

# Automobil a spalovací motor

Historický  
vývoj ➤



Branko Remek



GRADA



1885

1886

1908

1964

2005

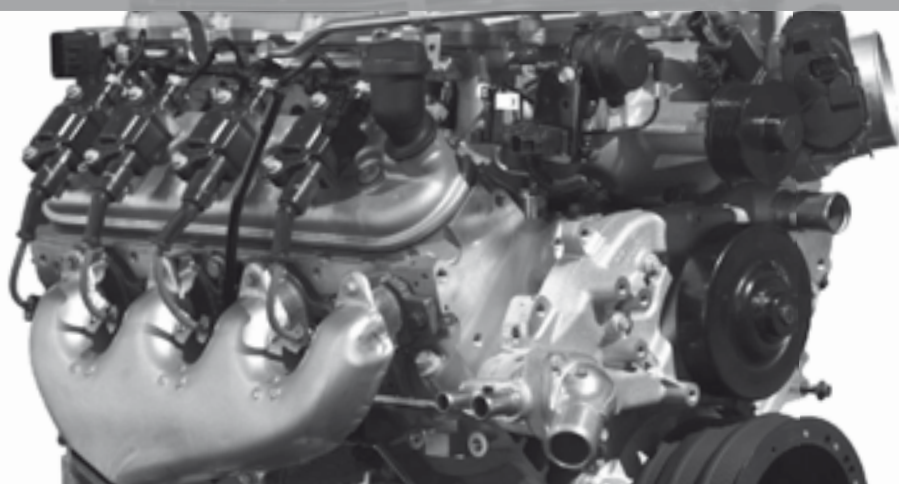


# Automobil a spalovací motor

Historický  
vývoj >



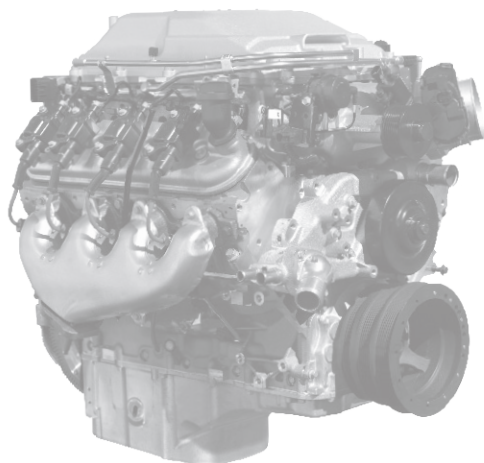
Branko Remek



Grada Publishing

*Upozornění pro čtenáře a uživatele této knihy*

*Všechna práva vyhrazena. Žádná část této tištěné či elektronické knihy nesmí být reprodukována a šířena v papírové, elektronické či jiné podobě bez předchozího písemného souhlasu nakladatele. Neoprávněné užití této knihy bude trestně stíháno.*



**Ing. Branko Remek, CSc.**

# **Automobil a spalovací motor**

## **Historický vývoj**

Vydala Grada Publishing, a. s.

U Průhonu 22, Praha 7

obchod@grada.cz, www.grada.cz

tel.: +420 234 264 401, fax: +420 234 264 400

jako svou 4685. publikaci

Odborná recenze Ing. Jiří Holub

Odpovědný redaktor Petr Somogyi

Grafická úprava a sazba Jakub Náprstek

Fotografie na obálce Allphoto a archiv autora

Počet stran 160

První vydání, Praha 2012

Vytiskly Tiskárny Havlíčkův Brod, a. s.

© Grada Publishing, a. s., 2012

*Tato publikace vychází za podpory vyhledávacích a monitorovacích systémů SHERLOG.*

*Názvy produktů, firem apod. použité v knize mohou být ochrannými známkami nebo registrovanými ochrannými známkami příslušných vlastníků.*

*Nakladatelství tuto publikaci vydává jako vědeckou práci k pedagogickému účelu.*

ISBN 978-80-247-3538-2 (tištěná verze)

ISBN 978-80-247-7694-1 (elektronická verze ve formátu PDF)

# Obsah

Prolog . . . . .	6	6.3 Jawa . . . . .	80
<b>1 Éra páry . . . . .</b>	<b>7</b>	6.4 Walter . . . . .	81
1.1 Parní motory . . . . .	7	6.5 Wikov. . . . .	83
1.2 Parní vozidla . . . . .	9	6.6 Zetka . . . . .	85
Osobnosti . . . . .	13	6.7 Karoserie . . . . .	87
<b>2 Spalovací motor . . . . .</b>	<b>14</b>	6.8 Přínos pro automobilový svět . . . . .	90
2.1 Pístový spalovací motor . . . . .	14	Osobnosti . . . . .	91
2.2 Spalovací motor ve vozidle . . . . .	18	<b>7 Rozdělená Evropa: Západ . . . . .</b>	<b>93</b>
2.3 Rozvod motoru . . . . .	19	7.1 Itálie . . . . .	93
2.4 Výkon spalovacího motoru . . . . .	21	7.2 Německo . . . . .	95
2.5 Historické okamžiky . . . . .	22	7.3 Velká Británie . . . . .	101
Osobnosti . . . . .	24	7.4 Francie . . . . .	103
<b>3 Starý svět: Evropa . . . . .</b>	<b>26</b>	7.5 Benelux a Skandinávie . . . . .	107
3.1 Německo . . . . .	26	Osobnosti . . . . .	110
3.2 Velká Británie . . . . .	30	<b>8 Rozdělená Evropa: Východ . . . . .</b>	<b>112</b>
3.3 Francie . . . . .	33	8.1 SSSR a Ruská federace . . . . .	112
3.4 Belgie, Nizozemsko, Lucembursko . . . . .	38	8.2 Maďarsko a Polsko . . . . .	116
3.5 Itálie . . . . .	39	8.3 Jugoslávie . . . . .	118
3.6 Španělsko . . . . .	42	8.4 Bulharsko a Rumunsko . . . . .	119
3.7 Technický pokrok . . . . .	43	8.5 Československo . . . . .	121
Osobnosti . . . . .	44	8.6 Konstrukce a technologie konce století . . . . .	133
<b>4 Nový svět: USA . . . . .</b>	<b>47</b>	<b>9 Asie a Austrálie . . . . .</b>	<b>134</b>
4.1 První americké vozy . . . . .	47	9.1 Japonsko . . . . .	134
4.2 Henry Ford a Ford Motor Company . . . . .	48	9.2 Korea . . . . .	138
4.3 Konkurence . . . . .	50	9.3 Čína . . . . .	139
4.4 Druhá světová válka a Jeep . . . . .	52	9.4 Indie . . . . .	140
4.5 Druhá polovina století . . . . .	53	9.5 Austrálie a další regiony . . . . .	141
4.6 Závody „po americku“ . . . . .	55	9.6 Organizace a technologie výroby – globální přínos . . . . .	142
4.7 Automobil a technologie výroby . . . . .	56	<b>10 Quo vadis, automobile? . . . . .</b>	<b>143</b>
Osobnosti . . . . .	58	10.1 Alternativní paliva . . . . .	143
<b>5 V srdci Evropy . . . . .</b>	<b>59</b>	10.2 Alternativní pohony . . . . .	144
5.1 Rakouské země . . . . .	59	10.3 Budoucnost . . . . .	145
5.2 Země Koruny české (Čechy, Morava a Slezsko) . . . . .	61	Přílohy . . . . .	147
Osobnosti . . . . .	74	Jmenný rejstřík . . . . .	154
<b>6 Made in Czechoslovakia . . . . .</b>	<b>76</b>	Věcný rejstřík . . . . .	158
6.1 Aero . . . . .	77	Literatura . . . . .	159
6.2 ČZ – Česká zbrojovka . . . . .	79		

# Prolog

Dějiny lidstva byly a jsou provázány a zásadně ovlivňovány stavem poznání světa a zákonitostí jeho vývoje, rozvojem filosofie, politiky, umění, vědy a v neposlední řadě techniky. Bez seznámení s historickým vývojem je odhad toho, co přinese nejbližší budoucnost, jen těžko představitelný a možný. Studium historie techniky poskytuje potřebnou orientaci v problematice, pomáhá při rozhodování a volbě koncepcí a často může vést i k návratu k dávno známým konstrukčním řešením, jež kdysi předstihla svou dobu.

Základem vývoje vozidla byl objev kola v raném starověku. Původ kola je poměrně nejasný. Kolo na hřídeli jako pohybový mechanismus živá příroda nezná. Pro živého tvora je něco takového nemožné. Kolo jako geometrický obrazec je známé jen z přírody neživé, v podobě víru vody nebo vzduchu. Nepochybně se k objevu kola dospělo dlouhodobým vývojem. Nejdříve se vše jen nosilo, dalším vývojovým stupněm se staly sáně či smyky. Teprve když se mezi kluzné plochy vložily válcovité předměty jako například části kmenů stromů, lidé dospěli k poznatku, že valivé tření je oproti tření kluznému mnohem výhodnější. Kolo pravděpodobně vynalezli Sumerové před více než pěti tisíci lety. Nejstarší památky naznačují, že k prvnímu využití kola v dopravě došlo v Mezopotámii (oblast mezi řekami Eufrat a Tigris v dnešním Iráku), kde byl známý i hrncářský kruh. Odtud se kolo na hřídeli přesunulo na pozemní cestu. Než došlo ke zhotovení kola, které se otáčí kolem své osy na čepu, uplynulo ještě mnoho času. V české kotlině se kolo objevilo poprvé v mladší době bronzové (asi před třemi tisíci lety), o čemž svědčí malý čtyřkolový vozík velikosti dětské hračky, jenž sloužil zřejmě k rituálním účelům a který je vystaven v archeologické části Městského muzea v Mladé Boleslavi. Právě tam shodou okolností vznikl i první český automobil.

