасних електромобілів нагадуються його вузько міським призначенням. Міцність деталей більшості автомобілів розрахована на рух і з високими швидкостями, і поганими дорогами. Деталі ж кузова і ходової частини електромобіля, призначеного для швидкого руху асфальтом, можуть бути зроблені більш тонкими, з менш міцних матеріалів. Тим самим зменшується

маса машини і певною мірою компенсується все ще більша маса акумуляторних батарей.

На середину 80-х років ХХ ст., крім відмінностей у системі електрообладнання – постійного або змінного, сформувалося не менше семи схем компонування (рис. 7.12) та шести основних різновидів призначення машин: двомісний мікроелектромобіль, двомісний малий, звичайний 4–5-місний легковий (типу таксі), малотоннажний фургон, комунальний автобус середньої місткості.

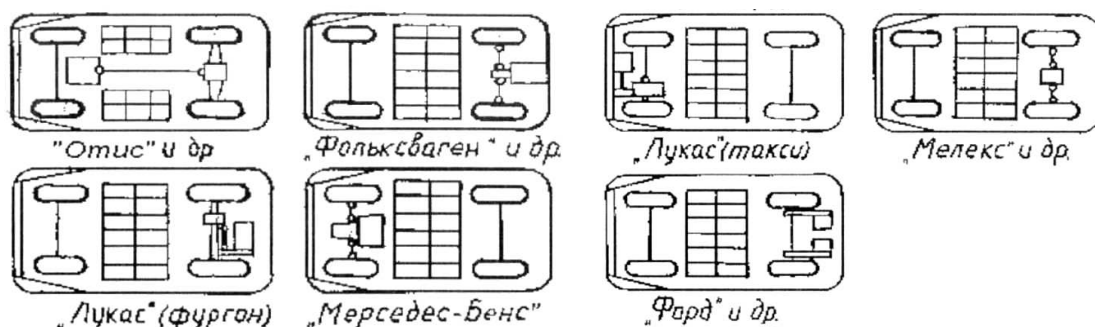


Рис. 7.12. Схеми компонування електромобілів

У країнах СНД велися роботи над електромобілями Ризькою, Єрванською (Рис. 7.13), Волзькому, Ульяновському автозаводах, у ряді наукових інститутів автомобільної та електротехнічної промисловості.



Рис. 7.13. Електромобіль ЄрАЗ-3732

Під час розвитку електромобілів у СРСР до стадії експлуатації були доведені дві розробки невеликої дослідної партії: Головмосавтотрансу спільно з Всесоюзним науково-дослідним інститутом електромеханіки та Науково-дослідного інституту - автомобільного транспорту спільно з ВНДІ електротранспорту (м. Калініград) та Ризьким електромашинобудівним заводом. Вантажопідйомність машин в обох випадках – 0,5 т, акумулятори свинцево-кислотні; силова установка розташована під кузовом, провідні колеса – задні.

Електромобілі (Главмосавтотранс), що експлуатувалися в Москві, були створені на базі вантажного автомобіля УАЗ-451 ДМ, забезпечувалися силовою установкою змінного струму, зарядним пристроєм і електричним рекуперативним гальмуванням. Власна маса машини – 2,5 т. Машини НДІАТ експлуатувалися у підмосковному місті Подільську. Вони були сконструйовані з широким використанням агрегатів ходової частини автомобіля ГАЗ-24. Силова установка – постійного струму; власна маса машини була 2 т.

Цікаві також експериментальні моделі, створені фахівцями ВАЗу. ВАЗ-2702 (Рис. 7.14), в якому рама, кабіна та кузов виконані з алюмінієвих сплавів.



Рис. 7.14. Електромобіль ВАЗ-2702

ВАЗ-2802 (рис. 7.15) задуманий як фургон для транспортування невеликих партій вантажів у великих містах.



Рис. 7.15. Електромобиль ВАЗ-2802

Вантажний контейнер об'ємом 4,5 м³ у ньому зроблений легкознімним та кріпиться до рами чотирма клямками. Завдяки цьому один електромобіль може мати набір різних за призначенням спеціалізованих кузовів, маса нікель-цинкових акумуляторів – 423 кг. Щоб компенсувати таку значну масу, рама електромобіля виконана з алюмінієвих профілів. Алюмінієві сплави та пластмаси також використані при виготовленні ряду деталей кузова. Кількість місць – 2; вантажопідйомність – 500 кг; максимальна швидкість – 74 км/год.

Під час створення електромобілів конструкторам доводиться вирішувати низку складних завдань. Найголовніша з них, як уже зазначалося вище, – недостатній пробіг від зарядки до зарядки. У 70 – 80-ті роки. ХХ ст. намітилися основні шляхи вирішення цього завдання:

- застосування більш прогресивних акумуляторних батарей ;
- застосування швидкознімних акумуляторних батарей ;
- застосування сонячних батарей (гелеомобілі , сонцекари);
- електромобілі з індуктивним підведенням електроенергії;
- гібридні транспортні засоби та рекуперативне гальмування.

7.2. Електромобілі зі швидкозйомними акумуляторними батареями-контейнерами

Під час ранніх електромобілів вважалося нормальним підряджати батареї, не знімаючи їх з машини. Тому допускалися і складне кріплення батарей на рамі, і труднощі їхнього знімання з машини.

Зараз батареї вважають складовою частиною «палива». Отже, ними потрібно заправляти електромобіль. Контейнери для батарей мають бути кількох стандартних розмірів, а заміна їх – гранично спрощеною, механізованою (рис. 7.16).



Рис. 7.16. Заміна батареї на електромобілі фірми «Mercedes»

Електромобільна «заправна колонка» стає складом контейнерів, а «шлангом» стане якийсь навантажувальний пристрій. Чи відбуватиметься зарядка батарей відразу на «колонці»? Швидше за все, так.

При забезпеченні нескладної та швидкої зміни батарей проблема запасу ходу електромобіля втрачає свою гостроту.

7.3. Тенденції розвитку електромобілів у XXI ст

Минуло трохи менше ста років з того часу (1920 р. XX ст.), коли електромобілі почали відступати з ринку для автомобілів з двигуном внутрішнього згоряння. І ось технічний прогрес знову потихеньку повертає електромобілю першість на автомобільному - ринку. Так у 2003 р. підприємливими інженерами Мартіном Ебхардом та Марком Теппінгом за сприяння мільярдера Ілона

Маска та засновників компанії Google – С. Бріна та Л. Пейджа була створена компанія під назвою Tesla Motors , яка для компаній Mercedes і Toyota почала виробляти компоненти та складові гібридних автомобілів. Через три роки, в 2006 р., компанія Tesla Motors на закритому показі в аеропорту Санта-Моніки (США) презентувала перший електромобіль Tesla Roadstar. Серійне виробництво цього автомобіля почалося в 2008 р., а вже до 2012 г. кількість тих, що зійшли з конвеєра Tesla Roadstar становило 2600 одиниць. Силова установка (електродвигун) електромобіля Tesla Roadstar здатна створювати потужність порядку 248 к. с. (185 кВт) і крутний момент 270 Нм. Максимальна відстань, яку подолав автомобіль у 2008 г. на одній зарядці, становить 300 км.

У 2009 р. відбувся реліз ще одного електромобіля від Tesla – Roadster Sport (рис. 7.17), що розганяється до 97 км/год за 3,7 с. Заявлений пробіг автомобіля Tesla – Roadster Sport на одній зарядці склав 372 км. Восени того ж року на змаганнях в Австралії Global Green Challenge електромобіль Tesla – Roadster Sport подолав на одній зарядці дистанцію 501 км, рухаючись зі швидкістю близько 40 км/ч.

У 2010 г. Roadster Sport став переможцем Monte Carlo Alternative Energy Rally. В історії перегонів цього виду вперше електромобіль посів перше місце.



Рис. 7.17. Електромобіль Tesla – Roadster Sport

У 2014 році Tesla Roadster було оновлено до версії 3.0. У електромобіля знизився аеродинамічний опір (з 0,36 до 0,31), що дозволило збільшити дальність його пробігу на одній зарядці до 640 км.

Модель електромобіля, що стала другою за рахунком після Tesla Motors стала Tesla Model S (рис. 7.18). Це електромобіль преміум класу у вигляді 5-дверного ліфтбека, який був вперше - представлений на виставці у Франкфурті 2009 р.

Споживчий попит на Tesla Model S в період з 2012 до 2014 р. був настільки великий, що за один тиждень з конвеєра сходило до 1000 автомобілів. Ця модель здобула чимало нагород, серед яких "Автомобіль року 2013" (за версією журналу Motor Trend, США).



Рис. 7.18. Електромобіль Tesla Model S

Tesla Model S була оснащена панеллю приладів з LCD-екраном, і вперше в автомобілебудуванні на передній панелі приладів було встановлено великий 17-дюймовий тачскрін. Передня панель приладів Tesla Model S зображена на рисунку 7.19.



Рис. 7.19. Передня панель приладів автомобіля Tesla Model S

Електромобіль Tesla Model S продавався в декількох варіантах - комплектації, у тому числі і повнопривідний. У краш-тестах за системою Euro NCAP та NHTSA Tesla Model S показала відмінний результат – 5 зірок.

У 2015 році компанія Tesla Motors почала продаж автомобіля Tesla Model X , яка має навіть у найпростішій комплектації повний привід і здатна проїхати на одній зарядці акумуляторних батарей 340 км.

Tesla Motors – не єдина компанія, яка на початку XXI ст. розпочала випуск електромобілів. Після Tesla з 2012 року свої електромобілі почали реалізовувати такі компанії як BMW (BMW i3), Volkswagen (на базі Volkswagen Golf), Renault (Renault Zoe) та Nissan (Nissan Leaf). Електромобіль продовжує свій розвиток.

7.4. Електромобілі з індуктивним підведенням електроенергії

До цього часу розглядалися електромобілі, які мають автономні джерела енергії. На таких електромобілях повинні встановлюватися важкі батареї, для розміщення яких необхідна потужна підтримуюча конструкція, що сильно ускладнює електромобіль. Чим важчий електромобіль, тим більше енергії необхідно для його руху. Однак існує інше рішення - індуктивне підведення енергії від закладеного в дорогу кабелю. Такий підхід справді дозволяє розглядати транспорт як єдину систему, а не як безліч підсистем. Ця технологія була вперше реалізована в середині 70-х років. XX ст. Дж. Бомером у лабораторії ім. Лоуренса (США).

Ідея полягає в тому, що джерело енергії знаходиться під проїжджою частиною дороги, а приймач енергії знаходиться в електромобілі. Передача енергії здійснюється за принципом електромагнітної індукції через повітряний зазор близько 25 мм, так що механічний контакт приймача з дорогою відсутній (див.рис. 7.20).

У рамках цієї системи рух та керування електромобілем може здійснюватися за рахунок енергії від джерела, розташованого під проїжджою частиною дороги.

При встановленні на борту електромобіля додаткового джерела енергії він може рухатися вулицями та дорогами, не обладнаним джерелом енергії, тобто. функціонувати поза системою.

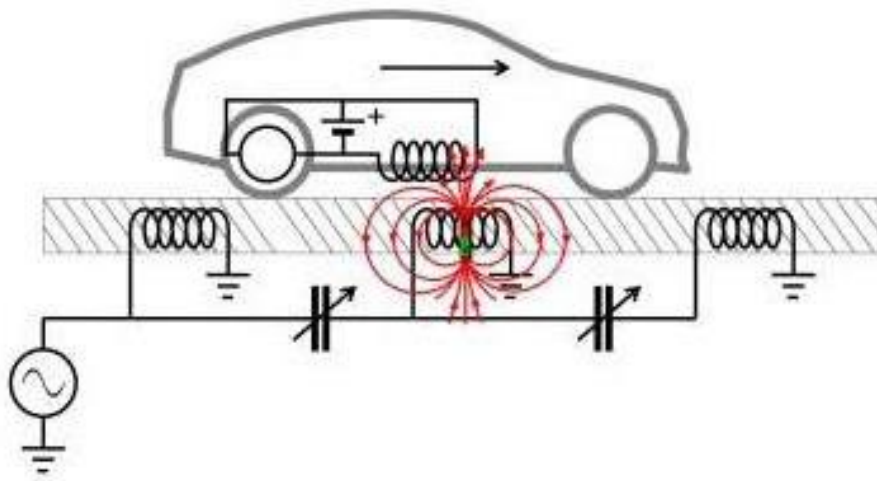


Рис. 7.20. Принципова схема електромобіля з індуктивним підведенням енергії від кабелю, закладеного в дорогу

Таким джерелом енергії може бути електричний акумулятор. Енергію для заряду бортових акумуляторів можна брати від дороги, доки автомобіль перебуває в межах системи. Таким чином, відпадає необхідність електрифікації всіх вулиць та доріг.

