



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

TECHNIKA ZÁVODNÍCH VOZŮ V OBDOBÍ SVĚTOVÝCH VÁLEK

RACING CAR TECHNOLOGY IN THE PERIOD OF WORLD WARS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MARTIN DUCHEČEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. ONDŘEJ ČAVOJ

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Martin Ducheček

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Technika závodních vozů v období světových válek

v anglickém jazyce:

Racing car technology in the period of World Wars

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Popis nejvýznamnějších technických inovací, ke kterým došlo u závodních automobilů z 20. až 40. let 20. století.

Cíle bakalářské práce:

1. Přehled důležitých inovací závodních vozů daného období.
2. Popis vybraných inovací a jejich vliv na vývoj osobních automobilů.

Seznam odborné literatury:

[1] PAUER, V. Vývoj konstrukce závodních vozů: vše podstatné z historie techniky formulových vozů. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3015-8.

[2] THE GOLDEN ERA OF GRAND PRIX RACING [online]. Dostupné z: <http://www.kolumbus.fi/leif.snellman/main.htm>

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Ondřej Čavoj

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/2013.

V Brně, dne 1.11.2012

L.S.

prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty



ABSTRAKT

Tato bakalářská práce popisuje vývoj a techniku historických závodních vozů převážně meziválečného období a jejich vliv na osobní automobily. Stručně jsou nastíněny pravidla a podmínky závodů, historicky první významný závod a počátky Grand Prix. Cílem práce je přiblížit významný technický pokrok a inovace této doby, které ovlivnily konstrukce vozů na dlouhá desetiletí, přičemž se řada z nich využívá dodnes.

KLÍČOVÁ SLOVA

první závodní vozy, Velká cena, kompresor Roots, kompresor Zoller, meziválečné vozy, počátky závodění

ABSTRACT

This bachelor thesis describes developement and historical racing vehicles especially in interwar period and looks into their influence to cars. In the next section, rules and conditions of competition, the first important race and start of Grand Prix, are briefly explained. A purpose of this thesis is to introduce important technology progress and inovations of this period, which have influenced a construction of cars for long decades, many of them are used to this day.

KEYWORDS

the first racing cars, Grand Prix, supercharger Roots, supercharger Zoller, interwar cars, the beginnings of racing





BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

DUCHEČEK, M. *Technika závodních vozů v období světových válek*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 36 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Ondřej Čavoj.





ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Ondřeje Čavoje a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 20. května 2013

.....

Martin Ducheček





PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu této bakalářské práce Ing. Ondřeji Čavojovi za odborné konzultace a cenné rady. Chtěl bych zde také zmínit nesmírnou trpělivost a podporu ze strany mé rodiny a přítelkyně, tímto jim také děkuji.





OBSAH

Úvod	15
1 Počátky závodění.....	17
1.1 První významný závod.....	17
1.2 Závody Grand Prix.....	18
2 Podmínky pro závodění v meziválečném období.....	19
2.1 Pravidla pro závodní vozy	20
2.2 Negativní dopad hospodářské krize	20
2.3 Převaha německých automobilů	21
3 Technika vozidel.....	23
3.1 Typy ventilových rozvodů	23
3.1.1 SV (side valve)	24
3.1.2 OHV (over head valve).....	25
3.1.3 OHC (over head camshaft).....	26
3.2 První závodní motory.....	27
3.3 Motory v meziválečném období	28
3.3.1 Torzní kmity	29
3.4 Kompresory	30
3.4.1 Typ Roots	31
3.4.2 Typ Zoller.....	32
3.5 Tuhá náprava.....	32
Závěr.....	33
Použité informační zdroje.....	35





ÚVOD

V této bakalářské práci jsou zachyceny počátky závodění automobilů a jejich vývoj zejména v meziválečném období. Technický pokrok, který nastal v prvních desetiletích automobilových závodů, byl ohromující a znamenal velký skok ve vývoji. Mnoho konstrukčních řešení se využívá dodnes. Je pozoruhodné, že již na samém počátku 20. století byly známy veškeré typy ventilových rozvodů, nezávislé zavěšení předních kol, valivá ložiska, elektrické zapalování o vysokém napětí, trubkový rám, motor s protiběžnými písty s přímým vstřikováním a další konstrukční prvky. K realizaci všech těchto pokrokových řešení však chyběla technologická vyspělost této doby. Přestože první historicky významný závod automobilů vyhrál roku 1894 parní vůz de Dion-Bouton, který byl však pro nedodržení pravidel diskvalifikován, tak již o dva roky později nedokončil závodní podnik žádný stroj s parním pohonem. Bylo tedy více než zřejmé, že budoucnost závodění patří pouze spalovacím motorům. Nejúspěšnější byly zpočátku francouzské a německé vozy. Až po několika letech se do popředí dostávaly také italské, anglické a americké stroje. Od počátku závodění přežilo do dnešních dnů několik značek, které se stali velkými koncerny (Mercedes Benz, Peugeot, Fiat, Alfa Romeo a další). Zájem o závody byl mezi lidmi ohromný, což potvrzovala hojná účast diváků na závodních podnicích. Závodní týmy nikterak neutajovali popisy svých konstrukcí, a tak se mohl každý nadšenec pro automobilový sport dočíst v motoristickém časopise o detailních technických řešeních závodních speciálů. Pro účast v prvních závodech stačilo být nadšencem pro automobilový sport a disponovat dostatečnými finančními prostředky pro stavbu vozu. Nebylo neobvyklé, že majetný jedinec závodil s vozem, který si sám zkonstruoval. Posléze bylo k úspěchu zapotřebí závodního týmu, který auto vyvíjel a zkušeného řidiče. Vliv na automobilový závodní sport v meziválečném období mělo několik zásadních politicko-ekonomických událostí. Konec první světové války dal automobilovému sportu moderní letadlové motory osazené kompresory. Velká hospodářská krize na přelomu 20. a 30. let 20. století znamenala útlum ve vývoji vozidel. Následný nástup fašistické strany v čele s Adolfem Hitlerem v Německu zapříčinil převahu německých vozidel až do počátku druhé světové války, kdy se v Evropě zastavilo automobilové závodění na řadu let.



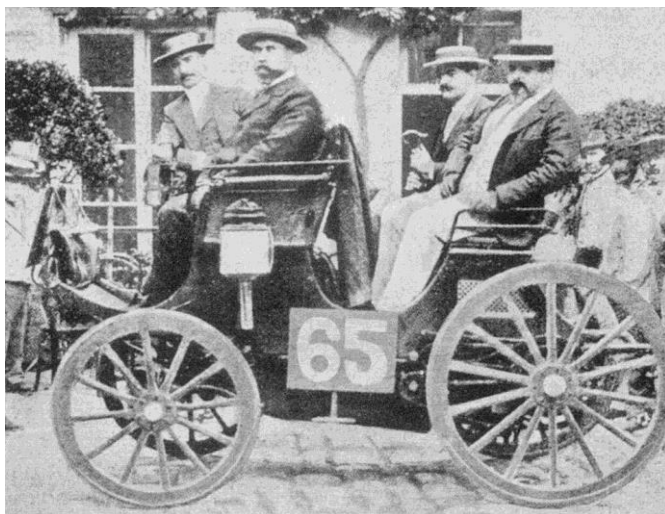


1 POČÁTKY ZÁVODĚNÍ

První závody automobilů se konaly za velice omezených organizačních a téměř žádných bezpečnostních podmínek. Pravidla závodů zpočátku nekladla závodním týmům ani pořadatelům složitá nařízení pro účast vozů v podniku či charakter závodních tratí. Avšak postupem času docházelo k jejich hlubšímu propracování a častým úpravám, jež se týkaly především výkonů, zdvihových objemů a rozměrů vozů. Diváci stojící přímo u silnice riskovali vlastní životy, často docházelo k vážným nehodám, když se těžký a obtížně ovladatelný automobil vymkl kontrole řidiče. Výjimkou nebyly ani desítky smrtelných střetů s přihlížejícími v jednom závodě. Z dlouhých závodů po silnicích mezi městy se přešlo na speciálně vybudované a bezpečnější závodní okruhy. Až do první světové války se kladl důraz především na výkon motoru. Podvozek, jako základní součást automobilu, po dlouhá léta zaostával za dosahovanými rychlostmi strojů. Těžká a výkonná závodní monstra se velice obtížně ovládala, jejich řízení vyžadovalo nemalé nároky na řidiče. [1]