K dalšímu rozvoji technického poznání na základě studia zákonů matematiky a fyziky došlo až v 18. a 19. století, v období, kdy vrcholil bouřlivý přechod od feudalismu k novým formám kapitalistické ekonomiky v novověku. V tomto zpočátku nestabilním období, které bylo v Evropě poznamenáno četnými válkami, byl vynalezen parní stroj a objevily se první pokusy s jeho využitím v železniční, silniční a vodní dopravě. Na železnici a v lodní dopravě se parní stroj udržel do druhé poloviny 20. století, výjimečně i déle, ale v silniční dopravě jeho éra skončila dříve, s počátkem 20. století.

Zásadní obrat přinesl vynález pístového spalovacího motoru na kapalné palivo. S rozvojem silniční dopravy rostly i nároky na snadnost distribuce pohonných látek a na technicky možný dojezd vozidla na vlastní zásobu paliva. Kapalné palivo je nejuvhodnější z hlediska v něm obsažené objemové koncentrace chemické energie, ale zásoby celosvětových zdrojů jsou omezené. Stále více se proto prosazuje návrat k plynným palivům nebo k jiným alternativním zdrojům energie. 20. století lze charakterizovat jako století automobilu, který se doslova stal fenoménem dnešní doby a nedílnou součástí každodenního života.

Zpětný pohled na technický vývoj spalovacího motoru a automobilu nemusí být z pozice historika a z pozice technika stejný. V každém případě ale i technik musí vzít v úvahu obecnou politickou a hospodářskou situaci lidské společnosti v jednotlivých etapách historického vývoje. Tomuto přístupu odpovídá i členění jednotlivých kapitol knihy, kde obě světové války a revoluční vlna konce dvacátého století ve střední a východní Evropě představují nepřehlédnutelné historické i technické mezníky.

# 1 Éra páry

Evropa se v 18. století v mnoha směrech dostala na křižovatku: středověké uspořádání společnosti, založené na feudálních vztazích, držbě půdy, řemeslné výrobě a dálkovém obchodu, se definitivně přežilo. Do popředí se drala nová elita, jejímž charakteristickým rysem nebyl urozený původ a služba vládci, ale obchodní duch, podnikavost a otevřenost novým objevům a technologiím. Současně s dynamickým nástupem tohoto „třetího stavu“ se odehrály i dramatické změny v zemědělství, kdy nové postupy a metody uvolnily v Evropě velké množství pracovní síly, do té doby pevně přivázané k půdě. Přidala se k tomu i demografická revoluce, projevující se v nárůstu počtu obyvatelstva a delší průměrné délce života. Důsledkem tohoto pohybu byl vznik nového způsobu organizace společnosti, a to jak z hlediska politického, tak ekonomického a sociálního: tradičně ho označujeme jako kapitalismus, jeho počátek pak představuje období průmyslové revoluce.

Kolébku průmyslové revoluce byla především Anglie. Tato země se v předchozích staletích tolik nepodílela na prosperitě plynoucí ze zámořských objevů a prvních kolonií. Anglické državy v severní Americe nepřinášely takové bohatství, které plynulo z kolonií například do Španělska, navíc o ně Anglie koncem 18. století přišla, a proto se museli Angličané místo přímého kořistění poohlédnout po jiných cestách, jak zbohatnout, stát se evropskou mocností a toto postavení si udržet: šlo o hledání nových komodit, jejich odbytišť, obchodních cest – a především nových technologií, vycházejících z vědeckých objevů a poznatků.

Změny nebyly vidět jen v Anglii: k mnoha vědeckým objevům, které umožnily bouřlivý rozvoj průmyslu, docházelo i v jiných částech Evropy, jako ve Francii nebo v Německu. Francie přešla z období vrcholného monarchismu (Ludvík XIV. a XV.) do bouřlivého období éry Napoleona Bonaparta. Nárůst životní úrovně skupin obyvatelstva, které se zapojily do nových způsobů obživy, byl tak markantní, že se anglické „novoty“ rychle šířily po celém kontinentu. V dále už začínala být vidět cesta k dostupné industrializaci Evropy a zámoří.

## 1.1

### Parní motory

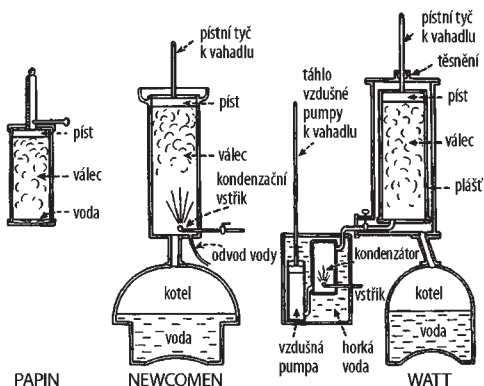
V 15. století se zabýval možností využití páry Leonardo da Vinci (1452–1519). Do té doby se využívala jen síla lidská, zvířecí, větru a vody. Skutečná éra páry začala v 17. století, kdy Ital Giovanni Branca v roce 1629 předvedl funkční model parní turbíny. Základy pro vytvoření parního stroje byly položeny na obou stranách průlivu, který odděluje kontinentální Evropu od Britských ostrovů a jemuž Francouzi říkají La Manche (rukáv), zatímco pro Angličany je to English Channel. Možnostmi páry se zabýval anglický fyzik a astronom Isaac Newton (1643–1727), který roku 1663 formuloval základní principy pro její využití. Francouzský fyzik Denis Papin (1647–1712)

roku 1688 sestrojil ohňový atmosférický stroj s kondenzací oddělenou od kotle, pracující s obsluhou. Papin jako asistent Christiana Huygense (1629–1695) prováděl i experimenty se střelným prachem. Další krok učinil v roce 1698 Angličan Thomas Savery s parní pumpou na reaktivním principu, ovšem nejednalo se ještě o pístový stroj.

#### ➤ Atmosférický stroj

18. století je počátkem dějin ohňových, atmosférických a parních strojů, ale teprve 19. století přineslo v souvislosti s rozvojem manufaktur, průmyslu a odborného školství jejich využití k pohonu strojů a v dopravě. První využitelný atmosférický vahadlový stroj s výkonem 6 HP a účinností 1 % sestrojili roku 1705 kovář Thomas Newcomen (1663–1729) a John Calley nebo Cawley (?–1725). Denis Papin předvedl roku 1706 atmosférický stroj s pracovním

válcem odděleným od kotle, podobně jako to bylo u Newcomenova stroje. Je nutné rozlišovat ohňový, atmosférický a parní stroj. Ve všech případech se jedná o tepelný stroj, který mění energii tepelnou na mechanickou práci. Tepelná energie se uvolňuje spalováním paliva (ohněm) v topeništi, kde se ohřívá voda tak, aby přešla z kapalného skupenství do plynného, páry. U ohňových strojů byl pracovní prostor částí kotle a topeniště. V další fázi byl kotel s topeništěm od pracovního prostoru oddělen (válec s pístem).



▲ Obr. 1.1 Tepelný stroj – vývoj

Funkce atmosférického stroje s ruční obsluhou je jednoduchá:

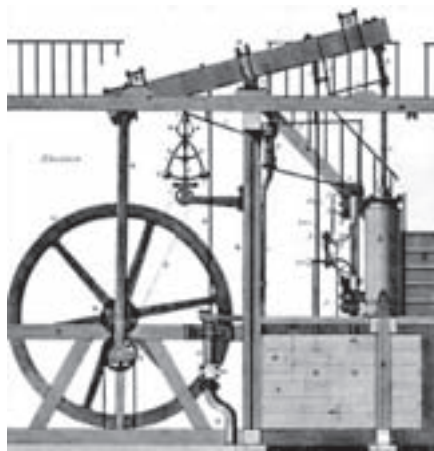
- ▶ Ohřeje se voda a vytvoří se potřebná zásoba horké páry v uzavřeném prostoru kotle.
- ▶ Pára se vypustí kohoutem do válce, čímž je píst vytlačen do horní polohy.
- ▶ Přívod páry se uzavře a otevře se kohout přívodu studené vody do válce, což způsobí kondenzaci páry (snížení tlaku pod pístem), který je proto přetlakem atmosférického tlaku a vlastní vahou tlačěn do dolní polohy a mechanismus s ním spojený koná práci.
- ▶ Kondenzát se odpustí kohoutem a připraví se opakování celého cyklu.