Теоретичний аналіз та моделювання, проведені фахівцями - США, показали, що дана система є економічно вигідною і не має супутніх невирішених проблем.

7.5. Геліомобілі (сонцемобілі)

Геліомобіль, або сонцемобіль - це автомобіль, який переміщується за рахунок енергії сонця, перетвореної на електричну.

Значення енергії сонячного випромінювання, що повчається поверхнею нашої планети за рік, дорівнює приблизно 1×10^{18} кВт·год, що більш ніж у 20000 разів перевищує сучасний рівень світового енергоспоживання. Сонячну енергію протягом століть використовують у багатьох сферах людської діяльності. Однак до останніх десятиліть це здійснювалося переважно примітивними способами (наприклад, звичайне сушіння харчових продуктів).

Згодом було розроблено ряд пристроїв для реалізації різних технологічних процесів: опалення та охолодження будівель, опріснення, виробництва електроенергії.

На початку XXI ст. 5–7 % усієї енергії в Європі забезпечують станції та пристрої, що перетворюють сонячну енергію.

З'явився термін «сонячний двигун», який працює на сонячній енергії. Варіантів таких двигунів безліч. Зокрема, сонячні промені, нагріваючи рідке робоче тіло, перетворюють його на пару, яка подається у зворотно-поступальний або обертовий двигун, де він розширюється, виконуючи роботу. Найбільш широко двигуни такого типу використовують для приводу водяні насоси. Інші напрями перетворення сонячної енергії, такі як термоелектричний, фотоелектричний тощо,



Рис. 7.21. Концепт сонцемобіля на базі мінівена

застосовуються в даний час для створення так званих «геліомобілів» (рис. 7.21).

На початку ХХІ ст. транспорт на сонячних акумуляторах буквально робить перші кроки. Але примітно, що сферою використання сонячної енергії стали найрізноманітніші види транспорту. Так, наприклад, у США створено літак із електродвигуном та сонячними батареями.

Американець Дюпан збудував «сонячний мотоцикл», швидкість якого сягає 50 км/год. Англієць Алан Фрідмен сконструював велосипед без педалей, який рухається електроенергією. На велосипеді встановлений акумулятор, який заряджається електроенергією, що виробляється сонячною батареєю, встановленою на кермі велосипеда. Енергетичної ємності акумулятора вистачає для того, щоб проїхати зі швидкістю 25 км/год на відстань приблизно 50 км. Досвідом винахідливого англійця зацікавилися японські фірми з виробництва велосипедів та мотоциклів.

Цікавими є конструкції триколісних екіпажів (США) цілком сучасної обтічної форми, покритих спеціальним тентом. Тент - це не що інше, як своєрідна плата із укріпленими на ній кремнієвими елементами. Електродвигун розганяє екіпаж до 25 км/год, незважаючи на те, що маса його разом із водієм становить 120 кг. Області перспективного використання таких екіпажів – особистий пасажирський транспорт, внутрішньоміський транспорт для перевезення дрібних вантажів, пошта.

У Швейцарії в 1975 році відбулися перші міжнародні змагання геліомобілів – Тур де Соль. Стартували 42 машини. Переможцем змагань став «Мерседес- Бенц -альфа-реал», який пройшов відстань 368 км за 9 год 41 хв. На окремих ділянках швидкість досягала 60 км/год, а середня швидкість склала 37 км/год.

З 1987 року ці змагання мають статус чемпіонату світу. Організатори чемпіонату роблять усе можливе для їхньої популяризації. Регулярно відбуваються семінари, конференції, а у лютому 1989 р. у Берні відбувся перший сонцемобільний салон. Технічні вимоги «сонячного ралі» заохочують участь у ньому доступних за ціною машин, придатних для серійного виробництва, а не унікальних рекордсменів, наприклад, американського «Санрейсера», який у листопаді 1987 року перетнув Австралію з півночі на південь, пройшовши 3025 км із середньою швидкістю 67,4 км/ч, розвинувши на пробній ділянці 114 км/ч. Його розробка коштувала концерну «Дженерал Моторс» кілька мільйонів доларів.

У Швейцарії створенням геліомобілів зайнято понад 20 фірм. Деякі з них досягли відчутних результатів. Так, з 1986 р. фірма «Сан-крафт» продала вже понад 30 екземплярів свого двохмісцевого «Салка-солар». Пробіг на одній зарядці акумуляторів у нього – близько 50 км, максимальна швидкість – 50 км/год, маса – 400 кг.

У МАДІ в 1986 році був розроблений одномісний триколісний геліомобіль з гібридним приводом: електро- і вело -.

Влітку 1989 року на Всесоюзному конкурсі саморобних автомобілів у Набережних Човнах демонструвався сонцемобіль, який побудував творчий колектив під керівництвом А. Кноха, який фінансується Центром НТТІ «Дока».

В 1982 року ХХ ст. винахідник Ханс Товструп на геліомобілі «Quiet Achiever» («Тихий рекордсмен») перетнув Австралію із заходу на схід зі швидкістю 20 км/ч, а в 1996 г. ХХ ст. геліомобіль «Dream» («Мрія») на IV Міжнародному ралі геліомобілів подолав відстань із 3000 км з середньою швидкістю 90 км/год (на окремих ділянках траси швидкість досягала 135 км/год).

На початку ХХІ ст. розвиток геліомобілів стримує лише ККД сонячних панелей, який перебуває у ясну погоду на рівні 10–15 %, хоча у 2015 р. вченими Санкт-Петербурзького університету було заявлено, що ККД сонячних панелей, розроблених у їхньому університеті, збільшено до 25–30 %.

7.6. Гібридні транспортні засоби та рекуперативне гальмування

Гібридний транспортний засіб – транспортний засіб, який має як мінімум дві енергетичні установки.

Технологія використання кількох енергетичних установок на автомобільному транспорті не нова і має давню історію. Наприклад, ще в 1899 р. німецький конструктор Фердинанд Порше отримав патент на гібридну силову установку, де електродвигун отримував електричну енергію від двигуна внутрішнього згоряння. Але технологія не набула розвитку в той період часу через громіздкість і малу ефективність дії.

З того часу минуло понад сто років, і наприкінці ХХ ст. на ринку з'явилися моделі автомобілів з гібридними силовими установками, які змогли скласти конкуренцію автомобілям із двигуном внутрішнього згоряння. Особливістю гібридних силових установок автомобілів кінця ХХ ст. є їхнє додаткове оснащення рекуператором гальмування, який перетворює енергію гальмування в електричну енергію.

Чому саме через сто років стало можливим створення таких автомобілів? Відповідь дуже проста: це обумовлено стрімким - розвитком електроніки як мінімум у чотирьох напрямках:

- силова електроніка;
- акумулявання електричної енергії;
- створення вентильних електричних машин;
- розвиток комп'ютерних та програмних технологій.

Одним із перших гібридних автомобілів кінця ХХ ст. став автомобіль Toyota Prius (зображений на рис. 7.22), який вперше був представлений на токійській автомобільній виставці в 1995 р. Серійний випуск автомобілів Toyota Prius японською корпорацією «Toyota Motor Corporation» розпочався в 1997 р. Слідом за ним в 1999 р. почалося виробництво Honda Insight.

Через шість років корпорація «Toyota Motor Corporation» випустила нову модель гібридного автомобіля Toyota Prius II, яка з'явилася на ринках України наприкінці 2007 року вже ХХІ ст. Слідом за японськими розробниками гібридних силових установок цією новинкою в автомобільній техніці почали активно займатися

європейські та американські дослідники, які побачили економічний потенціал у такій техніці.

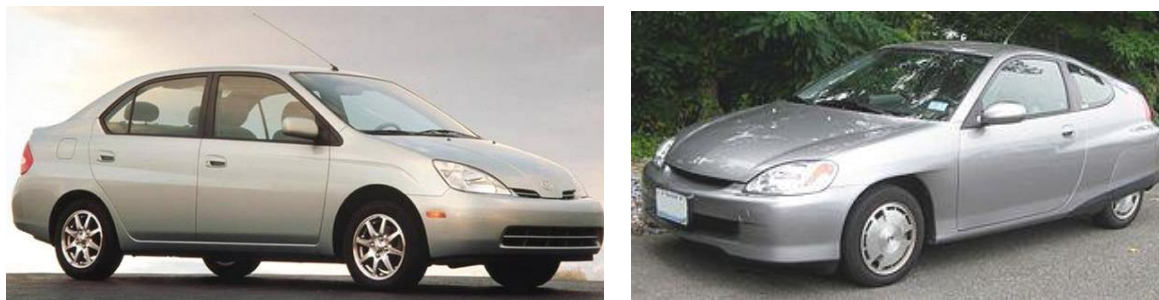


Рис. 7.22. Гібридні автомобілі Toyota Prius та Honda Insight

Так з 2003-2004 рр. у компаній Ford, DaimlerChrysler, Honda з'явилися власні автомобілі з гібридною силовою установкою. А з 2009 р. компанії Opel, Saab, Mercedes, BMW і Volvo заявили про наміри освоїти виробництво транспортних засобів на аналогічних принципах.

Як друга енергетична установка на автомобілі може використовуватися не тільки електродвигун. Так, наприклад, деякі виробники часто застосовують маховичний накопичувач енергії, хоча іноді трапляються й інші компоновання. Прикладом може бути автобус 70-х років ХХ ст. Мерседес - Бенц (рис. 7.23), в якому для міської експлуатації використовується акумуляторна батарея, а при експлуатації за містом – електричний генератор, що приводиться в дію дизелем, виробляє електричний струм.

Використання маховичних накопичувачів енергії дозволяє суттєво підвищити економічність як електромобіля, так і автомобіля в загальному випадку завдяки акумулюванню енергії, яка може бути використана в потрібний момент, особливо під час руху транспортного засобу в міських умовах з частими зупинками та рушаннями з місця. За наявності маховичного накопичувача двигун завжди може працювати в оптимальному режимі. Зайва енергія передається маховику, а за нестачі енергії вона відбирається від нього. Цей процес називається "вирівнюванням навантаження". Інша перевага маховичного накопичувача полягає в тому, що більша частина поступальної енергії автомобіля, яка при гальмуванні виділяється у вигляді тепла в гальмівній системі, може бути акумульована і потім використана при розгоні транспортного засобу.