1.1 PRVNÍ VÝZNAMNÝ ZÁVOD

První velký závod automobilů, tedy vozidel nevyužívajících k pohonu zvířecích sil, se konal 2. července roku 1894 ve Francii. V této době byl motorismus na samém počátku, avšak soutěživost, snaha vytvářet rekordy a překonávat je, stála za vznikem závodních podniků. Trať mezi městy Paříž a Rouen, dlouhá 126 km, vedla po nijak neupravených městských cestách. Podmínkou pro účast vozu v závodě bylo dosažení minimální rychlosti 15 km/h. Zapsáno k závodu bylo více než 100 vozů, pro technickou nezpůsobilost však velká část z nich nemohla startovat. Po splnění technických kritérií se účastnilo pouze 21 ze všech přihlášených vozů využívajících různé pohony, z nichž 15 závod dokončilo. Vítězný vůz, s průměrnou rychlostí 20,5 km/h a druhý vůz v pořadí, oba se spalovacími motory Daimler, patřily značce Peugeot. Výkon vítězného Peugeotu byl 2,25 kW. Jako třetí skončil vůz značky Panhard-Levasor také s německým motorem Daimler. S dalšími podniky se průměrné rychlosti, především díky výkonnějším motorům, výrazně zvyšovaly. V historicky prvních závodech měly převahu zejména francouzské a německé stroje, později se do čela závodů dostávaly i vozy jiných zemí. [1] [3]

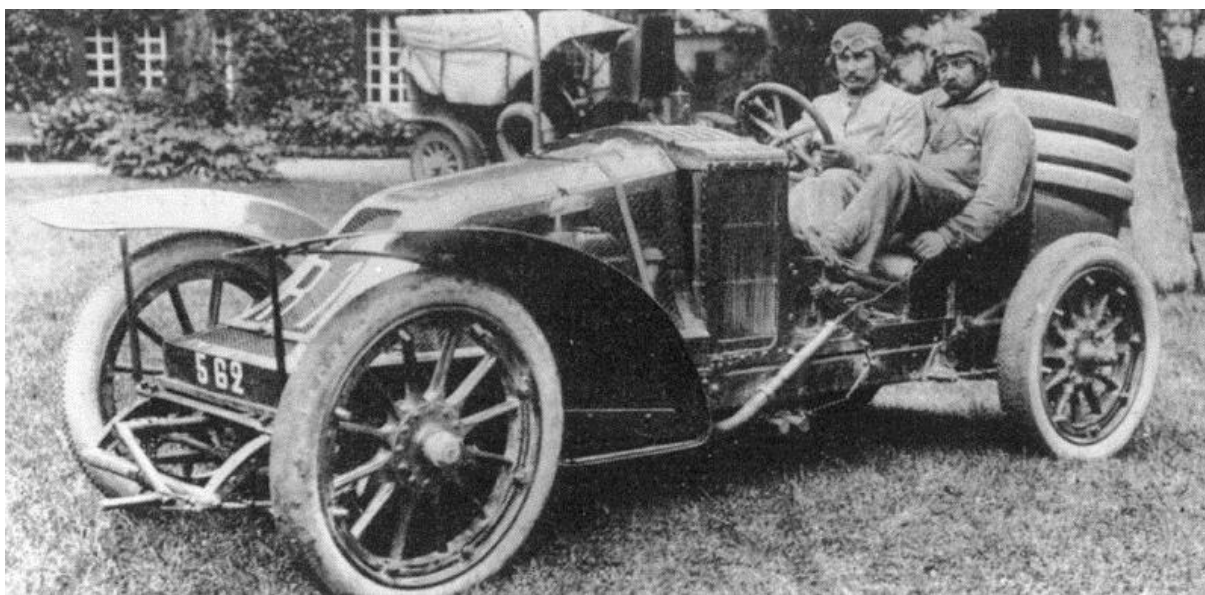


Obr. 1 Georges Lemaître s vítězným vozem Peugeot 3hp [4]



1.2 ZÁVODY GRAND PRIX

Za předchůdce Grand Prix, tedy Velké ceny, lze považovat šest ročníků závodů o cenu Jamese Gordona Bennetta Juniora, majitele časopisu New York Herald. Tyto závody se jezdily každoročně mezi lety 1900–1905. Závody GP byly přesunuty ze silnic mezi městy na nově vybudované závodní okruhy. První závod Grand Prix se konal ve dnech 26.–27. 6. roku 1906 ve Francii. Závod se jel na trati v Le Mans o délce 103 km. Veškerou organizaci zajišťoval francouzský autoklub Automobile Club de France. Závodu se účastnilo 32 závodníků na vozech 12 značek, do cíle dojelo pouze 11 strojů. Na start se postavily 3 vozy značek Brasier, Clement-Bayard, Darracq, Fiat, Hotchkiss, Lorraine-Dietrich, Itala, Mercedes, Panhard, Renault a po jednom vozu značky Gobron-Brillié a Gregorie. Každý startující vůz byl označen písmenem a číslem pro daný závodní tým. Dále barvou charakterizující zemi původu vozu. Vítězem se stal maďarský pilot Ferenc Szisz, který jel na voze Renault o zdvihovém objemu 12,8 litrů a výkonu 67,5 kW. Výhoda vítězného vozu spočívala v pneumatikách Michelin, které umožňovaly výměnu do tří minut. Standardní doba výměny pneumatik se u ostatních závodníků pohybovala kolem 15 minut. V této době se stavěly nové závodní okruhy a zvyšovaly se nároky na povrch a kvalitu vozovky. Při Velkých cenách se kladl větší důraz na bezpečnost diváků, a proto se Grand Prix těšila jejich hojné účasti. [3]



Obr. 2 Ferenc Szisz s vozem Renault 90 Hp [7]