Zdokonalený systém využíval ke kondenzaci páry vnější chlazení válce. Je zřejmé, že atmosférický stroj je dvoudobý (dva pohyby pístu – nahoru, dolů) a jednočinný (práce jednoho zdvihu). Stroj se nazývá atmosférický, protože užitečnou práci koná atmosférický tlak vzduchu.

Stroj byl velký, těžký, s nízkou účinností celkové přeměny energie a vyžadoval trvalou obsluhu. Jeho původní využití sloužilo k pohonu pístových čerpadel (pump) pro odčerpávání vody v hornictví. Stačil k tomu vahadlový mechanismus konající kývavý vratný pohyb. Vývoj atmosférického stroje pokračoval pomalu, jeho předobrazem v parní stroj trval přes půl století.

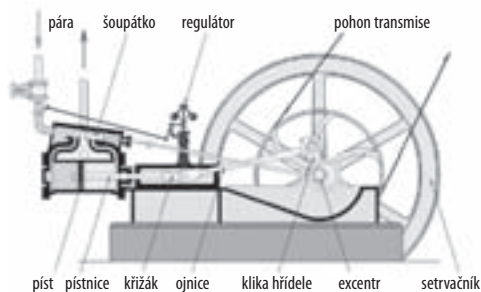
## ▶ Parní stroj

Ve věku 21 let se stal James Watt (1736–1819) mechanikem na univerzitě v Glasgow. V roce 1763 byl požádán, aby opravil parní stroj systému Newcomen, od té doby se už věnoval zlepšování parních strojů. Roku 1769 sestrojil první samočinně pracující dvojčinný svislý (vertikální) vahadlový parní stroj.



▲ Obr. 1.2 Parní stroj Jamese Watta z roku 1769

Watt využil mechanismus posuvného šoupátka s pohybem kinematicky spjatým s pohybem pístu (pístnice) k řízení přívodu a odvodu páry do a z pracovního prostoru válce, a to střídavě na obě strany pístu. Stroj se stal dvojčinným, ale zůstal dvoudobý. Podstatné je, že práci koná přetlak páry – proto se označuje jako parní stroj. Z roku 1774 pochází stacionární parní stroj a z roku 1787 parní transmisa. Wattův zdokonalený stroj byl vodorovný, s klikovým mechanismem.



▲ Obr. 1.3 Princip fungování Wattova parního stroje

Úplný klikový mechanismus tvoří píst, pístnice, křížák, ojnice a klika na hřídeli. Píst přenáší jen podélné síly od tlaku plynu (páry) a síly setrvačné a křížák zachycuje síly



příčné, dané přenosem sil na ojnici s kývavým pohybem a na otáčející se kliku. Watt vynalezl odstředivý regulátor, regulaci škrcením přívodu páry, kondenzátor páry a tzv. přímovod, mechanismus kinematicky přesného vedení. Největším přínosem bylo, že stroj pracoval zcela samočinně a nebyl potřebný strojník. Watt použil k vyjádření výkonu parního stroje výraz *horse power* (HP), koňská síla (k.s.), protože pro zákazníky potřeboval vhodné srovnání s výkonem zvířete. Podle zkušeností z dolu odhadoval, že poník zapřažený v žentouru vyzdvihne 22 000 *libro-stop* (ft-lb<sub>f</sub>) za minutu, výkon koně odhadoval o polovinu vyšší. Pro přiblížení svých úvah vymyslel následující definici: jedna koňská síla je rovna výkonu, který podává soustavně pracující kůň zapřažený v žentouru tím, že vyzdvihne náklad 180 liber a přitom ujde za hodinu 144 kol o poloměru 12 stop (foot). Tuto hodnotu zaokrouhlil na 33 000 ft-lb<sub>f</sub>/min. Definice velikosti liber a stop (lb = 0,454 kg, foot = 0,305 m) se měnily s dobou i s místem, podle toho se mírně měnila i definice jednotky. Lb<sub>f</sub> je v tomto případě označení pro libru jako jednotku síly (force), nikoliv pro libru jako jednotku hmotnosti, lb<sub>m</sub> (mass).

Úspěšná firma Boulton-Watt vyráběla parní stroje, čerpadla i jiné stroje, ale nikdy je nepoužila pro silniční či železniční vozidla. Jeden z parních strojů této strojírný zakoupil hrabě Georg Franz Buquoy a jako zástupce českých stavů (šlechtické sněmovny) ho věnoval v roce 1810 Pražské polytechnice, jejímž ředitelem byl František rytíř Gerstner. Protože stroj o výkonu 16 HP (12 kW) přišel rozložený v podobě neopracovaných dílů, pověřil Gerstner mechanika polytechniky Josefa Božka jeho zprovozněním. Přestože Božek předtím nikdy nic takového neviděl, úkol zvládl a stroj uvedl do provozu. Božek se pak věnoval vývoji vlastního parního stroje pro pohon vozidla (viz podkapitola 5.2).

## ► Francie

Rok 1769 byl z hlediska páry osudový. Francouzský voják Nicolas Joseph Cugnot (1725–1804) vyrobil jednočinný parní stroj a jako model tříkolový tahač, který pojmenoval *Fardier à vapeur* (parní valník). O Wattově samočinném parním stroji zřejmě nevěděl a využíval poznatky Papína. V roce 1769 vyrobil vůz běžných rozměrů, který vážil 2,5 tuny a uvezl 4 tuny. Při zkouškách se ukázalo, že sice dosahuje rychlosti 9 km/h, ale je nestabilní, což byl závažný nedostatek, protože vozidlo mělo být tahačem těžkých kanónů v terénu.



► Obr. 1.4 Parní vůz Cugnot z roku 1769

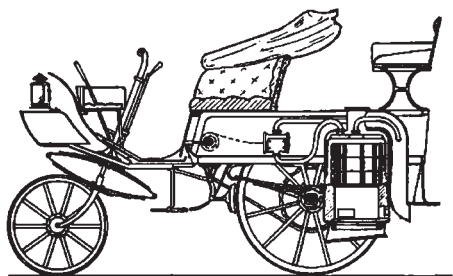
Podivné monstrum je technicky zajímavé, protože celé ústrojí pohonu se nachází u předního kola. Dvouválcový jednočinný vertikální parní stroj (Ø 330 × 330 mm) poháněl kolo prostřednictvím dvou rohatkových mechanismů. Vůz se řídil natáčením kola s parním strojem i kotlem vůči dřevěnému rámu s tuhou zadní nápravou. Vozidlo bez brzd mělo omezený dojezd, protože topeniště bylo malé. Po natlakování párou se dalo popojet jen tak daleko, dokud stačila malá zásoba vody. Historicky je – jako první dopravní nehoda – doložena havárie tohoto samohybu při jeho předvádění v Paříži na náměstí u kostela Église de la Madeleine. Tříkolka přežila revoluci roku 1789 a je vystavena v Paříži v osvětlené gotické katedrále, dnes muzeu řemesel Conservatoire des Arts et Métiers.

V důsledku napoleonských válek a nestabilní politické a společenské situace se pak na sto let těžiště pokroku přesunulo do Anglie. Ve Francii se další parní vozidla objevila až v druhé polovině 19. století, parní éra skončila na přelomu 19. a 20. století. Mezi významné výrobce parních vozidel patřily dvě firmy: Amédée Bollée z Le Mans, malá firma, která představila v roce 1873 robustní vůz o hmotnosti 4800 kg poháněný dvouválcovým parním strojem V2, který dosáhl rychlosti 40 km/h. Leon Serpollet byl zarytý zastánce parního pohonu silničních vozidel a držitel prvního řidičského průkazu, vydaného pařížským policejním prefektem. Výroba jeho vozidel začala v roce 1884 a skončila v roce 1907.

## 1.2

# Parní vozidla

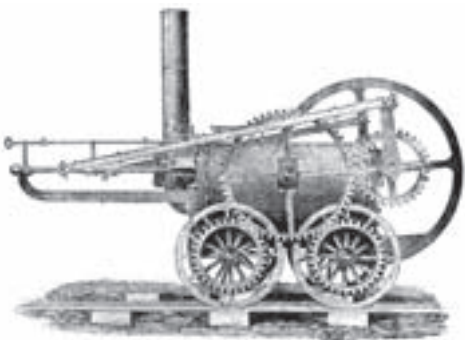
Za vynálezce vozidla je někdy považován vlámský jezuitský misionář Ferdinand Verbiest (1623–1688), který působil v Číně (viz kapitola 9). Zůstaneme-li v Evropě, je tomu ovšem jinak. Teprve Wattův samočinný parní stroj poskytl dalším vynálezům stroj vhodný k pohonu dopravních prostředků.



▲ Obr. 1.5 Parní vůz Serpollet

## ► Anglie

William Murdoch (1754–1839) sestrojil v roce 1781 model vozidla s kotlem na líh a v roce 1786 i lehký vozík. Použitelná parní vozidla s potřebnou zásobou vody a topiva byla velká a těžká, čemuž neodpovídala konstrukce vozovek. Řešením byla stavba zvláštních drah s potřebnou únosností a menšími odpory při valení kol, tím pádem i se značně menšími požadavky na výkon hnacího stroje. Tak se pára dostala na koleje. V roce 1801 Richard Trevithick, původně topič u Watta, zavedl u parního stroje tzv. obrácený klikový mechanismus, zkracující délku stroje a u vozidla výměnné převody, čímž dosáhl rychlosti 9 mil/h (14 km/h).