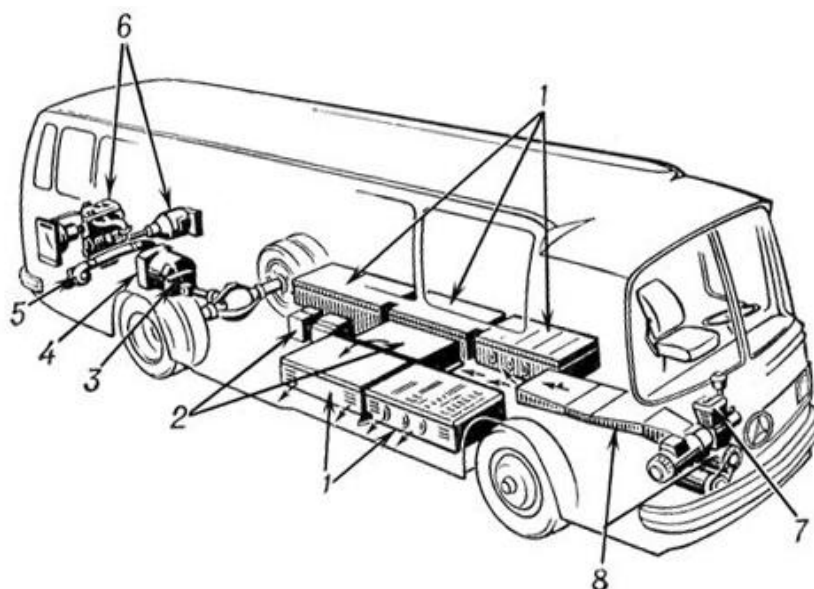


Рис. 7.23. Гібридний привід автобуса Мерседес- Бенц OE 302:
 1 – акумуляторні батареї; 2 – електронна система управління;
 3 – знижувальний редуктор; 4 – тяговий електродвигун; 5 – вентилятор охолодження тягового електродвигуна; 6 – дизель із генератором; 8 – система охолодження акумуляторних батарей; 7 – компресор гальмівної системи та насос підсилювача рульового управління

Цей процес, який називають «рекуперативним гальмуванням», дозволяє значно підвищити ККД автомобіля.

Лише через кілька тисячоліть після свого народження маховик знаходить своє місце у сфері транспорту. В 1791 р. талановитий російський механік І.П. Кулібін створює « самокатку », яка є прообразом сучасних транспортних засобів з рекуператорами енергії. Сучасники І.П. Кулібіна, що спостерігали за випробуванням « самокатки », були вражені: у гору вона рухалася швидше, ніж рівною дорогою.

У 1860 році інженер-поручик Шуберський запропонував використовувати махові колеса як допоміжний пристрій на залізниці. « Маховоз » конструкції Шуберського «приборкав швидкість руху при спуску з гори і використовував збережену швидкість під час підйому в гору». Саме так замітка в газеті тих часів характеризувала - призначення маховичного пристрою на залізничних поїздах. Що стосується автомобіля, то вже на першому автомобілі К. Бенца (1886 р.) застосовувався маховик.

У 1953 році фірма « Ерлікон » (Швейцарія) випустила серію гіробусів, які через два десятиліття все ще успішно працювали на дорогах Швейцарії, Бельгії, Африки.

Досвід експлуатації транспортних механізмів, оснащених маховиками (рис. 7.24), показав, що найбільш раціональна сфера їх застосування – міський транспорт: автобуси, тролейбуси, трамваї, поїзди метрополітену, тобто ті випадки, коли нетривалий стаціонарний режим руху змінюється гальмуванням, зупинкою і далі - рушенням з місця та розгоном.

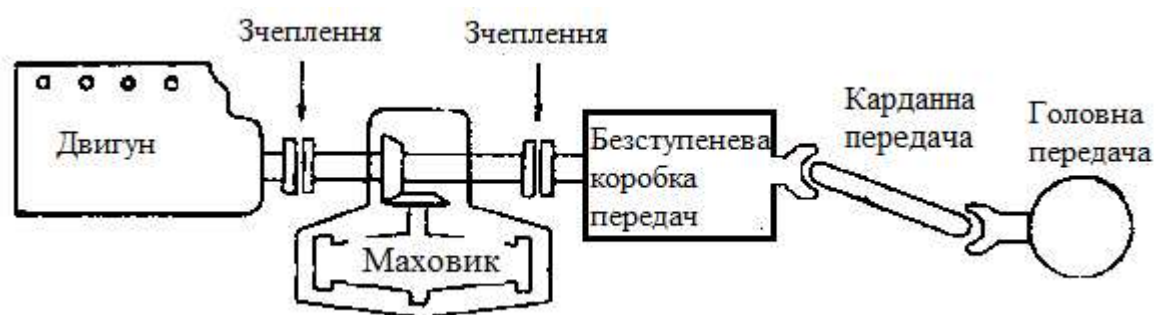


Рис. 7.24. Принципова схема шасі автомобіля з маховичним накопичувачем енергії

Рекуперація електричної енергії на міському транспорті сприяє не лише зниженню витрат палива на 30–50 %, але суттєво зменшує виділення токсичних випускних газів в атмосферу.

Саме тому одна з моделей автобусів 80-х років ХХ ст. фірми «BOSH» (Німеччина) оснащена системою рекуперації енергії: маховик діаметром 0,5 м та масою 104 кг обертається у вакуумі з частотою 12000 об/хв. Управління взаємодіями маховика, двигуна та трансмісії здійснюється за допомогою бортового комп'ютера. Аналогічна система рекуперації енергії використана в автомашинах «Мерседес- Бенц», де економія палива склала до 40%.

Особливо ефективні рекуператори енергії в електромобілях. Як показує досвід, маховики дозволяють зберегти до 50 % енергії акумуляторів, тобто практично вдвічі збільшити пробіг до підзарядки батарей.

Так, 40-місний автобус фірми «Мерседес» (див. рис. 7.23) завдяки використанню енергії маховика має потужність електродвигуна всього 60 кВт і середню швидкість при цьому 80 км/год.

Маховичний накопичувач енергії на автомобілі ефективний лише у поєднанні з безступінчастою трансмісією: електричною, гідрооб'ємною або фрикційною. Пов'язано це насамперед з тим, що швидкість обертання маховика не регулюється, за будь-якого значення швидкості маховика необхідно забезпечити її узгодження зі швидкістю автомобіля. Наприклад, при розгоні автомобіля енергія - відбирається у маховика, швидкість автомобіля збільшується, а швидкість маховика зменшується. Безступінчаста трансмісія має безперервно забезпечувати узгодження цих швидкостей (рис. 7.24).

Основним напрямом удосконалення маховика є підвищення рівня його питомої енергоємності. Цього можна досягти двома шляхами: збільшенням частоти його обертання, або маси. Проте реалізацію обох шляхів лімітує міцність маховика. Починаючи з певних значень частоти обертання, у маховику заданої маси виникають настільки значні напруження, що може зруйнуватися його обід. У середині 60-х років ХХ ст. фахівці СРСР запропонували нові конструкції маховиків із шарувато-волокнистих матеріалів високої міцності. Ці рекуператори отримали назву супермаховиків, які розвивають окружну швидкість до 700 м/с, кручена структура їх диска забезпечує йому достатню міцність.

Як рекуператор гальмування може бути використаний не тільки маховик, крім нього можуть застосовуватись електричні конденсатори, гумові та пневмогідролічні акумулятори.

Можливість найбільш раціонального використання електричних конденсаторів як акумулятори енергії на електромобілях активно вивчається фахівцями НАМІ (м. Москва).

Гумові рекуператори менш енергоємні. Їхня доля – дуже легкі та тихохідні машини. Набагато краще застосовувати інший тип акумуляторів – пневмогідролічні. При гальмуванні машини її кінетична енергія витрачається на закачування рідини в енергоакумулятор і стиснення в ньому газу, перетворюючись таким чином на потенційну енергію останнього (див. рис. 7.25), при розгоні вона знову переходить у кінетичну, таким чином рухаючи транспортний засіб.

Роботи щодо вдосконалення таких транспортних засобів велися і на території України, зокрема, наприкінці 80-х років ХХ ст. подібна система рекуперації була створена в ХАДІ під керівництвом доц. Алексеєнко В.М.

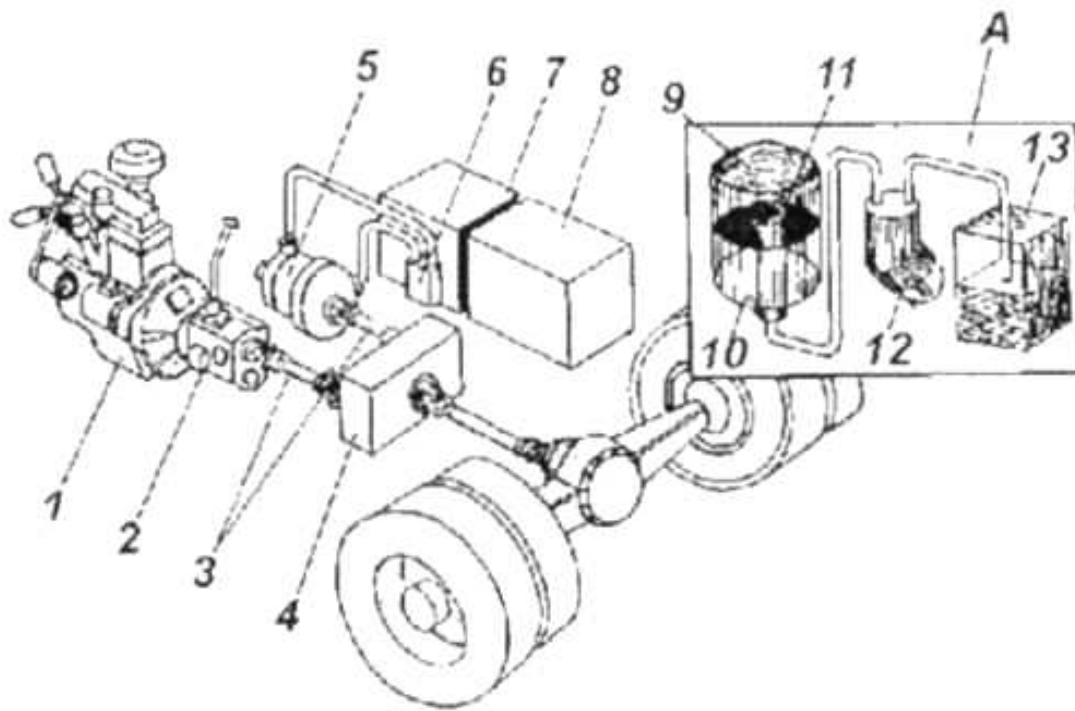


Рис. 7.25. Силовий агрегат автомобіля з гібридним двигуном:
 1 – ДВЗ; 2 – коробка передач; 3 – карданний вал; 4 – редуктор; 5 – гідромашина
 оборотної дії; 6 – перемикач; 7 – гідростатичний акумулятор;
 8 - маслобак; А – гідропневматичний силовий агрегат; 9 – газова порожнина;
 10 – рідина; 11 - еластична перегородка; 12 - оборотна гідромашина ;
 13 – гідравлічний резервуар

8. ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ АВТОМОБІЛІВ ДЛЯ ПЕРЕГОНІВ

8.1. Швидкісні автомобілі формули 1

Одним з основних завдань вітчизняної автомобільної промисловості є підвищення якості автомобілів усіх типів. Технічний досвід автомобільного спорту, безперечно, може сприяти вирішенню цього завдання.

Автомобільний спорт істотно допоміг поліпшити експлуатаційні якості автомобілів і, в першу чергу, їх динаміку. Протягом більш ніж 100 років з моменту створення автомобіля було побудовано та випробувано велику кількість різних спортивних автомобілів та автомобілів для перегонів. Виготовлення автомобілів для перегонів тісно пов'язане з основною автомобільною промисловістю та базується на загальнотехнічних досягненнях. При виробництві звичайних транспортних автомобілів було б неправильно ігнорувати багатий досвід виготовлення та експлуатації автомобілів для перегонів. Автомобільний спорт повинен бути поставлений на службу розвитку техніки, допомагати безперервній роботі з удосконалення транспортних автомобілів. Перегони потрібні як засіб для випробування нових конструктивних елементів, компоновальних схем, поліпшених матеріалів, вони стимулюють підвищення експлуатаційних якостей автомобілів.

У 1895 році відбулися перегони за маршрутом Париж-Бордо-Париж. Це були перші перегони у сенсі цього терміну, оскільки оцінка результатів проводилася лише з часу проходження повної дистанції. Найкращий результат із 46 автомобілів-учасників показав автомобіль «Панар-Левасор», який пройшов дистанцію із середньою швидкістю 24 км/год.