2 PODMÍNKY PRO ZÁVODĚNÍ V MEZIVÁLEČNÉM OBDOBÍ

V průběhu první světové války byly v Evropě závodní podniky pozastaveny. Veškerý strojný průmysl byl nucen zaměřit se na válečnou výrobu. Situace v Americe byla odlišná, protože Spojené státy vstoupily do válečného konfliktu až v samém závěru války, tudíž zde různé závodní podniky mohly celkem nerušeně pokračovat dál, a využít tak pauzu ve vývoji závodních vozů v Evropě. Po skončení války roku 1918 trvalo firmám vyrábějícím automobily ještě pár let, než rozjely naplno svůj vývoj a výrobu nových závodních vozů. Nejlépe se to dařilo Francouzům (Delage), Italům (Bugatti, Fiat), ale také Angličanům (Sunbeam). Němci byli válkou a jejími dopady postiženi nejvíce, proto jejich úspěšné vozy, které byly ještě z předválečných dob, výrazně zaostávaly za konkurencí. První poválečná Velká cena se jela až roku 1921 ve Francii na okruhu v Le Mans, kde se stal vítězem Jimmy Murphy na stroji Duesenberg. V dalších letech relativně klidného závodění docházelo k modernizacím závodních strojů. Vše se změnilo koncem dvacátých let, kdy i na automobilový průmysl dolehla hospodářská krize. Nedostatek financí znamenal chabou účast závodních vozů v Grand Prix a útlum v oblasti vývoje. Obrat nastal v polovině třicátých let, kdy nastupovala éra bezkonkurenčních německých vozů. Poslední závod Grand Prix před vypuknutím druhé světové války se jel 1. 9. 1939 v Bělehradě, který ovládl jezdec Nuvolari na voze Auto Union. [1] [9]



Obr. 3 Závodní okruh Le Mans 1921 [8]

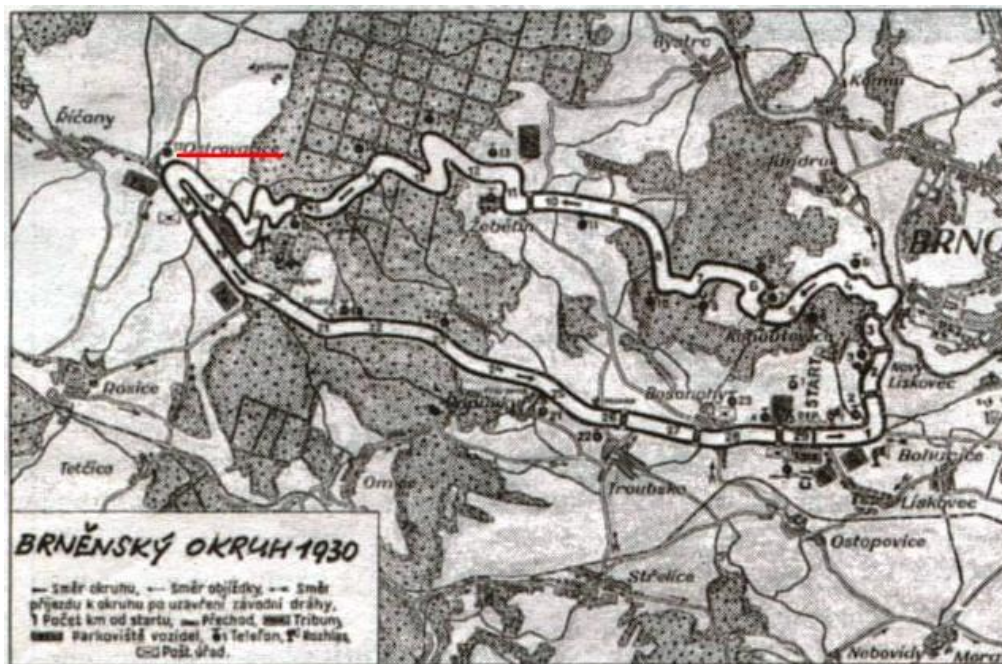


2.1 PRAVIDLA PRO ZÁVODNÍ VOZY

Objem válců motoru pro závodní vozy byl v roce 1920 ustanoven na 3000 cm³, poté byl snížen na 2000 cm³, až se roku 1926 ustálil na pouhých 1500 cm³. Při menším objemu válců je konstruktér nucen pro zvýšení výkonu motoru hledat jiné možnosti než právě zvýšení objemů válců, což vede k většímu výkonu motoru na jednotku objemu. Pravidla také udávala minimální hmotnost stroje, v roce 1920 byla stanovena na 800 kg, další roky byla postupně redukována až na 700 kg. V dalších letech se hmotnostní kategorie a obsahy motorů měnily, případně nebyly nikterak omezeny. Ještě roku 1927 se závodů dle pravidel GP účastnily dvoumístné vozy, v následujících letech byly nahrazeny aerodynamičtějšími monoposty. [9]

2.2 NEGATIVNÍ DOPAD HOSPODÁŘSKÉ KRIZE

Na konci 20. let 20. století v období hospodářské krize, došlo k výrazným změnám v automobilovém závodění. Kvůli nedostatku financí si velká část závodních stájí nemohla dovolit závodit v nákladných podnicích a investovat do vývoje a provozu závodních strojů. Proto se Velkých cen účastnilo méně závodních stájí. Přistoupilo se ke zvýšení počtu Velkých cen odjetých za jeden rok. Dříve se jezdily tři až čtyři národní Velké ceny, nyní se kvůli zvýšení zisků závodních stájí jealo alespoň deset závodů za rok. Krom jiných tratí se také jezdilo v Brně na Masarykově okruhu mezi lety 1930–1937. Délka nepříliš bezpečného okruhu byla 30 km. Větší počet závodů na více tratích v různých zemích znamenal větší zájem a návštěvnost diváků, která se pohybovala ve statisících. Pravidla a technické předpisy se často měnily, což nakonec vyústilo ze strany závodních týmů ve volnou formuli. Z nedostatku finančních prostředků nebylo možné upravovat parametry vozu podle momentálně platných nařízení pro závody, a tak se na závodních tratích objevovaly vedle sebe vozy rozdílných kubatur a velikostí. [1] [2]



Obr. 4 Původní podoba Masarykova okruhu z roku 1930



2.3 PŘEVAHA NĚMECKÝCH AUTOMOBILŮ

V polovině 30. let 20. století získávaly německé automobilky citelnou převahu nad konkurencí. Vedla k tomu fašistická propaganda v čele s Adolfem Hitlerem, která automobilový průmysl podporovala. Německé automobilky (Mercedes, Auto Union) měly k dispozici veškeré technologie, zázemí a finanční prostředky pro vývoj svých závodních vozů. Díky tomu dosáhly velkého náskoku před ostatními, který si udržely až do druhé světové války. Pokrok a vývoj především německých vozidel byl v tomto několikaletém období markantní. V této době dávaly motory výkon výrazně převyšující 200 kW (některé přes 400 kW) a při závodech se dosahovalo rychlostí blížících se hranici 300 km/h. Na Obr. 5 je slavný Mercedes Benz W 25. Pohon obstarával řadový osmiválec osazený kompresorem, který byl v průběhu let modernizován. První verze motoru z roku 1934 o objemu 3360 cm³ dosahovala výkonu 260 kW. O dva roky později byl převrtán na obsah 3710 cm³, výkon stoupl na 292 kW. Motorová skříň tunelového typu byla odlita z hliníkové slitiny a zespodu uzavřena žebrovanou hliníkovou vanou. [1] [2] [9]



Obr. 5 Slavný Mercedes W 25 [10]