▲ Obr. 1.6 Lokomotiva Trevithick

Za otce lokomotivy a železnice je ale považován George Stephenson (1781–1848), který v roce 1814 sestrojil parní lokomotivu, jež utáhla 30 vozů s nákladem 90 tun rychlostí 19 km/h. Roku 1829 vyhrál se synem Robertem a lokomotivou nazvanou Rocket (Raketa) závod lokomotiv. Raketa jezdila průměrnou rychlostí 19,2 km/h a dosahovala maximální rychlosti 46 km/h. Stephenson prosazoval rozchod kolejnic 56 palců, tedy 1422 mm, který byl po zvětšení na 56,5 palce (1435 mm) v Anglii uzákoněn jako jednotný a je dodnes světově nejrozšířenější.

O usnadnění pohybu silničních vozidel se v roce 1820 postaral John Loudon McAdam (1756–1836), který navrhl konstrukci zpevněné vozovky, pro níž se používá výraz „makadam“ nebo „šotolina“. Únosnost je dána základem z velkých kamenů, na který je navržena vrstva šterku a hlinitého písku. Výhodou je propustnost vody do podloží. S typickým parním dostavíčkem té doby začal Goldsworthy Guerney a Charles Dance roku 1831 provozovat „omnibusovou“ dopravu na trati Gloucester-Cheltenham.



▲ Obr. 1.7 Stephensonova lokomotiva Rocket



▲ Obr. 1.8 Parní dostavíček Guerney



Vývoj parního stroje pro pohon silničního nebo železničního vozidla se v následujícím období velice zrychlil.

**1821** Kondenzátor páry (chladič) – spisovatel Julius Griffith.

**1825** Dvoustupňová převodovka – Henry Peto.

**1826** Trubkový parní kotel – Goldsworthy Guerney.

- 1832** Převodovka s diferencíalem – William Henry James.
- 1845** Pneumatika pro kočáry plněná vzduchem – R. W. Thompson (železniční inženýr).
- 1850** Začíná období převahy železnice nad omnibusey. V Anglii bylo rozhodujícím důvodem zavedení zákonů znevýhodňujících silniční dopravu. Podmínky pro silniční vozidla stanovily následující zákony: Locomotives Act I (1861) zaváděl povinné mýto, nejvyšší hmotnost vozu 11 000 kg, nejvyšší rychlost 26 km/h, v obci 8 km/h. Locomotives Act II (1865) snížil nejvyšší rychlost na 6,4 km/h (3,2 km/h v obci) a zavedl povinnost varování, tzv. „praporkový zákon“: před jedoucím vozem v obci musel jít muž s červeným praporkem.
- 1878** Uzákoněna možnost obcí zakázat provoz vozidel z důvodu bezpečnosti nebo poškozování silnic, což vedlo k tajným jízdám v noci nebo v mlze. V důsledku těchto opatření v Anglii se na čelo vývoje silniční dopravy zařadila Francie a společně s ní Německo.
- 1896** Zrušení nepopulárního „praporkového zákona“.



▲ Obr. 1.9 Božkův parní vůz z roku 1815

## ► Technický pokrok v Evropě

Vynález parního stroje představoval tak významný mezník vývoje společnosti, že jím začalo období technické revoluce, které s postupnou přeměnou feudálních manufaktur v kapitalistické podniky přešlo do období průmyslové revoluce. Feudální společenské vztahy (poddanství, nevolnictví) vzaly za své a privilegované místo šlechticů zaujali podnikatelé s kapitálem, kapitalisté. Z bývalých poddaných feudální šlechty se stala námezdní pracovní síla.

Velkou roli v tomto procesu sehrály technické inženýrské školy, které byly zakládány pro výuku strategických oborů vojenství. Např. tehdejší fortifikační umění je základem dnešního pozemního stavitelství, dopravních cest, včetně splavňování vodních toků. Za nejstarší takovou školu se považuje École Polytechnique v Paříži, na níž dodnes existuje prestižní vojenská škola.

Pražská technika je rovněž jednou z nejstarších institucí tohoto druhu. V roce 1705 předal Christian Josef Willenberg rakouskému císaři česky psanou žádost a roku 1707 nařídil Josef I. zástupcům českých stavů, aby zajistili podmínky pro výuku. Trvalo jim to deset let, výuka prvních žáků byla v Praze zahájena roku 1717.



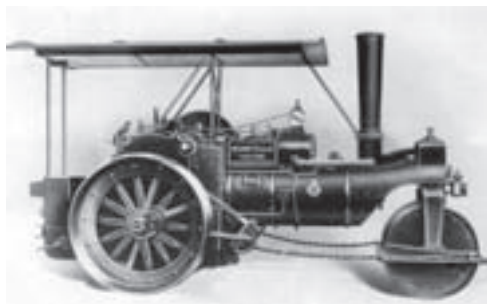
Rychlý vývoj se projevil ve všech oborech fyziky, chemie a techniky.

- 1815** 1. parní vůz ve střední Evropě sestrojil český mechanik Josef Božek (1782–1835).
- 1816** Řízení kol s otočnými čepy – německý vynálezce Rudolf Ackermann (1764–1834), kočárovna Längensperger v Mnichově založená roku 1810.
- 1859** Olověný akumulátor – Gaston Planté, francouzský chemik.
- 1866** Stejnoseměrné dynamo – Werner von Siemens (1816–1892), německý technik.
- 1867** Dynamit (střelný prach) – Alfred Nobel (1833–1896), švédský chemik.
- 1869** Periodická tabulka prvků – Dmitrij Ivanovič Mendělejev (1834–1907), ruský vědec.
- 1879** Žárovka – Thomas Alva Edison (1847–1931), americký vynálezce.
- 1888** Pneumatika pro velocipedy – John Boyd Dunlop (1840–1921), skotský zvěrolékař.
- 1896** Objev přirozené radioaktivity – Antoine Henry Becquerel (1852–1908), francouzský fyzik.



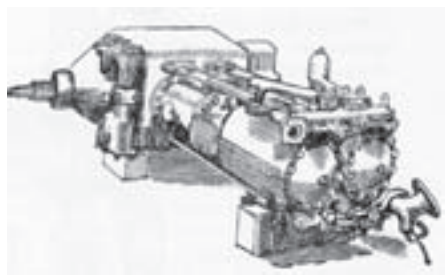
## ► Uplatnění parního stroje

V druhé polovině 19. století našel parní stroj pevné místo na železnici u lokomotiv, v lodní dopravě u „parníků“, jako pohon průmyslových zařízení a prosadil se i v zemědělské výrobě jako tzv. lokomobila. Lokomobila se nemůže pohybovat vlastní silou, ale je mobilní. Jako silniční vozidlo se nejdéle zachoval u parních válců, kde byla jeho velká hmotnost výhodou.



▲ Obr. 1.10 Parní válec Volvo

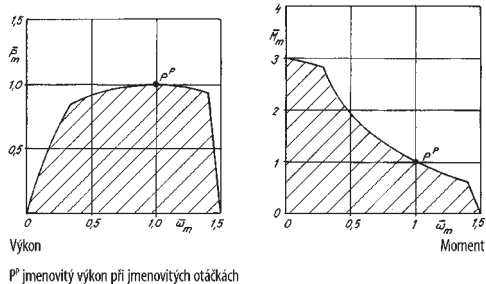
Největší počet výrobců parních strojů, lokomobilů i vozidel se nacházel ve Velké Británii. Známejší z nich jsou parní automobily Foden, Sentinel a další.



▲ Obr. 1.11 Parní vůz Sentinel a detail parního stroje

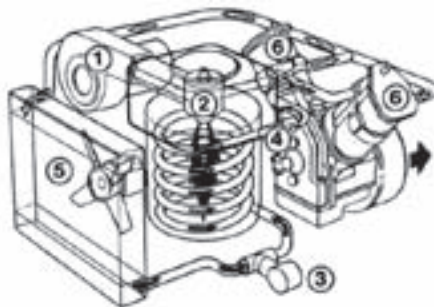
Přestože v automobilech se parní stroj udržel do první světové války, inženýři a technici mu stále věnovali pozornost (viz kapitola 4). Důvodem byla výhodná charakteristika s maximem točivého momentu při rozjezdu, tedy od nulových otáček.

Parní stroj se vyznačoval spolehlivostí, snadnou reverzací a schopností práce v různých režimech (otáčky a moment, resp. výkon), přičemž nepotřeboval spojku a převodovku. S kapalným nebo plyným palivem a zvláštní konstrukcí kotle se zkrátila i doba spouštění tak, že za několik minut po zapálení hořáku již mohlo být k dispozici množství páry potřebné pro rozjezd.



▲ Obr. 1.12 Bezrozměrná charakteristika parního stroje

Všechny další americké, japonské (Datsun), německé či ruské (NAMI) konstrukce ovšem zůstaly ve stádiu vývoje. Proti spalovacím motorům s účinností 35 až 45 % nabízí parní stroj nízkou účinnost, nejvýše 30 %. S kotlem, který má tepelnou účinnost asi 50 %, činí výsledná účinnost jen 5 až 15 %.



1 – dmychadlo, 2 – hořák, 3 – oběhové čerpadlo, 4 – vyvíječ páry, 5 – chladič, 6 – pracovní válec

▲ Obr. 1.13 Parní motor Nissan 1976



**Nicolas Joseph Cugnot**  
(1725–1804)

**Místo narození:** Void, Lotrinsko, Francie.

**Vzdělání:** Vojenská polytechnika, profesionální voják.

**1765** První pokusy vyvinout parní vůz pro přepravu děl pro francouzskou armádu. V následujících letech byl jeho projekt zastaven a dostal za svou práci důchod 600 liber ročně. Během Francouzské revoluce mu byl důchod zrušen a vynálezece žil v chudobě v Bruselu.

**1804** Císař Napoleon ho povolal zpět, téhož roku v Paříži zemřel.



**Léon Serpollet**  
(1858–1907)

**Místo narození:** Culoz u Lyonu, Francie

**Vzdělání:** Syn truhláře, všechny zkušenosti získal praktickou činností.

**1875** Postavil první parní tříkolku.

**1880** Sestrojil trubkový parní generátor pro druhou tříkolku s jednoválcovým strojem.

**1886** Léon a jeho bratr Henri založili s průmyslníkem Larssonneuem v Paříži roku 1886 společnost Société des Moteurs Serpollet Frères et Cie. Mimo parních tříkolek vyráběl a prodával Serpollet i parní motory pro kolejová vozidla a hnací stroje.

**1900** Spojil se s Američanem Frankem Gardnerem a vznikla tak firma Gardner-Serpollet.

**1902** Serpollet překonal roku 1902 rychlostní rekord Camila Jenatzyho z roku 1899 s parním vozem „Oeuf de Paques“ (Velikonoční vajíčko) v Nice, kdy dosáhl rychlosti 120,77 km/h.

**1907** Po Serpolletově smrti zastavila firma výrobu parních vozů.



**George Stephenson**  
(1781–1848)

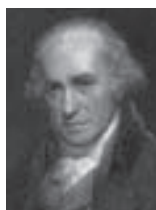
**Místo narození:** Wylam u Newcastleu, Anglie

**Vzdělání:** Strojařské zkušenosti získal bez technického vzdělání, číst a psát se učil ve večerní škole. Jako technik zlepšoval v dolech parní stroje a čerpadla a zřídil dvanácti-kilometrovou důlní dráhu.

**1814** Vyrobil lokomotivu Mylord, která do svahu utáhla náklad 30 tun.

**1823** Založil továrnu na lokomotivy a vyprojektoval železniční trať mezi Stocktonem a Darlingtonem.

**1825** Uvedl tuto trať do provozu se strojem Locomotion No. 1.



**James Watt**  
(1736–1819)

**Místo narození:** Greenock, Skotsko

**Vzdělání:** samouk

**1755** V obecné škole se projevil jeho zájem o matematiku, k čemuž se připojila i vysoká manuální zručnost. Byl poslán do Londýna, kde se vyučil na mechanika.

**1757** Získal místo mechanika na univerzitě v Glasgow. Vedle vědeckých zařízení pro univerzitu vyráběl měřítka, teleskopy a kompas.

**1759** Watt si našel obchodního partnera a jeho dílna vyráběla i hudební nástroje. Watt nebyl přímo vynálezcem parního stroje, ale provedl taková vylepšení, která umožnila jeho průmyslové využití.

**1785** Zvolen členem Královské společnosti.

**1819** Před smrtí James Watt odmítl povýšení do šlechtického stavu. Zemřel v Heathfieldu jako vážený občan. Do šlechtického stavu byl povýšen až posmrtně, pohřben byl ve Westminsterském opatství v Londýně.

# 2 Spalovací motor

Rozvoj manufaktur jako nové podoby dosud převažující řemeslné výroby začal v 17. století ve Francii a Anglii a v 18. století se rozšířil do zbytku Evropy. Docházelo vedle toho i k proměnám uspořádání společnosti, kdy rostl počet i význam příslušníků tzv. „třetího stavu“, obvykle obyvatel měst, kteří se věnovali obchodu, podnikání, případně působili v úřednickém aparátu státu a nepatřili ani mezi šlechtu, která byla držitelem půdy, ani mezi duchovenstvo. Tento „třetí stav“ postupně přebíral iniciativu nejprve v hospodářské, později pak i v politické sféře. Růst jeho významu úzce souvisí i s nezadržitelným rozvojem techniky.

Zásadní objevy a vynálezy jako například parní stroj, základy chemie a další stály na počátku průmyslové revoluce 19. století. Kolébkou parního stroje byla Anglie, které patřilo i prvenství ve vývoji železniční dopravy. Preferování železnice mělo za následek pomalý rozvoj silniční dopravy. Vedoucí roli mohla převzít Francie, ale neurovnané politické poměry země v 19. století (několikeré změny formy vlády mezi císařstvím a republikou) představovaly vážnou překážku rozvoje.

Na světovou scénu vstoupil v této době další hráč, postupně se formující Německo. Hlavní roli v sjednocování historicky rozdrobených německých území sehrálo Prusko a především kancléř Otto von Bismarck, který rovněž stojí v pozadí vstupu německého císařství (Vilém I., 1871) mezi evropské velmoci. Sedmdesátá léta 19. století sice přinesla vážnou hospodářskou krizi, ale po jejím odeznění opět nastalo pro rozvoj techniky a průmyslu příznivější období.

## 2.1

### Pístový spalovací motor

Parní stroj je principem své činnosti dvoudobý a dvojitý, přičemž přeměna energie tepelné na mechanickou (tlak) probíhá mimo pracovní prostor stroje. Ve válci, tedy v pracovním prostoru probíhá jen expanze a výfuk. Spalovací motor, který konstrukčně z parního stroje vycházel, měl mít účinnost vyšší. Základním problémem bylo nalezení vhodného nosiče tepelné energie, paliva. Druhým problémem bylo, jak upravit pracovní oběh tepelného stroje, u něhož spalování probíhá v pracovním prostoru, tedy ve válci. Proto byly první pokusy jen laboratorní a využitelné jako atrakce a hračky, sloužící k obveselení a kratochvíli. Do historie vývoje pístového spalovacího motoru se zapsali francouzští učenci a němečtí technici.

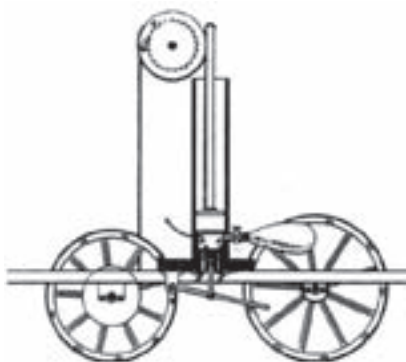
#### ► Palivo

Mýšlenkou stroje spalujícího střelný prach se zabýval francouzský kněz a fyzik Jean Hautefeuille (1647–1724) v roce 1678, který řešil spalovací motor jako ohňový atmosférický stroj. O dva roky později navrhl podobný stroj nizozemský fyzik Christian Huyghens (1629–1695). Jejich úvahy sice možnost spalování ve válci potvrdily, ale výsledky nebyly prakticky využitelné. Bylo zřejmé, že střelný prach není to správné palivo. Způsob uvolnění energie obsažené ve střelném prachu výbuchem (explozí) vedl ale k označování těchto strojů názvem „výbušný motor“.

Pokusy se svítiplynem byly nadějnější. Roku 1791 získal John Barber britský patent na plynovou spalovací turbínu a roku 1792 William Murdock, známý pokusy s parním vozem, vynalezl plynové osvětlení. Roku 1799 získal Philippe Lebon (Le Bon) (1767–1804) francouzský patent na dvoudobý motor s elektrickým zapalováním, spalující svítiplyn vyráběný suchou destilací dřeva.

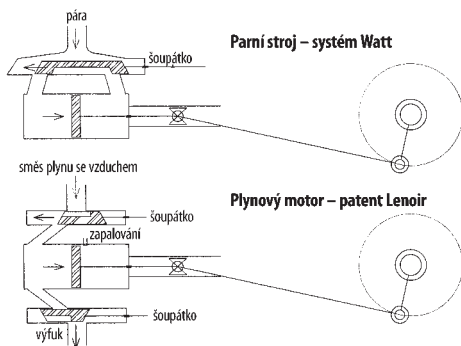
Do historie se nejvíce zapsal v roce 1807 Švýcar Isaac de Rivaz, který si dal patentovat plynový motor na svítiplyn nebo vodík. Základem konstrukce se svislým válcem byla dělová hlaveň s pístem o průměru 365 mm a zdvihem 1520 mm. Směs pro

jeden cyklus byla složena z plynu (2 l) a vzduchu (10 l), pro plnění byla využita 1/10 zdvihu. Motor pracoval na atmosférickém principu: tedy částečné naplnění válce směsí plynu a vzduchu, elektrický zážeh, vymrštění pístu do horní krajní polohy a odpuštění spalín. Pracovní pohyb byl shora dolů. Vynálezce prováděl pokusy s vozidlem bez řízení, bez brzd a s malou zásobou plynu. Ovládání cyklu bylo ruční, měl ho na starosti strojník, který šel vedle stroje. Maximální frekvence opakování děje byla 12 cyklů/min. Vozidlo (či spíše model) se pohybovalo poskoky vpřed.



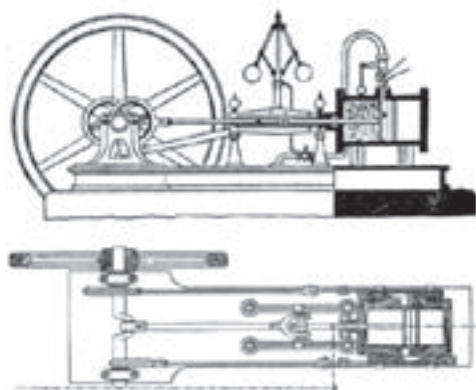
▲ Obr. 2.1 Vozík s výbušným motorem Issaca de Rivaz

Roku 1824 upravil Angličan Samuel Brown Newcomenův parní stroj na plynový motor a údajně ho vyzkoušel ve vozidle v Londýně. Dalšími, kdo se pokoušeli sestavit spalovací motor, byli Angličan William Barnett v roce 1838 a Ital Eugene Barsanti v roce 1854. Francouzský fyzik Degrand v roce 1858 formuloval princip dvoudobého a čtyřdobého motoru. Jen o rok později si francouzský technik původem z Belgie, Jean Joseph Etienne Lenoir (1822–1900) nechal patentovat dvojitý, dvoudobý motor na plyn získaný destilací uhlí nebo na vodík, později i na kapalná paliva ve směsi se vzduchem.



▲ Obr. 2.2 Srovnání Wattova parního stroje a Lenoirova motoru

První Lenoirův motor byl ještě podobný parnímu stroji s úplným klikovým mechanismem.



▲ Obr. 2.3 Lenoirův plynový motor

Plynových motorů vyrobil Lenoir více než čtyři sta. Plány motoru prodal Němci Nikolausovi Ottovi, který jeho dvoudobý motor vylepšoval a jím inspirovaný vyrobil i první čtyřdobý motor.

Skupinu francouzských otců spalovacího motoru v roce 1861 uzavřel Alphons Beau de Rochas (1815–1893), který přesně definoval princip čtyřdobého motoru a získal na něj v roce 1862 francouzský patent. Bylo zřejmé, že je nutné vyřešit výměnu obsahu válce a zjednodušit úplný klikový mechanismus. U mechanismu existovaly dvě možnosti: buď zkrácený klikový mechanismus, nebo hřebenový mechanismus. U zkráceného mechanismu odpadá pístnice a křížák, jehož roli přebírá píst. Zkrácený klikový mechanismus ale není vhodný pro dvojitě provedení motoru. Výměnu obsahu válce bylo možné řešit dvojitým způsobem. Prvním bylo využití části expanzního a části výfukového zdvihu, což je princip dvoudobého motoru se všemi nedostatky, a druhým přidání dalších dvou zdvihů, tedy sání a komprese, což je princip motoru čtyřdobého. Obzvláště důležité bylo, když si konstruktéři spočítali, že komprese (stlačení) směsi přináší významné zlepšení tepelné účinnosti motoru, tedy lepší využití energie přivedené v palivu.

Nejdůležitějším mezníkem vývoje se stalo použití kapalného paliva, které má ze všech paliv největší objemovou hustotu (koncentraci) energie. V případě vozidla je důležité, jak velkou zásobu paliva si vozidlo může vézt s sebou. V roce 1825 britský fyzik a chemik Michael Faraday (1791–1867) definoval proces destilace ropy a její frakce, tedy benzin, petrolej, nafta, těžký olej a asfaltové zbytky. Dále se však věnoval studiu elektromagnetizmu.

Praktickou destilaci provedl v polském Lvově lékárník Ignacy Łukasiewicz (1822–1882), který sestrojil petrolejovou lampu. Další pokusy otevřely možnosti využití jednotlivých frakcí. Dlouho byl nejvíce ceněnou frakcí petrolej na svícení, benzín se zdál být neužitečným odpadem. Zařízení na přeměnu kapalného paliva na plyn (páru) se začalo říkat „zplynovač“, německy *Vergasser*. Francouzský výraz *carbureteur* ale lépe vystihuje jeho podstatu, protože nejde o vytvoření plynu, ale o rozprašování a odpařování paliva.

Objem válce:

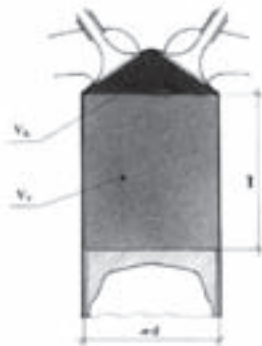
$$V_v = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot l}{4}$$

$V_v$  objem válce  
 $d$  vrtání válce  
 $l$  zdvih

Stupeň komprese:

$$\varepsilon = \frac{(V_v + V_k)}{V_v}$$

$V_v$  objem válce  
 $V_k$  objem kompresního prostoru



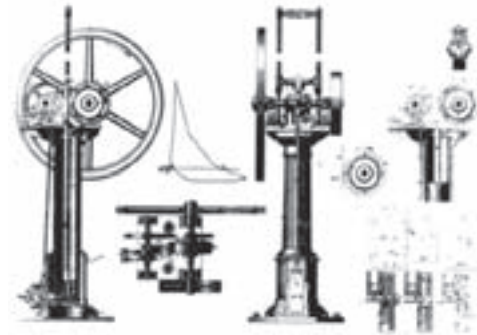
▲ Obr. 2.4 Spalovací motor – komprese

## ► Vývoj spalovacího motoru v Německu

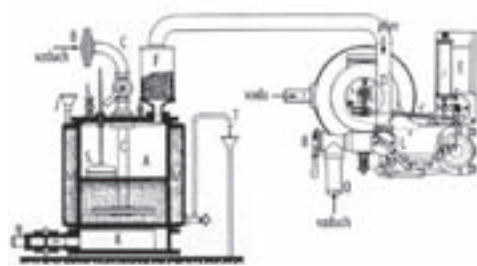
Obchodník z Kolína nad Rýnem Nikolaus August Otto (1832–1891) získal se společníkem Eduardem Langenem patent na plynový motor v letech 1864–1866. V roce 1867 představil výbušný atmosférický motor systému Otto-Langen, který představoval zdokonalený motor Lenoirův. Dvoudobý pracovní cyklus motoru byl primitivní. Po zapálení směsi se píst ve válci a celý klikový mechanismus pohyboval tlakem plynu a setrvačností tak, že ve válci nastal podtlak, využitý pro další nasátí směsi. Motor pracoval bez komprese a jeho otáčky byly jen 60 min<sup>-1</sup>. Vývoj motoru pro praktické použití trval deset let. V roce 1876 Otto upravil pracovní cyklus na čtyřdobý a představil prakticky využitelný ležatý motor na svítíplyn.

Motor byl stabilní a měl nahradit parní stroj, používaný k pohonu strojních zařízení. Prezentace firmy Otto-Langen (Köln-Deutz) na světové výstavě v Paříži roku 1878 znamenala definitivní nástup spalovacího motoru a vítězství nad parním strojem. První spalovací motor na kapalné palivo byl stabilní jednoválcový čtyřdobý motor Otto-Langen, kde zařízení na přípravu směsi

benzínových par se vzduchem (karburátor) bylo větší než motor a odpařování bylo podporováno ohřevem od výfukových plynů.



▲ Obr. 2.5 Plynový motor Nikolause Otta



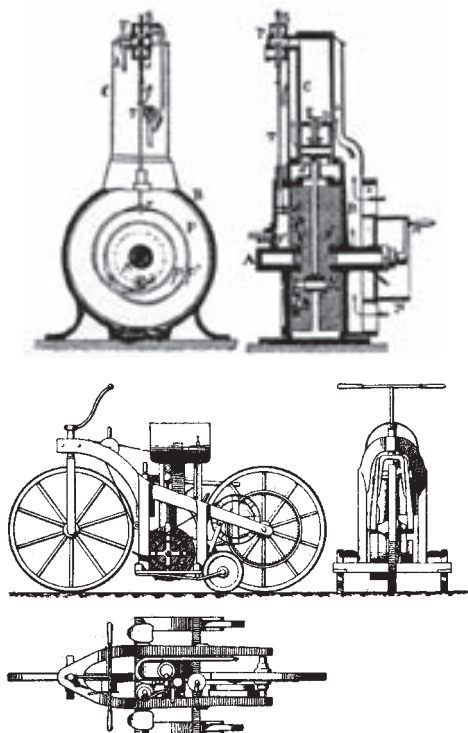
A – nádrž s benzinem, B – síto, čistič vzduchu, C – vzduchové potrubí, D – sací potrubí směsi, E – zapalování, F – odlučovač kapaliny, J – nálevka vody, K – topidlo, L – kohout, M – vodní plášť, N – výfukové plyny, O – regulační ventil, S – plovák, T – přepad vody

▲ Obr. 2.6 Benzínový motor Nikolause Otta z roku 1885

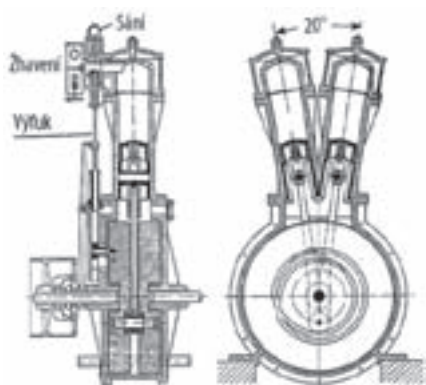
V roce 1884 Otto zdokonalil elektrické zapalování, zavedl nízkonapětové magneto a použil odpařovací karburátor. V německé terminologii se pro zážehový motor dodnes používá výraz „Otto-motor“ a pro vznětový „Diesel-motor“ (1897). U firmy Otto-Langen začínali jako zaměstnanci i technici, považovaní za tvůrce automobilu. Tím prvním byl Carl Benz (1844–1929) z Mannheimu, který roku 1880 spustil dvoudobý motor s rozvodem kanály a elektrickým zapalováním s dynamem. Tím druhým byl Gottlieb Daimler (1834–1900) z Schorndorfu, který v roce 1883 získal patent na rychloběžný spalovací motor na kapalné palivo, odpařované v karburátoru se svislým válcem a uzavřenou klikovou skříní. Daimler, který měl za sebou praxi v Anglii a deset let u firmy Otto-Langen, kde byl spolupracovníkem Wilhelma Maybacha (1846–1929), byl rozený konstruktér. Roku 1885 zabudoval motor, kterému říkal „stojačí hodiny“, do dvoukolky (motocyklu) s dřevěným rámem a opěrnými kolečky.



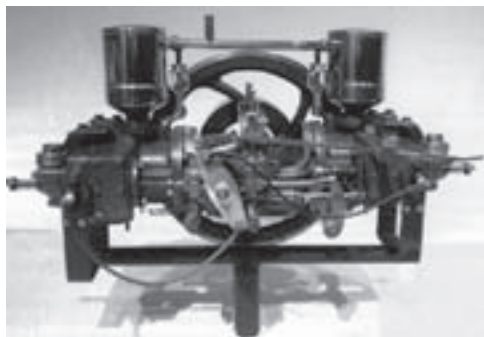
S Maybachem použili tento motor do drezíny, člunu i vzducholodi, ale především do kočáru. Roku 1886 se tak definitivně zrodil automobil a byly položeny základy společnosti Daimler. Nejjednodušší možností zvýšení výkonu bylo použití více válců. V roce 1889 Daimler postavil dvouválcový motor s válci do V a Benz plochý motor s protilehlými válci (boxer), který nazval „kontramotor“.



▲ Obr. 2.7 Motor Gottlieba Daimlera z roku 1886 a motocykl

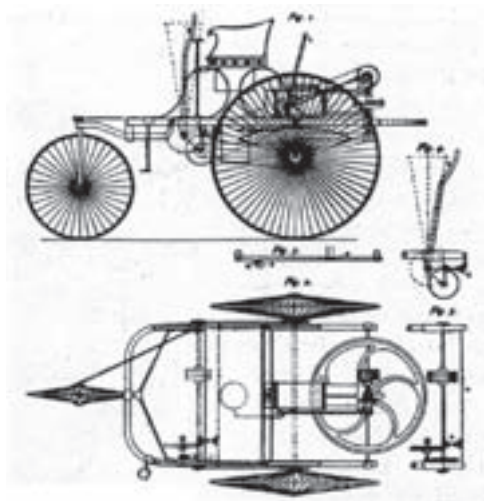


▲ Obr. 2.8 Motor Daimler V2



▲ Obr. 2.9 Kontramotor Benz

Maybach také nezahálel a v roce 1890 sestrojil a v roce 1893 získal patent na rozprašovací karburátor, který nahradil původní karburátor odpařovací. Podobný karburátor si nechal patentovat v témže roce Maďar Donát Bánki v Rakousku-Uhersku. Je zřejmé, že konstrukce Benze a Daimlera nezůstaly jen na papíře. V roce 1886 získal Benz patent (DRP No. 37435) na vozidlo s plynovým motorem. Zrození novodobého automobilového spalovacího motoru v Německu završil v roce 1890 Wilhelm Maybach se čtyřdobým čtyřválcovým motorem 5 PS/620 min<sup>-1</sup>, s hmotností 153 kg. Směr vývoje spalovacího motoru pro pohon vozidla byl určen a nabral patřičnou dynamiku.



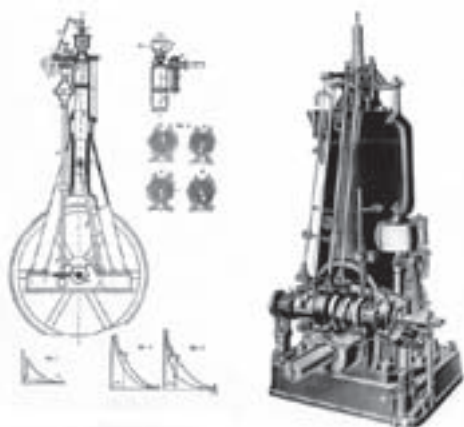
▲ Obr. 2.10 Vůz Benz podle nákresu v patentové dokumentaci

Méně známé jsou motory jiných vynálezců. Pro konzervativní Angličany je konstruktérem prvního úspěšného dvoudobého motoru sir Douglas Clerk. Jen se neví, zda v roce 1876 motor skutečně postavil. Francouz Edouard Delama-

re-Debouteville v roce 1883 sestrojil čtyřdobý jednoválcový motor a vestavěl ho do selské bryčky. Tento automobil nevydržel první jízdu, motor byl těžký a bryčka se rozpadla.

## ► Vznětový motor

Za otce vznětového motoru je považován Němec Rudolf Diesel, který se zabýval na univerzitě v Paříži jako asistent profesora Lindeho praktickou termodynamikou. Pracovní oběh vznětového motoru se blíží teoretickému oběhu ideálního tepelného stroje (tzv. Carnotův cyklus), který dosahuje nejvyšší účinnosti přeměny tepelné energie paliva na mechanickou práci. Principem odlišujícím vznětový motor od zážehového je vznícení paliva kompresním teplem, bez zapalovací soustavy. Po pokusech s uhelným prachem postavil Diesel v továrně Maschinenfabrik v Augsburgu (později MAN) vznětový motor spalující petrolej.



▲ Obr. 2.11 Vznětový motor Deutz Diesel

Hlavní myšlenka byla naplněna, ale nastalo období hledání konstrukce vstříkovacího zařízení. Aby palivo mohlo být dopraveno do spalovacího prostoru, musí být vstříkovací tlak vyšší, než je spalovací tlak po vznícení. Problémem bylo i dávkování množství vstříkovaného paliva. Výkon vznětového motoru je regulován bez škrcení v sání, a proto musí být dávka paliva měnitelná, od nejmenší pro běh naprázdno až po největší pro plný výkon motoru. Technologická úroveň výroby nestačila na nároky vysokotlakového vstříkování a řešení s využitím stlačeného vzduchu pro vefukování paliva mělo mnoho nedostatků. Diesel si ověřil, že dosažení Carnotova cyklu není možné a že motor nelze provozovat bez chlazení. Přihlásil patent na tepelný stroj spalující kapalné či jiné palivo při konstantním tlaku a roku 1897 se rozběhl tzv. „Dieselův“ motor s výkonem 13,1 kW (17,8 k) při otáčkách 150 min<sup>-1</sup>

a s měrnou spotřebou 238 g/k.h, což představovalo v té době neuvěřitelnou účinnost 26,2 %. Vznětový motor mohl nahradit parní stroj, používaný k pohonu strojů a zařízení v budovách a k pohonu lodí a lokomotiv. Na světové výstavě v Paříži (1900) byl motor oceněn Velkou cenou.

Na základě tohoto úspěchu uzavřely s Dieselem smlouvu kodaňské loděnice a roku 1911 vyplula loď *Seelandia* se dvěma osmiválcovými motory „Diesel“, které sloužily do roku 1942. Roku 1912 vyplula další dánská loď se sedmi vznětovými motory o celkovém výkonu 2000 k, roku 1913 pak vyrobila švýcarská strojírna Sulzer motor V4 o výkonu 1000 k pro lokomotivu Borsig, která dosáhla rychlosti 100 km/h. Dalším průkopníkem vznětového motoru byl Prosper l'Orange, který získal patent na komůrkový motor (viz podkapitulu 3.1). Dvacet let trvalo, než bylo k dispozici vhodné vstříkovací zařízení, umožňující použití vznětového motoru i v automobilu.

## 2.2

# Spalovací motor ve vozidle

Přestože pístový spalovací motor byl již od sedmdesátých let 19. století využíván k pohonu stabilních zařízení, ještě deset let trvalo, než mohl být použit u vozidel. O prvenství při zkonstruování automobilu, tedy vozidla se spalovacím motorem, se vedou spory – podle toho, zda je rozhodujícím okamžikem datum podání patentu, přiznání patentu, první i neúspěšné jízdy nebo jízdy úspěšné, či zda si slávu zaslouží jen ti, kterým se podařilo zachovat výrobní kontinuitu. Pro Francouze je tak prvním automobilem vůz Lenoirův (1863), pro Němce Benzův a Daimlerův (1886) a pro Rakušany Marcusův (1875). Přestože se pístovým nebo turbínovým spalovacím motorem a jeho použitím ve vozidle zabývali i Američané George Brayton (1830–1892) a jiní (Anders, Errani), byl to Étienne Lenoir, kdo roku 1862 postavil tříkolové vozidlo s plynovým motorem s bateriovým zapalováním. První jízda vozidla „Hippomobil“ s rychlostí 18 km/h při otáčkách motoru 100 min<sup>-1</sup> se uskutečnila o rok později. Vůz měl zásobu stlačeného plynu v nádrži.

Podle některých pramenů motor spaloval vodík, vyráběný elektrolýzou vody, podle jiných metan (*paraffin gas*), získávaný destilací ropy. O tři roky později vykonal vůz za tři hodiny jízdu na trase Paříž-Joinville-Le Pont a zpět (18 km).

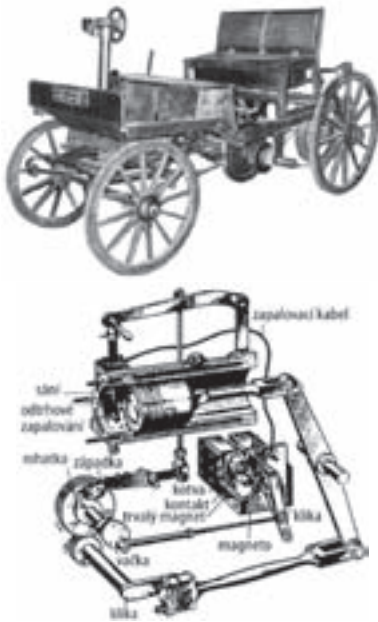


▲ Obr. 2.12 Vůz Lenoir s plynovým motorem



▲ Obr. 2.14 Kočár s motorem Daimler

Sigfried Marcus postavil roku 1864 jednoválcový dvoudobý motor se svislým válcem 1 PS a v roce 1865 ho vyzkoušel ve vozíku bez řízení. V roce 1875 (1877) postavil vůz (viz podkapitolu 5.1) s jednoválcovým čtyřdobým spalovacím benzínovým motorem 1570 cm<sup>3</sup> (Ø 110 × 260 mm) 1,4 PS při otáčkách 300 min<sup>-1</sup> s odpařovacím karburátorem a magnetovým zapalováním. Na motoru je zajímavý přenos výkonu od pístu na kliku hřídele vahadlovým mechanismem.



▲ Obr. 2.13 Vůz Marcus s benzínovým motorem a detail motoru

Z porovnání hlavních parametrů je zřejmé, že Benz pojal konstrukci vozidla jako celek, zatímco Daimler jen zkoušel motor v kočáru, který koupil od stuttgartské firmy Wilhelm Wimpff & Sohn. Zástavbu motoru provedla strojírna Esslingen.

<b>Konstruktér:</b>	Benz	Daimler
<b>Koncepce:</b>	tříkolka 1 + 2	kočárový typ 2 + 2
<b>Rám podvozku:</b>	ocelové trubky	obdélníkový, dřevo
<b>Motor – válec:</b>	ležatý	svislý
– objem:	954 cm <sup>3</sup>	460 cm <sup>3</sup>
– výkon:	2 PS	4 PS
– otáčky:	200 min <sup>-1</sup>	900 min <sup>-1</sup>
<b>Zapalování:</b>	elektrické, odtrhové	žárovou trubicí
<b>Chlazení:</b>	vodou	vzduchem
<b>Převody:</b>	třecí spojka a dvoustupňová převodovka	
<b>Rychlost:</b>	16 km/h	18 km/h

▲ Tabulka 2.1: Parametry dochovaných vozidel Benz a Daimler z roku 1886

## 2.3

# Rozvod motoru

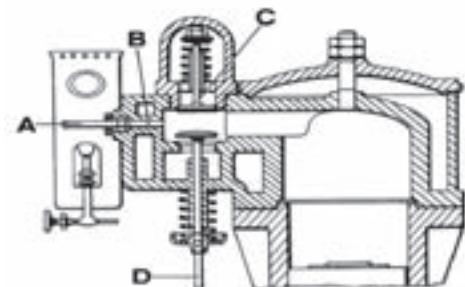
Všeobecně se ale prvenství přisuzuje dvojici německých techniků. V roce 1886 Carl Benz a Gottlieb Daimler předvedli svá vícestopá vozidla se spalovacím motorem, automobily. Benzovo vozidlo byla ale tříkolka a Daimlerovo kočár s vestavěným motorem.

K činnosti pístového spalovacího motoru s vnitřním spalováním je nutná výměna obsahu válce, tedy plnění směsí paliva se vzduchem a odstranění spalin. Toto zařízení, tzv. rozvod, se liší podle principu motoru. U motorů

čtyřdobých se používají ventily nebo jiné mechanismy. U motorů dvoudobých se používají ventilové nebo šoupátkové mechanismy, jejichž funkci, tedy otvírání a zavírání kanálů, může převzít píst. Pokud je píst šoupátkem, nelze nezávisle měnit otvírání a zavírání kanálu a kanálový rozvod je tzv. symetrický.

## ► Čtyřdobý motor

Původní provedení motorů Otto, Marcus a dalších bylo se samočinným sacím ventilem, otevíraným podtlakem při sání a zavíráním pružinou, výfukový ventil měl nucené otevírání i zavírání vačkou.

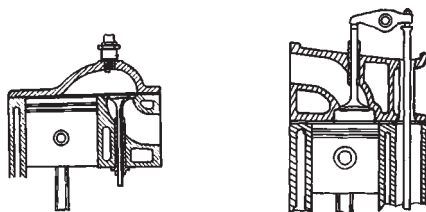


Spalovací prostor historického motoru Daimler s řízeným výfukovým a samočinným sacím ventilem. A – žhavicí trubka, B – průšleňový kanálek, C – samočinný ventil, D – řízený ventil

▲ Obr. 2.15 Rozvod motoru Daimler

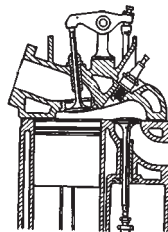
Další vývoj dospěl k nucenému otevírání obou ventilů vačkami a zavírání pružinami. Podle umístění ventilů a vačkové hřídele se rozlišují různé typy rozvodů, přičemž motory s ventily v bloku válců jsou „spodové“ a s ventily v hlavě válců „vrchové“:

- SV, Side Valves (boční ventily) – vačková hřídel je v bloku válců u hřídele klikové a vačky se zdvihátky přímo ovládají ventily, které jsou rovněž v bloku vedle válců. Hlava válců je jednoduchá, ale spalovací prostor musí pokrývat nejen oblast válce, ale i ventilů.
- OHV, Over Head Valves (ventily v hlavě) – vačková hřídel je v bloku a ventily jsou v hlavě nad prostorem válce. Jejich ovládání od vaček prostřednictvím zdvihátek, tyček, vahadel a pružin je složitější. Kompaktní spalovací prostor umožňuje dosažení vysokého kompresního poměru.
- OHC, Over Head Camshaft (vačková hřídel v hlavě) – vačková hřídel je u ventilů v hlavě válců a vačky ovládají ventily přímo nebo vahadly. Při použití dvou vačkových hřídelí se rozvod označuje 2× OHC, DOHC (Double OHC), případně TC (Twin Cam).
- F, tzv. F-hlava – zvláštní případ, kde jeden z ventilů je v bloku (SV) a druhý v hlavě (OHV) a vačková hřídel je v bloku válců.

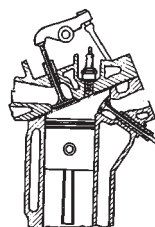


SV

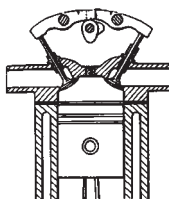
OHV



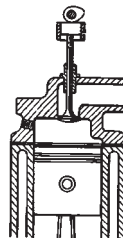
F



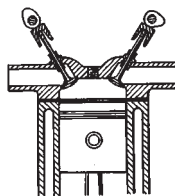
F



OHC



OHC



DOHC

▲ Obr. 2.16 Rozvody čtyřdobých motorů

## ► Dvoudobý motor

U dvoudobých motorů je rozhodující způsob dopravy směsi do válce. Pokud je použito externí dmychadlo, existuje mnoho více či méně složitých mechanismů rozvodu. Obliba dvoudobého motoru spočívá v jeho jednoduchosti, pokud je jako plnicí dmychadlo použita utěsněná kliková skříň motoru, tedy prostor pod pístem. Při kompresním zdvihu motor nasává do klikové skříně a při expanzním zdvihu se nasává směs přepouští kanálem do pracovního prostoru, přičemž se vytlačují