З того часу кількість гонок збільшувалася рік у рік.

У 1895 р. було засновано перший автомобільний клуб - Автомобільний клуб Франції (АКФ). Завдяки цьому клубу Франція протягом 20 років (з 1894 по 1914 р.) залишалася центром автомобільного спорту. Метою перших автомобільних перегонів був доказ практичної застосування автомобіля як транспортного засобу. Зразки гоночних автомобілів першого періоду мали конструкції, що показані на рисунках 8.1 – 8.4.



Рис. 8.1. Автомобіль «Панар-Левасор», який переміг у гонці Париж-Бордо-Париж

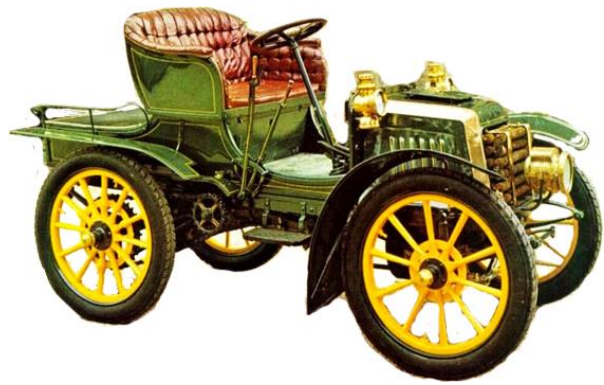


Рис. 8.2. Автомобіль «Панар-Левасор» (чотирициліндровий, 16 к. с.), який переміг у гонці Париж-Бордо (1899 р.)



Рис. 8.3. Автомобіль для перегонів "Рено" (клас легких автомобілів), який переміг у перегонах Париж-Відень (1902 р.)



Рис. 8.4. Автомобіль для перегонів «Панар-Левасор», який переміг у перегонах Париж-Відень (1902 р.)

Перегони того часу сприяли конструктивним удосконаленням автомобілів:

- введення в 1896 р. пневматичних шин;
- введення ланцюгової та карданної передач замість ременів;
- застосування електричного запалювання;
- застосування врівноважених чотирициліндрових двигунів замість одно- та двоциліндрових;
- подовження колісної бази автомобіля.

У 1903 року відбулися перегони Париж-Мадрид, які стали переломним пунктом в історії автомобільного спорту. Середня швидкість руху автомобілів на перегонах, вперше перевищила 100 км/год.

Починаючи з 1903 року дорожні перегони почали проводити замкнутими маршрутами.

Типовим представником автомобілів для перегонів першого періоду можна вважати автомобіль «Бразье» (рис. 8.5). На ньому автомобілі вперше були застосовані фрикційні амортизатори. Гальмова система мала два гальма, один з яких діяв на диференціал, інший – на задні колеса. В 1906 році вперше були застосовані знімні обіддя (рис. 8.6), що також дало змогу дещо збільшити середню швидкість автомобіля.



Рис. 8.5. Автомобіль для перегонів "Бразье" (1905 р.)

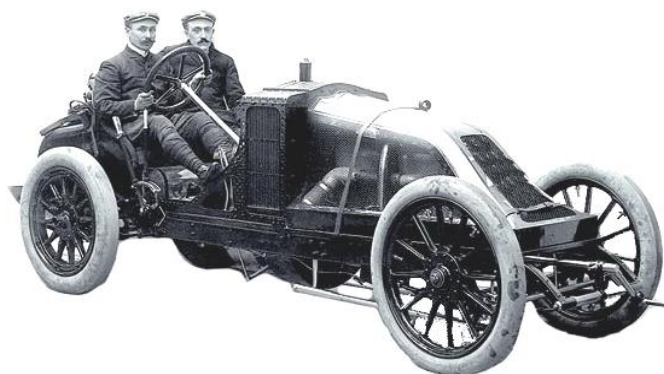


Рис. 8.6. Автомобіль для перегонів «Рено» (I місце у перегонах на Великий приз АКФ, 1906 р.)

З 1907 року вводяться формули обмеження на автомобілів для перегонів: на витрату палива та діаметр циліндрів (рис. 8.7). До цього часу відноситься початок застосування на автомобілях для перегонів верхніх клапанів у поєднанні з напівсферичними камерами згоряння.

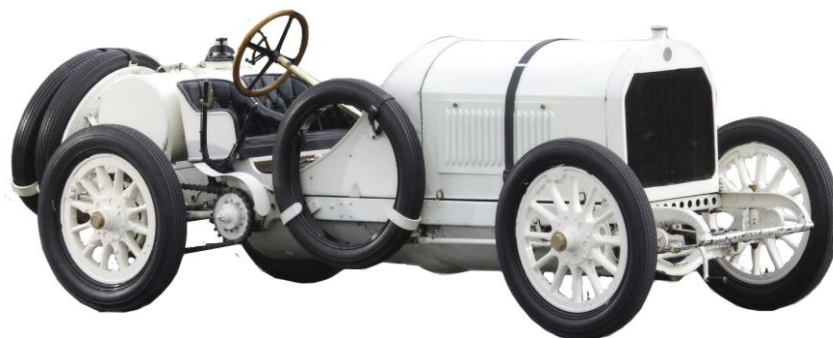


Рис. 8.7. Автомобіль для перегонів «Бенц» (II місце в перегонах на Великий приз АКФ, 1908 р.)

Автомобіль для перегонів «Пежо» (рис. 8.8) у 1912 році вже мав по чотири верхні клапани на циліндр, керованих двома розподільними валами.

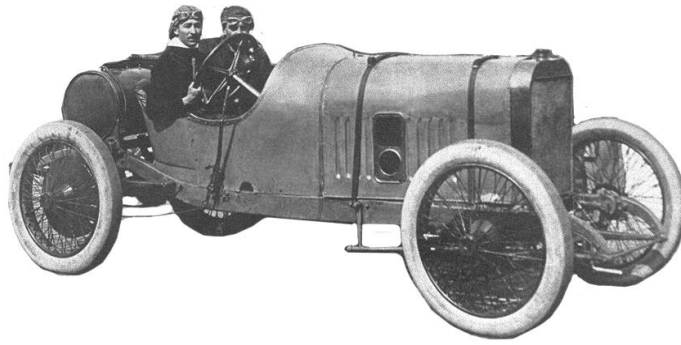


Рис. 8.8. Автомобіль для перегонів «Пежо»
(I місце в перегонах на Великий приз АКФ, 1912 р.)

Вперше перевага гальмування всіх коліс була показана на автомобілі "Мерседес" (рис. 8.9); на ділянках з багатьма поворотами автомобілі з гальмами на всіх колесах постійно показували більш високу середню швидкість. В подальшому розвиток дизайну дорожньо-перегонових автомобілів аж до Другої світової війни можна простежити за такими моделями (рис. 8.10–8.15).



Рис. 8.9. Автомобіль для перегонів «Мерседес»
(I місце в перегонах на Великий приз АКФ, 1914 р.)



Рис. 8.10. Автомобілі для перегонів у формулі 1922–1927 рр.: а – «Фіат 804» 1922 р. (6-циліндровий, 2 л); б – «Далаж» 1927 р. (8-циліндровий, 1,5 л)



Рис. 8.11. Автомобіль для перегонів «Бугатті»
(перші місця у перегонах на Великий приз АКФ, 1928 і 1930 рр.)



Рис. 8.12. Спортивний автомобіль «Мерседес-Бенц»
(6-циліндровий, 7 л, 300 к. с.)



Рис. 8.13. Автомобіль для перегонів «Альфа-Ромео»
(I місце в перегонах на Великий приз АКФ, 1932 р.)



Рис. 8.14. Автомобіль для перегонів «Авто-Уніон»
(16-циліндровий, 3 л) типу GP, 1939 р.

За період 1921-1939 років значно удосконалилася підвіска автомобіля, з'явилася незалежна підвіска. Поліпшилася обтічність та зменшилася площа лобового опору дорожньо-перегонових автомобілів.



Рис. 8.15. Автомобіль для перегонів «Мерседес-Бенц» (12-циліндровий, 3 л) типу GP, 1939 р.

У післявоєнні роки (після 1945 р.) дорожньо-перегонові автомобілі, зокрема формули 1, розвивалися за наступною схемою.

З 1954 року по 1960 рік до перегонів допускалися тільки автомобілі з двигунами, що мали робочим об'ємом 2,5 л без наддуву та з двигунами 0,75 л, але з нагнітачами (рис. 8.16).



Рис. 8.16. Автомобілі для перегонів з двигуном 2,5 л:
а – «Мерседес-Бенц» (8-циліндровий); б – «Феррарі» (4-циліндровий);
в – «Лянчіа» (8-циліндровий); г – «Мазераті» (6-циліндровий)

У автомобілях для перегонів у формулі 1961-1965 рр. (рис. 8.17) допустимий робочий об'єм двигуна було зменшено до 1,3-1,5 л, нагнітачі були заборонені.

З 1966 року у перегонах за формулою 1 допускалися автомобілі масою не менше 575 кг, з двигуном 3 л без наддуву або 1,5 л з наддувом, кількість циліндрів – не більше 12 (рис. 8.18, 8.19).



Рис. 8.17. Швидкісні автомобілі формули 1 (60-х рр. ХХ ст.): «Бребхам» 1964 р. та «Лотос» 1965 р.



Рис. 8.18. Швидкісний автомобіль формули 1 Ferrari 312T (1975 р.)



Рис. 8.19. Швидкісний автомобіль формули 1 Лотос (1978 р.)

Крім того, на рівних підставах у перегонах за формулою 1 допускають автомобілі з газотурбінним двигуном та роторним двигуном Ванкеля. З 1989 року оголошено заборону на двигуни з нагнітачами, але встановлено ліміт робочого об'єму – 3,5 л. В даний час змагання швидкісних автомобілів можна поділити на декілька основних категорій: дорожні перегони, трекові перегони, перегони в гірській місцевості, рекордні заїзди.

8.2. Дорожні перегони

Для дорожніх перегонів використовують замкнуті кільцеві маршрути, що складаються з доріг нормального транспортного призначення з рівним та твердим покриттям. Використовуються кільцеві дороги. Повна дистанція дорожніх перегонів приймається в межах 300-320 км. Довжина одного кола не перевищує 20 км.

Критерієм для допуску автомобілів до участі в перегонах є так звана формула перегонів:

- 1) умови для формули 1 наведені раніше;
- 2) до перегонів за формулою 2 допускаються автомобілі з двигуном до 2 л. Наддув не дозволений, число циліндрів трохи більше шести, число передач трохи більше п'яти, число ведучих коліс трохи більше двох. Маса автомобіля не менше ніж 500 кг;
- 3) для перегонів за формулою 3 необхідно використовувати блок циліндрів і головки блоку від серійного автомобіля, що був випущений у кількості не менше 5000 штук на рік. Число циліндрів трохи більше чотирьох, робочий об'єм двигуна трохи більше 2 л. Наддув не допускається. Маса автомобіля не менше 440 кг.

Формула 3 розрахована на те, щоб організувати змагання порівняно простих та дешевих автомобілів для перегонів. Такі автомобілі за конструкцією ближче до серійних моделей, і їх експлуатація може дати відомості, корисні для вдосконалення автомобілів масового виробництва.

8.3. Трекові перегони

Трек, або автодром, є спеціальною дорожньою спорудою, що розрахована для руху автомобілів з високою швидкістю. У більшості випадків трек складається з двох прямих, з'єднаних закругленнями

(віражами) великого радіусу, і має в плані більш менш овальну форму. Довжина треків коливається в межах не більше 1,5–4 км.

Дистанція треківих перегонів змінюється у межах 160–800 км. Автомобілі класифікуються за літражем двигунів або відповідно до вимог спеціальних формул. Трекові перегони поширені в США. Так, наприклад, в Індіанapolisі (США) до перегонів допускаються автомобілі, що мають двигуни потужністю 800-900 к. с. Середня швидкість останніми роками становить 240–264 км/год.