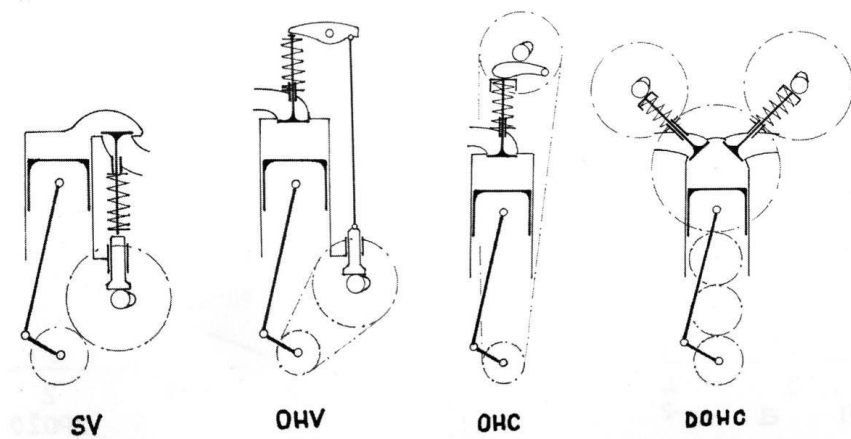


3 TECHNIKA VOZIDEL

Z prvních závodních vozidel s primitivními podvozky a podčvercovými čtyřválcovými nízkootáčkovými motory velkých objemů se v meziválečném období staly technicky propracované závodní stroje. Právě v meziválečném období doznaly závodní automobily velkého pokroku. Většina závodních týmů upřednostňovala osmiválcové motory. Důležitým prvkem bylo využití kompresorů, zvyšovaly otáčky motoru a rapidně vzrůstal jeho výkon s ohledem na jeden litr objemu válce. S příchodem kompresorů si našla uplatnění alkoholová paliva. Za silnými motory značně zaostávaly podvozky s tuhými nápravami, kde odpružení zajišťovaly svazky listových pružin. Až koncem třicátých let se upřednostňovalo nezávislé odpružení náprav. Byla brzděna všechna čtyři kola, a to buď mechanicky, nebo hydraulicky. Převodovka se dočkala čtvrtého převodového stupně. K lepšímu se měnila i aerodynamika vozu snižováním čelní plochy vozu. [1] [2]

3.1 TYPY VENTILOVÝCH ROZVODŮ

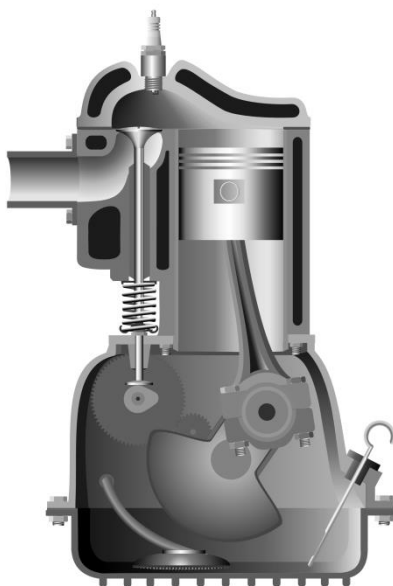
Ventilové rozvody uskutečňují výměnu obsahu válce. Otevírají a zavírají ventily (výfukové, sací) včetně jejich načasování. Časování ventilů určuje okamžiky otvírání a zavírání ventilů vůči poloze klikové hřídele. Rozvod ventilů pohání kliková hřídel pomocí řetězu, řemene s vnitřním ozubením nebo ozubených kol. Vačková hřídel otevírá a zavírá sací a výfukové ventily přímo, nepřímou nebo přes vahadla. Pro čtyřdobé motory připadají na čtyři takty dvě otáčky vačky. Základními typy ventilových rozvodů jsou SV, OHV, OHC (DOHC, SOHC). [1]



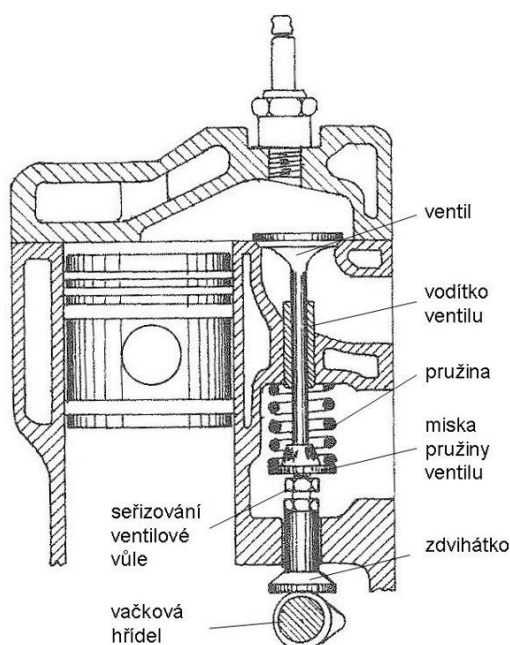
Obr. 6 Typy ventilových rozvodů [1]

3.1.1 SV (SIDE VALVE)

Jedná se o rozvod s postranními ventily uloženými v bloku motoru. Ventily jsou poháněny vačkovou hřídelí přes zdvihátka. Šroubem zdvihátka lze seřizovat ventilové vůle. Tento typ ventilových rozvodů se používal především v období před první světovou válkou. Mezi jeho klady patří výrobní jednoduchost, nízká hmotnost a setrvačnost a vysoká tuhost. Nevhodný tvar spalovacího prostoru má za následek nízkou plnicí účinnost, proto nelze dosáhnout vysokých kompresních poměrů. Po první světové válce byl tento typ nahrazen ventilovými rozvody typu OHC či DOHC. [16] [15]



Obr. 7 Ventilový rozvod typu SV [15]

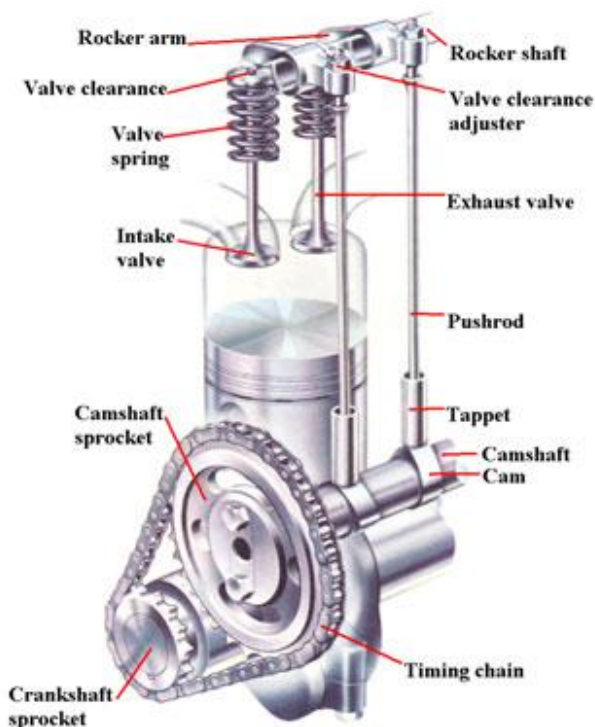


Obr. 8 Ventilový rozvod SV s popisem [20]



3.1.2 OHV (OVER HEAD VALVE)

U této konstrukce jsou ventily umístěny v hlavě válců a vačková hřídel se nachází v bloku motoru (blízko klikové hřídele). Spalovací prostor má vhodnější tvar než předchozí typ SV, vysokého kompresního poměru lze docílit použitím více ventilů na válcu. Vačková hřídel ovládá ventil pomocí zdvihátka, zdvihací tyčky a vahadla ventilu. Na vahadle je umístěn šroub pro nastavení ventilové vůle. Kliková hřídel pohání vačkovou hřídel pomocí ozubení nebo řetězu. Velký počet dílů ventilového rozvodu snižuje tuhost, s tím souvisí zvýšená hmotnost pohyblivých částí, které vrací pružina zpět. Pružiny musí být silnější než u obdobného motoru s SV rozvodem. Rozvod OHV není vhodný pro vysokootáčkové motory. V dnešní době toto nenachází širokého uplatnění. [16]

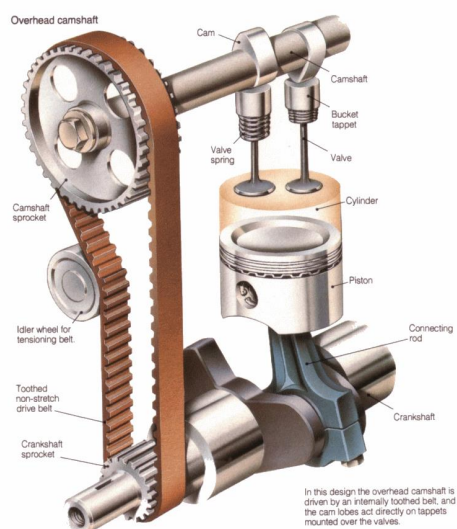


Obr. 9 Ventilový rozvod OHV [17]

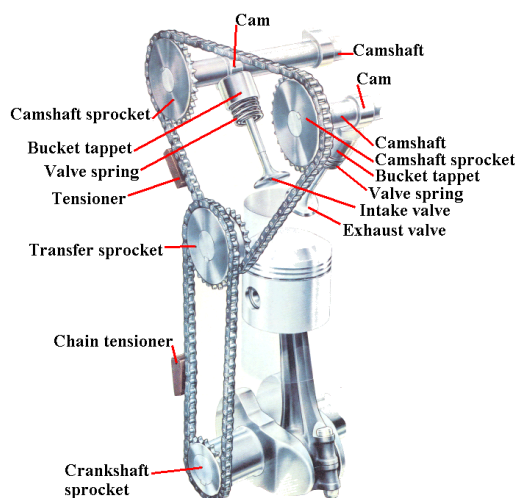


3.1.3 OHC (OVER HEAD CAMSHAFT)

Ventilový rozvod OHC využívající jedné vačkové hřídele se označují SOHC (single over head camshaft), varianta s dvěma vačkovými hřídelemi se značí DOHC (double over head camshaft). Ventily i vačková hřídel (uložená nad nebo mezi ventily) jsou umístěny v hlavě válců. Jejich vzájemná vzdálenost je malá, proto k ovládání postačí malý počet pohybujících se součástí. Díky tomu jsou sníženy setrvačné síly i hmoty a zvýšena tuhost. U rozvodu SOHC jsou ventily ovládány vahadly nebo rozvodovými pákami. Rozvod DOHC má dvě vačkové hřídele, jedna ovládá sací a druhá výfukové ventily pomocí hrníčkových zdvihátek nebo rozvodových pák. K záporům rozvodu patří zejména složitější konstrukce a velká vzdálenost vačkové hřídele od klikové hřídele. Dosahované maximální otáčky jsou vyšší než u rozvodu OHV. Po první světové válce jezdily závodní vozy výhradně s motory, které měly ventilové rozvody typu OHC a nahradily tak systém SV. V současnosti se jedná o nejpoužívanější typ ventilových rozvodů používaných na automobilových a motocyklových motorech. [16]



Obr. 11 Ventilový rozvod OHC [18]



Obr. 10 Ventilový rozvod DOHC [19]

3.2 PRVNÍ ZÁVODNÍ MOTORY

Do prvních závodů se přihlásily vozy s různými pohony. Kromě motorů spalovacích využívaly automobily pohon parní, elektrický, na stlačený vzduch a další. Již brzy se ukázalo, že nejlepší volbou jsou motory spalovací. Palivem byl v té době nepříliš kvalitní benzín. Jeho oktanové číslo se na počátcích závodění pohybovalo okolo 60 oktanů. Postupem času se kvalita benzínu zvyšovala, a díky tomu bylo možno využít více tepelné energie z paliva při spalování. Proto měly motory z počátku nízký stupeň komprese o hodnotě 4:1. Snahou konstruktérů bylo získat co nejvyšší výkon motoru. Na počátku 20. století nebyly dostatečně známy a teoreticky popsány procesy při spalování paliva a také kvalita použitých materiálů nedosahovala vysoké úrovně. Jediná možnost jak docílit vyššího výkonu motoru, byla zvýšit jeho zdvihový objem. Objem válců lze zvýšit větším vrtáním nebo větší výškou. Pro zachování střední pístové rychlosti se zvětšovalo především vrtání na úkor zdvihu. Jednalo se o tzv. podčtvercové motory, tedy motory, které mají větší vrtání než zdvih válce. Dosahovaly otáček o mnoho nepřevyšujících hodnotu 1000 otáček za minutu, jednalo se především o čtyřválcové motory. Závodním vozem s motorem o nejvyšším zdvihovém objemu byl Fiat z roku 1905. Zdvihový objem čtyřválcového motoru činil $16\,200\text{ cm}^3$. [1] [9]



Obr. 12 Georges Lemaître s vítězným vozem Peugeot 3hp [5]



3.3 MOTORY V MEZIVÁLEČNÉM OBDOBÍ

V době po první světové válce byl u závodních vozů standardem ventilový rozvod OHC (s jednou vačkovou hřídelí v hlavě motoru) nebo DOHC (se dvěma vačkovými hřídeli v hlavě motoru) se čtyřmi ventily na jeden válec. Pro lepší prohoření směsi byl volen půlkulový spalovací prostor motoru a zapalovací svíčka našla svoje místo uprostřed hlavy. Při lépe zvládnutém prohořívání lze dosáhnout vyššího kompresního poměru a lepší tepelné účinnosti. Technologie doznala po válce mírného posunu, což umožňovalo výrobu částí motoru z materiálů s vhodnějšími vlastnostmi. Písty byly odlévány z hliníkových slitin, které mají vyšší tepelnou vodivost a eliminují nebezpečí předčasného vznícení směsi na rozdíl od dříve používané litiny. Nevýhodou hliníkové slitiny jsou horší kluzné vlastnosti. Pro omezení mechanických ztrát se snižoval počet pístních kroužků na pouhé dva. Převážně osmiválcové motory měly odlévané válcové bloky z litiny ve dvou blocích společně s válcovou hlavou. Jiný postup aplikoval Mercedes a Fiat. Tyto dva týmy nadále setrvaly u kovaných ocelových válců s navařenou hlavou včetně sacích a výfukových kanálů. Hodnota zdvihu osmiválcových motorů byla o mnoho vyšší než hodnota vrtání, tyto motory označujeme jako nadčtvercové. Víceválcové motory dosahovaly citelně vyšších otáček než motory čtyřválcové. Kliková hřídel byla delší než u čtyřválcových motorů a náchylnější na vznik torzních kmitů. [1]



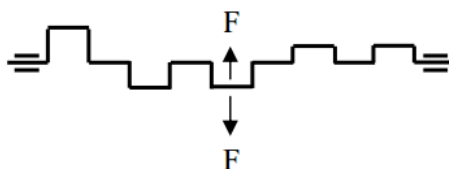
Obr. 13 Alfa Romeo P3 s ventilovým rozvodem DOHC