8.4. Перегони в гірській місцевості

Перегони в гірській місцевості мають незамкнений маршрут завдовжки від 1 до 20 км. Дорога обирається в гористій місцевості і складається з цілого ряду поворотів та з мінімальними прямими ділянками між ними. Кут повороту часто складає 180° . Починаючи від старту, розташованого біля підніжжя гори, дорога безперервно йде вгору. Фініш розташовано, як правило на висоті від 100 до 1600 м вище аніж старт.

Середня швидкість руху в таких перегонах зазвичай становить 100-130 км/год.

Класифікація конкурентів відбувається в залежності від літражу двигуна або за міжнародними формулами.

8.5. Рекордні заїзди

Рекордом називається вища швидкість, коли-небудь зареєстрована на даній дистанції або в даний проміжок часу. Реєструються рекорди на дистанціях від 0,4 до 100 000 км.

Рекорди на малих дистанціях доступні лише спеціальним автомобілям. Рекорди на великих дистанціях встановлюються на автомобілях стандартного типу, які демонструють не тільки швидкість, а й довговічність сучасного автомобіля.

За міжнародною класифікацією передбачено 11 класів автомобілів:

Клас А – робочий об'єм понад 8 000 см³.

Клас В – робочий об'єм від 5 000 до 8 000 см³ включно.

Клас С – робочий об'єм від 3 000 до 5 000 см³ включно.

Клас D – робочий об'єм від 2 000 до 3 000 см³ включно.

Клас Е – робочий об'єм від 1 500 до 2 000 см³ включно.

Клас Р – робочий об'єм від 1 100 до 1 500 см³ включно.

Клас О – робочий об'єм від 750 до 1 100 см³ включно.

Клас Н – робочий об'єм від 500 до 750 см³ включно.

Клас І – робочий об'єм від 350 до 500 см³ включно.

Клас J – робочий об'єм від 250 до 350 см³ включно.

Клас К – робочий об'єм до 250 см³.

Крім того, передбачені спеціальні класи автомобілів з дизелями та газовими турбінами.

Рекорди автомобілів з дизелями реєструються окремо через те, що при сучасному стані техніки вони ще не можуть змагатися з двигунами, що працюють за циклом Отто.

З 1964 року реєструються також рекорди на автомобілях з реактивними двигунами.

8.6. Типи автомобілів для перегонів

На основних видах перегонів мають місце суттєві відмінності в умовах роботи автомобіля та його механізмів. Під час дорожніх перегонів періоди руху з максимальною постійною швидкістю короткочасні та часто змінюються інтенсивним гальмуванням, взяттям поворотів зі зменшеною швидкістю та розгоном. Такий режим руху автомобілів для перегонів представляє великий практичний інтерес, так як дає можливість використовувати технічний досвід експлуатації швидкісних автомобілів для звичайних конструкцій автомобілів.

Трекові перегони вимагають від автомобіля тривалої роботи на максимальній швидкості, швидкість розгону має другорядне значення, гальмування під час гонки взагалі не провадиться.

У гонках в гірській місцевості максимальна швидкість на вищій передачі зовсім не використовується, проте двигун часто працює з високою частотою обертання на проміжних передачах. Велике значення мають маневреність, ефективність гальмування та прийомистість.

Рекорди на великі відстані створюють для автомобіля такі умови роботи, як і трекові гонки. При встановленні рекордів на короткі відстані з ходу (1–10 км) машина рухається з максимальною швидкістю прямолінійно, при обмеженій довжині дороги тут теж

потрібен інтенсивний розгін та швидке гальмування. Маневреність у такому випадку має менше значення. Істотну роль грає здатність автомобіля тримати прямий напрямок руху при дії сильного тиску повітря та поривів бічного вітру, а також зберігати правильний розподіл навантаження на осі автомобіля.

Відмінності в умовах роботи знаходять своє відображення у конструкції автомобіля, пристосованої до певного типу змагань. У зв'язку з цим автомобілі для перегонів поділяються на дорожньо-перегонові (рис. 8.20-8.21), для перегонів в гірській місцевості та рекордні, серед яких особливе місце займають:

– з поршнеvim двигуном:

"Челленджер", що показав швидкість 654,2 км/год (рис. 8.22);

"Голденрод", що показав швидкість 658,5 км/год (рис. 8.23);

– з газотурбінним двигуном:

«Літаючий жезл», що досяг швидкості 420 км/год (рис. 8.24);

«Синій птах», який досяг швидкості 648,7 км/год (рис. 8.25);

– з реактивною тягою:

"Спіріт оф Америка" ("Дух Америки"), що досяг швидкості 846,9 км/год (рис. 8.26, 8.27);

«Блакитне полум'я», яке досягло швидкості 1014,3 км/год (див. рис. 8.28);

«Будвайзер», який досяг швидкості 1190,3 км/год (рис. 8.29);

"Thrust-SSC" (Бритіш траст) (рис. 8.30), на якій майор британських ВПС Енді Грін у США на плато Чорні скелі вперше перевищив швидкість звуку, його рекордний автомобіль досяг швидкості 1230 км/год.

Спільним для всіх типів автомобілів для перегонів є прагнення максимальної потужності в межах обмежень, що пред'являються формальною класифікацією. Найбільш форсовані двигуни ставляться на рекордні автомобілі для малих дистанцій, тому що надійність у тривалій роботі, як правило, зменшується.



Рис. 8.20. Дорожньо-перегоновий автомобіль «Феррарі» (3 л)



Рис. 8.21. Дорожно-перегоновий автомобіль «Тіррелл-Форд» (3 л)



Рис. 8.22. Рекордно-перегоновий автомобіль «Челленджер 1»



Рис. 8.23. Схема рекордного автомобіля «Голденрод»



Рис 8.24. Літакоподібний «Літаючий жезл»



Рис. 8.25. Рекордний автомобіль «Синій птах» (1964 р.)



Рис. 8.26. Реактивний рекордний автомобіль "Дух Америки" (1964 р.)



Рис, 8.27. Реактивний автомобіль "Дух Америки Сонік-1" (1965 р.)



Рис. 8.28. Реактивний рекордний автомобіль «Блакитне полум'я» (1970 р.)



Рис. 8.29. Реактивний автомобіль "Будвайзер" (1979 р.)



Рис. 8.30. Рекордний автомобіль "Thrust-SSC"
(Бритіш траст)

Дорожньо-перегонні автомобілі мають дуже ефективні гальмові пристрої та обтічні кузови з відкритими колесами. Рекордні автомобілі для коротких дистанцій відрізняються ретельністю розробки конструкції кузова, що обтікає, який охоплює колеса, і нерідко відсутністю гальм на передніх колесах; кут повороту керованих коліс дуже обмежений; запас палива дуже невеликий відповідно до дистанції. На автомобілях для перегонів в гірській місцевості часто відмовляються від установки обтічних кузовів; особливу увагу приділяють зниженню маси машини; відстань між осями зменшують збільшуючи маневреність такого автомобіля. Трекові автомобілі можна розглядати як проміжний тип між дорожньо-перегонними та рекордними. З практики автомобільних перегонів відомо, що не виключена можливість успішного використання однієї і тієї ж машини у дорожніх, трекових та гірських змаганнях. У більшості випадків за допомогою незначних модифікацій шасі та двигуна автомобіль може бути пристосований

для певного типу перегонів. В силу цього класифікація автомобілів для перегонів за призначенням набуває досить умовного характеру.

Винятком є автомобілі класу А для рекордів на невеликі дистанції, абсолютно непридатні для тривалої роботи та руху на поворотах внаслідок недовговічності їх шин, величезної витрати палива, великої маси, неповороткості і значних габаритних розмірів, обумовлених кількістю двигунів та їх потужністю (один – чотири двигуна загальною потужністю 2000-5000 к.с). Такими ж особливостями вирізняються рекордні автомобілі з реактивними двигунами.

Особливу групу складають так звані дрегстери (dregster) - автомобілі для перегонів на короткі дистанції зі стартом з місця. Ці перегони широко поширені в США: дистанція 400 м, 800 м, 1 000 м. Для дрегстера характерні полегшена конструкція, великий літраж двигуна, високе статичне навантаження на задній осі (до 80% сили тяжіння).

На закінчення необхідно відзначити різницю між автомобілями для перегонів та спортивними автомобілями.

Відповідно до понять, що встановилися в автомобільній техніці, автомобілем для перегонів вважається автомобіль, спроектований і виготовлений спеціально для використання в перегонах, такий автомобіль непридатний для звичайної експлуатації з цілого ряду технічних та економічних міркувань.

Під спортивним автомобілем (рис. 8.31) прийнято розуміти автомобіль з підвищеними динамічними якостями, придатний як для швидкісних змагань, обмежених певною регламентацією, так нормальної транспортної експлуатації по дорогах загального користування.



Рис. 8.31. Спортивний автомобіль

У 1965 році Міжнародна автомобільна федерація (FIA) запровадила класифікацію автомобілів, що використовуються у швидкісних змаганнях, яка передбачає поділ автомобілів на такі групи:

1-а – легкові автомобілі серійного виробництва (мінімальний випуск 5000 шт. на рік);

2-а – легкові автомобілі (мінімальний випуск 1000 шт. на рік);

3-а – серійні автомобілі великого туризму (мінімальний випуск 1000 шт. на рік);

4-а – автомобілі великого туризму (мінімальний випуск 400 прим. на рік);

5-а – спеціальні легкові автомобілі, похідні з автомобілів груп 1–4;

6-а – двомісні автомобілі для перегонів;

7-а – автомобілі для перегонів міжнародних формул;

8-а – автомобілі для перегонів "вільної формули".

Під автомобілями великого туризму маються на увазі автомобілі з підвищеною динамікою та комфортабельністю.

До групи 8 відносяться автомобілі для перегонів, виготовлені відповідно до вимог різних національних формул, що відрізняються від міжнародних вимог.

8.7. Швидкісні автомобілів ХАДІ

У Росії перші автомобільні змагання проводилися 1898 р. Тоді на старт виходило до 5 автомобілів. Рік у рік збільшувалася кількість машин, що беруть участь у змаганнях. Так було в 1908 р. у перегонах маршрутом Москва-Петербург виступали вже 32 гонщика, а середня швидкість переможця становила 82 км/год.

Проводились і перші рекордні заїзди. Вперше вони були організовані 1902 р. Досягнута максимальна швидкість на дистанції одна верста з ходу становила 45,5 км/год. У 1903 р. середня швидкість становила 56,5 км/год, а 1904 р. – 106 км/год, досягнута відомим гонщиком О. Солдатенкова.

Створення перших спортивних та гоночних автомобілів у м. Харкові та проведення перших рекордних заїздів відноситься до кінця 40-х та початку 50-х рр.

У ці роки ентузіасти автомобільного та мотоциклетного спорту А. Пельтцер, С. Глазунов, А. Абросименков, Ю. Івіров, І. Помогайбо, Е. Лорент, В. Нікітін розробили та побудували ряд оригінальних автомобілів для перегонів («Зірка», ЗіЛ-112с, МЗМА-2, "Авангард", "Шахтар", "Харків", "Л-290") На цих автомобілях встановлені перші рекорди:

22.04.1951 р., автомобіль «Харків-2» під керуванням В. Нікітіна встановив швидкість 177,78 км/год на дистанції 1 км;

19.05.1951 р., автомобіль «Харків-3» під керуванням В. Нікітіна встановив швидкість 196,51 км/год на дистанції 5 км;

26.10.1951 р., автомобіль «Харків-3» під керуванням В. Нікітіна встановив швидкість 202,18 км/год на дистанції 5 км.

З 1950 до 1953 р.р. на автомобілях серії "Харків" встановлено 15 Всесоюзних рекордів швидкості.

Розвиток автомобільного спорту, створення та випробування гоночних автомобілів приваблює дедалі більше молоді. У 1953 р. з метою широкого залучення студентів до науково-технічної творчості у Харківському автомобільно-дорожньому інституті (ХАДІ) за безпосередньою участю ректора Б.В. Решетнікова створюється Лабораторія швидкісних автомобілів (ЛСА) та при ній студентське проектно-конструкторське бюро (СПКБ). Лабораторія швидкісних автомобілів під керівництвом відомого гонщика СРСР Володимира Костянтиновича Нікітіна на довгі роки стає одним з ведучих центрів науково-технічної творчості студентства.

Першим самостійно зібраним автомобілем у ХАДІ став автомобіль «ХАДІ-1» (рис. 8.32). Беручи участь у 1952–1954 роках в офіційних заїздах, студент Л. Кононов встановив на «ХАДІ-1» республіканський рекорд – 146 км/год на дистанції в 1 км.



Рис. 8.32. Перший автомобіль для перегонів «ХАДІ-1», зібраний у Харківському автомобільно-дорожньому інституті

Робота ЛСА та СПКБ не обмежилася створенням лише рекордно-перегонових автомобілів. За час роботи було збудовано й інші унікальні автомобілі. Автомобіль «ХАДІ-2» (рис. 8.33) – перший у СРСР автомобіль зі склопластиковим кузовом.

У 1996–1997 роках автомобіль було реконструйовано. Замінено мотоциклетний двигун М-72 на автомобільний М-421, замінено коробку передач, встановлено 13-дюймові колеса, покращено салон автомобіля із застосуванням дерев'яних панелей.



Рис. 8.33. Перший в СРСР автомобіль зі склопластиковим кузовом «ХАДІ-2»

Автомобіль «ХАДІ-3» (рис. 8.34) – найменший рекордний автомобіль, через свої габарити занесений до книги рекордів Гіннеса. Двигун Е80 мотоциклетний, форсований, об'єм 500 см³, потужність 36 к. с, кузов несучий склопластиковий, маса 180 кг, роки створення 1961-1962. Гранично малі лобова площа та маса автомобіля забезпечували при зазначеній потужності двигуна швидкість руху автомобіля в 200-220 км/год. Проте ходові випробування на озері Баскунчак показали недостатню курсову стійкість через надто вузьку колію. Тому швидкість в реальних умовах руху автомобіля була обмежена з точки зору безпеки.



Рис. 8.34. Рекордно-перегоновий автомобіль «ХАДІ-3»

«ХАДІ-4» – рекордно-перегоновий автомобіль – побудований у 1962–1963 роках. Беручи участь у заїздах на озері Баскунчак у 1963 році на цьому автомобілі В. Нікітін встановив два республіканські рекорди: на дистанції в 1 км з ходу - 270 км/год і на дистанції в 5 км з ходу - 251 км/год. Третій заїзд на 10 км закінчився аварією через розрив шини. На великій швидкості автомобіль перекинувся та згорів.

«ХАДІ-5» (рис. 8.35) – рекордно-перегоновий автомобіль виготовлений протягом 1964–1966 рр. за кресленнями «ХАДІ-4» і повторив в основному його конструкцію. У 1966 році на ньому В.К. Нікітіним встановлено два рекорди СРСР: на дистанції 0,5 км з місця – 99,5 км/год (перевищення світового рекорду) та на дистанції в 1 км з місця – 143 км/год.

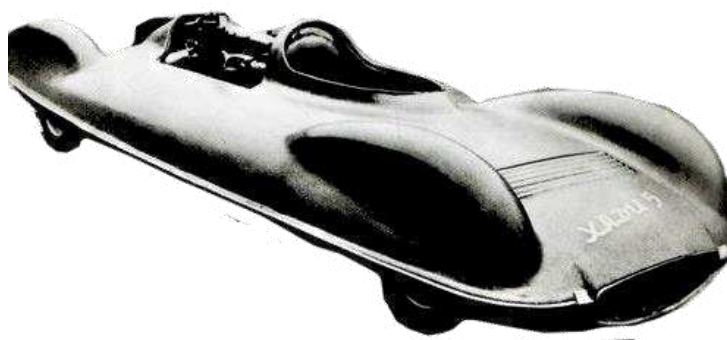


Рис. 8.35. Рекордно-перегоновий автомобіль «ХАДІ-5»

«ХАДІ-7» (рис. 8.36) – один з найвідоміших рекордно-гоночних автомобілів ХАДІ. Проектувався та створювався в період з 1963 по 1966 роки паралельно зі створенням автомобілів «ХАДІ-4» та «ХАДІ-5».



Рис. 8.36. Рекордно-перегоновий автомобіль «ХАДІ-7»

За первісним проектом для «ХАДІ-7» у СКПБ було сконструйовано та за допомогою заводів м. Харкова виготовлено поршневий дволітровий К-подібний 8-циліндровий двигун потужністю близько 300 л. с. На час завершення робіт над цим силовим агрегатом СКПБ отримало у своє розпорядження вертолітний газотурбінний двигун ГТД-350 потужністю 400 к. с., яким і було обладнано автомобіль «ХАДІ-7» для рекордних заїздів.

При дослідних заїздах на дистанції в 1 км з місця автомобіль розвинув швидкість 320 км/год, маючи ще значний запас потужності. Деякі технічні дані "ХАДІ-7": рама – плоска, трубчаста, зварена; кузов – алюмінієвий, заводського виготовлення; маса – 800 кг; розрахункова максимальна швидкість – 400 км/год.

Під час проведення офіційних заїздів на Чугуївському аеродромі В. Нікітін встановив три Всесоюзні рекорди швидкості, що перевищують світові досягнення. У 1966 році на дистанції в 0,5 км з місця – 101 км/год і на дистанції в 1 км з місця – 160,6 км/год., а в 1967 році на дистанції в 0,5 км. Автомобіль «ХАДІ-7» демонструвався на багатьох вітчизняних та зарубіжних виставках, зокрема: 1972 р. - ЧССР (Прага); 1973 р. - Канада (Монреаль); 1973 р. - США (Канзас-Сіті, Вашингтон, Х'юстон, Пітсбург, Денвер, Сан-Франциско); 1975 р. - Італія (Мілан); 1976 р. - Куба (Гавана).

Автомобіль «ХАДІ-7» який експонувався у подорожі по всьому світу, звичайно отримав багато пошкоджень, як зовнішніх так і внутрішніх. Все це врешті-решт призвело до рішення про реставрацію «ХАДІ-7». За всіма виявленими проблемами розпочалися роботи з дефектування та усунення вм'ятин та подряпин кузова, шпаклювання та зачистка поверхні кузова, підготовка до фарбування. У цій трудомісткій справі суттєву допомогу надали студенти, учасники СКПБ, а також студенти, які проходили практику під час навчання в Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті. Одночасно з цими аспірант кафедри автомобілів Залогин М. Ю. спроектував одноступінчастий редуктор (прямозубий з передавальним відношенням $i_0 = 0,625$ у спеціальному зварному корпусі, що з'єднано із ведучим мостом), який виготовив Вовчанський агрегатний завод.

Виконавши складання всіх компонентів та встановивши автомобіль у нерухомому стані на спеціальні опори, було проведено пуск двигуна з оцінкою роботи трансмісії у статичному стані

автомобіля. Робота всіх компонентів у режимі холостого ходу оцінена позитивно, таким чином, у 2021 році було завершено етап робіт з реставрації автомобіля «ХАДІ-7».

У 1967 році було відкрито новий напрямок роботи ЛША та СКПБ – це проектування та створення шосейно-кільцевих автомобілів.

«ХАДІ-8» (рис. 8.37) – шосейно-кільцевий автомобіль – був побудований у 1968 р. На ньому був встановлений форсований двигун ГАЗ М-21 з робочим об'ємом 2 000 см³, потужністю 130 к.с. рама – просторова, трубчата, зварена; кузов – склопластиковий, маса 600 кг; розрахункова максимальна швидкість – 200–220 км/год.

Цього ж року на Чугуївському аеродромі інженер В. Капшеєв встановив на цьому автомобілі Всесоюзний рекорд швидкості на дистанції 0,5 км з місця – 96,5 км/год. Під час змагань із шосейно-кільцевих перегонів цей автомобіль отримав суттєві пошкодження.

Протягом 1971-1972 років він був відновлений зі змінами ходової частини, форми кузова (обтікання) та матеріалу. Обтічник із склопластику замінений на лист із магнієвого сплаву. При цьому автомобіль отримав назву «ХАДІ-10», продовживши участь у змаганнях.



Рис. 8.37. Автомобіль «ХАДІ-8» для шосейно-кільцевих перегонів

«ХАДІ-9» (рис. 8.38) – рекордно-перегоновий автомобіль з реактивною тягою. Проектувався та будувався у СКПБ з 1969 року по 1978 рік з метою досягнення найвищих швидкостей на суші. Деякі технічні дані автомобіля: двигун турбореактивний РД-9БФ, тяга – 3800 кг на форсажі; рама – просторова, трубчаста, зварена; кузов – склопластиковий, з'єднаний нероз'ємно з рамою; маса автомобіля – 2500 кг.



Рис. 8.38. Рекордно-перегоновий автомобіль «ХАДИ-9»

Автомобіль мав триточкову опору з двома спареними колесами спереду і рознесеною до 3600 мм задньої колії: колеса спочатку було встановлено на гумових шинах, а в кінцевому варіанті на металевих дисках.

Обладнаний електричною, гідравлічною та пневматичною системою управління. Привід кермового керування гідравлічний; гальмування – щитками, пневмогальмом та гальмівним парашутом.

Випробування «ХАДИ-9» проводилися на Чугуївському та Волгоградському аеродромах та на ділянках озера Баскунчак. Вони показали закладені в автомобілі можливості досягнення швидкості близько 700-800 км/год, але відсутність траси та необхідних заходів техніки безпеки не дозволили розвинути максимальну швидкість.

1970-1972 рр. - час створення першого в СРСР рекордно-перегонового електромобіля (рис. 8.39). Основні технічні дані: двигун – компаундний, електромотор номінальною потужністю 30 кВт при напрузі 24 В, електроживлення спочатку від акумуляторів свинцевих, надалі – від комплекту срібно-цинкових батарей; рама плоска, трубчаста, зварена; кузов склопластиковий; маса – 490 кг; максимальна розрахункова швидкість – 200 км/год.



Рис. 8.39. Рекордно-перегоновий електромобіль «ХАДИ-11Е»

Попередні ходові випробування електромобіля проводилися в 1972 році на Чугуївському аеродромі, а 1973 році, беручи участь в офіційних рекордних заїздах на автополігоні НАМІ у м. Димитрові, «ХАДІ-11Е» став володарем одразу трьох Всесоюзних рекордів швидкості. Два з них було встановлено Ю. Стебченко: на дистанції в 0,5 км з місця – 93,7 км/год (вище за світовий рекорд) та на дистанції в 1 км з місця – 145,7 км/год. Третій рекорд належав студенту ХАДІ В. Гавриленка, який пройшов дистанцію в 1 км із місця зі швидкістю 109,1 км/год. «ХАДІ-11Е» – учасник автомобільних виставок: 1973 - ГДР (Берлін), 1974 р. - Болгарія (Софія).

Після закінчення виставки в Болгарії «ХАДІ-11Е» було передано в дар Народній республіці Болгарія на прохання її уряду.

«ХАДІ-13Е» (рис. 8.40) – другий рекордно-перегоновий електромобіль. Час виготовлення 1974-1976 роки. Має тяговий компаундний електродвигун потужністю 30 кВт при напрузі 24 В, електроживлення від комплекту срібно-цинкових акумуляторних батарей; рама трубчаста, просторова; кузов склопластиковий, маса – 450 кг; максимальна розрахункова швидкість – 220 км/год.



Рис. 8.40. Рекордно-перегоновий електромобіль «ХАДІ-13Е»

У ході офіційних рекордних заїздів, що проводилися 1977 року на автополігоні НАМІ, було встановлено три нові Всесоюзні рекорди швидкості. Два з них належать учаснику СПКБ студенту Д. Сильчику: на дистанції в 0,5 км з місця – 96,2 км/год (вище за світове) та на дистанції в 1 км з ходу – 161,7 км/год; третій рекорд встановив студент А. Апшилава, пройшовши дистанцію в 1 км із місця із середньою швидкістю 115,9 км/год. «ХАДІ-11Е» – учасник виставок НТТМ у СРСР та міжнародної виставки в Австрії (1977 р.). У 1998 році автомобіль передано Київському політехнічному музею.

«ХАДІ-15» – двомісний спортивний туристичний автомобіль. Побудований у 1980–1981 роках. Двигун – автомобільний ВАЗ-2103; робочий об'єм – 1500 см³, потужність – 85 к. с; рама просторова, трубчаста; маса – 650 кг; розрахункова швидкість – 200 км/год.

У 1980–1983 роках. під керівництвом інженера лабораторії швидкісних автомобілів Ю. Стебченка було побудовано електромобіль «ХАДІ-21Е» (рис. 8.41). Електромобіль мав два тягові електромотори потужністю по 30 кВт; рама просторова, зварена; кузов склопластиковий. Розрахункова максимальна швидкість – 240-250 км/год. Ю. Стебченко, стартуючи з місця на дистанції 500 м за сумою двох заїздів, показав результат – 99,1 км/год. Це був новий Всесоюзний рекорд швидкості, що перевищує світову для електромобілів власну масу до 500 кг.



Рис. 8.41. Електромобіль для перегонів «ХАДІ-21Е»

Автомобіль «ХАДІ-24» (див. рис. 8.42) відкриває нове покоління рекордно-перегонових автомобілів, побудованих у лабораторії швидкісних автомобілів ХАДІ, це – дрегстери. Спеціальні автомобілі зі збільшеною колісною базою і максимальним завантаженням задньої осі для отримання максимальних зчіпних властивостей коліс.

Над створенням автомобіля працювали молоді інженери лабораторії І.В. Лукашов та М.М. Гріненко. У жовтні 1984 року на Чугуївському аеродромі групою студентів та інженерів на автомобілі «ХАДІ-24» було встановлено чотири Всесоюзні рекорди швидкості.

На дистанції в 500 м завідувач ЛША інженер Р. Біліс на автомобілі «ХАДІ-24» у класі 750 см³ встановив рекорд – 112 км/год, а на дистанції в 1 км інженер М. Кузенков встановив рекорд 132,7 км/год. У класі 500 см³ на дистанції 500 м інженер П. Бородай встановив рекорд 110,4 км/год, а інженер М. Гріненко на дистанції в 1 км – 132,8 км/год.

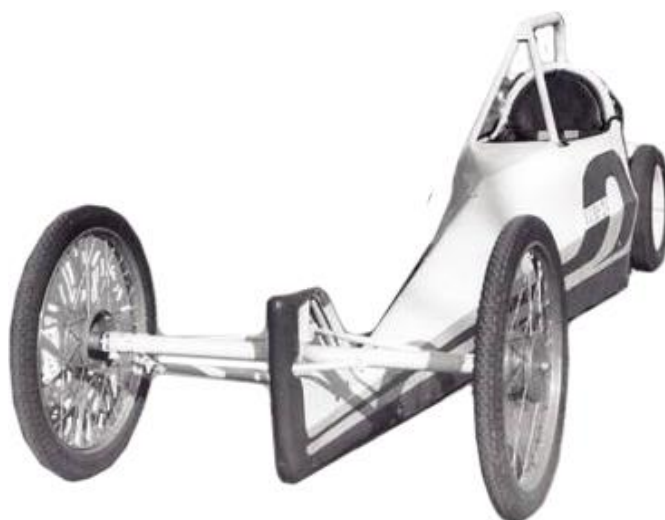


Рис. 8.42. Рекордно-перегоновий автомобіль «ХАДІ-24»

На цьому автомобілі встановлено спиртовий двигун "Ява" потужністю 42 кВт. З 1983 по 1988 рік було побудовано ще три рекордно-перегонових автомобілів типу дрегстер: «ХАДІ-26», «ХАДІ-27», «ХАДІ-28Е». Ці автомобілі були збудовані, але участі в рекордних заїздах не брали, оскільки змагань на встановлення рекордів швидкості в СРСР (до 1991 року) та в Україні (після 1991 року) не проводилося. Автомобілі стали постійними учасниками різноманітних автомобільних виставок.



Рис. 8.43. Рекордно-перегоновий автомобіль «ХАДІ-27»

З 1988 по 1990 рік співробітники ЛША працювали над проектуванням автомобіля для кільцевих перегонів «ХАДИ-29» (рис. 8.44).

За короткий проміжок часу (8 місяців 1991 р.) автомобіль був збудований і з 1992 року є постійним учасником чемпіонатів України з автомобільних кільцевих перегонів.

У 1994 року пілот М. Гріненко став срібним призером чемпіонату України, а у 1995 та 1996 роках. – Бронзовим. Автомобіль «ХАДІ-29» повністю відповідає міжнародним технічним вимогам формули Е-8 Р1А. Двигун ВАЗ-2106 форсований; потужність – 140 к. с; максимальна швидкість – 240 км/год.



Рис. 8.44. Автомобіль для кільцевих перегонів «ХАДІ-29»

У 1996 році співробітники ЛСА розпочали модернізацію заводського автомобіля «Естонія-25». На цьому автомобілі було повністю змінено підвіску передніх і задніх коліс, підвищено жорсткість рами, покращено аеродинаміку автомобіля, застосовано дифузори в задній його частині.

Після доопрацювання автомобіля пілот А. Арманд у 1996 році став срібним призером чемпіонату України, у 1997 році – чемпіоном України, а у 1998 році – бронзовим призером.

На весні 2005 року розпочалася робота над новим автомобілем для перегонів за формулою 1600 (Е8) для участі у змаганнях з автомобільних кільцевих перегонів. Таким автомобілем став «ХАДІ 31» (див. рис. 8.45), який є результатом розробок ведучих вчених та спеціалістів ХАДІ. Дебютував автомобіль на заключному етапі чемпіонату з кільцевих автомобільних перегонів у 2006 р.

У період із 2002 по 2004 роки фахівці та науковці Харківського національного автомобільно-дорожнього університету (ХНАДУ) та Харківського фізико-технічного інституту низьких температур (ФТІНТ) НАН України створили експериментальну модель криогенного автомобіля (кріомобіля) під маркою «ХАДІ-32» (див. рис. 8.46), що працює на рідкому азоті.



Рис. 8.45. Автомобіль для кільцевих перегонів «ХАДІ-31»

Головним завданням, яке переслідувалося при створенні дослідного зразка, була оцінка принципової можливості перетворення енергії зрідженого газу на механічну енергію за рахунок теплообміну з навколишнім повітрям. При використанні балона зі стисненим азотом ємністю 50 л автомобіль «ХАДІ-32» був здатний рухатися зі швидкістю до 10 км/год, а при використанні балона з рідким азотом



Рис. 8.46. Кріогенний автомобіль «ХАДІ-32»

бака вистачило на 14 хвилин безперервного руху по кільцевій трасі і 6 хвилин роботи пневматичного двигуна на холостому ходу.

У 2007 році в ХНАДУ розпочалися роботи зі створення нового автомобіля «ХАДІ-33» (рис. 8.47), теоретичною передумовою до створення якого з'явилися багаторічні дослідження співробітників ЛША у галузі проектування автомобілів для кільцевих автомобільних перегонів.



Рис. 8.47. Автомобіль для кільцевих перегонів «ХАДІ-33»

У проектуванні «ХАДІ-33» брали активну участь студенти автомобільного факультету ХНАДУ, особливо варто відзначити Стукало Михайла, який брав участь у створенні одразу двох моделей марки ХАДІ («ХАДІ-33» та «ХАДІ-34»). Завершилося створення автомобіля «ХАДІ-33» у 2009 р.

У 2008 році в СПКБ «ЛША ХАДІ» було прийнято рішення про створення екологічно чистого автомобіля «ХАДІ-34» (рис. 8.48), а в січні 2009 року вже проводилося його фінансування завдяки міжнародному видавничому холдингу «New Frontier Media Group».



Рис. 8.48. Екологічно чистий автомобіль «ХАДІ-34»

У травні 2010 року автомобіль «ХАДІ-34» був повністю завершений і взяв участь у «Shell Eco-marathon 2010» на трасі «Лаузіц Рінг» у Німеччині, де показав результат у 570 км на 1 л бензину. Результат внесено до книги рекордів України як найекономічнішого автомобіля країни.

Команда ХНАДУ на автомобілі «ХАДІ-34» у 2011 та 2013 рр. також брала участь в інших міжнародних змаганнях, що проводяться компанією «Shell», та показала непоганий результат, проїхавши на 1 л бензину 575 км.

За останні роки (з 2015 року) Лабораторія швидкісних автомобілів продовжувала функціонувати та розвиватися, незважаючи на труднощі часу. Наша перша і єдина команда з України приймала участь у всесвітніх студентських змаганнях з енергоефективності «Shell Eco-marathon» і у 2016 році одержала у Великій Британії (Лондон), Великий Кубок організаторів змагань «За кращій командний дух і волю до перемоги» (див. рис. 8.49).

Крім того у 2016 році завершено створення автомобіля «ХАДІ -35» (див. рис. 8.50), який проектувався для участі у шосейно-кільцевих перегонах. Цей автомобіль завершував серію автомобілів для перегонів, створених з використанням деталей та агрегатів, виготовлених Вовчанським агрегатним заводом.



Рис. 8.49. Екологічно чистий автомобіль «ХАДІ-34» та Великий Кубок організаторів змагань «За кращій командний дух і волю до перемоги»



Рис. 8.50. Автомобіль для кільцевих перегонів «ХАДІ-35»

Метою створення було отримання бюджетного автомобіля для перегонів, який можна використовувати, як навчальний автомобіль, а також, як автомобіль для перегонів початкового рівня. Автомобіль «ХАДІ-35» пройшов випробування та тестування на трасі «Автоград» у м. Харкові.

Проект автомобіля «ХАДІ-37» (див. рис. 8.51) почав розроблятися у 2016 році. Він створювався для участі у перегонах на короткі дистанції, а також для проведення експериментальних досліджень пов'язаних з досягненням максимальних прискорень. Автомобіль має модульну конструкцію, яка можливість використання V-образного восьмициліндрового двигун АВЗ та спеціальних колес, які дозволяють досягати максимального прискорення. Автомобіль «ХАДІ-37» повністю завершено у 2021 р.

Створення автомобіля «ХАДІ-35» та «ХАДІ-37» виконувалося під керівництвом завідувача Лабораторії швидкісних автомобілів Лукашова І. В. а також при участі Волянського Є. В., Савченко Є. Л., Канищева І. Н., Атаманюка В. Г.



Рис. 8.51. Автомобіль для кільцевих перегонів «ХАДИ-37»

Над створенням автомобіля «ХАДИ-35» працювали студенти Харківського національного автомобільно-дорожнього університету: Головка М. В., Лифар І. В., Андрусишин І. Ю., Токаренко А. С., Кравченко Е. С., Лысенко Д. А., Кудинов В. С., Булава І. В., Годзь В. В., Морозовский Д. Ю., Никулин Ю. С., Соловьов М. О..

Над створенням автомобіля «ХАДИ-37» працювали студенти Харківського національного автомобільно-дорожнього університету: Бабай В. М., Морозовский Д. Ю., Махонин М. В., Годзь В. В. та Соловьев М. О.

В проектах автомобілів «ХАДИ-35» та «ХАДИ-37» також приймали участь фахівці автомобільного спортивного клубу «Renault Club Kharkov» Щербак М. С., Звягин Д.О. та Поднос С. В. які надавали методичну і практичну допомогу в розробці, монтажі та налагоджуванні електронних блоків керування двигуном та телеметрії автомобіля.

ПІСЛЯМОВА

В результаті розвитку інженерної діяльності людини з'явилася велика кількість машин та механізмів, що полегшують її життєдіяльність. Історія формування та вдосконалення цих машин та механізмів дозволила виділити такі етапи еволюції техніки:

- 1) етап створення машин, які замінюють фізичну силу людини;
- 2) етап створення машин, що замінюють фізичну силу людини та її вміння;
- 3) етап створення машин, що замінюють фізичну силу людини, її вміння та деякі фізіологічні та інтелектуальні функції.

Формування розуміння сутності представлених етапів еволюції техніки дозволило людині усвідомити необхідність формування нових галузей науки і техніки, таких як роботизація, автоматизація та інтелектуалізація; дало можливість розвитку вже існуючої техніки та сформувало аспекти створення принципово нових технологій. Так, на початку ХХІ ст. з'явилися машини, що дозволяють зазирнути в глибини мікро- і макросвіту, що оточує людину, залишити ареол її проживання та відчутти глибини космічного простору. Усвідомлення можливостей, які розкриває інженерна діяльність людини, сприяє подальшому вдосконаленню та розвитку інженерної думки кожного індивідуума суспільства на нашій планеті та за її межами. І такі думки вже не поодинокі у наукових колах серед інженерів, практиків, науковців, дослідників та фахівців у галузі технічної та біологічної інженерії.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1. Turenko, A. M., Klymenko, V. I., Lukashev, I. V., Chernysov O. O. (2023). *Record-breaking racing cars Kharkiv national automobile and highway university (laboratory of racing cars KhANI): Popular science handbook of racing cars*. Kharkiv: KhNAHU.
2. Подлесний, С. В., Єрфорт, Ю. О., Іскрицький В. М. (2004). *Історія інженерної діяльності: Навчальний посібник*. Краматорськ: ДДМА.
3. Павленко І. І. (2007). *Промислові роботи: основи розрахунку та проектування*. Кіровоград: КНТУ.
4. Клименко, В., Лукашов, І., Шилов, А. (2014). Досягнення і рекорди лабораторії швидкісних автомобілів ХНАДУ. *Новий колегіум*, 4(78), 82.
5. Туренко, А. М., Клименко, В. І., Ужва, А. В., Ламла, Т. Л., Савченко, Є. Л., Сергієнко, О. В., Лукашов, І. В., Шаповаленко, В. О. (2018). *Експериментальні дослідження динаміки спортивного автомобіля з елементами пасивної безпеки і несучою системою з композитних матеріалів: Монографія*. Харків: ХНАДУ.
6. Клименко, В. І., Лукашов, І. В. (2023). *Лабораторія швидкісних автомобілів, що має статус національного надбання, як база підготовки висококваліфікованих кадрів*, Праці 87-ї Міжнародної науково-технічної та науково-методичної конференції ХНАДУ. Харків: ХНАДУ.
7. Клименко, В. І., Лукашов, І. В. (2023). *Перспективні напрямки створення та удосконалення автомобілів марки «ХАДІ» в умовах статусу лабораторії національного надбання*, Сучасні технології в автомобілебудуванні, транспорті та при підготовці фахівців: Наукові праці Міжнародної науково-практичної конференції до Дня автомобіліста та дорожника. Харків: ХНАДУ.
8. Туренко, А. М., Клименко, В. І., Лукашов, І. В., Волянський, Є. В., Сергієнко, О. В., Савченко, Є. Л. (2010). Патент України 47317. Київ: Державне патентне відомство України.
9. Богомолів, В. О., Клименко, В. І., Лукашов, І. В., Волянський, Є. В., Шаповаленко, В. О. (2021). Свідоцтво на промисловий зразок України 44426. Київ: Державне патентне відомство України.
10. Богомолів, В. О., Клименко, В. І., Лукашов, І. В., Волянський, Є. В., Шаповаленко, В. О. (2021). Свідоцтво на промисловий зразок України 44431. Київ: Державне патентне відомство України.
11. Богомолів, В. О., Клименко, В. І., Лукашов, І. В., Волянський, Є. В., Шаповаленко, В. О. (2021). Свідоцтво на промисловий зразок України 44465. Київ: Державне патентне відомство України.
12. Коваленко, В. М. (2002). У ХХІ столітті інженерія не поступиться першістю. *Науковий світ*, 10, 4-5.

13. *Нариси з історії природознавства і техніки: Республіканський міжвідомчий збірник АН УРСР.* (1980), (Вип. 26, 128 с.). Київ: Наукова думка.
14. Ракизов, А. І. (2002). Наука ХХІВ століття: глобальні трансформації і перспективи. *Науковий світ*, 5, 3-6.
15. Пуцяга, Т. В., Фрадлі, Б. Н. (1952). *Діяльність видатних механіків на Україні.* Київ: Державне видавництво технічної літератури України.
16. Онищенко, О. Г. (2000). *Історія інженерної діяльності: Навчальний посібник.* Полтава: ПолтДТУ.
17. Ларін, А. О. (2021). *Історія науки і техніки: Підручник.* Харків: НТУ «ХП».
18. Лебедєв, І. К., Ігнатова, Л. Р., Махінько, А. І. (2021). *Історія науки і техніки: Навчально-методичні матеріали для студентів факультету прикладної математики.* Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського.
19. Бєсов, Л. М. (2007). *Історія науки і техніки.* Харків: НТУ «ХП».
20. Іскович-Лотоцький, Р. Д., Севостьянов, І. В. (2015). *Історія інженерної діяльності: Підручник.* Вінниця: ВНТУ.
21. Мезенцева, О. М., Ковальчук, Н. В. (2022). *Історія інженерної діяльності: Навчальний посібник до виконання практичних робіт.* Кропивницький: ЦНТУ.
22. Мельник, О. О., Лобода О. І. (2018). *Історія науки і техніки: Навчальний посібник.* Мелітополь.
23. Косюр, Г. М. (2006). *Історія інженерної діяльності: Навчальний посібник.* Рівне: НУВГП.
24. Baker, Rosalie, Baker, Charles. (2001). *Ancient Egyptians: People of the Pyramids.* Oxford University Press.
25. Woods, Michael; Mary B. Woods (2000). *Ancient Machines: From Wedges to Waterwheels.* USA: Twenty-First Century Books.
26. Moorey, Peter Roger Stuart (1999). *Ancient Mesopotamian Materials and Industries: The Archaeological Evidence.* Eisenbrauns.
27. Humphris, Jane, Charlton, Michael F., Keen, Jake, Sauder, Lee, Alshishani, Fareed. (2018). Iron Smelting in Sudan: Experimental Archaeology at The Royal City of Meroe. *Journal of Field Archaeology*, 43(5), 399. doi:10.1080/00934690.2018.1479085.
28. Selin, Helaine. (2013). *Encyclopaedia of the History of Science, Technology, and Medicine in Non-Western Cultures.* Springer Science & Business Media.
29. Shepherd, William. (2011). *Electricity Generation Using Wind Power* (1 ed.). Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
30. Lakwete, Angela. (2003). *Inventing the Cotton Gin: Machine and Myth in Antebellum America.* Baltimore: The Johns Hopkins University Press.
31. Kapur, Ajay, Carnegie, Dale, Murphy, Jim, Long, Jason. (2017). Loudspeakers Optional: A history of non-loudspeaker-based electroacoustic music. *Organised Sound*, 22(2). doi:10.1017/S1355771817000103.

32. Takashima, S. (2006). *Control of an automatic performance robot of saxophone: performance control using standard MIDI files*, Proc. IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems: Workshop on Musical Performance Robots and Its Applications. Beijing.
33. Tesla, N. (1891). U.S. Patent No. 454,622. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
34. Sobh, T. M., Wang, B., & Coble, K. W. (2003). Experimental robot musicians. *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, 38, 197-212.
35. Kapur, A. (2005). A history of robotic musical instruments. *ICMC*, 10, №. 1.88.
36. Garrison, E. G. (1999). *History of Engineering and Technology: Artful Methods* (2nd ed.). Retrieved from <https://doi.org/10.1201/9780203751749>
37. Smith, N A. F. (1977). The origins of the water turbine and the invention of its name. *History of Technology*, 2, 215-259.
38. Hill, D. (1984). *A History of Engineering in Classical and Medieval Times*. La Salle, IL: Open Court.
39. *Історія розвитку Tesla Motors: Офіційний сайт Tesla Motors*. Взято з <https://www.tesla.com>.

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	3
1. ОСНОВНІ ЕТАПИ ЕВОЛЮЦІЇ МАШИН.....	4
1.1. Машини, що замінюють живу силу	6
1.2. Машини, що замінюють фізичну силу людини та її вміння	15
1.3. Обчислювальні машини, що замінюють уміння людини, її фізичні, інтелектуальні функції.....	26
2. ОСНОВНІ ЕТАПИ РОЗВИТКУ КОНСТРУКЦІЇ АВТОМОБІЛЯ	30
2.1. Винахідницький період історії конструкції автомобіля	35
2.2. Інженерний період історії автомобіля	48
2.3. Дизайнерський період	52
3. ДВИГУН: ВІД ВОДЯНОГО КОЛЕСА ДО ПАРОВОГО ДВИГУНА.....	63
3.1. Пароатмосферна машина Д. Папена.....	67
3.2. Насос Т. Севері.....	68
3.3. Машини Т. Ньюкомена	69
3.4. Перша універсальна пароатмосферна машина І.І. Ползунова.....	71
3.5. Винаходи Джеймса Уатта	73
4. ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ДВИГУНА ЗОВНІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ	77
4.1. Розвиток парового двигуна.....	77
4.2. Парова турбіна	84
4.3. Розвиток двигуна Стірлінга	88
5. РОЗВИТОК ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ.....	95
5.1. Двигун внутрішнього згоряння поршневого типу	95
5.2. Роторно-поршневий двигун.....	107
5.3. Газотурбінний двигун	110
5.4. Реактивний двигун.....	113
6. РОЗВИТОК АВТОМОБІЛЬНОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ.....	117

7. РОЗВИТОК ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ І ГІБРИДНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ	128
7.1. Етапи розвитку конструкції електромобілів	128
7.2. Електромобілі зі швидкозйомними акумуляторними батареями-контейнерами	142
7.3. Тенденції розвитку електромобілів у ХХІ ст.	142
7.4. Електромобілі з індуктивним підведенням електроенергії	145
7.5. Геліомобілі (сонцемобілі).....	146
7.6. Гібридні транспортні засоби та рекупераційне гальмування.....	149
8. ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ АВТОМОБІЛІВ ДЛЯ ПЕРЕГОНІВ.....	155
8.1. Швидкісні автомобілі формули 1	155
8.2. Дорожні перегони.....	162
8.3. Трекові перегони	162
8.4. Перегони в гірській місцевості	163
8.5. Рекордні заїзди.....	163
8.6. Типи автомобілів для перегонів.....	164
8.7. Швидкісні автомобілі ХАДІ.....	170
ПІСЛЯМОВА.....	185
ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ.....	186

Навчальне видання

БОГОМОЛОВ Віктор Олександрович
КЛИМЕНКО Валерій Іванович
ЛЕОНТЬЄВ Дмитро Миколайович
УЖВА Анатолій Вікторович

ІСТОРІЯ ІНЖЕНЕРНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ
РОЗВИТОК АВТОМОБІЛЕБУДУВАННЯ

Навчальний посібник

3-є видання, доповнене

(українською мовою)

Відповідальний за випуск *В.І. Клименко*

Редактор *Д.М. Леонтьєв*

Переклад на українську *А.В. Ужва*

Комп'ютерна верстка *Д.М. Леонтьєв*

Видавець ФОП Бровін О.В.
Свідоцтво про внесення суб'єкта до Державного реєстру
видавців та виготовників видавничої продукції серія ДК 3587 від 23.09.09 р.
Формат 60x84/16 Ум. друк. арк. 11.16. Тир. 100 прим. Зам. 827.

Надруковано з макету замовника ФОП Бровіна І.П.
61022, м. Харків, вул. Трінклера, 2, корп.1, к.19. Т. (066) 822-71-30

СТИЛЬ®
ІЗДАТ
ДРУКАРНЯ
www.stil-izdat.com