3.3.1 TORZNÍ KMITY

Střídavým silovým působením ojnice na klikovou hřídel se mění její namáhání v krutu a vznikají pružné krutové deformace, které způsobují torzní kmitání. Frekvence kmitání je závislá na konkrétním provedení a uložení hřídele. Tuhost klikové hřídele závisí na velikosti úhlové výchylky v konkrétních místech. Nebezpečná je rezonanční oblast otáček, při které se frekvence vlastního kmitání klikové hřídele shoduje s frekvencí nuceného kmitání. Torzní kmitání se projevuje nerovnoměrným chodem motoru a vede k poruchám, zejména k únavovým lomům klikové hřídele. Dnes slouží k zabraňování torzního kmitání torzní tlumiče, případně dvouhmotové setrvačníky. [1] [22] [23]

KMITÁNÍ OHYBOVÉ

Budící síly působí kolmo na osu hřídele. Frekvence ohybového kmitání roste se snižující se vzdáleností mezi dvěma hlavními ložisky a nehrozí tak větší rezonance v provozních otáčkách motoru. Velikost ohybového kmitání závisí také na ložiskových vůlích, tuhosti skříně, ložisek i rámu motoru. [22] [23]



Obr. 14 Ohybové kmitání [23]

KMITÁNÍ PODÉLNÉ (AXIÁLNÍ)

Axiální kmitání působí rovnoběžně k ose hřídele. Hřídel se periodicky zkracuje a prodlužuje. Podélné kmitání není samo o sobě nebezpečné, ale působí současně s ohybovým a torzním kmitáním. [22] [23]



Obr. 15 Podélné kmitání [23]

KMITÁNÍ TORZNÍ (KROUTICI)

Torzní kmitání je mnohem nebezpečnější než uvedené předchozí dvě kmitání. Za vznikem tohoto kmitání stojí periodická změna krouticího momentu od setrvačných sil a tlaků plynů. Nejnebezpečnější je v případech, kdy frekvence vlastního kmitání je stejná jako frekvence budící, což má za následek nežádoucí hluk a chvění motoru. [22] [23]

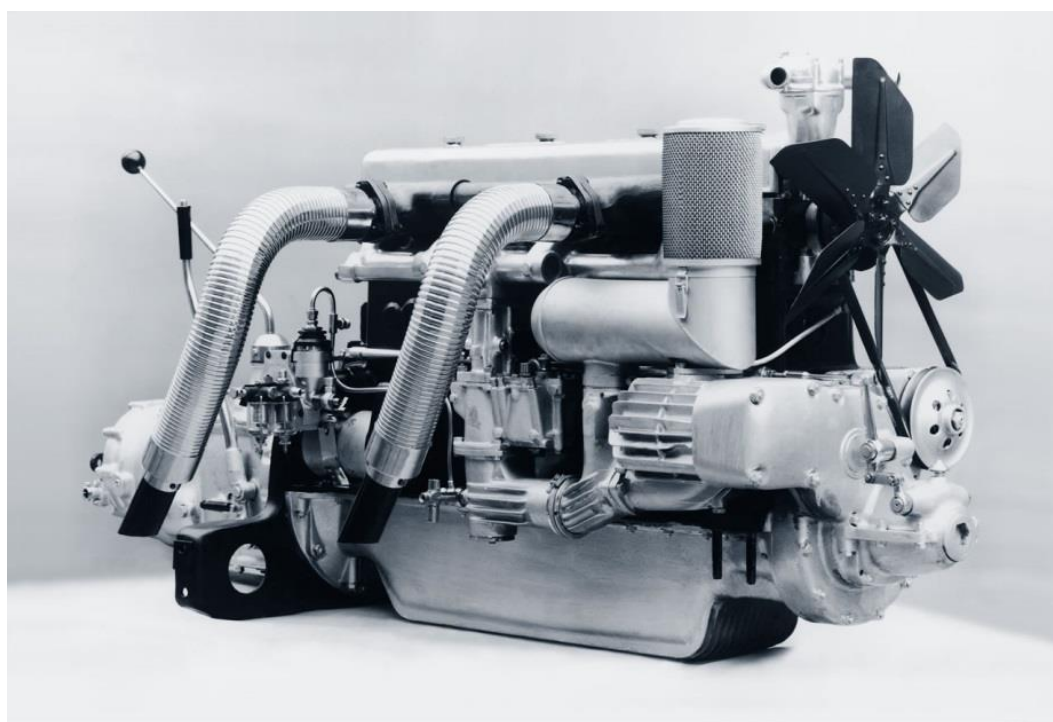


Obr. 16 Torzní kmitání [23]



3.4 KOMPRESORY

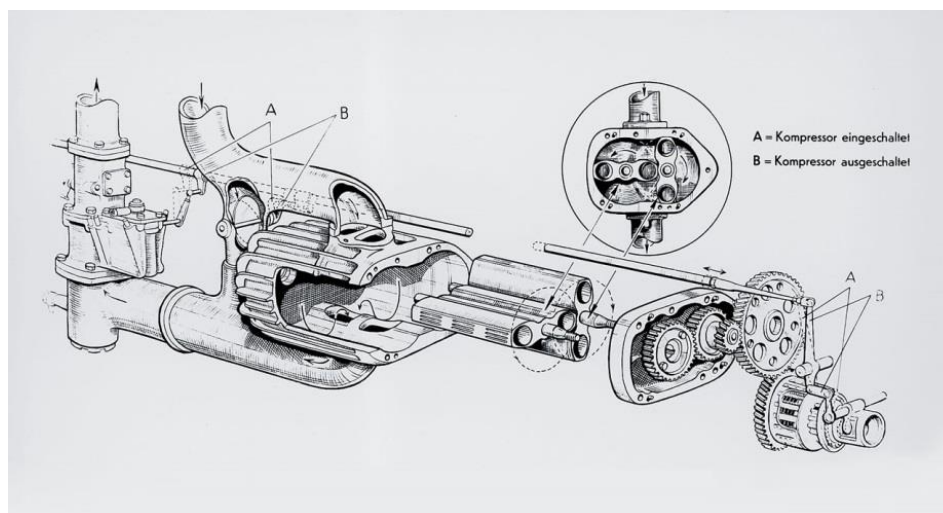
Po první světové válce se začaly na závodní scéně objevovat kompresory, což byla výrazná změna od předválečných dob. Staly se nedílnou součástí úspěšných závodních motorů, hovoříme tedy o přeplňovaných motorech. Z počátku se objevilo více konstrukcí kompresorů, především objemových (Zoller, Roots). Odstředivé kompresory se příliš neosvědčily, pro jejich využití nejsou vhodné kratší a technické okruhy, kde je zapotřebí často řadit a měnit otáčky motoru. Časem přešla většina výrobců na typ Roots. Aby bylo možné přivést do motoru více paliva, a tím zvýšit jeho výkon, je potřeba dodat také dostatečné množství vzduchu, což je možné díky kompresoru. Většina automobilek volila následující umístění komponent: karburátor – kompresor – motor, avšak Mercedes preferoval variantu kompresor – karburátor – motor, ačkoli byla méně výhodná. Díky kompresorům měla směs paliva a vzduchu ve válci mnohem větší tlak a vyšší teplotu, hrozilo riziko předčasného samovznícení směsi. Proto bylo nutné snížit kompresní poměr. Atmosférický motor začíná stlačovat směs z podtlaku na rozdíl od motoru s kompresorem. Pro lepší zvládnutí tepelných procesů v motoru se volilo jiné vhodnější palivo. Od uhlovodíkových paliv (benzin, benzol) se přešlo na alkoholová paliva, především na směsi uhlíkových a alkoholových paliv s dalšími přísadami pro zlepšení vlastností. V následujících letech se prosazovaly vozy převážně s přeplňovanými motory, atmosférický motor již výkonnostně nestačil. Po rozmachu kompresorů se objevilo mnoho nových problémů, které bylo třeba vyřešit. Jedním z problémů bylo mazání pístních kroužků a prostoru válce. U atmosférického motoru bylo mazání zajištěno podtlakem ve válci při sání, kdy došlo k nasátí rozstříku oleje z prostoru pod pístem. Pro snížení teploty stlačovaného vzduchu se využívalo chladičů u kompresorů. [1] [12]



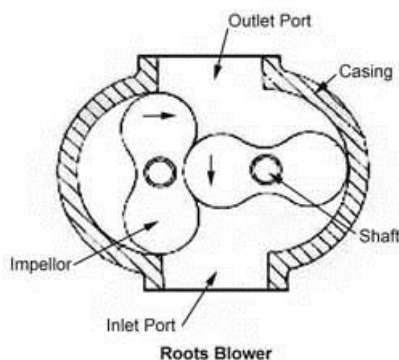
Obr. 17 Kompresor instalovaný na motoru závodního vozu Mercedes [12]

3.4.1 TYP ROOTS

Již roku 1860 si bratři Francis a Philander Rootsovi patentovali své dmychadlo, které sloužilo pro odvádění vzduchu z vysokých pecí při tavení železa. Kompresor Roots byl nasazen již za války v letadlech a ponorkách, kde se osvědčil. Prvním vítězem s přeplňovaným motorem osazeným kompresorem Roots se stal Max Sailer na voze Mercedes 28/95 v roce 1921 na podniku Coppa Florio. Uvnitř kompresoru pracují dva rotující písty osazené dvěma, případně třemi, lopatkami. Písty jsou poháněny ozubenými koly spojenými s klikovou hřídelí. Otáčky klikové hřídele jsou přímo úměrné otáčkám kompresoru, nedochází tak ke zpoždění reakce kompresoru na otáčky motoru jako u odstředivých kompresorů. Otáčky kompresoru byly vyšší než otáčky motoru u některých vozů až čtyřikrát. Pro spolehlivý chod mohl Roots dosahovat až 10 000 otáček za minutu, avšak standardně byl dimenzován na hodnotu kolem 7 000 otáček za minutu. Jelikož je kompresor poháněn silou motoru, snižuje se jeho výkon. Typ Roots odebíral motoru výkon něco okolo 20 %. Tento jev je však díky přeplňování vyvážen zvýšením výkonu kompresorem zhruba o 40 % v závislosti na konkrétním provedení. Plnicí účinnost kompresoru dosahovala necelých 80 %, celková účinnost se pohybovala mezi 55–65 %. Tento typ konstrukce kompresoru se využívá dodnes, pro sportovní vozy je výhodná kombinace s turbodmychadlem využívající celé spektrum otáček motoru. [1] [11] [12]



Obr. 18 Řez kompresorem typu Roots [6]

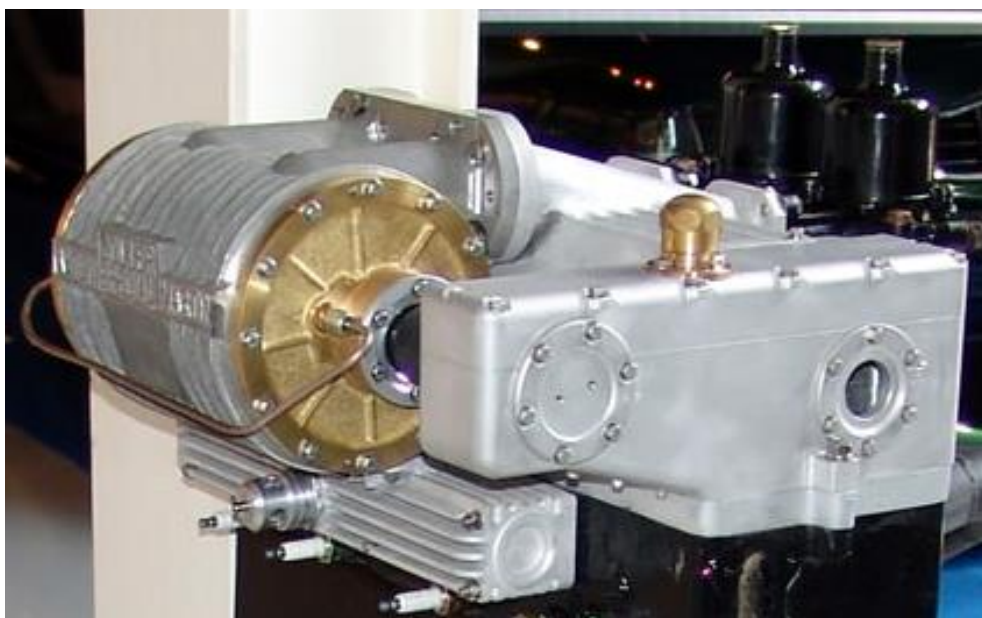


Obr. 19 Schematické znázornění kompresoru Roots [7]



3.4.2 TYP ZOLLER

Tento systém zkonstruoval švýcarský inženýr Arnold Zoller. Jedná se o objemový lamelový kompresor (též zvaný Wittig), který má excentrický rotor s několika radiálně pohyblivými lopatkami, které rozdělují prostor mezi skříní kompresoru a rotorem na jednotlivé komory. Objem těchto komor se mění v závislosti na pootočení lopatek. Kompresor nasával vzduch o atmosférickém tlaku, v tomto místě se lopatky odstředivou silou vysouvají a jednotlivé prostory mezi lopatkami a skříní se plní nasávaným vzduchem. Následně jsou lopatky kontaktem se skříní kompresoru mechanicky zasouvány, objem prostor se zmenšuje, čímž dochází ke stlačení vzduchu. Tento typ kompresoru měl pozitivní dopad na chování motorů v nízkých otáčkách, přinášel lepší zrychlení vozu. Velkou nevýhodou byla jeho mechanická účinnost a životnost, na kterou měla také špatný vliv prašnost závodních tratí. Velký problém byl také s mazáním lopatek, jelikož docházelo ke kontaktu lopatek se skříní, kde se následně vydíral materiál. Proto u závodních týmů dostal přednost typ Roots. Kompresor byl použit také na úspěšných závodních motocyklech DKW a BMW. [13] [2]



Obr. 20 Objemový kompresor typu Zoller [14]

3.5 TUHÁ NÁPRAVA

Po dlouhou dobu se na vozech objevovaly vzadu i vpředu tuhé nápravy (závislé zavěšení kol). Obě kola vozu jsou pevně spojena, a nedochází při propružení kol ke změně jejich vzdáleností. Tuhá náprava je vůči karoserii odpružená jako celek, proto dochází ke zvětšení neodpružených hmot, což má za následek špatné jízdní vlastnosti. Tuhá náprava potřebuje větší propružení vedoucí k vyššímu těžišti vozu. Vyšší těžiště automobilu má negativní dopad na jeho stabilitu především v zatáčkách. Odpružení zajišťovaly podélné půleliptické listové pružiny. Výhoda této nápravy spočívá nejen v její jednoduchosti a nenáročnosti výroby, ale také v zajištění přesného kontaktu celé šířky pneumatiky s povrchem vozovky. Až v polovině třicátých let byla nahrazena nezávislým odpružením kol. V současnosti se tuhá náprava používá minimálně, výjimkou jsou vozidla s velkou nosností nebo terénní vozy. [1]



ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce byl přehled inovací závodních automobilů převážně meziválečného období a jejich vliv na vývoj osobních automobilů. Úvodní část práce byla zaměřena na první historicky významný závod automobilů a první Velkou cenu. Na samém počátku závodění se každý rok posunovaly výkony a maximální rychlosti vozů nevídaným tempem dopředu. V době největšího pokroku se za 10 let vývoje zvýšil výkon motoru více jak 20krát. Dále jsou nastíněna pravidla a podmínky závodních podniků. Podle vyhlášek a stanov pravidel byly týmy nuceny upravovat především zdvihové objemy válců a hmotnosti svých vozů. Hlavní část této práce se zaměřuje na techniku a vývoj závodních vozů. Závody automobilů znamenaly již od počátku výrazný pokrok v technice a ve zvládnutí nových konstrukčních řešení. Především v prvních desetiletích závodění se posunula technika závodních vozů velikým krokem dopředu jako už nikdy v její historii. Po první světové válce dosáhly motory zásadního technického pokroku. Příčinou byly propracované letecké motory osazené kompresory, do kterých se v dobách válečného konfliktu investovaly nemalé finanční prostředky na jejich vývoj. Chassis od počátku automobilových závodů pokulhávalo za výkonnými motory, až v třicátých letech se na závodních strojích objevovalo nezávislé odpružení náprav, což přispělo k lepší ovladatelnosti vozů. Brzdový účinek zvyšovaly velké hydraulické brzdy na každém kole. Konstrukce závodních speciálů se radikálně oddělila od komerčně vyráběných vozů pro běžný provoz až v polovině třicátých let. Ne všechny technické pokroky byly nejprve použity na závodních okruzích a teprve poté u komerčních vozů. V mnoha případech tomu bylo právě naopak. Příkladem jsou brzdy na všech čtyřech kolech, nezávislé zavěšení kol, odpružení zkrutnými tyčemi nebo kloubová hřídel. Inovace a technické pokroky, ke kterým došlo ve 20.–40. letech 20. století byly natolik významné, že daly základ konstrukčním řešením na řadu let dopředu. Hlavním nedostatkem této doby byla stále nízká úroveň technologické vyspělosti.





POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] PAUER, Václav. *Vývoj konstrukce závodních vozů: vše podstatné z historie techniky formulových vozů*. 1. vyd. Praha: Grada, 2011, 355 s. ISBN 978-80-247-3015-8.
- [2] THE GOLDEN ERA OF GRAND PRIX RACING. [online]. [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: <http://www.kolumbus.fi/leif.snellman/main.htm>
- [3] The Story of the Grand Prix. *Grand Prix history* [online]. [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: <http://www.grandprixhistory.org/story.htm>
- [4] 1894 Paris–Rouen. *Wikimedia commons* [online]. [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: [http://encyclopedia.thefreedictionary.com/_/viewer.aspx?path=f%2Ffc%2F&name=1894_paris-rouen_-_georges_lem%C3%A4tre_\(peugeot_3hp\)_1st.jpg](http://encyclopedia.thefreedictionary.com/_/viewer.aspx?path=f%2Ffc%2F&name=1894_paris-rouen_-_georges_lem%C3%A4tre_(peugeot_3hp)_1st.jpg)
- [5] Racing Motorcars before 1914. *Heritage edition* [online]. [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://www.heritageeditions2.com/motorcars-before-1914/1907-gp-de-l-acf.html>
- [6] Roots Supercharger. *Supercharger* [online]. [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://www.downingbrothers.com/supercharger/positive-displacement.htm>
- [7] History Auto racing 1894-1944. *The Jalopy Journal* [online]. [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://www.jalopyjournal.com/forum/showthread.php?p=5140224>
- [8] The French Grand Prix of 1921. *Grand Prix history* [online]. [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://www.grandprixhistory.org/french1921.htm>
- [9] Historie. *Svět Formule* [online]. [cit. 2013-05-21]. Dostupné z: <http://www.svetformule.cz/clanky/historie/5?>
- [10] Mercedes-Benz W25. *Supercars* [online]. [cit. 2013-05-21]. Dostupné z: <http://www.supercars.net/cars/2064.html>
- [11] Roots Blower Company. *Wikipedia* [online]. [cit. 2013-05-21]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Roots_Blower_Company
- [12] Supercharged Cars Of Mercedes-Benz In The 1920s And 1930s. *EMercedesBenz* [online]. [cit. 2013-05-21]. Dostupné z: http://mail.imoney.com/Aug08/19_001343_eMercedesBenz_Feature_The_Supercharged_Cars_Of_Mercedes-Benz_In_The_1920s_And_1930s.html
- [13] Mercedes-Benz – Bílí sloni a sirény. *Automobil revue* [online]. [cit. 2013-05-21]. Dostupné z: http://www.automobilrevue.cz/rubriky/truck-bus/historie/mercedes-benz-bili-slioni-a-sireny_41519.html
- [14] Supercharger Installation. *Victory Library* [online]. [cit. 2013-05-21]. Dostupné z: <http://victorylibrary.com/graphics/super-choices3.htm>
- [15] SV-Ventilsteuerung. *Wikipedia* [online]. [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: <http://de.wikipedia.org/wiki/SV-Ventilsteuerung>



- [16] PŘESLIČKA, Jaroslav. *VENTILOVÉ ROZVODY ČTYŘDOBÝCH SPALOVACÍCH MOTORŮ* [online]. Brno, 2012 [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/7191/VENTILOVE_ROZVODY_CTYRD_OBYCH_SPALOVACICH_MOTORU_Preslicka_Jaroslav_ID126304_2012.pdf?sequence=1. Bakalářská. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ.
- [17] The Mechanics of Classic Car Overhead Valve. *Cam Shield* [online]. 2012 [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: <http://www.cam-shield.com/acatalog/Technical.html>
- [18] Arthurs Car Mechanic Clipart Page 3. *ARTHUR'S CAR MECHANIC CLIPART* [online]. 2009 [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: http://www.arthursclipart.org/carmechanic/mechanic/page_03.htm
- [19] DOHC. *Pak Wheels* [online]. 2008 [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: <http://www.pakwheels.com/forums/performance-modification-tune-up-preventive-maintenance/82566-dohc>
- [20] Ventilové rozvody - základní rozdělení. *Auto znalosti* [online]. 2011 [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: <http://www.autoznalosti.cz/index.php/motor/36-ventilove-rozvody-zakladni-rozdeleni.html>
- [21] Alfa Romeo P3 Ex Tazio Nuvolari. *Flickrriver* [online]. 2008 [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: <http://www.flickrriver.com/photos/michaelwardphotos/2683058277/>
- [22] EHRENBERGER, PAVEL. *MODÁLNÍ VLASTNOSTI KLIKOVÉHO ÚSTROJÍ ČTYŘVÁLCOVÉHO TRAKTOROVÉHO MOTORU* [online]. Brno, 2010 [cit. 2013-05-23]. Dostupné z: http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=28001. Diplomová práce. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ.
- [23] POLÁŠEK, Michal. *TLUMIČ TORZNÍCH KMITŮ PRO ŘADOVÝ PĚTIVÁLCOVÝ MOTOR* [online]. Brno, 2008 [cit. 2013-05-23]. Dostupné z: https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/15203/2008_DP_Polasek_Michal_53946.pdf?sequence=2. Diplomová práce. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ.