

Zbožiznalství pro 2. ročník oboru Prodavač – specialista prodeje motorových vozidel

Učební text

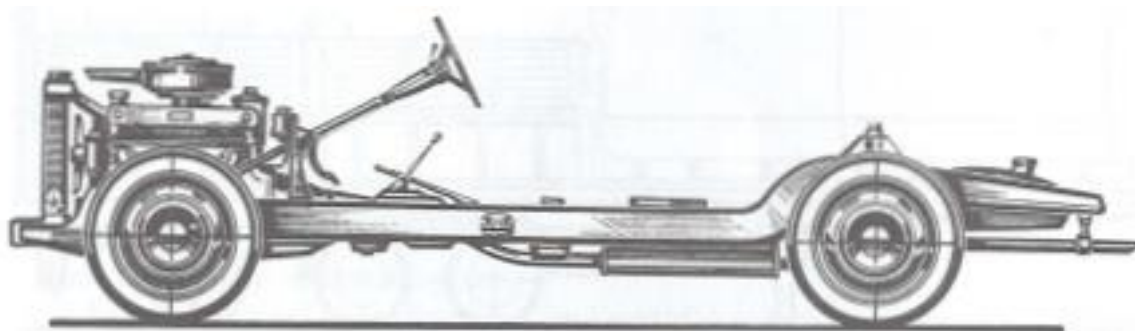
Základní části automobilů	2
Základní koncepce automobilů	4
Strojový spodek automobilu	6
Základní pojmy – rozměry a hmotnosti automobilů	6
Rámy vozidel.....	10
Pérování.....	15
Nápravy	32
Kola a pneumatiky	42
Brzdy a brzdná zařízení automobilu	52
Řízení automobilu.....	112
Vytápění a větrání silničních motorových vozidel.....	123
Motory – spalovací motory	126
Příslušenství motorů.....	165
Palivová soustava zážehových motorů.....	165
Palivová soustava vznětových motorů	185
Mazání motorů	208
Chlazení motorů	219
Výfukový systém.....	226
Jednostopá motorová vozidla a čtyřkolky	232
Druhy motocyklů	232
Hlavní části a uspořádání motocyklu.....	235
Prodej a údržba motocyklů	237

Základní části automobilů

Automobily jsou poměrně složité stroje, které se skládají z různých sestavných celků. Tyto celky tvoří základní části automobilů.

1. Strojový spodek (šasi) (obr. 24) se skládá z podvozku, poháněcí soustavy a příslušenství. Strojový spodek nákladního automobilu se může pohybovat samostatně.

a) **Podvozek** je rám automobilu s podvěsy, řízením a příslušenstvím. Podvěsy (přední a zadní) jsou nápravy s koly, pérováním a brzdným zařízením.



Obr. 24. Strojový spodek

b) **Poháněcí soustava** je automobilový motor s příslušenstvím a převodná ústrojí motorového vozidla.

2. **Karosérie** (obr. 25) je část automobilu, v níž jsou vytvořeny prostory pro využití vozidla podle jeho účelu. Zpravidla jsou v ní uloženy i poháněcí soustava a převodná ústrojí. Samonosná karosérie nese ještě přední a zadní podvěs. U nákladních automobilů je součástí karosérie kabina řidiče. Chrání řidiče a spolujezdce před nepříznivými vnějšími vlivy a vytváří svým uspořádáním vhodné pracovní podmínky pro řízení vozidla.



Obr. 25. Karosérie

3. **Příslušenství automobilu** nebo příslušenství strojového spodku, podvozku, motoru a karosérie jsou pomocná zařízení, pomocné přístroje a prostředky s automobilem pevně spojené, které jsou po technické stránce nezbytné pro činnost vozidla podle jeho účelu nebo pro samostatný pohyb strojového spodku, popř. pro funkci podvozku, motoru, karosérie (např. elektrické zapalovací zařízení, spouštěcí, osvětlovací a návěstní zařízení, chladičí zařízení), sklápěč - u sklápěcího automobilu, čerpadlo - u cisternového automobilu.

4. **Výstroj automobilu** nebo výstroj karosérie jsou pomocná zařízení a pomocné přístroje. Dále to jsou pomůcky a prostředky s automobilem (karosérií) pevně spojené a pro jeho provoz předepsané nebo účelné, ne však nezbytné (např. vnitřní osvětlovací zařízení, ukazatel stavu paliva, rychloměr s počítacem kilometrů, stírač skla, zpětná zrcátka, sluneční clona). Mimo to jsou to účelová zařízení speciálních automobilů a samojízdných nebo přípojných pracovních strojů (pracovní výstroj jako zařízení zdravotnického automobilu, dílenské zařízení, jeřáb, naviják apod.). Konečně to jsou ozdobné prostředky a kování, jakož i prostředky k ochraně vozidla, nákladu a obsluhy (kontrolní svítlny, bezpečnostní pásy apod.).

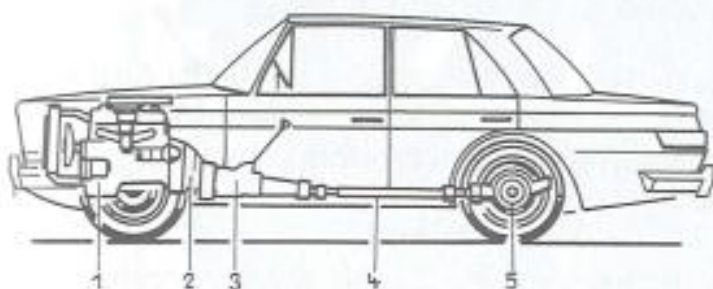
5. **Výbava automobilu** jsou prostředky a pomůcky potřebné k údržbě a ochraně vozidla a nákladu, které nejsou s vozidlem spojeny, jako nářadí, nástroje, nástavce karosérie, plachta, plachtové oblouky a podélníky, sněhové řetězy, hasicí přístroj, přenosné nádrže paliva, zakládací klíny, pokrývka chladiče apod.

Základní koncepce automobilů

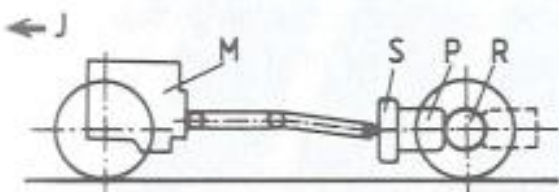
Při posuzování základní koncepce automobilů vycházíme z umístění hnacího soustrojí, to znamená motoru, spojky, převodovky, popř. i rozvodovky vzhledem k nápravám automobilu.

V současné době se osobní automobily konstruují ve čtyřech základních koncepcích.

1. U klasické koncepce (obr. 28) je motor s převodovkou umístěn vpředu podélně. Hnací síla se přenáší na zadní hnací nápravu pomocí kloubového spojovacího hřídele (Mercedes, BMW aj.). Toto uspořádání má výhodu v tom, že při plně zatíženém automobilu jsou přední i zadní náprava rovnoměrně zatížené. Přístup k motoru i k převodovce je dobrý.



Obr. 28. Automobil s motorem vpředu a s pohonem zadních kol
1 - motor, 2 - spojka, 3 - převodovka, 4 - kloubový hřídel, 5 - rozvodovka

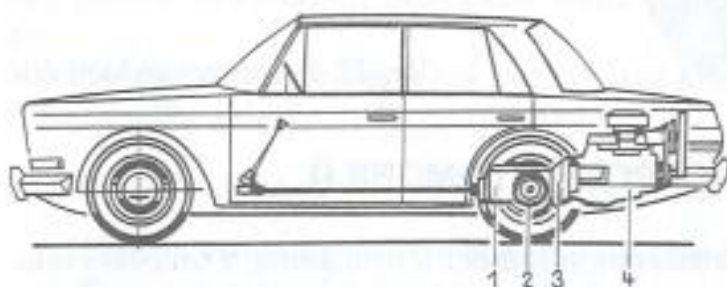


Obr. 29. Uspořádání pohonu transaxle

M - motor, S - spojka, P - převodovka, R - rozvodovka, J - směr jízdy

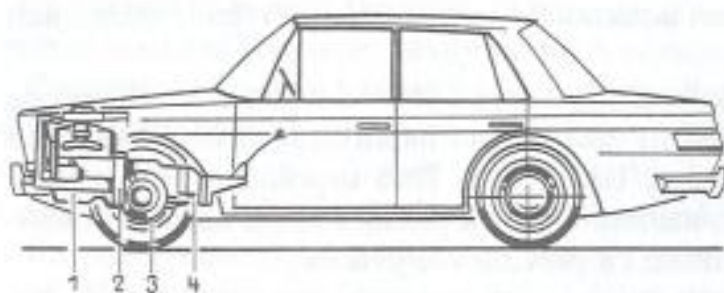
Přemístěním převodovky, popř. i spojky, k zadní nápravě lze dosáhnout rovnoměrnějšího rozložení hmotnosti na přední a zadní nápravu u nezátíženého automobilu. Výhodný je i přenos výkonu k zadní nápravě při vyšších otáčkách spojovacího hřídele, a tedy menším momentem. Tento zvláštní případ klasické koncepce je označován jako *transaxle* (obr. 29). Pevodovka může být umístěna před zadní nápravou (Alfa Romeo, Lancia) nebo za ní (Porsche).

2. Automobil se zadním pohonem (obr. 30) má motor s převodovkou i rozvodovkou umístěn většinou podélně, někdy i příčně u zadní hnací nápravy (Škoda 120, Tatra 613 aj.). Přední náprava je řídicí. Nevýhodou je nerovnoměrné zatížení náprav.



Obr. 30. Automobil s motorem vzadu a s pohonem zadních kol

1 - převodovka, 2 - rozvodovka, 3 - spojka, 4 - motor



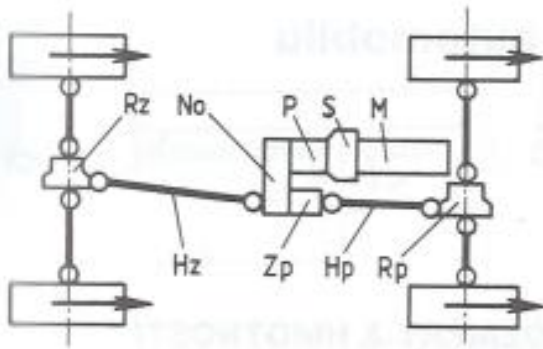
Obr. 31. Automobil s motorem vpředu a s pohonem předních kol

1 - motor, 2 - spojka, 3 - rozvodovka, 4 - převodovka

Tuto nevýhodu odstraňuje uložení hnacího agregátu ve střední části automobilu před zadní nápravou. To je koncepce, kterou však využívají pouze sportovní automobily, vzhledem k omezenému prostoru pro cestující i zavazadla. Poskytuje téměř rovnoměrné rozložení hmotnosti na přední a zadní nápravu.

3. Automobil s předním pohonem (*obr. 31*) má motor s převodovkou napříč u přední hnací nápravy (Škoda Felicie, Volkswagen Passat aj.). Přední náprava je hnací i řídicí. Výhodou je, že se získá větší užitečný prostor. Nevýhodou je větší složitost konstrukce a zpravidla horší přístupnost k jednotlivým celkům.

4. Automobil s pohonem všech kol (*obr. 32*) může mít umístěn motor s převodovkou vpředu nebo vzadu, a to podélně nebo i příčně (Audi Quattro).



Obr. 32. Uspořádání pohonu 4 × 4
 M - motor, S - spojka, P - převodovka, No - rozdělovací převodovka, Zp - zubová spojka předního pohonu, Hp - spojovací hřídel přední nápravy, Rp - rozvodovka přední nápravy, Rz - rozvodovka zadní nápravy, Hz - spojovací hřídel zadní nápravy

Tato koncepce se používala pouze u nákladních, popř. terénních automobilů. Zvýšení aktivní bezpečnosti za krajně nepříznivých jízdních podmínek a zlepšení jízdních vlastností přimělo konstruktéry využít tuto koncepci i v konstrukci osobních automobilů. Pohon jedné z náprav byl původně vypínatelný, v současnosti je s použitím mezinápravového diferenciálu trvalý.

Strojový spodek automobilu

Základní pojmy – rozměry a hmotnosti automobilů

Rozměry automobilů se určují za těchto předpokladů:

- automobil stojí na vodorovné rovině; šířky a délky se s touto rovinou měří rovnoběžně, výšky se měří svisle;
- automobil je úplně zatížený (na celkovou hmotnost);
- pneumatiky automobilu jsou nahuštěny na tlak odpovídající celkové hmotnosti plně zatíženého automobilu;
- automobil je v klidu, jeho kola a řídicí mechanismus jsou v poloze, která odpovídá jízdě v přímém směru;
- příslušenství, výstroj a výbava automobilu jsou normální.

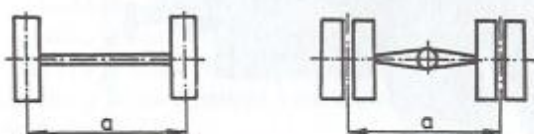
Rozměry strojového spodku automobilu a karosérie

a) **Rozchod** (mm, obr. 33) je vzdálenost středních rovin pneumatik kol téže nápravy (a).

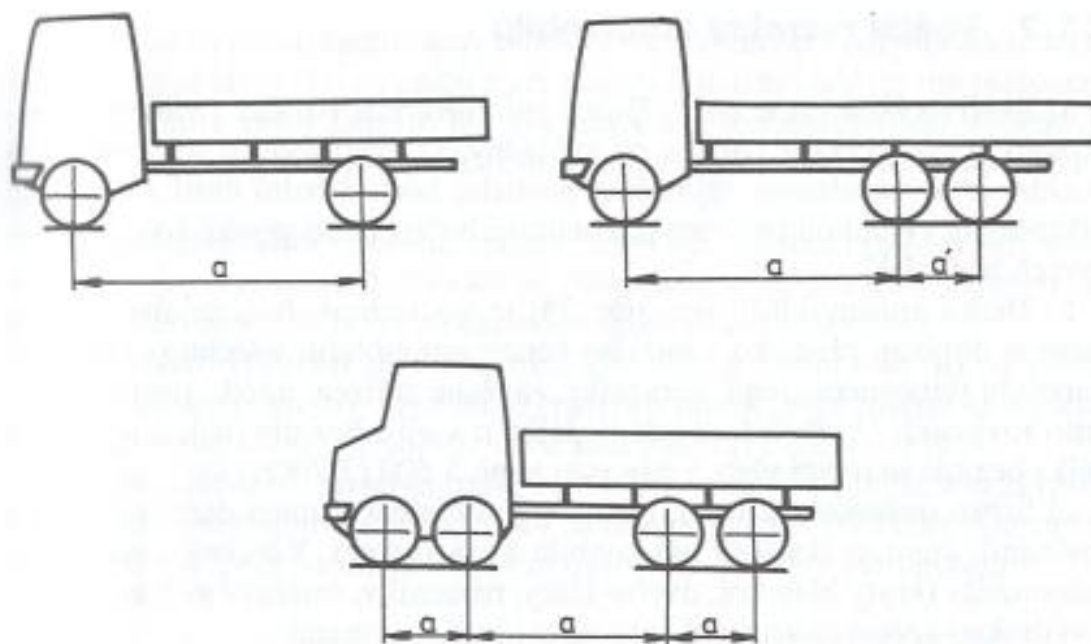
b) **Rozvor** (mm, obr. 34) je vzdálenost (a) středů dvou náprav umístěných za sebou na téže straně vozidla. Má-li automobil více než dvě nápravy, určuje se rozvor jako součet dílčích rozvorů.

c) **Výška rámu** (mm, obr. 35) je vzdálenost (a) od základny k hornímu povrchu rámu. Měří se vzdálenost na předním i zadním konci rámu a uprostřed.

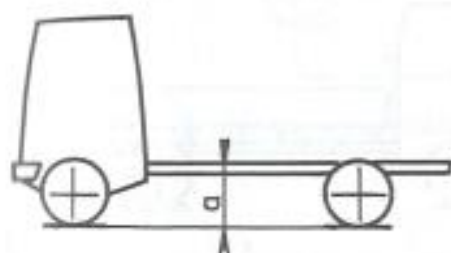
d) **Délka karosérie** (mm, obr. 36) osobních automobilů se rovná délce automobilu. U nákladních automobilů, autobusů a u trolejbusů je to vzdálenost roviny A od zadního konce karosérie B. Délka karosérie nezahrnuje závěs pro přívěs, tažné háky, nárazníky apod.



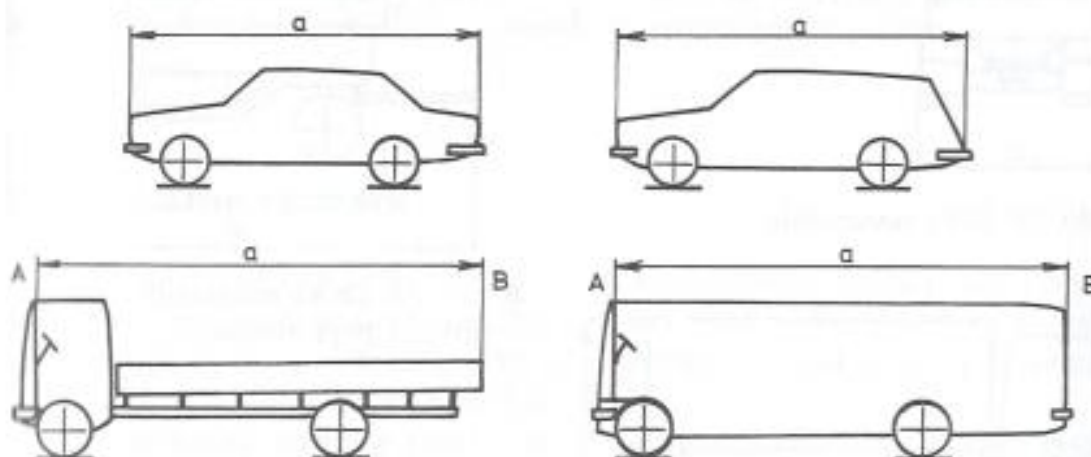
Obr. 33. Rozchod kol automobilu



Obr. 34. Rozvor kol automobilu



Obr. 35. Výška rámu karosérie



Obr. 36. Délka karosérie automobilu

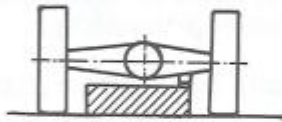
Vnější rozměry automobilů

a) **Světlá výška** (mm, *obr. 37*) je u jednostopých vozidel vzdálenost nejnižšího pevného bodu vozidla od základny. U dvoustopých a vícestopých vozidel je to vzdálenost nejnižšího pevného bodu střední části vozidla od základny (s výjimkou prostoru pro brzdové bubny nebo střední kolo u motorových trojkolek).

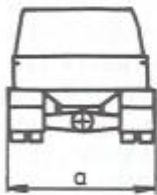
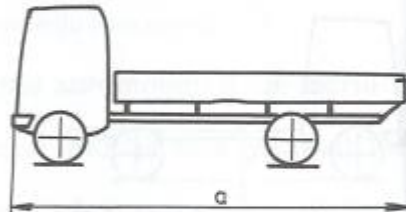
b) **Délka automobilu** (mm, *obr. 38*) je vzdálenost dvou svislých rovin, které se dotýkají předního a zadního konce automobilu. Všechny části k automobilu připevněné, např. nárazníky, závěsné zařízení apod., jsou mezi těmito rovinami. U přívěsů se udává délka a s ojí i bez oje (a'), a to tak, že délka bez oje se uvádí vždy v závorce, např. 5 500 (3 700).

c) **Šířka automobilu** (mm, *obr. 39*) je vzdálenost mezi dvěma svislými rovinami, které se dotýkají automobilu z obou stran. Všechny pevné části automobilu (kryty hlav kol, dveřní kliky, nárazníky, směrové svítilny apod., s výjimkou zpětných zrcátek) jsou mezi těmito rovinami.

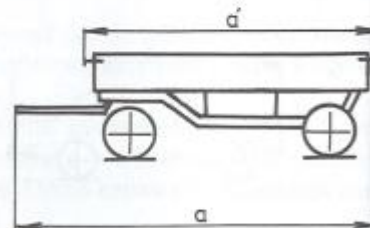
d) **Výška automobilu** (mm, *obr. 40*) je vzdálenost (a) nejvyššího pevného bodu nezatiženého automobilu od základny při pohotovostní hmotnosti.



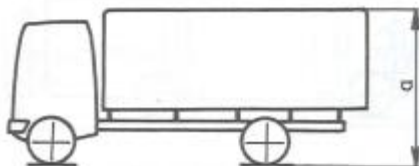
Obr. 37. Světlá výška automobilu



Obr. 39. Šířka automobilu



▲ Obr. 38. Délka automobilu, přívěsu, popř. návěsu



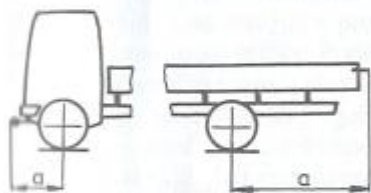
◀ Obr. 40. Výška automobilu

e) **Převis** – přední, zadní (mm, *obr. 41*) – je vzdálenost (a) nejvzdálenějšího bodu na přední nebo na zadní části automobilu od svislé roviny proložené středem předních nebo zadních kol automobilu. Všechny části připevněné na vozidle, např. nárazníky, značkové tabulky, závěsné zařízení, se do převisů zahrnují.

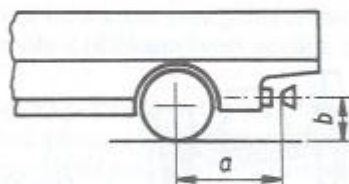
f) **Nájezdový úhel** – přední, zadní ($^\circ$, *obr. 42*) – je úhel (α) sevřený rovinou základny s rovinou dotýkající se pneumatik předních nebo zadních kol a nejbližšího pevného bodu přední nebo zadní části automobilu.

g) **Vyložení tažného zařízení** (mm, *obr. 43*) je vzdálenost (a) od středu závěsné koule (nebo osy závěsného čepu pro přívěs, popř. středu závěsného háku) od svislé roviny proložené osou zadní nápravy automobilu.

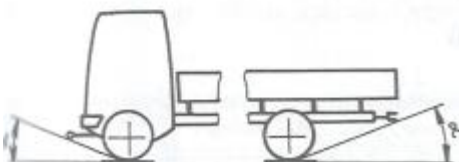
h) **Výška tažného zařízení** (mm, *obr. 43*) je vzdálenost (b) středu závěsné koule (nebo střední vodorovné roviny závěsu pro přívěs při svislé poloze závěsného čepu, popř. středu závěsného háku) od základny automobilu.



Obr. 41. Převis automobilu přední a zadní



Obr. 43. Vyložení a výška tažného zařízení



Obr. 42. Nájezdový úhel automobilu přední a zadní

Ložné rozměry

a) **Hrubé ložné rozměry** (mm, *obr. 44*) jsou rozměry ložné plochy, popř. ložného prostoru automobilu – délka (a), šířka (b), výška (c) – bez zřetele k vyčnívajícím částem. Takové větší části je nutno uvádět zvlášť. U zakřivených ploch se rozměry měří k vrcholu plochy.

b) **Čisté ložné rozměry** (mm, *obr. 45*) jsou rozměry ložné plochy, popř. ložného prostoru automobilu – délka (a), šířka (b), výška (c) – se zřetelem k vyčnívajícím částem nebo součástem.

c) **Ložný objem** (m^3) je objem sypkého nebo tekutého nákladu, který lze přepravovat účelovým speciálním automobilem.

d) **Výška ložné plochy** (mm) je vzdálenost ložné plochy (nebo podlahy) nezatiženého automobilu od základny (při pohotovostní hmotnosti).

Ostatní rozměrové údaje:

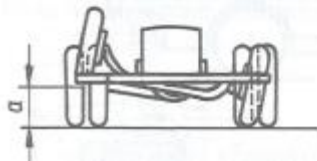
e) **Zkřížitelnost automobilu** (mm, obr. 46) je výška (a), o níž se může zdvihnout kolo automobilu, aniž by kterékoli jiné kolo ztratilo dotyk s vozovkou.



Obr. 44. Hrubé ložné rozměry automobilu



Obr. 45. Čisté ložné rozměry automobilu



Obr. 46. Zkřížitelnost automobilu

Hmotnost automobilů

a) **Celková hmotnost** je pohotovostní hmotnost automobilu a hmotnost užitečného nákladu.

b) **Pohotovostní hmotnost** automobilu je hmotnost strojového spodku nebo strojového spodku s budkou (u vozidel s budkou) a hmotnost karosérie (nebo nástavby).

c) **Hmotnost užitečného nákladu** je hmotnost osob včetně zavazadel nebo jiného nákladu, který automobil dopravuje.

d) **Přípojná hmotnost** je celková hmotnost všech přípojných vozidel, která mohou být motorovým vozidlem tažena.

e) **Celková hmotnost jízdní soupravy** je celková hmotnost všech plně zatížených vozidel uvažované jízdní soupravy.

Rámy vozidel

Účel a druhy ráků

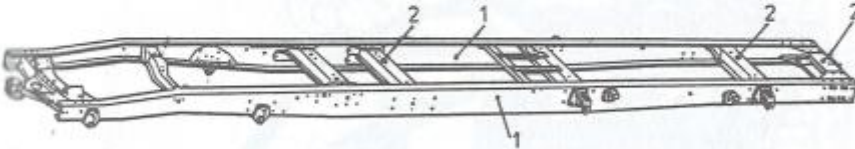
Rám je základní nosná část automobilu, přenáší svislou sílu z hnacích kol na karosérii a při brzdění zachycuje brzdovou sílu. Rám musí být co nejlehčí, přitom dostatečně pevný. Zatížen je tíhou strojových skupin, karosérií a dovoleným zatížením automobilu.

Nákladní automobily a některé velké osobní automobily jsou konstruovány se samostatným rámem jako hlavní nosnou částí automobilu.

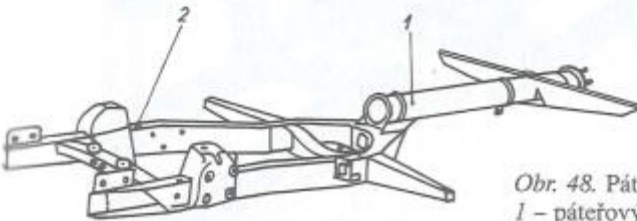
Malé a střední osobní automobily rám většinou nemají, nahrazuje ho *samonosná karosérie*. Strojové skupiny podvozku jsou ke karosérii připevněny přímo. Použitím samonosné karosérie se hmotnost (i výrobní cena) automobilu snižuje.

Obdélníkový (dříve žebřinový) **rám** (obr. 47) je vytvořen ze dvou hlavních podélníků lisovaných z profilů tvaru U, k nimž jsou přinýtovány nebo přivařeny profilové příčky. Podélníky spolu s příčkami tvoří pevnou soustavu obdélníkového tvaru – rám.

Páteřový rám (obr. 48) – jeho základem je páteřová (nosná) roura, která má vpředu, popř. vzadu rozvidlený nosník pro motor, popř. rozvodovku. Páteřová roura může být vpředu prodloužena skříní převodovky a motoru a vzadu rozvodovkou zadní nápravy; potom jde o *páteřový rám nastavný*. Je-li nosník vpředu (kvůli uložení motoru) nebo vzadu (kvůli uložení rozvodovky) rozvidlený, jde o *páteřový rám vidlicový*. Tento rám se uplatnil u starších automobilů (např. Škoda Spartak, Octavia).



Obr. 47. Obdélníkový (dříve žebřinový) rám
1 – podélník, 2 – příčka



Obr. 48. Páteřový rám vidlicový
1 – páteřový nosník, 2 – vidlice

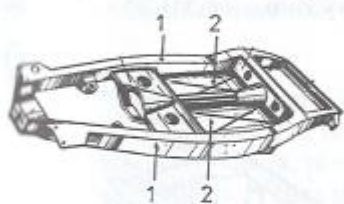
Páteřový rám (nosník) nastavný s použitím výkyvných polonáprav používá Tatra (obr. 49). Pomocný rám k montáži nástavby je uchycen na páteřovém nosníku.

Plošinový rám (obr. 50) je plošina z ocelového plechu (tloušťky 0,8 až 1,25 mm), která má na okrajích přivařeny obdélníky. Ocelová plošina tvoří současně podlahu karosérie. Karosérie je k rámu připevněna šrouby, a tak s ním vytváří pevnější celek (např. Renault, Volkswagen). V současnosti je nahrazen *samonosnou karosérií*.

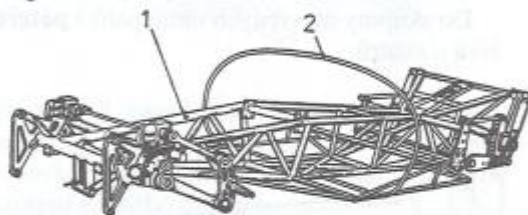
Příhradový rám (obr. 51) je vytvořen jako prostorová příhradová konstrukce. Zpravidla se vyrábí z trubek nebo výlisků. Používá se u závodních automobilů a u některých autobusů.

Smišený rám je takový, který slučuje stavební prvky několika druhů rámu.

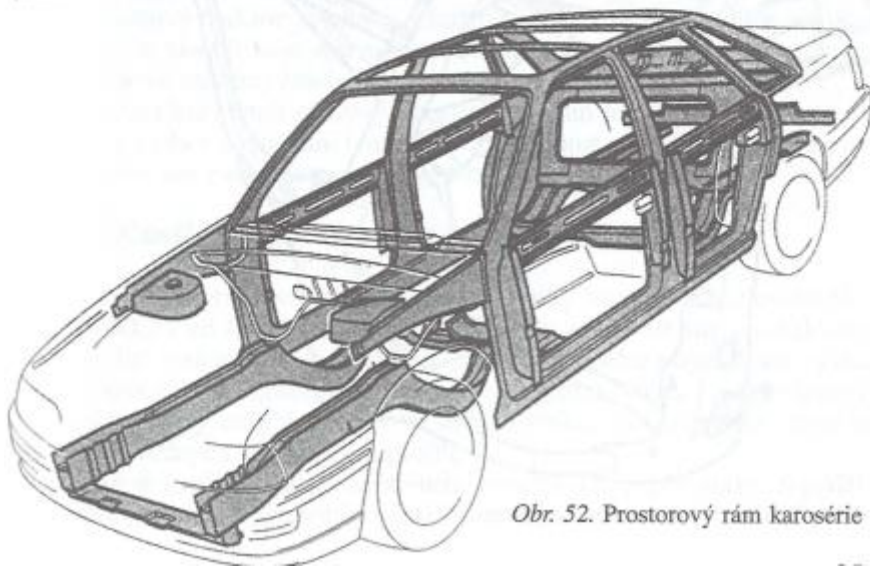
Prostorový rám karosérie (obr. 52). Základ (skelet) karosérie tvoří prostorová konstrukce z hliníkových profilů, navržená počítačovou metodou konečných prvků. Výhody jsou v pevnosti, lehkosti a trvanlivosti karosérie.



Obr. 50. Plošinový rám
1 - skříňový podélník, 2 - nosná plošina



Obr. 51. Příhradový rám
1 - trubkový podélník, 2 - ochranný oblouk



Obr. 52. Prostorový rám karosérie

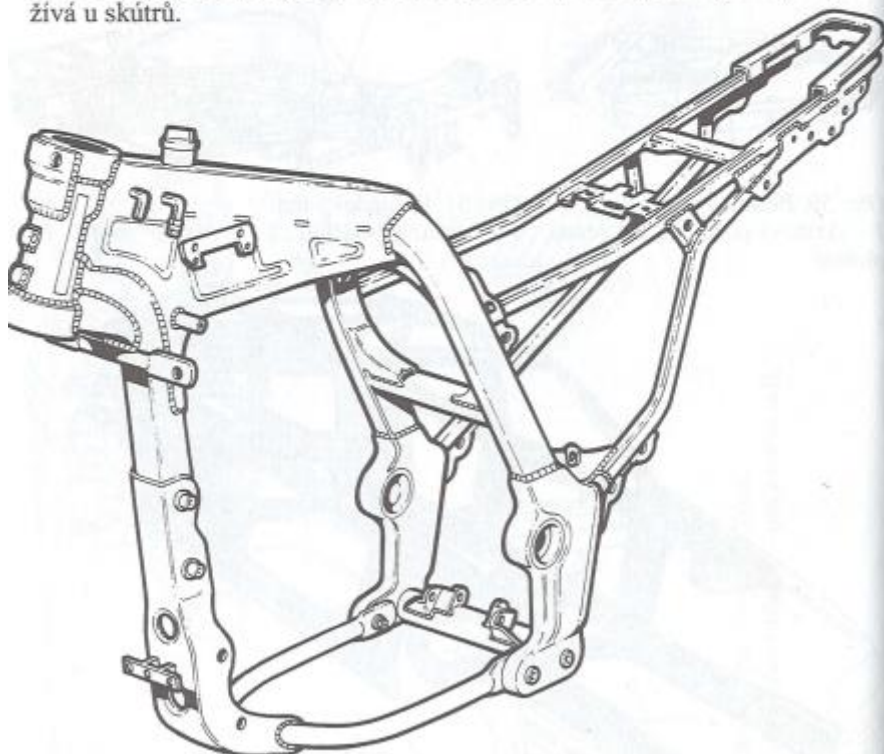
Rámy motocyklů a traktorů

Motocykový rám spojuje jednotlivé montážní skupiny i samostatné díly do pevného celku. Rám je důležitou nosnou částí motocyklu, a proto musí být tuhý a odolný proti dynamickému namáhání.

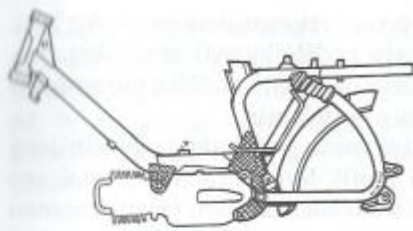
Uzavřený motocykový rám (obr. 53) je vytvořen z nosných prvků (kovových trubek nebo plechových výlisků), které spojují hlavu pro čep řízení se zadní vidlicí (pevnou, jež bývá přímo jeho částí, nebo výkyvnou) a probíhají nad motorem i pod ním, přičemž v těchto částech mohou být nosné prvky jednoduché nebo dvojitě.

Otevřený motocykový rám (obr. 54) je vytvořen z nosných prvků (kovových trubek nebo plechových výlisků), které spojují hlavu řízení se zadní vidlicí (pevnou, jež bývá přímo jeho částí, nebo výkyvnou), přičemž horní nosník probíhá nad motorem a dolní nosník je přerušen pro vestavěný motor nebo vestavěné hnací soustrojí.

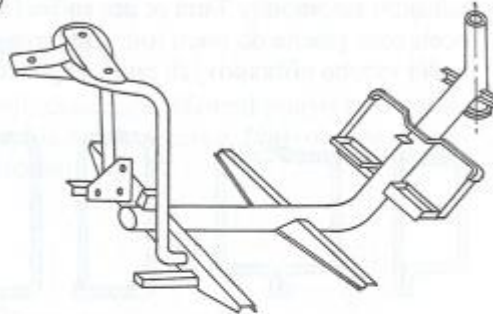
Do skupiny otevřených rámců patří i **páteřový rám** (obr. 55), který se používá u skútrů.



Obr. 53. Uzavřený motocykový rám



▲ Obr. 54. Otevřený motocyklový rám



Obr. 55. Páteřový rám pro skútr ►

Kolové traktory rám zpravidla nemají, jsou konstruovány jako *monoblokové celky*. To znamená, že nosnou část traktoru tvoří navzájem sešroubované hlavní celky, tj. motor, převodovka a skříň zadní nápravy. Žádný z těchto celků nelze vymontovat bez porušení nosného systému.

Monoblokové uspořádání traktoru může být prodlouženo krátkým žebřinovým rámem (vpředu), aby se zvětšil rozvor. Tento prodloužený rám slouží pro zavěšení zemědělského nářadí.

Polorámový traktor je takový, jehož rám tvoří zpravidla vidlice pro uložení motoru, která je napojena na převodovku. Je-li třeba, lze vymontovat jen motor, zbytek traktoru zůstává na kolech.

Pásově traktory mají rámovou konstrukci. Rám je zde hlavním nosným prvkem a spolu s nápravami tvoří podvozek. Motor a jiné celky traktoru lze vymontovat bez porušení nosného systému.

Části rámu, materiál a konstrukce

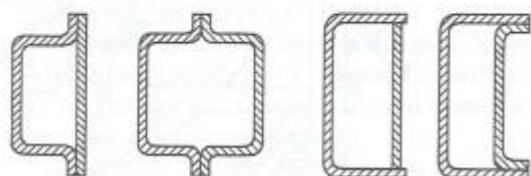
Hlavní částí žebřinového rámu jsou **podélníky** lisované z ocelového plechu tloušťky 2 až 4 mm pro osobní automobily a 4 až 10 mm pro nákladní automobily. Podélníky mají zpravidla profil U. Po délce mají různou výšku. Přední konce jsou ohnuté dolů, pro lepší uchycení pružin přední nápravy. Přívěsy a návěsy mají podélníky se stejnou výškou po celé délce, které se vyrábějí z běžných válcovaných profilů I.

Příčky se lisují a vyrábějí ze stejného materiálu jako podélníky. K podélníkům se připevňují nýtováním nebo svážením.

Rám je při jízdě v terénu a po nerovné vozovce namáhán na ohyb a krut. Vzhledem k namáhání je nejvýhodnější, aby podélníky byly přímé, bez ohybů. Na výrobu podélníků a příček se používá ocel ČSN 11 520 a pro svařované rámy ocel ČSN 11 523 se zaručitelnou svařitelností.

Na výrobu páteřových ráků se používá místo podélníků jeden středový nosník, který má kruhový nebo hranatý profil. Střední rourový nosník pro nákladní automobily Tatra se pro snížení výrobních nákladů vyrábí stáčením ocelového plechu do tvaru roury, která se potom po celé délce svařuje.

Na výrobu příhradových ráků se používají trubky nebo výlisky (obr. 56).



Obr. 56. Profily podélníků a příček ráků

Pérování

Pérování je soubor prvků automobilu, které vytvářejí pružné spojení mezi nápravami a nástavbou (karosérií) a mají tyto základní funkce:

- zabezpečují maximálně možné pohodlí jízdy,
- zabezpečují maximálně možnou bezpečnost jízdy.

Pohodlí jízdy v automobilu rozumíme soubor podmínek vytvářejících v prostoru pro posádku automobilu takové prostředí, které vyvolává minimální fyzickou a psychickou únavu. Mimo mechanické kmitání automobilu, které je pro pohodlí jízdy rozhodující, ovlivňuje pohodlí jízdy také hluk, kvalita ovzduší v automobilu, výhled řidiče, jízdní vlastnosti automobilu a další okolnosti.

Lidské tělo je z hlediska kmitání velmi složitý systém, vnímá nejen velikost zrychlení, ale i frekvenci a směr kmitání; důležitá je i samotná poloha těla. Pérování má mít podobný kmitočet, jako má člověk při chůzi, tj. 65 až 110 kmitů za minutu.

Z uvedeného je možné stanovit dva základní požadavky na pérování automobilu z hlediska pohodlí jízdy:

- svislé zrychlení karosérie musí být minimální,
- kývavý pohyb karosérie ve svislé podélné rovině musí být minimální.

Jedním ze základních kritérií **bezpečnosti jízdy** automobilu je schopnost přenosu maximálních třecích sil v dotykových plochách pneumatik, jejichž

velikost je mimo jiné dána velikostí svislého zatížení kola automobilu. Každé kolísání zatížení kola vlivem dynamických sil, které vznikají při jízdě automobilu po nerovné vozovce, zmenšuje míru bezpečnosti jízdy. To znamená, že z hlediska bezpečnosti jízdy automobilu můžeme stanovit další požadavek na jeho pérování - kolísání svislého zatížení kola musí být minimální.

Druhy pérování

a) Podle *pružících prvků*.

Jako pružicí prvky se u převážné většiny současných automobilů používají ocelové pružiny, a to listové, vinuté nebo zkrutné, mimo ně se používá pérování:

- pneumatické,
- hydropneumatické,
- hydraulické,
- hydroelastické,
- pryžovými pružinami.

b) Podle *polohy* pružících prvků:

- podélné,
- příčné,
- šikmé,
- svislé,
- vodorovné,
- skloněné.

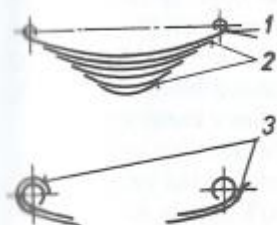
c) Podle *umístění* pružících prvků:

- přední,
- zadní,
- společné.

Listová pera

Listové pero je při provozu automobilu namáháno převážně ohybem – přenáší svislé síly. Vzhledem k jeho co nejmenší hmotnosti je vytvořeno přibližně jako nosník stálého napětí a je složeno z několika listů.

Listové pero je svazek ocelových listů, které jsou složeny na sebe. Podle umístění v automobilu rozeznáváme listová pera přední a zadní, podle polohy podélná, příčná a šikmá.

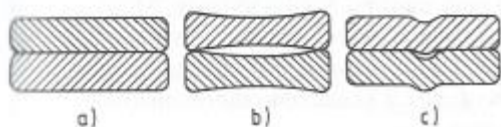


Obr. 58. Schéma poloeliptického listového pera
1 - hlavní list, 2 - opěrný list, 3 - zahnutí listů

Podélné poloeliptické listové pero (obr. 58) se skládá z listů, které mají stejnou šířku, ale různou délku. Hlavní list (nejdelší) má největší tloušťku a zpravidla na obou koncích oka pro připevnění pera. Druhý list má v některých případech volně zahnuté konce okolo ok hlavního listu k zajištění bezpečnosti v případě prasknutí hlavního listu. Ostatní jsou kratší a více prohnuté. Listy per se vyrábějí z pérové oceli. Průřez listů per je obdélníkový, hrany jsou zaoblené (obr. 59).

Při jízdě automobilu po nerovnostech cesty, ale zejména v terénu, se konce jednotlivých listů pera po sobě pohybují, čímž mezi nimi vzniká velké tření. Prach a další nečistoty, které vnikají mezi listy, mají nepříznivý vliv na vzájemné tření, tím i kvalitu pérování. Aby se zmenšil vnitřní odpor pera a pérování bylo pružné, dávají se v některých případech mezi jednotlivé listy vložky z plastu, nebo se listy per brousí. Mimo to se listy pera mažou. Tím se zmenšuje tření mezi listy pera a zabraňuje se jeho vrzání.

Vzájemná poloha listů pera (obr. 60) se v podélném směru pojišťuje svorníkem. Proti bočnímu posunutí se listy per pojišťují sponami. V okách per jsou ocelová nebo bronzová pouzdra, do nichž se vkládají čepy. K tlumení hluku a vibrací se používají pouzdra z pružné pryže. Čepy pro pera se vyrábějí z oceli a jejich povrch je cementovaný a broušený. Čep má na povrchu

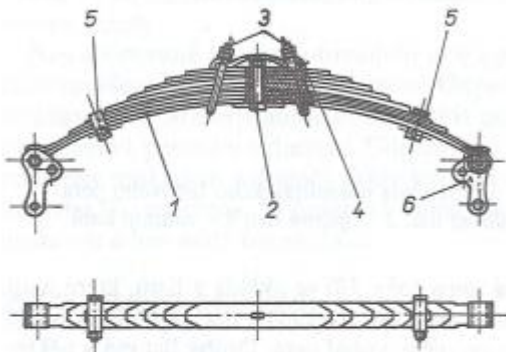


Obr. 59. Průřezy listů per
a) obdélníkový plochý průřez, b) obdélníkový vydutý průřez, c) obdélníkový drážkový průřez

drážky pro lepší mazání. Pouzdra z pružné pryže jsou výhodnější, protože se nemusí mazat, ale nejsou tak trvanlivá jako pouzdra z oceli nebo bronzu.

Listové pero je k nápravě nebo rámu upnuto uprostřed *třmenem*. Mimo to se k uchycení per používají objímkové třmeny.

Pera nejsou k rámu na obou stranách uchycena pevně, protože jejich délka se při propérování mění. Pro přenos suvných sil perem je přední konec uchycen pevně v držáku a ten je připevněn k rámu, zadní konec pera je uchycen pomocí *výkyvného závěsu*.



Obr. 60. Poloeliptické listové pero

1 - listy pera, 2 - svorník pera, 3 - třmen pera, 4 - upínací deska pera, 5 - spona pera, 6 - páskový závěs

Pera jsou často chráněna před vlhkostí, korozi, prachem apod. *ochrannými obaly*. Většinou jsou z koženky, bývají též z plachtoviny nebo pryže. Jsou zapínací nebo šněrovací. Obaly rovněž pomáhají udržovat olej nebo tuk mezi listy, a tak zabraňují i vrzání pružin. Jejich nevýhodou je, že znemožňují kontrolu jednotlivých listů pružin.

Parabolické listové pero používané v současnosti u podvozkových dílů dosahuje úspor pružinové oceli tím, že se klasická listová pera se stejnou tloušťkou nahrazují parabolickými pery. Ta jako nosník stálé pevnosti lépe využívají materiál. Například ocelové parabolické pero pro automobil AVIA je o 35 % lehčí než klasické listové pero (má menší počet listů, tvar částí listů je parabolický, a tím dochází k lepšímu pružení).

Při použití parabolického pera z kompozitního materiálu se snižuje hmotnost dokonce až o 80 %. Parabolická pera mají také další výhody. Menší vnitřní tření umožňuje rychlejší návrat do jejich tvaru. Výroba je však náročnější a vyžaduje speciální válcovací zařízení. V provozu při prasknutí jednoho listu dochází k většímu poklesu tuhosti než u klasického mnoholistového pera, a tím i k rychlejšímu poruše celého pera.

Vinuté pružiny

K pérování automobilů se používají **tlačné vinuté pružiny**, zpravidla válcového tvaru s konstantním středním průměrem a s kruhovým průřezem drátu. Vinuté pružiny jsou zhotovovány z drátu z pružinové oceli. Stoupání vlnutí je takové, aby při maximálním stlačení pružiny byla zaručena bezpečná vůle mezi závity, jinak by pružina způsobovala hluk a přenos nárazů přímo do karosérie automobilu. Z pevnostních důvodů je povrch pružiny zpevněn kuličkováním. Na obou koncích pružiny jsou tzv. závěrné závity, které zabezpečují styk pružiny s opěrnými plochami a přenos sil. Délka závěrného závitu je nejméně $3/4$ kruhu (270°).

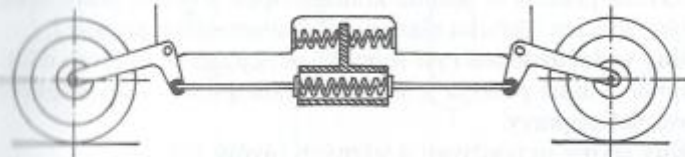
Progresivitu pérování vinutých pružin lze dosáhnout proměnlivým stoupáním závitů pružiny, proměnlivým průměrem vinuté pružiny (tzv. soudečková pružina) nebo proměnlivým průměrem pružinového drátu. (Průměr drátu se od střední části pružiny zmenšuje směrem k jednomu nebo oběma koncům.)

Vinuté pružiny dělíme na:

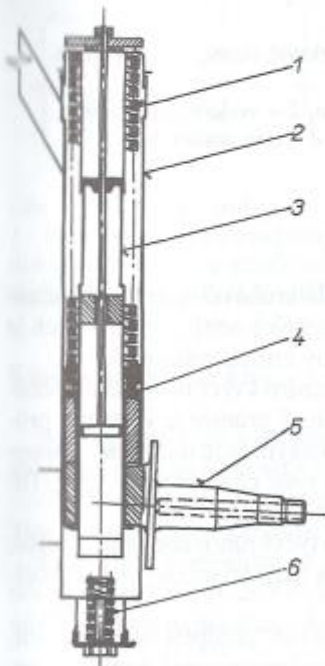
- zapouzdřené,
- nekryté.

Podle polohy je dělíme na:

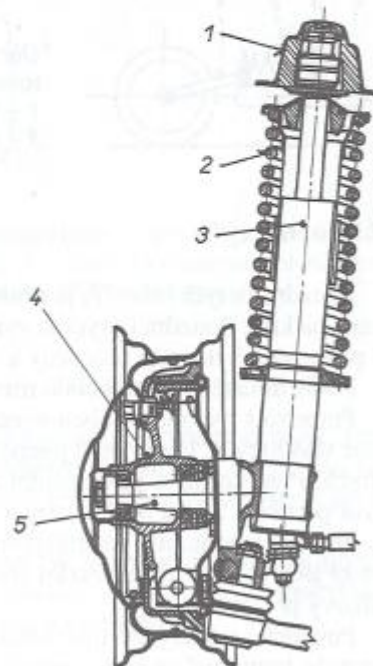
- vodorovné,
- svislé,
- šikmé.



Obr. 67. Použití zapouzdřené vinuté pružiny ve vodorovném uspořádání



Obr. 68. Použití zapouzdřené vinuté pružiny ve svislém uspořádání
1 - pružina, 2 - pouzdro, 3 - teleskopický tlumič pérování, 4 - axiální ložisko, 5 - čep kola, 6 - pružina



Obr. 69. Použití nekryté vinuté pružiny svislé
1 - pružné pouzdro, 2 - pružina, 3 - teleskopický tlumič pérování, 4 - náboj kola, 5 - čep kola

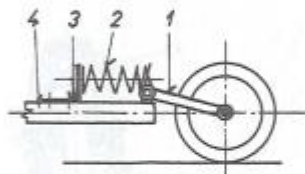
Vinuté pružiny zapouzdřené s vodorovným uspořádáním jsou stlačovány v uzavřeném pouzdru jedním ramenem dvouramenné páky. Na delším ramenu je upevněno kolo (obr. 67).

Vinuté pružiny zapouzdřené se svislým uspořádáním (obr. 68) se používají při posuvném zavěšení kol. Vinutá pružina je vedena trubkovým pláštěm, aby nemohla vybočit, a je stlačována pístem, který je spojen s čepem kola.

Vinuté pružiny svislé nekryté se používají u polonáprav i u tuhých náprav (obr. 69). Svislá pružina se jedním koncem opírá o polonápravu nebo nápravu a druhým koncem o příčku rámu nebo o samonosnou karosérii.

Vinuté pružiny vodorovné nekryté (obr. 70) se nejčastěji používají u klikových polonáprav. Vinutá pružina je opřena o rám a stlačována krátkým ramenem klikové polonápravy.

Vinuté pružiny šikmé se používají u šikmých závěsů kol.



Obr. 70. Použití nekryté vinuté pružiny vodorovné
1 - klikové rameno, 2 - vodorovná pružina,
3 - sedlo pružiny, 4 - rám automobilu

Zkrutné tyče

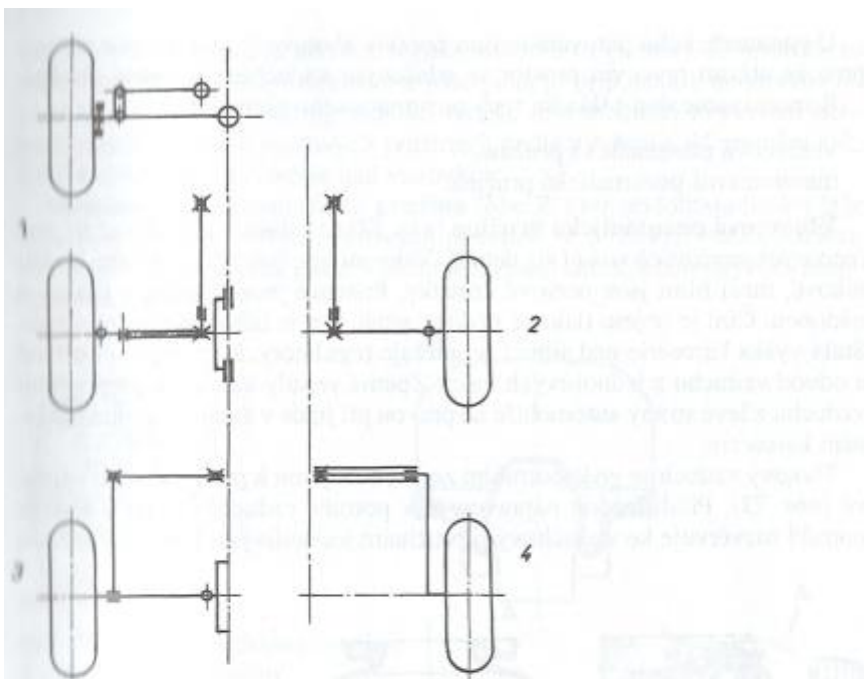
Pouzdro i s tyčí (obr. 71) je přímá tyč zpravidla kruhového průřezu, namáhaná na krut. Pouzdra i s tyčí se vyrábějí z pružinových ocelí, jejich povrch je z pevnostních důvodů broušený a často zpevněný kuličkováním.

Podle umístění v automobilu rozeznáváme pouzdro s tyčí podélné a příčné.

Pouzdro s tyčí má na obou koncích hlavy, jejichž průměr je větší než průměr vlastní tyče. Hlavy mají jemné drážkování, kterým jsou uchyceny v pouzdrech. Před korozí a poškozením nárazem jsou tyče chráněny pouzdry. Tuhost pérování závisí na průměru a délce pouzdra i s tyčí.

Některé automobily používají místo pouzdra s tyčí kruhového průřezu tyče, které jsou vytvořeny ze svazku ocelových pásů a mají čtvercový nebo obdélníkový průřez.

Pouzdra i s tyčí jsou upevněna tak, aby se jejich předpětí dalo nastavit, protože torzní tyč se časem unaví. Předpětí se nastavuje natočením tyče pomocí jemného drážkování, které je na obou koncích tyče i v pouzdrech, v nichž je pružina uchycena, nebo se natáčí pouzdro i s tyčí.



Obr. 71. Použití zkrutné tyče

1 - nezkrácená kyvadlová polonáprava s podélnou zkrutnou tyčí, 2 - zkrácená kyvadlová polonáprava s podélnou zkrutnou tyčí, 3 - úhlová kyvadlová polonáprava s příčnou zkrutnou tyčí, 4 - kliková polonáprava s příčnou zkrutnou tyčí

Smišené pérování

Nejvíce používanou kombinací jsou listová pera s vinutými pružinami. Toto spojení se využívá při velkých rozdílech zatížení automobilu. Při malém zatížení působí jen vinutá pružina, při větším zatížení začne působit listové pero. Tím získá pérování progresivní účinek.

Mimo tuto kombinaci se používá zkrutná tyč ve spojení s vinutou pružinou. Při sloučení podélné zkrutné tyče s vinutou pružinou se progresivního účinku pérování dosáhne vhodnou volbou délky ramena.

Pneumatické pérování

Pneumatické pérování se používá převážně u nákladních automobilů a autobusů, kde je obvykle k dispozici zdroj stlačeného vzduchu. Ojedinelé se používá u velkých osobních automobilů.

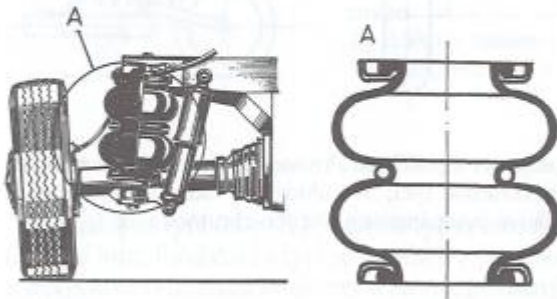
U pneumatického pérování nejsou pružiny zhotoveny jako válec s pístem, protože utěsnit pracovní prostor se stlačeným vzduchem je velmi obtížné.

Rozeznáváme dva základní typy pneumatického pérování:

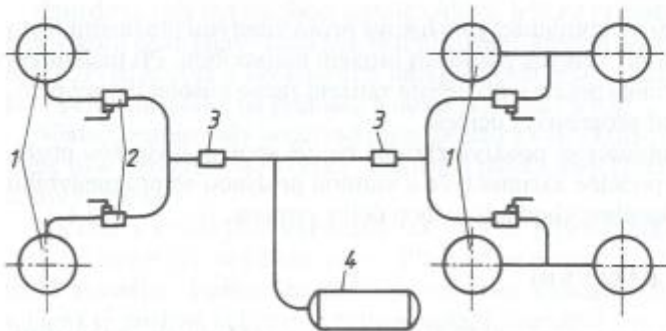
- vlnovcová pneumatická pružina,
- membránová pneumatická pružina.

Vlnovcová pneumatická pružina (obr. 72) se skládá z jednoho až tří *prstencových pryžových vaků* (viz detail). Vaky mohou být kruhové nebo obdélníkové, mezi nimi jsou ocelové kroužky. Prstence jsou spojeny s tlakovou nádobou. Čím je objem tlakové nádoby větší, tím je tuhost pérování menší. Stálá výška karosérie nad silnicí se udržuje regulátory, které regulují přívod a odvod vzduchu z jednotlivých vaků. Zpětné ventily zabraňují přepouštění vzduchu z levé strany automobilu na pravou při jízdě v zatáčce, a tím i naklání karosérie.

Tlakový vzduch se vede potrubím ze vzduchojemu k přední a zadní nápravě (obr. 73). Před každou nápravou je v potrubí vzduchový čistič. Pak se potrubí rozvětjuje ke vzduchovým pružinám jednotlivých kol. Před každou



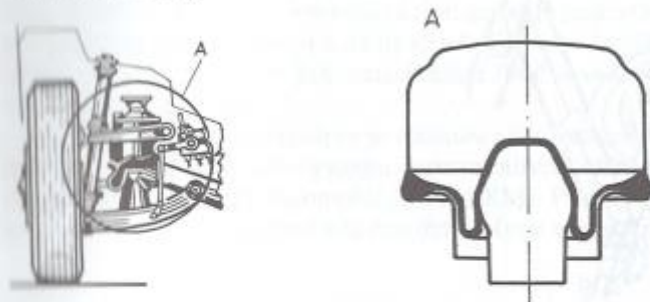
Obr. 72. Použití vlnovcové pneumatické pružiny
A - detail průřezu pružiny



Obr. 73. Schéma pneumatického pérování
1 - vzduchová pružina, 2 - regulační ventil, 3 - čistič vzduchu, 4 - vzduchojem

vzduchovou pružinou je zařazen regulační ventil (regulátor). Je upevněn na odpérované části (rám, karosérie) a jeho páka je připojena k neodpérované části (náprava). Úkolem regulačního ventilu je samočinné zvyšování nebo snižování tlaku ve vzduchových pružinách podle zatížení a již zmíněné udržování stálé výšky karosérie nad vozovkou.

Membránová pneumatická pružina (obr. 74) má podobnou funkci jako vlnovcová pružina. Místo pryžových prstenců se používají ocelová tělesa, která mají funkci válce a pístu, těsnění mezi nimi zabezpečuje pryžová membrána (viz detail).



Obr. 74. Použití membránové pružiny
A - detail průřezu pružiny

Pneumatické pérování osobních automobilů

Přednosti elektronicky řízeného pneumatického pérování lze dobře využít i u osobních automobilů. Výhodou pneumatického pérování je možnost regulace tlaku vzduchu v pružicích jednotkách, a tím i přizpůsobení tuhosti pérování zatížení vozidla. Extrémně lehké konstrukce osobních automobilů mají totiž značně velký zatěžovací poměr (hmotnost zatíženého vozidla k pohotovostní hmotnosti). Je proto třeba zajistit proměnlivou tuhost pérování, což právě umožňuje pneumatické pérování. To vede i k žádoucímu zvýšení pohodlí jízdy. Optimalizací polohy vozidla vzhledem k vozovce se navíc zlepší i jeho aerodynamika, což se projeví dalším snížením spotřeby paliva. Na obr. 75 je konvenční pérování nahrazeno pneumatickým (levá strana vozidla), které ani není prostorově náročnější.

Pryžové části pružin - prstence, membrány - musí mít velkou pevnost a odolnost proti únavě. Jejich konstrukce a materiály jsou podobné jako u plášťů pneumatik.

Ovládání pneumatických pružin může být uspořádáno jako otevřené, u něhož se vzduch z pružin vypouští do atmosféry, nebo jako uzavřené, u něhož se vzduch z pružin odvádí do nízkotlakého vzduchojemu.

Tlumiče pérování

K tlumení pérování automobilů se používají **tlumiče**. Tlumicí síla vzniká odporem při průtoku tlumicího média škrticími ventily. Část energie se přemění na teplo.

Úkolem tlumičů pérování je tlumit kmitání kol automobilu vzniklé přejezdem nerovnosti silnice. Tlumiče pérování však nesmějí bránit propérování při prvním nájezdu na nerovnost. Nedotýkají-li se kola automobilu silnice, nemohou přenášet hnací ani brzdicí sílu. Tlumením pérování se jízda zpříjemňuje a zlepšuje se ovladatelnost automobilu, a tím i jeho bezpečnost.

Tlumiče pérování se umísťují mezi nápravu a rám, popř. karosérii, co nejblíže k pružinám. Má-li automobil vinuté pružiny, umísťují se téměř vždy do jejich osy.

Tlumiče pérování dělíme:

1. Podle *tlumicího média* na:

- kapalinové (hydraulické),
- plynokapalinové,
- plynové.

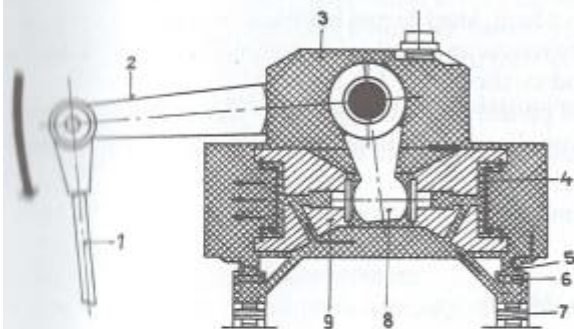
2. Podle *konstrukce* na:

- pákové,
- teleskopické jednoplášťové,
- teleskopické dvouplášťové.

3. Podle *působení* na:

- jednočinné, které tlumí jen v jednom směru pohybu,
- dvoučinné, které tlumí v obou směrech pohybu.

Dvoučinný hydraulický pákový tlumič pérování (obr. 80) pracuje tak, že jeho páka, která je spojena s nápravou táhlem, při jehož pohybu se páka natočí, otáčí současně hřídelem, na němž je upevněn palec. Palec posouvá dvojitý píst ve válci naplněném tlumičovou kapalinou na jednu nebo druhou stranu. Pohybem pístu se tlumičová kapalina vytlačuje z prostoru před pístem a prochází škrticím ventilem do volného prostoru za druhým pístem. Aby při zpátečním pohybu pístu nestoupal před ním tlak oleje, jsou v pístu ventily, které se otevřou. Tento typ tlumiče se používal u starších automobilů (nákladní automobil Praga V3S).



Obr. 80. Dvoučinný hydraulický pákový tlumič pérování
 1 - táhlo mezi nápravou a pákou tlumiče, 2 - páka tlumiče, 3 - zásobní (vyrovnávací) nádrž na olej, 4 - ventil v pístu, 5 - výstupní otvor, 6 - přepouštěcí ventil, 7 - regulační šroub, 8 - palec, 9 - dvojitý píst

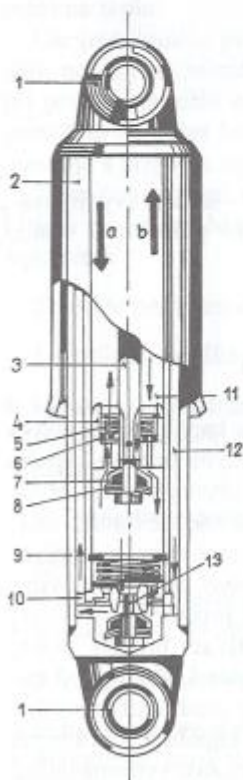
Dvouplášťový teleskopický tlumič pérování

V pracovním (vnitřním) válci naplněném tlumičovou kapalinou se pohybuje píst s ventily - nízkotlakým a vysokotlakým. Při pohybu pístu se kapalina přetlačuje z jedné části pracovního prostoru do druhé otvory ventilů. Hydraulický odpor, který vzniká při tomto škrtení průtoku, je vlastně tlumicí síla, jejíž velikost závisí na rychlosti pohybu pístu. Mezi pracovním a vnějším válcem (plášťem) tlumiče je vyrovnávací prostor naplněný asi do poloviny tlumičovou kapalinou. Mezi pracovním a vyrovnávacím prostorem je vyrovnávací příčka, v níž jsou vyrovnávací ventily. Vyrovnávací prostor slouží k vyrovnání rozdílů skutečného objemu pracovního prostoru, který se při zasouvání pístnice postupně zmenšuje, a také k vyrovnání rozdílů objemu tlumičové kapaliny vlivem proměnlivé teploty. Přebytečná kapalina, která je při stlačování tlumiče vytlačována zasouvající se pístnicí, proudí vyrovnávacím

ventilem do vyrovnávacího prostoru. Při roztahování tlumiče proudí zpět do pracovního prostoru. Horní konec pracovního a vyrovnávacího prostoru je uzavřen víkem, v němž je vodící pouzdro pístnice a těsnící kroužek pístnice. Víko může být namontováno buď rozebíratelně (např. závitovým spojením), nebo nerozebíratelně (např. zaválcováním). Pístnice je proti mechanickému poškození a znečištění chráněna ochranným pláštěm (obr. 81).

Aby tlumič plnil dobře svou funkci, pracovní prostor musí být vyplněn tlumičovou kapalinou bez vzduchových polštářů. Jinak stlačitelný vzduch totiž způsobuje kolísání tlumičí síly, a tím se účinek tlumiče zhoršuje. Proto dvouplášťový tlumič nemůže pracovat v libovolné poloze. Například při velmi šikmé poloze by se mohl vzduch, který je nad hladinou kapaliny ve vyrovnávacím prostoru, dostat vyrovnávacím ventilem do pracovního prostoru. Sklon dvouplášťového tlumiče od svislice může být max. 45°.

Vzduchový polštář nad pístem se může vytvořit i následkem vyrovnání teploty ohřátého tlumiče s okolím při delším přerušení jízdy automobilu (např.



Obr. 81. Dvouplášťový teleskopický tlumič pérování
 1 - upevňovací oka s pryžovou vložkou, 2 - ochranný plášť, 3 - pístní tyč, 4 - píst, 5 - tlačná pružina, 6 - nízkotlakový ventil, 7 - talíř ventilu, 8 - kotoučová pružina, 9 - vnější trubka, 10 - spodní ventilové těleso, 11 - pracovní prostor, 12 - vyrovnávací prostor, 13 - ventily

při stání v noci). Následkem tepelné roztažnosti kapaliny se její objem zmenší a vzduch pronikne nad píst. (Když je píst v klidu, průtokové otvory ve ventilech jsou uzavřeny a spojení s vyrovnávacím prostorem je přerušeno.) Projeví se to na začátku jízdy automobilu zhoršenou činností tlumiče, a tím i nepřijemným hlukem.

Jednoplášťový teleskopický tlumič

Na rozdíl od dvouplášťového tlumiče nemá jednoplášťový tlumič (obr. 82) vyrovnávací prostor mezi pracovním a vnějším válcem. Vyrovnání rozdílů objemů pracovního prostoru a tlumičové kapaliny umožňuje objem stlačitelného vzduchu přímo v pracovním prostoru tlumiče.

Jednoplášťové tlumiče mají proti dvouplášťovým tyto *výhody*:

- větší průměr pracovního pístu při stejném vnějším průměru, a proto i nižší pracovní tlaky kapaliny,
- lepší funkci při kmitání s vyššími frekvencemi, protože vnitřní přetlak v kapalině zabraňuje jejímu pění,
- lepší chlazení pracovního prostoru,
- necitlivost na změnu objemu kapaliny při ochlazení tlumiče v době mimo provoz.

Nedostatkem jednoplášťových tlumičů je jejich menší těsnost a kratší životnost těsnících kroužků pístnice.

Plynokapalinové tlumiče

Za vysokých rychlostí může proudění oleje v tlumiči způsobit pění, a vzniklá pěna narušuje optimální průtok oleje ventily. Přidaná (oddělená) náplň plynného dusíku pod tlakem omezuje vznik pění, a tak zvyšuje účinnost tlumičů.

Existují dva druhy tlumičů s plynovou náplní:

- * jednoplášťový tlumič s plynem pod vysokým tlakem,
- * dvouplášťový tlumič s plynem pod nízkým tlakem.

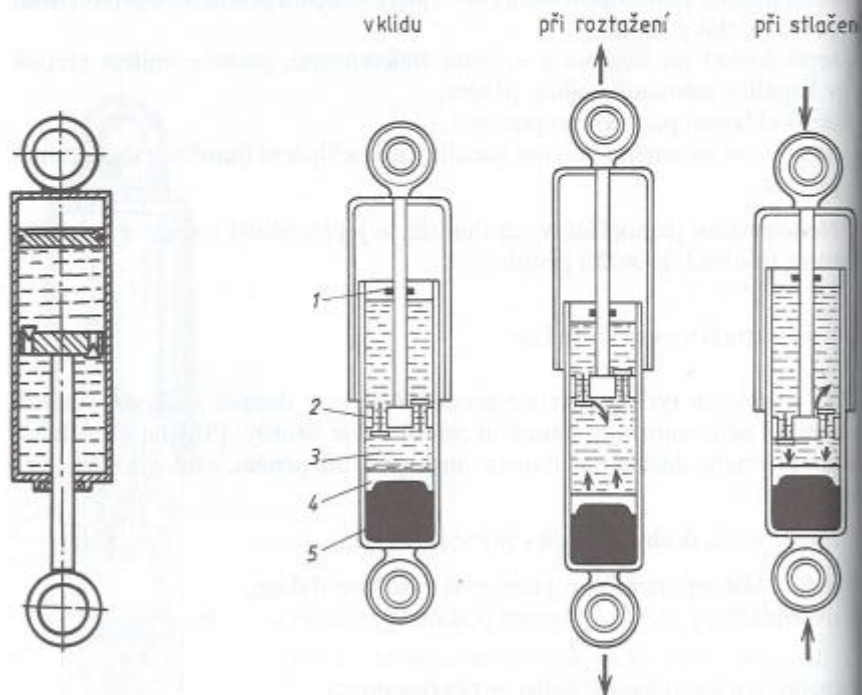
Vysokotlaký tlumič jednoplášťový

Tlumiče s plynovou náplní pracují na stejném principu jako hydraulické tlumiče (vratný pohyb pístu v trubici naplněné olejem), ale na jednom konci mají náplň malého množství plynného dusíku pod vysokým tlakem (2,5 MPa).

Tato plynová náplň je od oleje oddělena plovoucím pístem, který brání smíchání obou médií (obr. 83). Při zasouvání do těla tlumiče vytlačí pístnice část oleje a tento olej částečně stlačí plynovou náplň. Plyn v důsledku toho snižuje svůj objem, a tak působí jako vyrovnávací trubice. Trvalý tlak, kterým plyn působí na olej, zaručuje okamžitou reakci tlumiče a tišší provoz ventilů pístu. Kromě toho tento tlak vylučuje pění oleje, jež by mohlo chvilkově narušit funkci tlumiče.

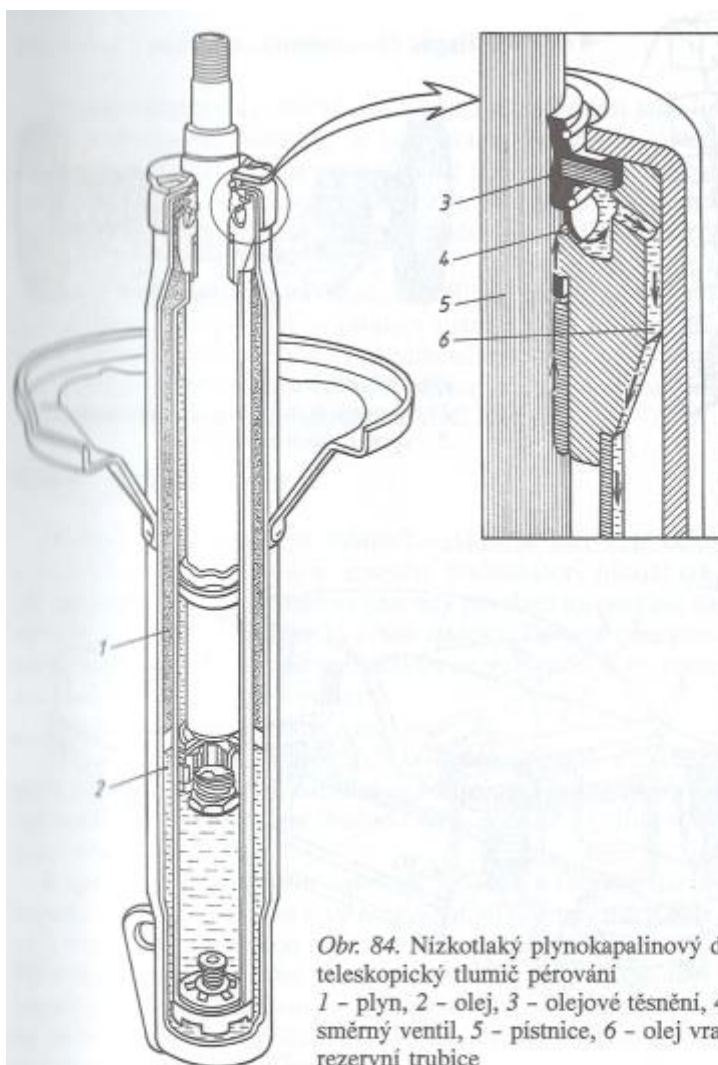
Nizkotlaký tlumič dvouplášťový

V horní části zásobní trubice je náplň dusíku pod tlakem 0,25 až 0,5 MPa. Náplň je jednorázová na celou dobu životnosti tlumiče (plní se při výrobě). Plyn odděluje od oleje v horní části tlumiče speciální těsnění. Tento typ tlumiče je vhodný pro použití u konstrukce zavěšení McPherson (obr. 84).



Obr. 82. Jednoplášťový teleskopický tlumič pérování

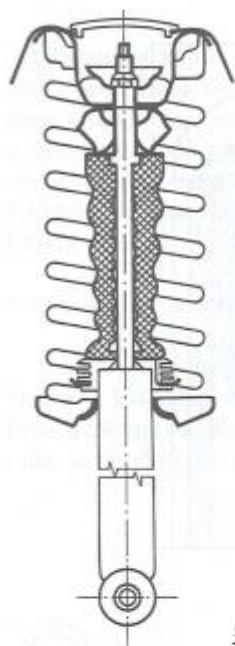
Obr. 83. Vysokotlaký plynokapalinový jednoplášťový teleskopický tlumič pérování
1 - těsnění, 2 - pracovní píst, 3 - olej, 4 - plovoucí píst, 5 - plyn



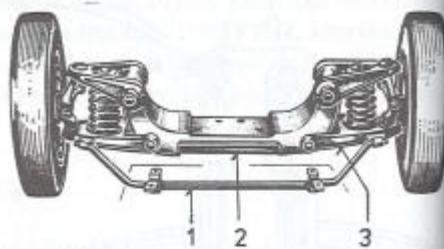
Obr. 84. Nizkotlaký plynokapalinový dvouplášťový teleskopický tlumič pérování
 1 - plyn, 2 - olej, 3 - olejové těsnění, 4 - jednosměrný ventil, 5 - pístnice, 6 - olej vracející se do rezervní trubice

Speciální konstrukce tlumičů

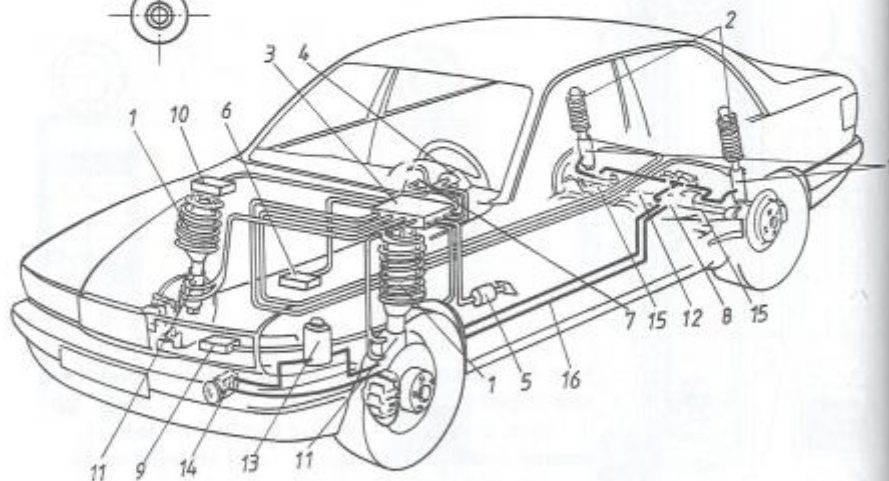
Kompenzační tlumič (obr. 85) je kapalinový tlumič doplněný *kompenzační polyuretanovou pružinou* (viz obr. 54). Při stání prázdného vozidla se pružina téměř nedotýká těla tlumiče. Vlivem zařízení se tato pružina s progresivní charakteristikou postupně stlačuje, takže nedochází k prověšení (sednutí) zadní části vozidla.



◀ Obr. 85. Tlumič s kompenzační pružinou



Obr. 87. Zkrutný stabilizátor
1 - zkrutný stabilizátor, 2 - nápravnice,
3 - spodní závěsné rameno



Obr. 86. Schéma elektronické regulace tuhosti pérování

1 - pružici a tlumící jednotka ADC, 2 - pružici a tlumící jednotka ADC se zátěžovým korektorem, 3 - elektronická řídicí jednotka, 4 - snímač rychlosti vozu, 5 - snímač tlaku v brzdové soustavě, 6 - snímač polohy regulačního členu zatížení motoru, 7 - snímač polohy (natočení) řízení, 8 - snímač světlé výšky vozu, 9 - snímač zrychlení karosérie vozu, 10 - snímač zrychlení kola, 11 - řídicí elektroventil, 12 - regulační ventil, 13 - zásobník kapaliny, 14 - vysokotlaké čerpadlo, 15 - tlakový akumulátor, 16 - přívodní a vratné potrubí kapalinového ovládacího okruhu

Elektronické řízení tuhosti tlumení

Tlumiče disponují třemi stupni tuhosti, označenými jako komfortní, normální a sportovní. Nastavují se buď ručně přepínačem u řadicí páky, nebo elektronicky samočinně na základě celé řady informací. Jedno z čidel např. zaznamenává vertikální pohyb karosérie, další snímá natočení kol. Čidlo snímající polohu škrtkové klapky udává zrychlení vozidla. O snižování rychlosti vozidla informuje řídicí jednotku tlakový snímač v brzdovém systému.

Každý z dvouplášťových tlumičů s plynokapalinovou náplní má svůj nastavovací motorek, umístěný přímo v pístnici, který mění podle pokynů elektronické řídicí jednotky natočení rotačního šoupátka s otvory různých průměrů, a tím i průtok oleje v tlumiči. Změnu seřízení lze uskutečnit během 0,3 s. Tento systém se označuje zkratkou ADC (obr. 86).

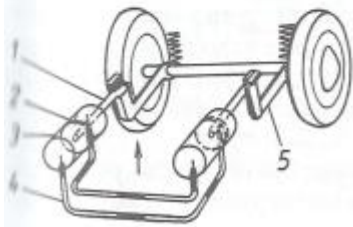
Stabilizátory

Účelem stabilizátorů je zabránit naklánění karosérie odstředivou silou v zatáčkách nebo ho alespoň zmenšit. Stabilizátory působí tak, že v zatáčce při naklonění vozidla přenesou část síly působící na pružiny automobilu vně zatáčky na pružiny automobilu uvnitř zatáčky. Tím se strana automobilu uvnitř zatáčky stlačí dolů, těžiště automobilu se vzhledem k otočnému bodu sníží a automobil se částečně vyrovná.

Stabilizátory jsou zkrutné a olejové.

Zkrutný stabilizátor (obr. 87) je v podstatě příčná zkrutná tyč, která je svými konci připojena k nápravě nebo ke spodním ramenům. Při naklonění karosérie je vnější pružina stlačena více. Tomuto většímu stlačení brání odpor kroucení stabilizátoru.

Kapalinový stabilizátor (obr. 88) je založen na principu spojení dvojice kapalinových tlumičů (na levé a pravé straně automobilu) potrubím. Ve válcích jsou písty, které jsou pákovým převodem spojeny s jednotlivými koly. Při výkyvu kol se ve válci posouvá píst, který před sebou tlačí hydraulickou kapalinu škrticím ventilem na druhou stranu pístu válce, umístěného na druhé straně automobilu. Stabilizačního účinku se dosahuje navzájem závislým pohybem levého a pravého kola.



Obr. 88. Kapalinový stabilizátor
1 - pístnice, 2 - píst, 3 - válec, 4 - spojovací potrubí, 5 - klikové rameno

U pneumatického a hydropneumatického pérování se stabilizačního účinku dosahuje spojením dvojice pružicích prvků a řízením průtoku média ventilem.

Nápravy

Náprava je ta část podvozku automobilu, jejímž prostřednictvím jsou dvě protilehlá kola (pravé a levé) dvoustopého automobilu zavěšena na jeho nosné konstrukci nebo na nosných částech podvěsu. Tato konstrukce musí umožňovat přesné a dostatečně pevné vedení všech kol a musí zabezpečit přenos všech sil automobilu na nápravu. Náprava má být dost pevná a přitom co nejlehčí, protože patří k neodpěrovaným hmotám. Velikost setrvačných sil působících na nápravu při jízdě v nerovném terénu se zvyšuje úměrně s její hmotností. Proto má velká hmotnost nápravy nepříznivý vliv na jízdní vlastnosti automobilu.

Podle konstrukce rozeznáváme nápravy:

- tuhé,
- výkyvné.

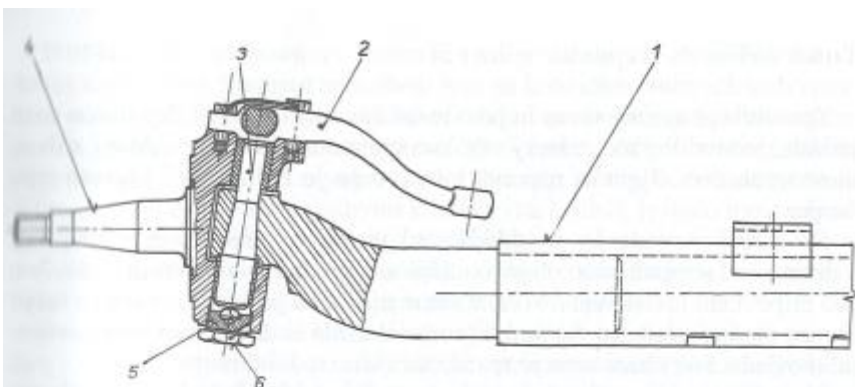
Tuhá náprava

Tuhá náprava má pevnou část – *nápravnici* nebo *most*, na jejichž koncích jsou na čepech uložena kola. Nápravnice je zpravidla nosník plného průřezu. Most je dutý nosník, jehož střední díl tvoří skříň rozvodovky. Je-li tato náprava vyrobena z jednoho kusu, nazývá se **celistvá náprava**. Je-li složena z jednotlivých navzájem sešroubovaných nebo svařených dílů, nazývá se **skládaná náprava**. Tuhá náprava vede dobře kola a nemění jejich rozchod, její nevýhodou je však větší neodpěrovaná hmotnost.

Tuhá celistvá náprava – hnaná

Zpravidla je to přední náprava, která je zároveň i řídicí nápravou (*obr. 89*). Hlavní nosná část je nápravnice, k níž jsou pomocí rejdových čepů připevněny čepy kol. Nápravnice má na horní straně sedla pro pera s otvory pro třmeny per a uprostřed jamku pro ukotvení svorníku pera nebo příčný žlábek pro ukotvení listového pera. Konce nápravnice tvoří oka rejdových čepů. Okolo čepu se otáčí čep kola. K čepu kola je připevněn držák čelistí a kryt nebo štit brzdy a řídicí mechanismus.

Tuhá náprava má být co nejlehčí, musí však být dostatečně pevná, aby odolávala nepříznivému namáhání na ohyb a krut zejména při brzdění, smy-



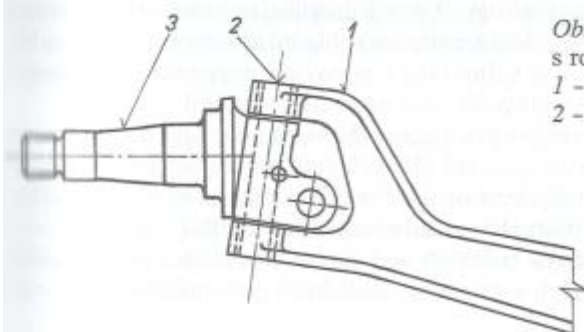
Obr. 89. Přední tuhá celistvá náprava s nerozvidlenou nápravnicí

1 - trubková nápravnice, 2 - řídicí páka, 3 - rejdový čep, 4 - čep kola, 5 - opěrná pánev, 6 - seřizovací šroub

ku a při jízdě po nerovném povrchu. Nápravnice se proto zpravidla vyrábí jako zápusťkový výkovek s profilem I, který na obou koncích přechází do plného kruhového, oválného nebo obdélníkového profilu. Nápravnice se vyrábějí i z bezešvých trubek, k nimž jsou sedla pružin a oka čepů řízení přivařena.

Ukončení nápravnice, a tedy i její spojení s rejdovým čepem kola může být různé. Nejběžnější je **nerozvidlená nápravnice** (obr. 89). Na každé straně nápravnice je jedno oko, k němuž se rejdovým čepem připojuje rozvidlený čep kola. Tíha automobilu se tak přenáší z nápravnice na čep kola přes rejdový čep opěrnou pánev nebo kalenou ocelovou kouli. Tím se zaručí mezera mezi dolní plochou oka a spodní částí vidlice čepu kola, což usnadňuje řízení.

Používá se i **rozvidlená nápravnice**. Čep kola je u této nápravnice svým okem upevněn do rejdového čepu a ten je uchycen do vidlice nápravnice. Čep kola je do rejdového čepu pevně zalisován a spolu s ním je v okách nápravnice otočný (obr. 90).



Obr. 90. Přední tuhá náprava s rozvidlenou nápravnicí

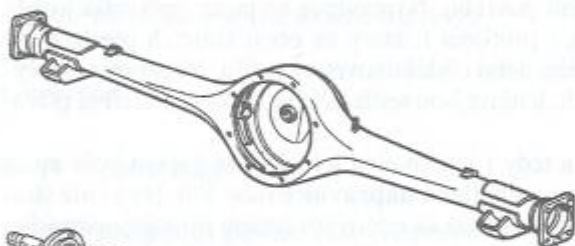
1 - rozvidlená nápravnice, 2 - rejdový čep, 3 - čep kola

Tuhá celistvá náprava - hnací

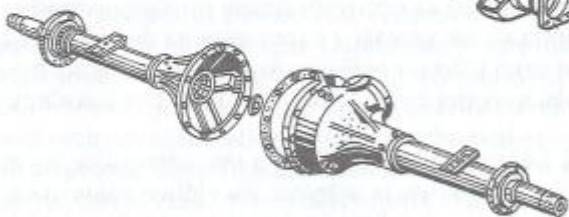
Zpravidla je umístěna vzadu jako zadní náprava (*obr. 91*). Její hlavní část je zadní jednodílný most, který vznikne spojením skříně rozvodovky a dvou mostových trub. Typická náprava tohoto typu je zadní hnací náprava typu *banjo*.

Do skříně rozvodovky se ukládá soukolí stálého převodu hnací nápravy a diferenciál se společnou olejovou náplní. Vpředu je velký otvor s přírubou pro připevnění ložiskového víka, v němž je uložen pastorek převodu a ložiska pro uložení planetových kol diferenciálu. Má-li diferenciál závěr, potom jeho ovládací mechanismus je rovněž ve skříně rozvodovky.

Mostové trouby tvoří ochranný kryt pro hnací hřídele kol. Mají sedla pro uložení pružin a u automobilů s pneumatickým převodem brzdy mají konzoly pro upevnění brzdových válců. Konce mostových trub jsou upraveny tak aby se k nim daly připevnit pevné části brzd a uložení hlav kol.



Obr. 91. Zadní tuhá celistvá náprava



Obr. 92. Zadní tuhá skládaná náprava

Tuhá jednodílná náprava (*obr. 91*) (s jednodílným mostem) se používá pro osobní automobily a pro lehké a střední nákladní automobily. Jednodílný most má výhodu v tom, že je velmi tuhý a pevný při nejmenší možné hmotnosti. Nevýhodou je, že se při poškození musí celý vyměnit.

Tuhá skládaná náprava je vytvořena ze dvou, tří nebo čtyř dílů. Při montáži i při opravách, zejména opravách těžkých automobilů, se lépe manipuluje s menšími celky. Při poškození není třeba měnit celý most, ale jen poškozenou část. Částečnou nevýhodou je, že náprava má menší pevnost.

Dvoudílná tuhá náprava (*obr. 92*) se používá u větších a těžších osobních automobilů a u lehkých a středních nákladních automobilů.

Třídílná tuhá náprava má mostové trouby zalisovány do skříně rozvodovky a přivařeny. Stejným způsobem jsou na koncích mostových trub upevněny poloviny skříní druhého stálého převodu hnací nápravy terénních automobilů. Druhý a třetí díl mostu jsou vnější poloviny skříní druhého stálého převodu. Má-li automobil zdvojené hnací nápravy, které jsou poháněny z rozdělovací převodovky samostatnými kloubovými hřídeli, je tento most nesouměrný. Pera jsou vedena čtyřhrannými oky.

Čtyřdílná tuhá náprava má dvoudílnou skřínř rozvodovky a dvě mostové trouby. Všechny trouby jsou spojeny přírubovými spoji.

Tuhá hnací náprava se může použít i jako **přední řídicí** náprava, zejména u terénních automobilů a u automobilů s pohonem všech kol. Most nápravy může být stejně jako u zadních náprav jednodílný nebo vícedílný. Proti zadním nápravám je rozdíl jen v upevnění kol a v ukončení mostu nápravy. Kromě přenosu hnací síly musí být kola řiditelná. To umožňuje rozvidlené ukončení mostu a čepu kola.

Tuhou hnací nápravu zatěžují síly stejně jako tuhou hnanou nápravu, a to na ohyb ve svislé i vodorovné rovině a na krut.

Výkyvné nápravy

Výkyvné nápravy mají každé kolo zavěšeno nezávisle pomocí závěsů spojených s nosnou konstrukcí automobilu. Umožňují tak nezávislé pérování kol. Nepříznivé nárazy a výkyvy se omezují jen na jedno kolo, které právě překonává nerovnost terénu, a proto je automobil vystaven méně otřesům. Výkyvná náprava má velkou výhodu v tom, že má menší hmotnost, a tím zmenšuje neodpérované hmotnosti, zejména u hnací nápravy, kdy její nejtěžší část – rozvodovka – je pevně spojena s odpérovanými hmotami.

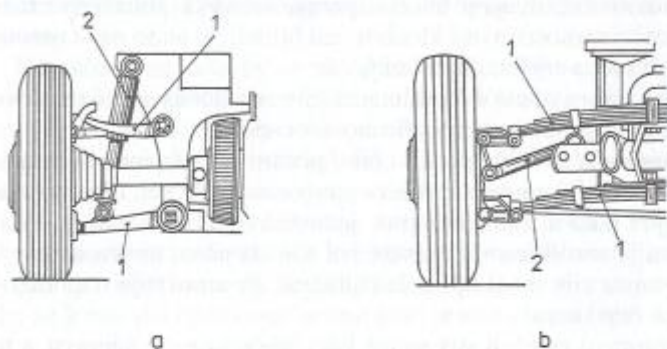
U nezávislého zavěšení kol se používají různé pružicí prvky, jako vinuté pružiny, zkrutné tyče, pryžové, hydroelastické a pneumatické pružiny.

Zavěšení kol, mimo pružinu pro každé kolo, zpravidla vyžaduje jedno nebo dvě *závěsná ramena* pro přesné vedení kola. Závěsná ramena jsou buď příčná, podélná, nebo šikmá vzhledem k podélné ose automobilu a podle toho se i jmenují. Závěsná ramena jsou téměř vždy uložena v kloubech. U zavěšení předních kol převládají *rovnoběžná příčná závěsná ramena*, která vyhovují i geometrii řízení.

Přední náprava s nezávislým zavěšením kol

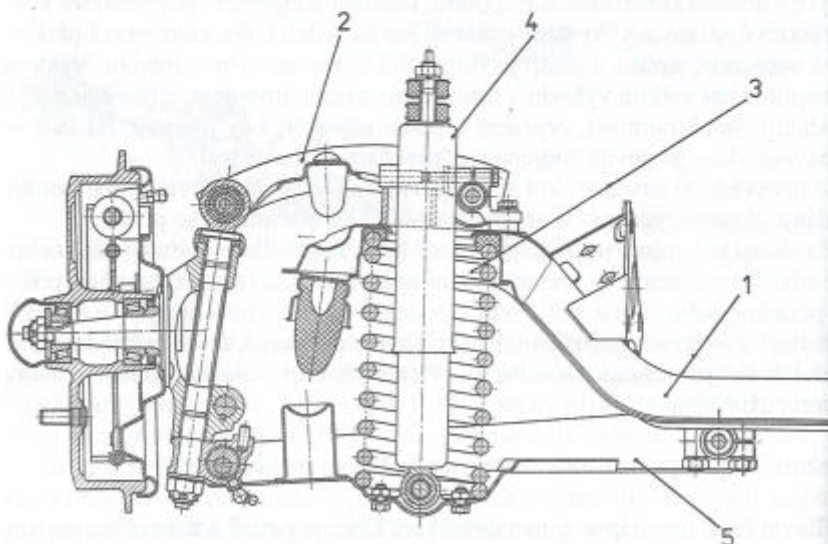
Hlavní částí této nápravy je nápravnice, která je pevně a nepružně spojena s rámem automobilu nebo se samonosnou karosérií. Konce nápravnice jsou tvarovány tak, aby k nim mohla být připojena výkyvně uložená závěsná ramena kol a pružiny.

Rovnoběžníková náprava (obr. 93) má každé kolo zavěšeno na dvou příčných závěsných ramenech, popř. též listových perech stejné délky umístěných nad sebou. Rovnoběžníková náprava má při propérování velkou změnu rozchodu kol.



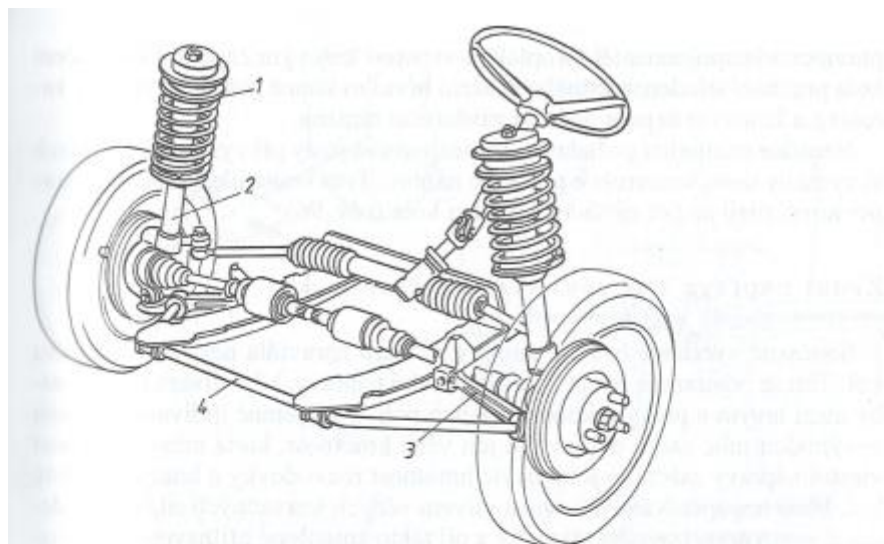
Obr. 93. Rovnoběžníková náprava

a) se dvěma rovnoběžnými příčnými závěsnými rameny: 1 - závěsné rameno, 2 - tlumič pérování
b) se dvěma příčnými listovými pery: 1 - příčné listové pero, 2 - páka tlumiče pérování

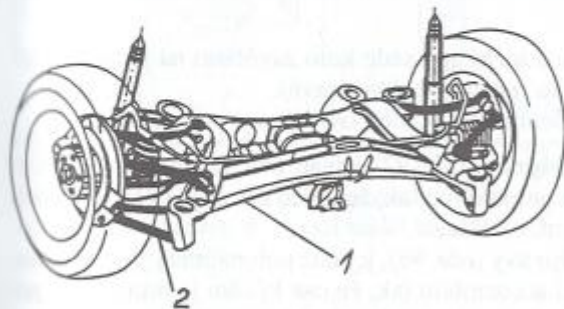


Obr. 94. Lichoběžníková náprava

1 - nápravnice, 2 - horní závěsné rameno, 3 - pružina, 4 - tlumič pérování, 5 - dolní závěsné rameno



Obr. 95. Náprava s tlumičovou vzpěrou a závěsným ramenem
1 - tlumič pérování s pružinou, 2 - vzpěra, 3 - příčné závěsné rameno, 4 - příčný stabilizátor



Obr. 96. Víceprvkový závěs
1 - nápravnice, 2 - závěsná ramena

Lichoběžníková náprava (obr. 94) má závěsná ramena různé délky. Horní rameno je kratší, dolní delší. Při propérování se rozchod kol mění málo. Nápravnice je na koncích zvýšená a tvoří oporu horního konce vinuté pružiny. K nápravnici jsou připojena dvě výkyvná ramena. Spodní rameno má tvar vidlice a je delší, horní rameno je jednoduché. Obě ramena vedou těleso čepu řízení. Spojení všech čtyř kloubů tvoří lichoběžník.

Zavěšení předních kol automobilu McPherson s tlumičovou vzpěrou a závěsným ramenem je na obr. 95. Tlumičová vzpěra slouží současně jako pružící jednotka (teleskopický tlumič pérování a vinutá pružina) i otočný čep kola. Dolní závěsné rameno je uloženo pomocí pryžového pouzdra na ná-

pravníci a je spojeno s teleskopickou vzpěrou kulovým čepem. Osa otáčení kola prochází středem otočného uložení horního konce pístnice vzpěry v karosérii a kulovým čepem dolního závěsného ramena.

Neustále stoupající požadavky na bezpečnost jízdy při vyšších rychlostech si vynutily nové konstrukce předních náprav. Tyto konstrukce jsou tzv. **víceprvkové**, mají až pět závěsných ramen kola (*obr. 96*).

Zadní náprava s nezávislým zavěšením kol

Současně vyráběné osobní automobily mají zpravidla nezávislé zavěšení kol. Tím se odstraňuje jedna z nevýhod tuhé nápravy, kdy vlivem pevné vazby mezi levým a pravým kolem je jejich pohyb vzájemně ovlivňován. Další nevýhodou tuhé zadní nápravy je její větší hmotnost, která mimo hmotnost vlastní nápravy zahrnuje ještě navíc hmotnost rozvodovky a hnacích hřídelů kol. Větší neodpěrovaná hmotnost vlivem větších setrvačných sil nestačí sledovat nerovnosti povrchu vozovky a při takto zmenšené přilnavosti pneumatik se zhoršuje stabilita automobilu. K odstranění nevýhod tuhé zadní nápravy a ke zlepšení jízdních vlastností automobilu se používají různé druhy nezávislého zavěšení.

Výkyvné nápravy se podle druhu a uspořádání závěsných prvků rozdělují na:

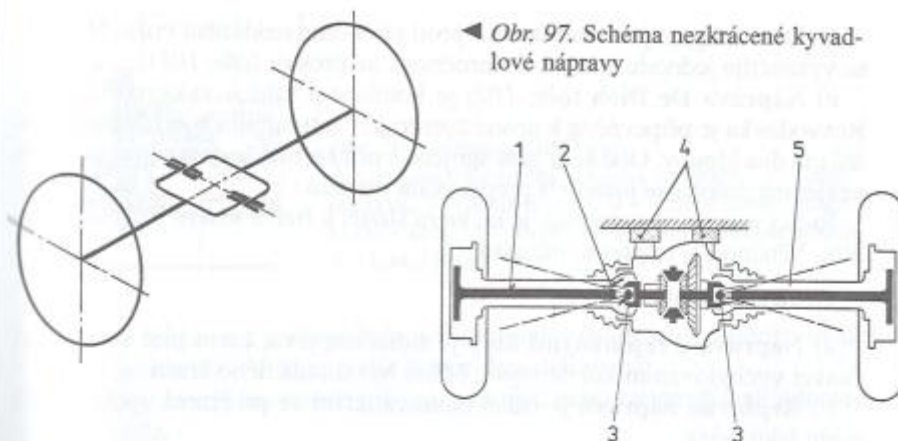
a) **Kyvadlové nápravy**, u nichž je každé kolo zavěšeno na jednom příčném nebo šikmém závěsném ramenu (polonápravě).

Kyvadlové nápravy se člení podle polohy osy kývání polonáprav na:

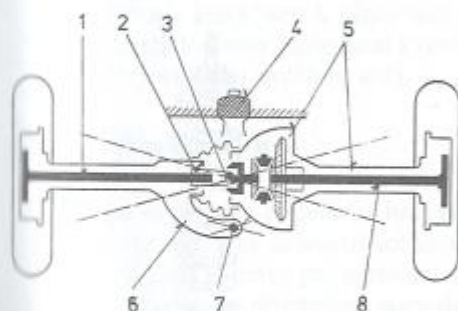
- **nezkrácené kyvadlové nápravy** (*obr. 97*), jejichž polonápravy jsou přikloubeny k nosné konstrukci automobilu tak, že jejich osa kývání leží v podélné rovině souměrnosti automobilu;
- **zkrácené kyvadlové nápravy** (*obr. 98*), jejichž polonápravy jsou přikloubeny k nosné konstrukci automobilu tak, že osa kývání je mimo jeho podélnou rovinu souměrnosti, avšak v podstatě s ní rovnoběžná;
- **kyvadlové nápravy se sníženou osou kývání** (*obr. 99*), které mají nejmenší změnu rozchodu kol a přitom jednoduchou konstrukci;
- **úhlové kyvadlové nápravy** (*obr. 100*), které mají polonápravy přikloubeny k nosné konstrukci automobilu tak, že osa kývání je s jeho podélnou rovinou souměrnosti výrazně různoběžná.

b) **Klikové nápravy**, u nichž je každé kolo zavěšeno na jednom nebo dvou podélných závěsných ramenech (klikách), popř. listových perech.

Například u vozů Škoda Favorit je použita zadní kliková náprava se dvěma vlečnými rameny z trubky kruhového průřezu. Ramena jsou spojena ohybově tuhou (i když zkrutně poddajnou) příčkou profilu otevřeného ležatého



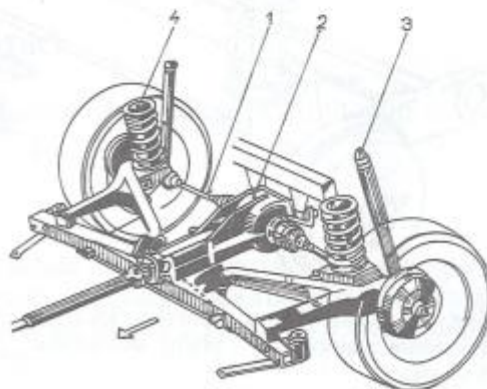
◀ Obr. 97. Schéma nezkrácené kyvadlové nápravy



▲ Obr. 98. Schéma zkrácené kyvadlové nápravy
1 - hnací hřídel kola, 2 - posuvné uložení, 3 - křížový kloub, 4 - závěs skříně rozvodovky, 5 - polonáprava

Obr. 99. Schéma kyvadlové nápravy se sníženou osou kývání
1 - hnací hřídel kola, 2 - posuvné uložení, 3 - křížový kloub, 4 - závěs skříně rozvodovky, 5 - výkyvná polonáprava, 6 - vidlice výkyvné polonápravy, 7 - kloub výkyvné polonápravy, 8 - hnací hřídel kola

Obr. 100. Úhlová kyvadlová náprava
1 - hnací hřídel kola se dvěma klouby, 2 - rozvodovka, 3 - tlumič pérování, 4 - pružina



U, která funguje jako stabilizátor proti příčnému naklání vozu. Náprava se vyznačuje jednoduchostí a nenáročností na prostor (*obr. 101*).

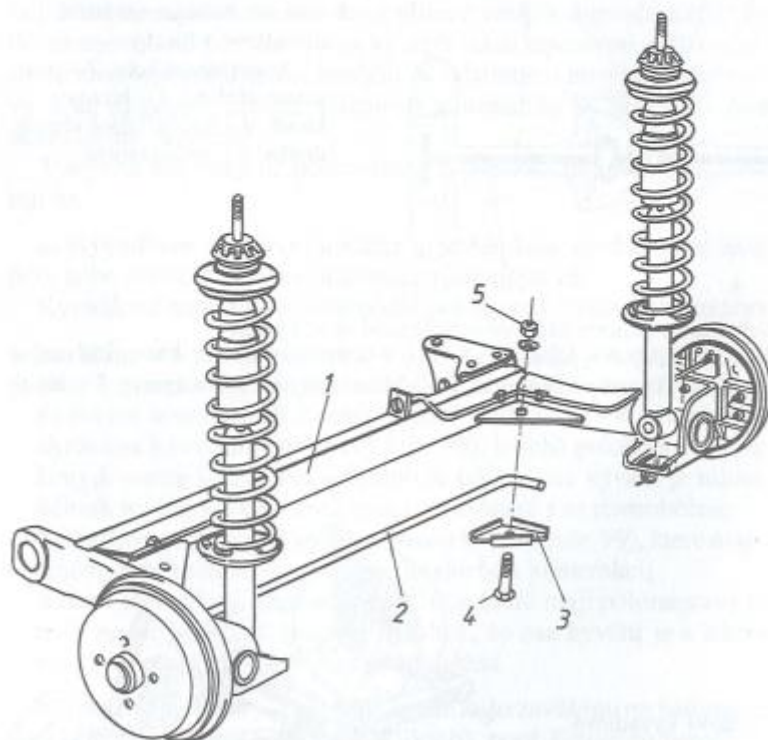
c) **Náprava De Dion** (*obr. 102*) je kombinací tuhé a výkyvné nápravy. Rozvodovka je připevněna k nosné konstrukci automobilu a každý hnací hřídel má dva klouby. Obě kola jsou spojena s příčně zavěšeným mostem, jejich vzájemná poloha se proto při propérování nemění.

Řídicí náprava automobilu je ta, která slouží k řízení směru jízdy automobilu. Většinou je to přední náprava.

Druhy řídicích náprav:

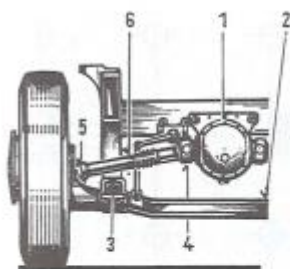
a) **Náprava s rejdovními koly** je řídicí náprava, která plní svou řídicí funkci vychylováním kol do rejdu. Může být sunutá nebo hnací.

b) **Rejdovní náprava** je řídicí náprava, která se při řízení vychyluje do rejdu jako celek.



Obr. 101. Zadní kliková náprava s vlečnými rameny

1 - zadní náprava, 2 - příčný stabilizátor, 3 - držák stabilizátoru, 4 - šroub, 5 - matice



Obr. 102. Náprava De Dion
 1 - rozvodovka pevně spojená s rámem, 2 - tuhá náprava, 3 - listové pero, 4 - vnitřní kloub hnacího hřídele kola, 5 - vnější kloub hnacího hřídele kola, 6 - hnací hřídel kola

Vidlice slouží k zavěšení kola jednostopého (popř. třístopého) vozidla k nosné konstrukci. Vidlice podle konstrukce dělíme na:

- pevné**, které jsou pevně spojeny s rámem nebo čepem řízení jednostopého vozidla,
- výkyvné**, které jsou k rámu nebo k čepu řízení jednostopého vozidla pohyblivě přikloubeny, nebo jsou s těmito částmi pevně spojeny, avšak mají pohyblivé prvky pro zavěšení kola.

Zavěšení kol

Důležitým prvkem z hlediska bezpečné a hospodárné jízdy automobilu je zavěšení kol. Správné zavěšení kol umožňuje relativní pohyb kola vzhledem ke karosérii, což je nutné pro pérování automobilu. Zavěšení dále znemožňuje, popř. omezuje na přijatelnou míru další nežádoucí pohyby kola, tj. příčný posuv a naklání.

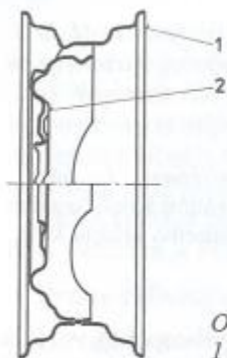
Zavěšení kola přenáší všechny síly a momenty mezi kolem a karosérií – zátížení automobilu (svislé síly), hnací a brzdě síly (podélné síly), odstředivé síly při jízdě v zatáčce (příčné síly), hnací a brzdě moment.

Kola a pneumatiky

Nejčastější používaná kola automobilů se skládají z těchto částí:

- disky s ráfky,
- hlavy (paprskové hlavy),
- pneumatiky.

Diskové kolo (obr. 103) se skládá z ráfku a z disku. Ráfek zabezpečuje spojení pneumatiky s diskem, patky pneumatiky jsou s dosedací plochou spojeny pouze třením. Disk zabezpečuje spojení a přenos sil a momentů mezi diskovým kolem a jeho nábojem.



Obr. 103. Řez diskovým kolem
 1 - ráfek, 2 - disk

Účel kol a požadavky na ně kladené

Kola nesou automobil a zároveň se jejich prostřednictvím, zpravidla pomocí předních kol, mění směr jízdy automobilu. Kola jsou posledním článkem v poháněcí soustavě vozidla a přenášejí hnací sílu na silnici. Zároveň jsou prvním prvkem pérování automobilu. Kola patří mezi neodpérované hmoty automobilu, proto mají mít co nejmenší hmotnost. Kola musí mít potřebnou pružnost a pevnost a musí být dobře vyvážena, aby se zabránilo jejich kmitání, které má nepříznivý vliv na nápravy automobilu a na bezpečnost jízdy.

Uložení kol

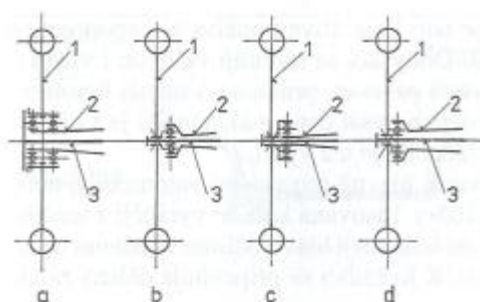
Uložení kol na nápravě má být takové, aby zaručilo co nejmenší tření a přitom má odlehčovat ohybové zatížení hnacích hřídelů kol.

Kola mohou být uložena:

- na mostu,
- letmo,
- poletmo.

Uložení kol na mostu (*obr. 104a*) – hnací hřídel má kola odlehčena, a nepřenáší tedy namáhání na ohyb. Při tomto způsobu je kolo uloženo otočně ve dvou valivých ložiskách na vnějším konci mostu. Používá se u těžkých automobilů, jejichž kola jsou velice zatížena.

Uložení kol letmo s plně zatíženým hřídelem (*obr. 104b*). Při tomto způsobu uložení je hnací hřídel zatížen mimo namáhání na krut i namáháním na ohyb. Proto se používá jen u menších automobilů. Kolo je upevněno na hnacím hřídeli vedle ložiska.



Obr. 104. Schéma uložení kol
 a) uložení kola na mostu,
 b) uložení letmo, c) uložení
 pololetmo na jednom ložisku
 vsazeném, d) uložení pololetmo
 na jednom ložisku nasazeném
 1 - kolo, 2 - most, 3 - hnací
 hřídel kola

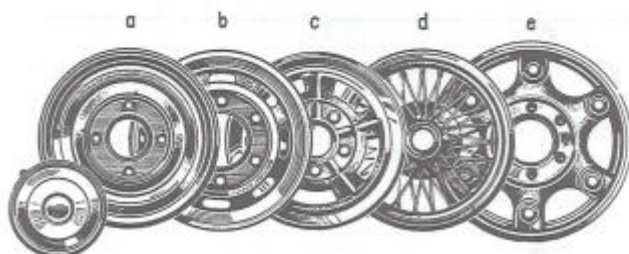
Uložení kol pololetmo. Při tomto způsobu uložení je kolo na jednom ložisku vsazeném (obr. 104c) nebo nasazeném (obr. 104d) na konci mostu. Hnací hřídel přenáší točivý moment, ale částečně je namáhán i na ohyb. Je to nejrozšířenější způsob.

Druhy kol podle konstrukce

U osobních automobilů se nejvíce používají **disková kola**. Disky se lisují z ocelového plechu a přivařují se k ráfkům. Otvory v disku, které mohou být různého tvaru, se jednak snižuje hmotnost disku, jednak se jimi podporuje cirkulace vzduchu, a tím chlazení celého kola a brzdy. Disková kola se vrábějí i odléváním z lehkých slitin (obr. 105a, b, c).

U nákladních automobilů se používají převážně ocelové lisované disky, někdy odlévané disky s ráfkem.

Drátová kola se vyrábějí buď s hlavou, nebo s přírubou. Drátové kolo s hlavou (obr. 105d) má dvoudílný střed. Vnitřní část, hlava, zůstává při výměně kola na čepu. Vnější část se nasune na hlavu kola a připevní maticí.



Obr. 105. Kola

a) kolo s plným diskem, b) kolo s děrovaným diskem, c) kolo z lehké slitiny, d) drátové kolo, e) hvězdicové kolo z ocelolitin

Výměna je velmi rychlá, a proto se tato kola dříve používala u sportovních a některých závodních automobilů. Dráty kol se montují ve dvou i více řadách. Výhodou drátových kol je větší pevnost, pružnost a menší hmotnost než diskových kol. Nevýhodou je jejich vyšší cena, nákladnější je i údržba a zdoluhavě se čistí. Jejich odpor vzduchu je též vyšší.

Hvězdicová kola jsou buď lisovaná, hlavně pro osobní automobily, nebo litá pro nákladní automobily (obr. 105e). Lisovaná kola se vyrábějí z tenčího plechu, jejich hmotnost je menší. Litá kola mají hlavu odlitou v jednom celku s hvězdici, zpravidla šestiramennou. K hvězdici se připevňuje dělený ráfek.

Ráfky, jejich účel, druhy a značí

Ráfek slouží k uložení pláště pneumatiky. Ráfky mají prohloubený nebo plochý tvar, jsou pevné i snímatelné, jednodílné i vícedílné.

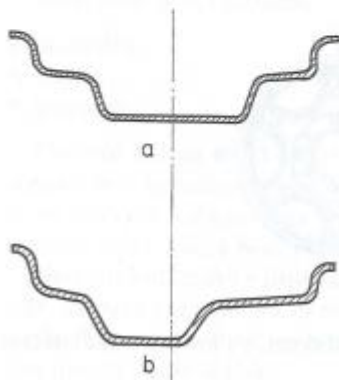
U osobních automobilů se používají jen **jednodílné prohloubené ráfky** s kuželovými dosedacími plochami. Prohloubení střední části ráfku umožňuje montáž pláště a může být symetrické nebo nesymetrické (*obr. 106*).

Tvar dosedacích ploch ráfku je důležitý zejména vzhledem k bezpečnosti spojení pláště s ráfkem (u bezdušových pneumatik). Ráfky pro osobní automobily se vyrábějí stočením, svařením na tupo a válcováním profilu z plochého ocelového pásu. Ráfek má otvor pro ventil pneumatiky.


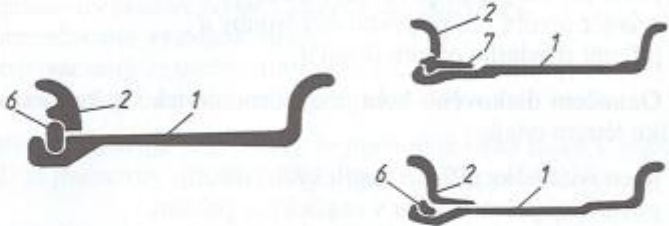


U nákladních automobilů se zpravidla používají dva druhy ráfků, a to **více-dílné ploché** (*obr. 107*) a **jednodílné prohloubené** (*obr. 108*) s kuželovými dosedacími plochami. Kuželové dosedací plochy zaručují dobré přitlačení patek pláště k ráfku.

Velikost ráfku určují dva základní rozměry, a to:

- jmenovitá šířka b ,
- jmenovitý průměr D ,



Obr. 106. Prohloubený ráfek pro osobní automobil
a) symetrický, *b)* nesymetrický

Provedení ráfku	Vyobrazení
Dvoudílné	
Třídílné	
Čtyřdílné	
Segmentové	

Obr. 107. Ploché ráfky pro nákladní automobily

1 - základ ráfku, 2 - postranní kruh, 3 - postranní kruh závěrný, 4 - postranní kruh s klínem, 5 - postranní kruh závěrný s klínem, 6 - závěrný kruh, 7 - závěrný kruh s klínem, 8 - klínový kruh, 9 - segment



Obr. 108. Prohloubený ráfek s kuželovou dosedací plochou pro nákladní automobil

kteří tvoří mezinárodně normalizované číselné řady (odpovídající normalizovaným základním rozměrům plášťů) a jsou součástí označení diskového kola (obr. 109).

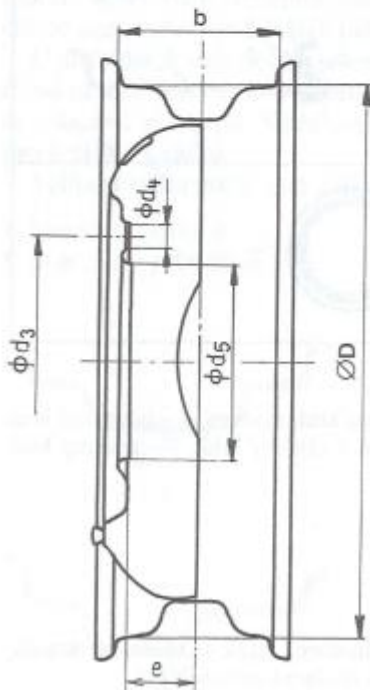
Další základní údaj charakterizující ráfek, který je též součástí označení diskového kola, je *tvar okraje ráfku*.

Hlavní rozměry charakterizující diskové kolo jsou:

- zális e ,
- průměr roztečné kružnice otvorů pro přípevňovací šrouby d_3 ,
- počet otvorů pro přípevňovací šrouby,
- průměr otvorů pro přípevňovací šrouby d_4 ,
- průměr středního otvoru disku d_5 .

Označení diskového kola je uvedeno na jeho boku a obsahuje označení ráfku těmito údaji:

- jmenovitá šířka ráfku v anglických palcích,
- jmenovitý průměr ráfku v anglických palcích,
- tvar okraje ráfku (jen u prohloubených ráfků pro osobní automobily).



Obr. 109. Hlavní rozměry diskového kola
 b - jmenovitá šířka,
 ϕD - jmenovitý průměr,
 ϕd_3 - průměr roztečné kružnice,
 ϕd_4 - průměr otvoru pro přípevňovací šrouby,
 ϕd_5 - průměr středního otvoru disku,
 e - zális

Příklady značení

1. Prohloubený ráfek - označuje se $b \times D$ (b je jmenovitá šířka ráfku v anglických palcích, D je jmenovitý průměr ráfku v anglických palcích).

Například

$4 \frac{1}{2} J \times 13 H2$,

kde $4 \frac{1}{2}$ je jmenovitá šířka v anglických palcích,

- J - tvar okraje raménka ráfku,
- 13 - jmenovitý průměr ráfku v anglických palcích,
- H - bezpečnostní výstupek ráfku,
- 1 - jednostranný bezpečnostní výstupek,
- 2 - oboustranný bezpečnostní výstupek.

2. Ploché ráfek - označuje se $b - D$ (b je jmenovitá šířka ráfku v anglických palcích, D je jmenovitý průměr ráfku v anglických palcích).

Například

8,0 - 20,

kde 8,0 je jmenovitá šířka ráfku v anglických palcích,

20 - jmenovitý průměr ráfku v anglických palcích.

Pneumatiky, jejich účel, druhy, konstrukce a označení

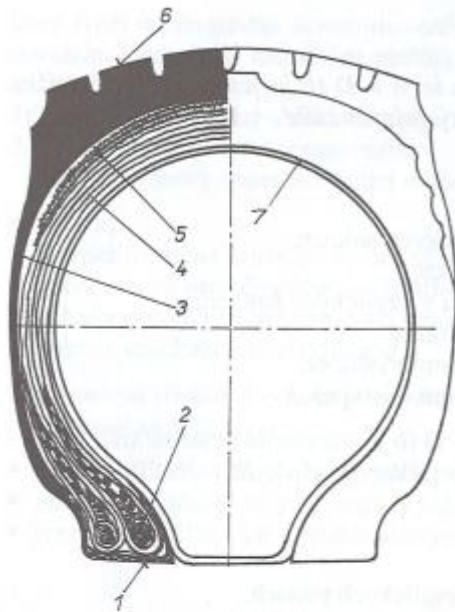
Pneumatiky, jako část podvozku automobilu, mají významný vliv na bezpečnost jízdy, pohodlí cestujících a hospodárnost provozu automobilu.

Pneumatika běžného provedení (obr. 110) se skládá ze tří částí: *pláště, duše a ochranné vložky* (tu mají jen některé druhy pneumatik). **Bezdušová pneumatika** přebírá zároveň funkci duše a ochranné vložky (obr. 111).

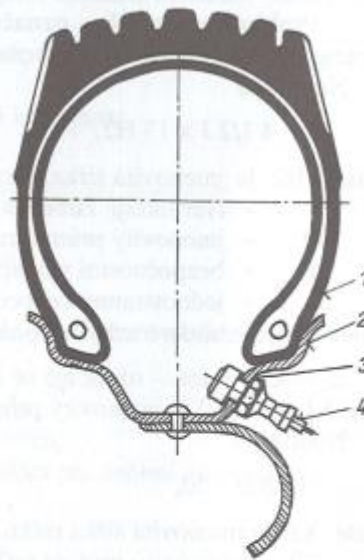
Podle konstrukce rozeznáváme dva druhy plášťů:

a) **Diagonální pláště** (obr. 112a), které mají vlákna kostry vzhledem k rovině souměrnosti pláště uložena šikmo. Pláště osobních automobilů mají vlákna uložena pod úhlem 35 až 40° , sportovních automobilů 30 až 35° a pláště nákladních automobilů 40° . Pevnost pláště určuje počet vložek kostry.

b) **Radiální pláště** (obr. 112b), které mají vlákna kostry vzhledem k rovině souměrnosti pláště uložena kolmo (nebo téměř kolmo). Úhel uložení vláken je 85 až 90° . V koruně radiálního pláště je vždy *nárazník*, jehož vlákna jsou k rovině souměrnosti pláště uložena obvykle v ostrém úhlu (10 až 30°). U radiálních plášťů se často místo textilních kordů používají ocelové kordy.



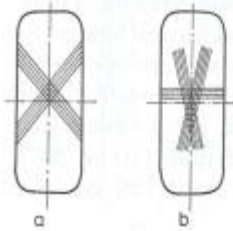
Obr. 110. Řez pneumatikou
 1 - patka pláště, 2 - výztužné lano,
 3 - bok pláště, 4 - kostra, 5 - nárazník,
 6 - běhoun, 7 - duše



Obr. 111. Řez bezdušovou pneuma-
 tikou
 1 - plášť, 2 - ráfek, 3 - těsnění,
 4 - ventilek

Podle materiálu kostry a nárazníku rozeznáváme:

- a) **Radiální pláště textilní**, kostra a nárazník jsou z textilních kordů.
- b) **Radiální pláště kombinované**, kostra je z textilních kordů a nárazník z ocelových kordů (*radial steel*).
- c) **Radiální pláště s kosterou a nárazníkem z ocelových kordů** (*radial all steel*).



Obr. 112. Uložení vláken nosné kostry pláště
 a) diagonálního, b) radiálního

Části pláště pneumatiky

Kostra pláště je tvořena kordovými vložkami, zakotvenými kolem ocelového lanka v patce pláště. Určuje řadu nejdůležitějších vlastností pneumatiky, mezi něž patří především nosnost pneumatiky, její tvar a jízdní vlastnosti.

Patka pláště je zesílená část pláště, dosedající na ráfek, na nějž ji přitlačuje vnitřní tlak vzduchu. Patka pláště musí bezpečně přenést všechny síly z pneumatiky na ráfek a opačně. Spojení patky s ráfkem u bezdušových pneumatik musí být vzduchotěsné. Nosným prvkem patky je výztužné ocelové lanko, k němuž jsou zakotveny jednotlivé vložky kostry. U plášťů pro nákladní automobily se používají v patce dvě lanka.

Nárazník je část pláště tvořící přechod mezi běhounem a kostrou pláště. K jeho výrobě se používají různé druhy materiálů. Zvyšuje odolnost kostry pneumatiky proti průrazu.

Bočnice chrání boční část kostry pláště před mechanickým poškozením.

Běhoun je vrstva pryže na vnějším obvodu pláště opatřená vzorkem. Hlavní funkcí běhounu je přenášet hnací sílu vozidla na vozovku, zlepšovat přilnavost (adhezi) k vozovce a zvyšovat účinnost brzdového systému.

Dezén je vzorek na styčné ploše pláště s vozovkou. Je to soustava různě uspořádaných drážek, které rozčleňují povrch styčné plochy na geometrické obrazce - figury. Hlavní úlohou dezénu je zabezpečit co nejvyšší přilnavost pneumatiky k vozovce.

Životnost pneumatiky je mimo jiné určována hloubkou drážek dezénu.

Duše (vzdušnice) je součástí pneumatiky běžného provedení. Má ventil, kterým se plní vzduchem na předepsaný tlak.

Ventil je u osobních vozů kovový, kombinovaný s pryžovou těsnicí vrstvou, u nákladních automobilů je celokovový. Ventil se skládá z tělesa, kuželky a čepičky. Novějším typem je ventil dělený, který se skládá z tělesa, patky, matice a těsnicího kroužku.

Ochranná vložka se používá v pneumatikách nákladních automobilů k ochraně duše před poškozením patkou pláště.

Označování pneumatik

Velikost pneumatiky určují dva základní rozměry (*obr. 113*), a to:

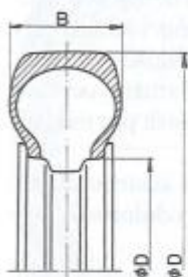
- B* - šířka průřezu pneumatiky,
- D* - dosedací průměr ráfku,

kteří tvoří mezinárodně normalizované číselné řady a jsou součástí označení pneumatiky.

Mimo to se udává profilové číslo (poměr výšky profilu pláště *H* k jeho šířce *B* v procentech). Lze jej vypočítat: $(H/B) \cdot 100$ (%).

Další údaje, které charakterizují plášť pneumatiky, jsou typ dezénu, odpovídající rozměr duše, dovolené zatížení (únosnost), typ pláště pneumatiky (konstrukce), index rychlosti, kvalita pláště.

Označení pláště uvedené na jeho boku se skládá ze základního označení a z doplňujících údajů.



Obr. 113. Hlavní rozměry pláště pneumatiky

$\varnothing D$ - jmenovitý průměr ráfku,

$\varnothing D_1$ - vnější průměr pneumatiky

V současné praxi jsou běžné dva hlavní způsoby označení pláště pneumatiky:

a) šířka pláště v palcích a průměr ráfku v palcích, např.

5,90-15,

b) šířka pláště v mm a dosedací průměr ráfku v palcích, např.

165-13.

U některých pláštů se užívá označení k rozměru pláště i profilové číslo, např.

175/70 SR - 13 Radial,

kde 175 je jmenovitá šířka pláště v mm,
70 - profilové číslo (série 70),
SR - označení rychlostní kategorie (index rychlosti),
13 - průměr ráfku v palcích,
Radial - plášť s radiální konstrukcí.

Další značení:

- BIAS BELTED - smíšená konstrukce,
- STEEL - u pláště s výztužným pásem z ocelového kordu (pod běhounem),
- ALL STEEL - výztužný pás i kostra z ocelového kordu,
- TUBELESS - u pláště, který můžeme použít bez duše,
- TUBE TYPE - u pláště s duší,

- Q - znamená povolenou rychlost do 160 km.h⁻¹,
- R - pro povolenou rychlost do 170 km.h⁻¹,
- S - znamená povolenou rychlost do 180 km.h⁻¹,
- T - pro povolenou rychlost do 190 km.h⁻¹,
- H - pro povolenou rychlost do 210 km.h⁻¹,
- V - pro povolenou rychlost do 240 km.h⁻¹,
- W - pro povolenou rychlost do 270 km.h⁻¹,
- ZR - rychlosti nad 270 km.h⁻¹.

Dezén pláště (vzorek):

- letní,
- zimní,
- univerzální.

V označení např.

NB 32, OR 36,

číslo značí typ dezénu.

Indikátor opotřebení je umístěn v ramenu pláště nejméně na šesti místech stejnoměrně po obvodu. Označení je provedeno písmeny TWI (*Tread Wear Indications*) v místech, kde jsou na dně v hlavních dezénových drážkách výstupky o výšce 1,6 mm.

Brzdy a brzdná zařízení automobilu

Brzdná zařízení automobilů lze rozdělit na:

- brzdové soustavy,
- odlehčovací brzdy.

Brzdová soustava má rozhodující vliv na bezpečnost jízdy automobilu, a proto musí splňovat všechny požadavky z hlediska funkce i spolehlivosti. Brzdová soustava je zařízení ke zmenšování rychlosti jedoucího vozidla, popř. k jeho zastavení, nebo slouží k zajištění stojícího vozidla.

Požadavky na brzdovou soustavu jsou stanoveny vyhláškou č. 102/1995 Sb., o schvalování technické způsobilosti a technických podmínkách provozu silničních vozidel.

Brzdná síla je vyvozena účinkem brzdové soustavy a působí proti pohybu automobilu.

Doba brzdění je doba, která uplyne od okamžiku, kdy řidič začne působit na brzdu vozidla (brzdovou soustavu), až do okamžiku, kdy účinek brzdy pomine nebo kdy se vozidlo zastaví (obr. 114).

Doba brzdění má tyto složky:

a) **doba prodlevy brzdy** je doba od okamžiku, kdy řidič začne působit na brzdu vozidla, až do okamžiku, kdy se účinek brzdy začne projevovat;

b) **doba náběhu brzdění** je doba, která uplyne od okamžiku, kdy se účinek brzdy začne projevovat, až do okamžiku, kdy dosáhne plné výše;

c) **účinná doba brzdění** je doba, která uplyne od okamžiku, kdy se účinek brzdy začne projevovat, až do okamžiku, kdy pomine nebo kdy se vozidlo zastaví;

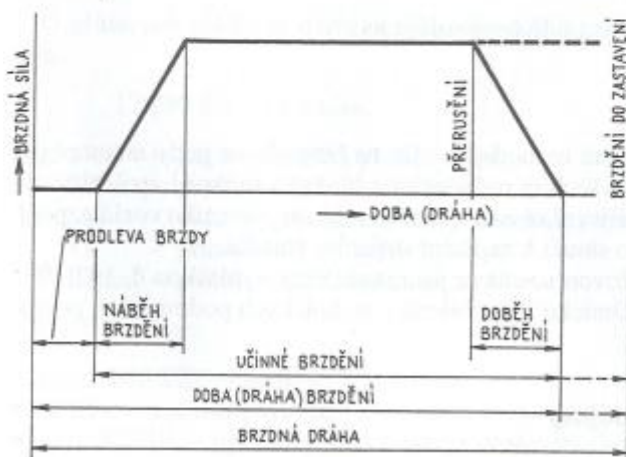
d) **doba doběhu brzdění** je doba, která uplyne od okamžiku, kdy řidič přestane působit na brzdu vozidla, až do okamžiku, kdy účinek brzdy pomine.

Dráha brzdění (m) je dráha, kterou vozidlo ujede v době brzdění. Dráha brzdění má tyto složky:

a) **dráha prodlevy brzdy** je dráha, kterou vozidlo ujede v době prodlevy brzdy,

b) **dráha náběhu brzdění** je dráha, kterou vozidlo ujede v době náběhu brzdění,

c) **dráha účinného brzdění** je dráha, kterou vozidlo ujede v účinné době brzdění,



Obr. 114. Doba brzdění a její složky

d) **dráha doběhu brzdění** je dráha, kterou vozidlo ujede v době doběhu brzdění.

Brzdná dráha je dráha brzdění vozidla až do zastavení.

Brzdné zpomalení ($m \cdot s^{-2}$) je úbytek rychlosti vozidla za 1 s způsobený účinkem brzdy, popř. odlehčovací brzdy. Brzdné zpomalení je střední nebo okamžité. Okamžité brzdné zpomalení se zjistí z přímého měření nebo z diagramů získaných zvláštními měřicími přístroji. Střední brzdné zpomalení se vypočítá podle vzorce:

$$b = \frac{V^2}{25,9 \cdot S} \quad (m \cdot s^{-2}),$$

kde b je střední brzdné zpomalení,

V - rychlost (km/h),

S - brzdná dráha (m).

Automobily se zkoušejí z počáteční rychlosti uvedené v *tab. 1*, kde je uvedena i největší přípustná brzdná dráha.

Tabulka 1. Brzdná dráha automobilů

Druhy automobilů	Počáteční rychlost (km.h ⁻¹)	Největší přípustná brzdná dráha (m)	
		nouzové brzdění	provozní brzdění
osobní automobily	80	50,7	93,4
autobusy (kategorie M ₂ a M ₃)	60	36,7	64,4
ostatní automobily a silniční tahače s celkovou hmotností do 3,5 t (kategorie N ₁)	70	53,1	95,7
od 3,5 t do 12 t (kategorie N ₂)	50	29,2	51,0
nad 12 t (kategorie N ₃)	40	19,9	33,8

Pro výpočet brzdné dráhy se používají tyto vzorce:

a) **Provozní brzdění (naložené vozidlo):**

- osobní automobily

$$S = 0,1 V + \frac{100}{30} \cdot \frac{V^2}{150},$$

- autobusy

$$S = 0,15 V + \frac{100}{30} \cdot \frac{V^2}{130},$$

- ostatní automobily a silniční tahače

$$S = 0,15 V + \frac{100}{30} \cdot \frac{V^2}{115},$$

b) Nouzové brzdění:

- osobní automobily

$$S = 0,1 V + 2 \cdot \frac{V^2}{150},$$

- autobusy

$$S = 0,15 V + 2 \cdot \frac{V^2}{130},$$

- ostatní automobily a silniční tahače

$$S = 0,15 V + 2 \cdot \frac{V^2}{115},$$

kde S je brzdná dráha (m),

V - počáteční rychlost (km.h⁻¹).

Brzdy, jejich rozdělení a činnost

Brzdová soustava je soubor ústrojí, která slouží ke zmenšování rychlosti jedoucího vozidla, popř. až k jeho zastavení, nebo která slouží k zajištění stojícího vozidla.

Druhy brzdových soustav podle účelu použití

Provozní brzda je brzdová soustava ovládaná řidičem vozidla a používaná při obvyklé jízdě vozidla. Účinek provozního brzdění musí být odstupňovatelný.

Pomocná brzda je brzdová soustava, která může, je-li třeba, podpořit účinek provozní brzdy.

Nouzová brzda je brzdová soustava ovládaná řidičem vozidla a schopná zastavit vozidlo při selhání provozní brzdy. Za nouzovou brzdovou soustavu lze pokládat fungující brzdový okruh dvouokruhové brzdové soustavy nebo parkovací brzdovou soustavu.

Parkovací brzda je brzdová soustava určená k tomu, aby zabráňovala stojícímu vozidlu, zejména na svahu, dát se do pohybu, zvláště za nepřítomnosti řidiče.

Druhy brzdových soustav podle zdroje energie

Odlehčovací brzda je brzdová soustava, která umožňuje snížení rychlosti vozidla, zejména při jízdách v nebezpečných situacích, nikoli však až do úplného zastavení. Příkladem je motorová, hydrodynamická a elektromagnetická brzda.

Přímochonné brzdy jsou brzdové soustavy, v nichž působí jen svalová síla řidiče. Podle druhu použitého převodu se člení na brzdy s mechanickým převodem (mechanické brzdy), které se dnes již u automobilů nepoužívají (používají se u malých motocyklů), a na brzdy s hydraulickým převodem (kapalinové brzdy).

Polostrojní brzdy – jsou brzdové soustavy, v nichž spolu se svalovou silou řidiče působí ještě jiné zdroje energie pomocí zvláštního ústrojí (posilovače brzdy).

Strojní brzdy jsou brzdové soustavy, v nichž působí jiné zdroje energie než svalová síla řidiče.

Rozdělení strojních brzd podle zdroje energie

Přetlakové (vzduchové) brzdy, které působí účinkem přetlaku vzduchu ze vzduchojemu zpravidla pomocí pneumaticko-mechanického převodu. Přetlaková brzda s pneumaticko-hydraulickým převodem se nazývá vzduchokapalinová brzda.

Kapalinové strojní brzdy, v nichž působí tlak stlačené kapaliny, vytvářený zvláštním brzdícím ústrojím (vysokotlaký hydraulický systém); převod brzdy je hydraulický.

Průběžné brzdy (u jízdních souprav) jsou brzdové soustavy, u nichž je ovládací síla ve všech vozidlech jízdní soupravy vytvářena tímž zdrojem energie.

Poloprůběžné brzdy (u jízdních souprav) jsou brzdové soupravy, u nichž je ovládací síla v jednotlivých vozidlech jízdní soupravy vytvářena samostatnými zdroji energie. Brzdné zařízení má jediný ovládací orgán.

Druhy brzdových soustav podle druhu jejich ovládacího ústrojí

Nožní brzda je brzdová soustava, kterou řidič ovládá nohou.

Ruční brzda je brzdová soustava, kterou řidič ovládá rukou.

Nájezdová brzda (jen u přívěsů) je brzdová soustava, která je ovládána účinkem setrvačnosti pohybu přívěsu nebo složkou tíhy přívěsu rovnoběžnou s povrchem svažující se vozovky.

Gravitační brzda (jen u přívěsů) je brzdová soustava, která je ovládána tíhou oje přívěsu při jejím uvolnění a poklesu na vozovku.

Trakční brzda (jen u přívěsů) je brzdová soustava, která je ovládána tahem ve spojovacím kabelu mezi vozidlem a přívěsem.

Převod brzdy je ústrojí, které přenáší účinek zdroje energie na vlastní brzdy. Začíná členem, kterým energie do brzdové soustavy vstupuje. V brzdových soustavách s hydraulickým, pneumatickým a elektrickým převodem je převod zakončen článkem, v němž se přenášená energie mění v mechanickou energii, v brzdových soustavách s mechanickým převodem končí členem, který působí přímo na brzdící prvek, na němž vzniká brzdící síla.

Druhy převodů brzd podle prostředků

Mechanický převod brzdy je tvořen tuhými, navzájem členěnými součástmi (např. pákami, táhly) nebo lany.

Hydraulický převod brzdy je vytvořen působením kapaliny v uzavřeném prostoru.

Pneumatický převod brzdy je vytvořen působením vzduchu v uzavřeném prostoru; jeho tlak je buď vyšší, nebo nižší než atmosférický.

Elektrický převod je vytvořen pomocí elektrického okruhu.

Směšený převod brzdy je vytvořen ve své první části pomocí jednoho prostředku, ve druhé části pomocí jiného prostředku (např. převod mechanicko-hydraulický nebo hydraulicko-pneumatický).

Druhy převodů brzd podle uspořádání

Jednookruhový převod brzdy je takový převod, u něhož se účinek zdroje energie přenáší na všechny (vlastní) brzdy jediným ústrojím.

Dvouokruhový nebo víceokruhový převod brzdy je takový převod, u něhož se účinek zdroje energie přenáší rozděleně, avšak současně dvěma (nebo více) na sobě nezávislými ústrojím, každým ústrojím na určitou skupinu (vlastních) brzd (např. zvlášť na přední brzdy a zvlášť na zadní brzdy).

Jednohadicový převod brzdy (u jízdních souprav) je převod brzdy s jediným brzdovým spojovacím potrubím mezi tažným a přípojným vozidlem, sloužícím jak pro uvádění brzd přípojného vozidla (nebo vozidel) v činnost, pro dodávku zdroje energie (přetlaku nebo podtlaku vzduchu) do zásobníků na přípojném vozidle (nebo vozidlech).

Dvouhadicový převod brzdy (u jízdních souprav) je převod brzdy se dvěma brzdovými spojovacími potrubími, z nichž jedno slouží pro dodávku zdroje

energie (přetlaku nebo podtlaku vzduchu) zásobníku na přípojném vozidle (nebo vozidlech) a druhé slouží pro uvádění brzd přípojného vozidla (nebo vozidel) v činnost.

Brzdová soustava automobilu se skládá ze tří základních ústrojí:

- **ovládacího ústrojí**, kterým se řídí činnost celé brzdové soustavy (pedál, páka, táhlo atd.),
- **převodu brzdy**,
- **brzdy** (vlastní), v níž vzniká potřebný brzdný moment a pohybová energie se přeměňuje na energii tepelnou.

Automobily mají převážně třecí brzdy, v nichž vzniká brzdný moment třením mezi otáčející se pevnou částí, a tím se pohybová energie mění na teplo. Vlastní brzda je zpravidla umístěna přímo v kole automobilu a otáčející se část je spojena s nábojem kola.

Současné automobily mají dva druhy třecích brzd:

- bubnové brzdy,
- kotoučové brzdy.

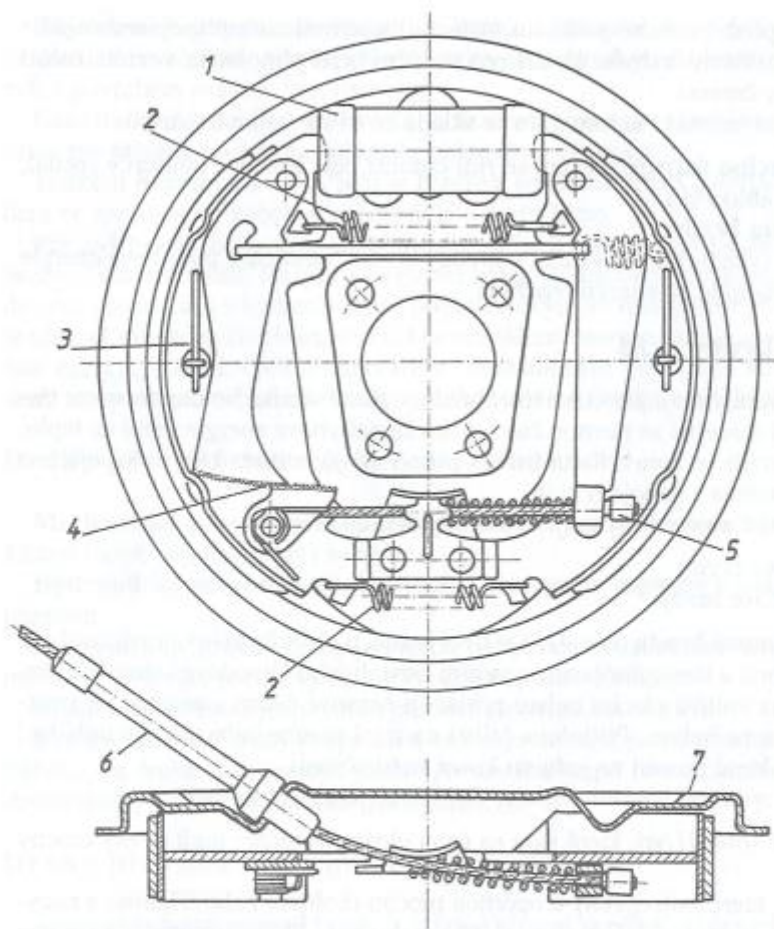
a) **Bubnová brzda** (*obr. 115*) je třecí brzda, u níž je brzděný prvek součástí tvaru bubnu a tření působení na vnitřní povrch jeho obvodové stěny. Při brzdění se na vnitřní plochu bubnu přitlačují *brzdové čelisti* umístěné ve vnitřním prostoru bubnu. Přitlačení čelistí na třecí plochu zabezpečuje ovládací zařízení, které působí na jednom konci každé čelisti.

Podle způsobu *uložení druhého konce* rozeznáváme čelisti:

- **otočné** (*obr. 116a*), které jsou na čepu uloženy otočně; mají pevný otočný bod;
- **volné**, které jsou opřeny o opěrnou plochu (kolmou nebo šikmou) a nazývají se **plovoucí čelisti** (*obr. 116b*), nebo jsou uloženy pomocí výkyvné vzpěry na čepu a nazývají se **nakotvené čelisti** (*obr. 116c*). Ty nemají pevný otočný bod.

Podle *uspořádání čelistí* se rozlišuje:

- **jednonáběžná brzda** (*obr. 117a*), u níž brzdící síla působí na jednu z obou čelistí - *náběžnou čelist* - ve smyslu otáčení brzdového bubnu, na druhou čelist - *úběžnou* - působí proti smyslu jeho otáčení (opotřebení *náběžné čelisti* je asi třikrát větší než *úběžné*);
- **dvounáběžná brzda** (*obr. 117b*), u níž brzdící síla působí na obě čelisti ve smyslu otáčení brzdového bubnu; obě čelisti jsou tedy *náběžné*;
- **brzda se spřaženými čelistmi** (*obr. 117c*), u níž jsou čelisti skloubeny tak, že na sebe působí navzájem.

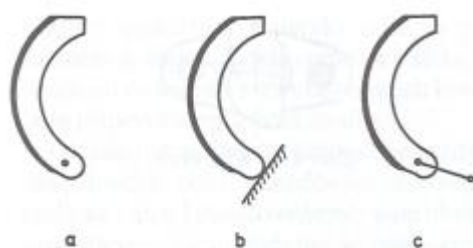


Obr. 115. Bubnová brzda

1 - brzdový váleček dvojitý, 2 - vratné pružiny, 3 - brzdová čelist s obložením, 4 - samostav, 5 - ovládání parkovací ruční brzdy, 6 - lanovod, 7 - štít brzdy

Protože brzdný moment dvounáběžné brzdy při jízdě vzad je asi třikrát menší než při jízdě vpřed (protože obě čelisti pracují jako úběžné), používá se *dvounáběžná obousměrná brzda* (obr. 117d). Z podobných důvodů se používá i *obousměrná brzda se spřaženými čelistmi* (obr. 117e).

Brzdový buben má na vnější obvodové straně radiální nebo šikmá žebra, která zvyšují jeho pevnost a zlepšují odvod tepla. Materiál bubnu musí mít dobré třecí vlastnosti, dostatečnou odolnost proti opotřebení a pevnost.

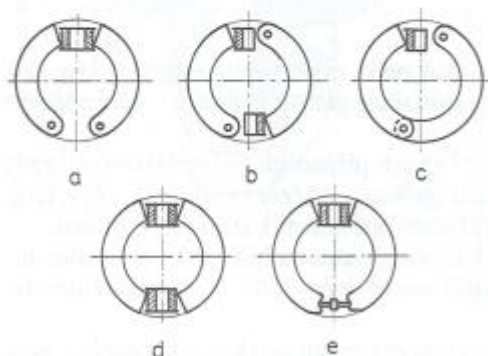


Obr. 116. Druhy čelisti
bubnové brzdy podle způsobu
uložení
a) otočná čelist, b) volná čelist,
c) nakotvená čelist

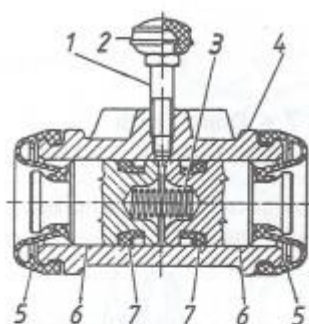
Čelisti brzdy mají základní průřez tvaru T a svařují se z ocelového plechu nebo se odlévají z lehkých slitin. Pro těžké nákladní automobily se odlévají z litiny nebo z ocelolitiny. Čelist má na jednom konci oko pro otočný čep u otočných a nakotvených čelistí, nebo opěrnou plochu u plovoucích čelistí. Na druhém konci má plochu pro přenos ovládací síly. *Třecí obložení* na válcové ploše čelisti je přinýtováno nebo nalepeno, výjimečně u těžších nákladních automobilů přišroubováno.

K ovládní provozní brzdy současných osobních automobilů u některých nákladních automobilů se používá *hydraulický brzdový váleček*. Do jeho pracovního prostoru se přivádí *brzdová kapalina*, která vyvine ovládací sílu. Ta se přenáší tlačným čepem na čelist.

Pracovní válec může být dvoučinný (obr. 118), má-li dva písty proti sobě ve společném pracovním prostoru a každý z nich tlačí na jednu čelist, nebo *jednočinný*, který má jen jeden píst. Prostor válce je utěsněn jazýčkovými

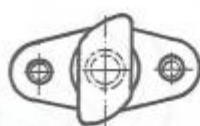


Obr. 117. Druhy bubnových brzd podle uspořádání čelistí
a) jednonáběžná brzda (*Simplex*), b) dvounáběžná brzda (*Duplex*), c) brzda se spřaženými čelistmi (*Servo*), d) dvounáběžná obousměrná brzda (*Duo-Duplex*), e) dvounáběžná obousměrná brzda se spřaženými čelistmi (*Duo-Servo*)

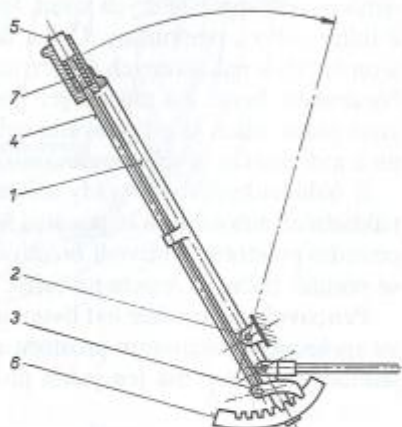


▲
Obr. 118. Podélný řez brzdovým válečkem

1 - odvzdušňovací šroub, 2 - prachovka, 3 - rozpěrná pružina, 4 - těleso pracovního válce, 5 - protiprachové manžety, 6 - tlačítka, 7 - těsnicí manžety



Obr. 119. Klíč brzdy



►
Obr. 120. Ovládání páky ruční brzdy

1 - páka ruční brzdy, 2 - závěs páky, 3 - západka, 4 - tlačná tyč, 5 - tlačítko, 6 - ozubený segment, 7 - pružina

pryžovými manžetami na čelech pístů nebo pryžovými těsnicími kroužky v drážkách pístů. Rozpěrná pružina přitlačuje písty k čelistem v odbrzděném stavu.

U nákladních automobilů se v některých případech (u přetlakových brzd) používá mechanické ovládání čelistí *vačkou – klíčem brzdy* (obr. 119). Klíč brzdy se natáčí, a tím současně přitlačuje obě čelisti k třecí ploše bubnu.

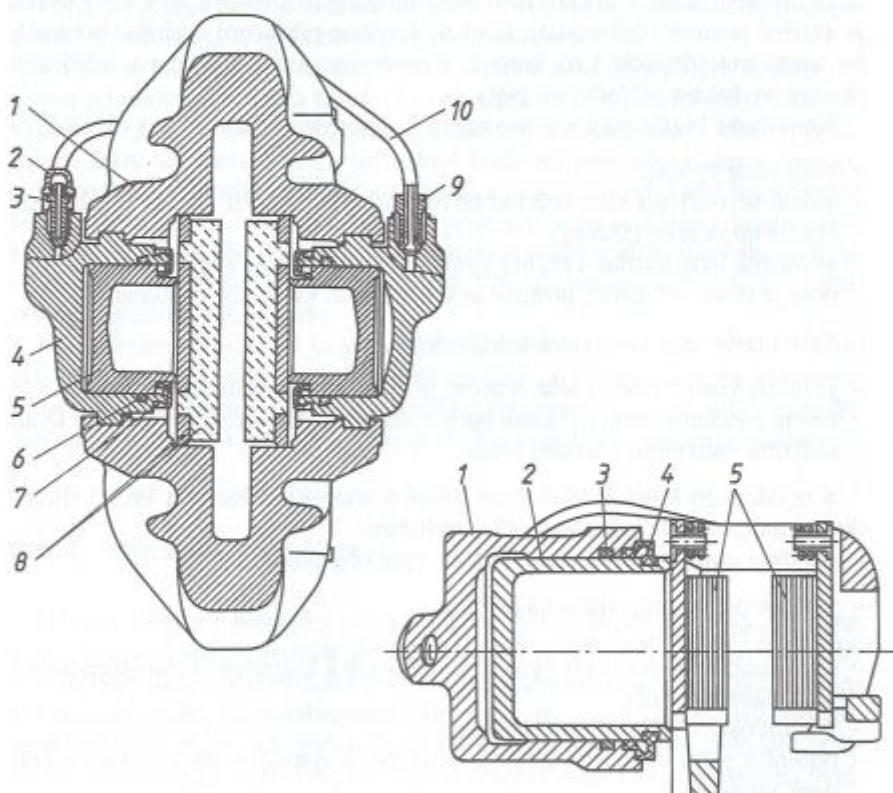
K ovládání *parkovací brzdy* se u osobních automobilů používá mechanické ovládání čelistí pákových mechanismem (obr. 120), který přitlačuje obě čelisti brzdy k třecí ploše bubnu.

Vratné pružiny, které zabezpečují vrácení čelistí po skončení brzdění, jsou svými koncovými oky uchyceny v otvorech čelistí.

b) **Kotoučová brzda s pevným třmenem** (obr. 121a) je třecí brzda, v níž je brzděným prvkem kotouč a tření působí na jeho boky. Při brzdění se na tyto plochy pomocí ovládacího zařízení přitlačují z obou stran (ve směru osy kotouče) čelisti (destičky) s brzdovým obložením. Na materiál kotouče jsou

kladeny podobné požadavky jako na materiál brzdového bubnu. Základní rozměry kotouče, tj. jeho průměr a šířka třecí plochy, závisí na požadovaném brzdném momentu a na vlastnostech brzdového obložení. Kotouč je k náboji kola připevněn zpravidla šrouby.

Ovládacím zařízením kotoučové brzdy je *hydraulický válec*, jehož píst přímo přitlačuje čelist s brzdovým obložení k třecím plochám kotouče. Hydraulické válce kotoučové brzdy jsou uloženy v třmenu brzdy a společně s ním jsou upevněny k neotáčející se části nápravy nebo zavěšení kol. Hydraulický prostor válce je utěsněn pryžovým těsnicím kroužkem v drážce pístu a před vnikáním nečistot je chráněn pryžovou manžetou.



Obr. 121. Řez kotoučovou brzdou

- a) s oboustrannými brzdovými válečky: 1 - třmen brzdy, 2 - prachovka, 3 - od-vzdušňovací šroub, 4 - brzdový váleček, 5 - píst, 6 - těsnicí kroužek, 7 - prachovka, 8 - brzdová čelist (destička), 9 - nátrubek, 10 - spojovací trubička
- b) s plovoucím třmenem s jednostranným brzdovým válečkem: 1 - třmen brzdy, 2 - píst, 3 - těsnicí kroužek, 4 - prachovka, 5 - brzdová čelist (destička)

K ovládní parkovací brzdy se i u kotoučových brzd používá mechanické přitlačování čelistí s brzdovým obložením k plochám kotouče pákovým mechanismem.

Zpětný pohyb čelistí s brzdovým obložením do základní polohy je u kotoučových brzd zajištěn pružnou deformací těsnícího kroužku. Ten se při brzdění posuvem pístu stlačí, a když přestane působit tlak kapaliny, svou pružností vrátí píst o malou vzdálenost zpět. Tímto působením kroužku se dosahuje i automatického nastavení vůle mezi brzdovým obložením a kotoučem.

c) **Kotoučová brzda s plovoucím třmenem** (obr. 121b) má jen jeden tlakový váleček ovládaný kapalinou. Držák brzdy je pevně spojen s některou částí zavěšení kola. V držáku jsou zašroubovány dva vodící čepy. Celý třmen je axiálně posuvný (plovoucí), čímž se dosáhne přitlačení druhého brzdového segmentu (destičky) na kotouč. Konstrukce je jednoduchá a lehčí než třmeny se dvěma přitlačnými písty.

Kotoučové brzdy mají v porovnání s bubnovými brzdami tyto *výhody*:

- mají větší výkon,
- ačkoli se ohřívají více než bubnové brzdy, nedochází u nich ke slábnutí brzdného účinku (*fading*),
- je možná jednoduchá a rychlá výměna čelistí s brzdovým obložením,
- není je třeba seřizovat, protože se u nich vůle vymezuje automaticky.

Tyto brzdy mají však i své *nevýhody*:

- je nutná větší ovládací síla, a proto je často nutný posilovač brzdy,
- řešení mechanického ovládní parkovací brzdy je obtížné a nákladné kvůli malému vnitřnímu převodu brzdy.

S myšlenkou kotoučových brzd přišel v roce 1902 Herbert Froot (Fero-do), vynálezce azbestového třecího obložení.

Na třecí obložení brzd jsou kladeny vysoké požadavky:

- velká tepelná a mechanická pevnost,
- vysoká životnost,
- stálý součinitel tření i při vysokých teplotách a kluzných rychlostech (omezení slábnutí brzd),
- necitlivost vůči vodě a nečistotám,
- odolnost proti vytváření sklovité povrchové vrstvičky při vysokém tepelném zatížení.

Většinou se používá bezazbestové obložení z organických materiálů, pro obzvláště vysoké namáhání se vyrábí obložení ze spěkaných práškových kovů.

Brzdové kotouče musí být také odolné. Vyrábějí se z temperované litiny nebo ocelolitiny, která obsahuje legující prvky. U vysoce namáhaných brzd se používají kotouče s vnitřním chlazením proudícím vzduchem (duté kotou-

če). Jsou provedeny tak, aby vznikl tzv. ventilační efekt. Někdy má třecí plocha kotouče přidavné otvory pro dosažení nízkého ohřevu při brzdění a rychlého ochlazení po brzdění. Snižuje se tím i hmotnost kotouče.

V současnosti se začínají používat brzdové kotouče, na jejichž ploše jsou vytvořeny spirálové drážky přesně stanovené hloubky. Tyto drážky slouží k indikaci opotřebení kotouče, kromě toho zlepšují samočisticí schopnost a urychlují záběh obložení brzdových destiček.

Stanovení hlavních rozměrů brzdy

Pohybová energie automobilu se při brzdění přeměňuje třením na teplo a brzdové obložení brzd se postupně opotřebovává.

Při stanovení hlavních rozměrů brzdy, tj. průměru třecí plochy a šířky obložení u bubnových brzd a středního poloměru a plochy obložení u kotoučových brzd, je třeba uvažovat mimo požadovaný třecí moment i vlastnosti obložení (tzn. součinitel tření, přípustné hodnoty měrného tlaku a teploty, odolnost, proti opotřebení) přípustné teploty jednotlivých částí brzdy, popř. souvisejících částí automobilu (např. přípustná teplota plochy bubnu nebo kotouče je 350 až 450 °C, těsnících kroužků a manžet hydraulického ovládacího zařízení a brzdové kapaliny 150 až 170 °C, patky pláště 95 °C) a provozní podmínky automobilu.

Protože přesný výpočet je pro velké množství ovlivňujících faktorů velmi obtížný a hodnověrnost výsledku není spolehlivá, hlavní rozměry navrhované brzdy se často kontrolují pomocí některých porovnávacích veličin, jejichž doporučené hodnoty jsou stanoveny podle existujících osvědčených konstrukcí.

Brzdové soustavy

Úlohou brzdové soustavy je vyvolat ve vlastní brzdě brzdový moment, a tím umožnit řidiči plynule ovládat brzdění automobilu. Podle vyhlášky č. 102/1995 Sb., o podmínkách provozu na pozemních komunikacích, může mít mechanismus, který zabezpečuje provozní, nouzové a parkovací brzdění, společné části, musí mít však nejméně dva na sobě nezávislé ovládací orgány. Ovládací orgán a převod provozního brzdění musí být nezávislé na ovládacím orgánu a převodu parkovacího brzdění. Jakákoli porucha v soustavě provozní brzdy (mimo poruchu brzdy samé) nesmí zabránit, aby soustava nouzové brzdy nebo část soustavy provozní brzdy, které nemají poruchu, mohly zastavit automobil za podmínek stanovených pro nouzové brzdění. Soustava provozní brzdy musí zabezpečit, aby při poruše v některé její části byl její soustavou brzděn ještě dostatečný počet kol (alespoň jedno kolo na každé

straně automobilu) tak, aby zbývající brzdný účinek byl nejméně 30 % (u osobních automobilů 25 %) z celkového účinku, který je stanoven pro provozní brzdění příslušné kategorie automobilů.

Brzdové soustavy osobních automobilů

U dnešních osobních automobilů se k ovládní provozního a nouzového brzdění používají jen kapalinové brzdy, buď jsou přímočinné, nebo s posilovačem; používají se však i strojní brzdy (hlavně u automobilů vyšších hmotností).

Ovládacím ústrojím těchto soustav je brzdový pedál. K ovládní parkovací brzdy se téměř výhradně používají mechanické soustavy, kde ovládacím prvkem je ruční páka.

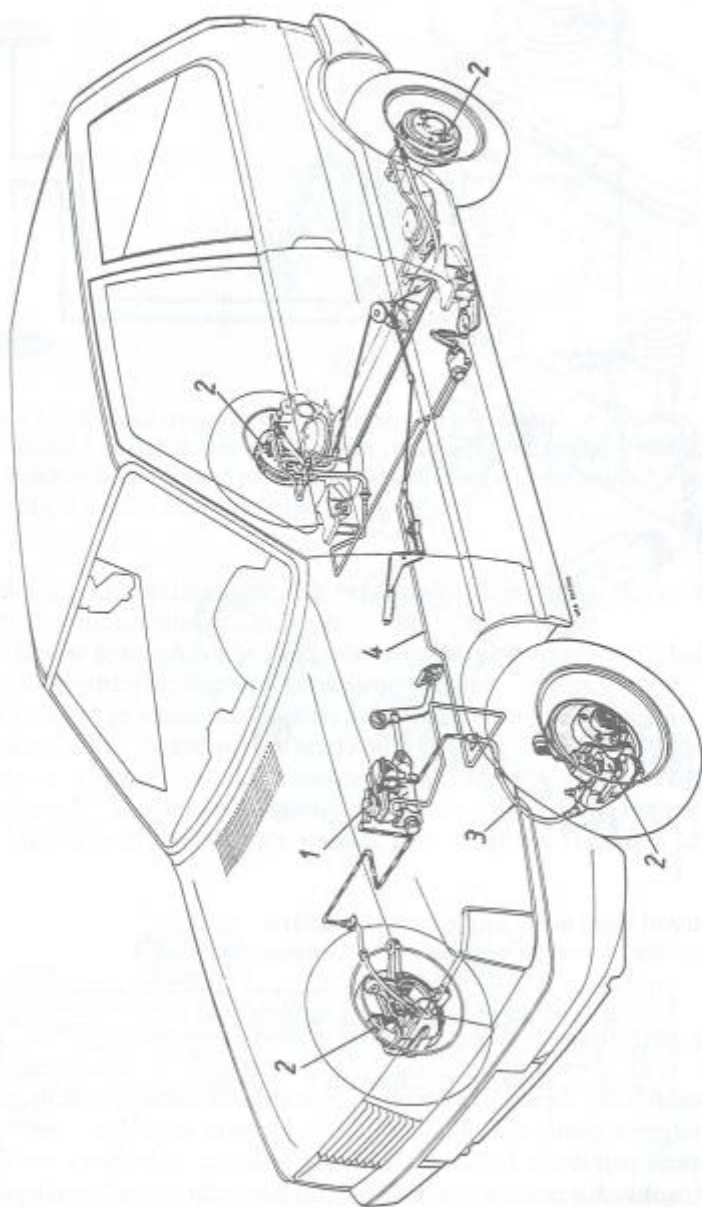
Přímočinná hydraulická soustava

Tato soustava se skládá z hlavního válce brzd, kolových brzdových válečků, vyrovnávací nádržky pro brzdovou kapalinu a spojovacího potrubí (obr. 122).

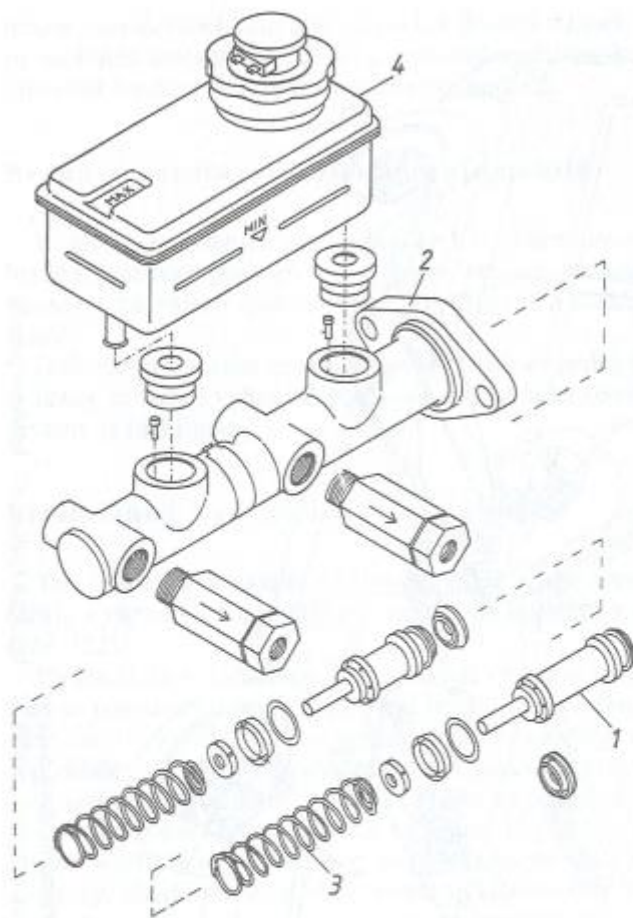
Hydraulická ovládací soustava se uvede v činnost sešlápnutím pedálu, kterým se posouvá píst v hlavním válci brzd. Tím vznikne v kapalině přetlak, který se šíří do celé brzdové soustavy. Protože kapalina je při těchto tlacích v podstatě nestlačitelná, začnou se hned posouvat písty v brzdových válečcích kotoučových a bubnových brzd. Tím se přitlačují brzdové destičky ke kotoučům a brzdové čelisti na brzdový buben. Uvolněním pedálu tlak kapaliny klesne a přitlak se uvolní. Aby se zabránilo vniknutí vzduchu do brzdové soustavy, hlavní válec se stále doplňuje kapalinou z vyrovnávací nádržky. Vzduch v brzdové soustavě je nežádoucí, protože tvoří vzduchové polštáře, které svou pružností omezují nebo znemožňují brzdění.

Vyrovnávací nádržka může být přímo spojena s tělesem hlavního válce brzd (obr. 123), nebo oddělena (pro lepší kontrolu a snazší doplňování brzdové kapaliny) a spojena s ním potrubím.

Z hlediska bezpečnosti a požadavku nouzového brzdění musí mít automobily – podle potřeby – nejméně *dvouokruhový převod* (obr. 124). To znamená, že hydraulický převod je rozdělen do dvou samostatných okruhů. Dvouokruhový převod má dvouokruhový hlavní brzdový válec konstruován tak, že pracovní prostory jsou uspořádány za sebou se společnou osou (v tandemu, obr. 125). Při poruše jednoho okruhu pracuje druhý okruh. Únik brzdové kapaliny z kteréhokoli okruhu se projeví zvětšeným mrtvým chodem brzdového pedálu.



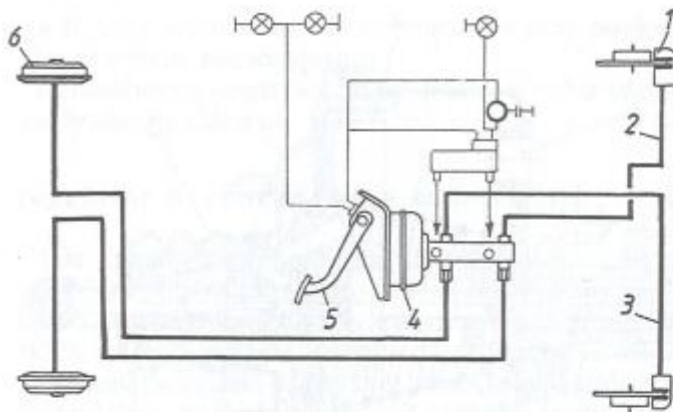
Obr. 122. Dvoukruhová přímocinná brzdová soustava
1 - hlavní válec brzdy, 2 - kolový brzdový váleček, 3 - brzdová hadice, 4 - brzdové potrubí



Obr. 123. Hlavní válec brzdy s vyrovnávací nádržkou
 1 - píst, 2 - válec, 3 - vratná pružina, 4 - vyrovnávací nádržka

Přímočinná hydraulická soustava s posilovačem

Tato soustava má na rozdíl od přímočinné soustavy ještě zařízení, které pomocí energie z cizího zdroje zvětšuje tlak brzdové kapaliny v soustavě, a tak zmenšuje potřebnou fyzickou sílu řidiče působící na brzdový pedál při brzdění. U osobních automobilů s benzinovým motorem se používají **podtlakové posilovače** (obr. 126). Jako zdroj energie využívají rozdíl mezi atmosférickým tlakem okolního vzduchu a podtlakem v sacím potrubí motoru za

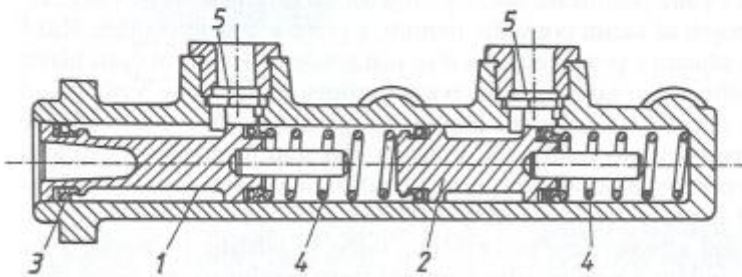


Obr. 124. Brzdová soustava s dvouokruhovým převodem
 1 - přední kotoučová brzda, 2 - okruh ovládající levé přední a pravé zadní kolo,
 3 - okruh ovládající pravé přední a levé zadní kolo, 4 - posilovač, 5 - pedál provozní
 brzdy, 6 - zadní bubnová brzda

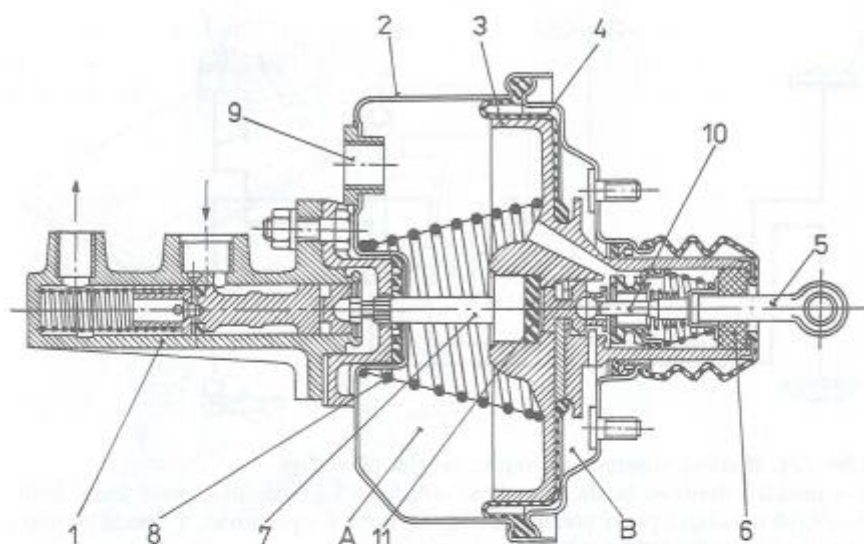
škrtkící klapkou karburátoru. Při brzdění, když je škrtkící klapka zavřena, se podtlak v tomto prostoru zvětšuje.

Činnost jednookruhového podtlakového posilovače s mechanicky ovládaným svorníkem přímo od brzdového pedálu:

Posilovač se skládá z hlavního brzdového válce, tělesa posilovače a ovládacího ventilu. Píst hlavního brzdového válce je pístnicí spojen s pístem posilovače, v němž je umístěn ovládací ventil spojený svorníkem s brzdovým pedálem. V základní poloze jsou prostory *A* a *B* posilovače vzájemně spojeny ovládacím ventilem a otvory v tělese pístu posilovače, takže v obou prosto-



Obr. 125. Tandemový hlavní válec brzdy pro dvouokruhovou brzdovou soustavu
 1 - hlavní píst, 2 - plovoucí píst, 3 - těsnící manžety, 4 - vratné pružiny, 5 - přívody
 brzdové kapaliny z vyrovnávací nádržky



Obr. 126. Hlavní válec brzd s podtlakovým posilovačem

1 - hlavní válec brzd, 2 - těleso posilovače, 3 - píst posilovače, 4 - membrána posilovače, 5 - svorník ovládní (spojený s pedálem brzd), 6 - čistič vzduchu, 7 - tlačná tyč hlavního válce brzd, 8 - vratná pružina pístu posilovače, 9 - nátrubek pro připojení k sacímu potrubí, 10 - ovládací ventil, 11 - pryžový kroužek

rech je stejný tlak vzduchu. Při sešlápnutí brzdového pedálu se ovládací ventil pohybuje směrem doleva, přitom se přeruší spojení mezi prostory *A* a *B* a při dalším pohybu ovládací ventil otevře přívod vzduchu z atmosféry, který se otvorem v pístu posilovače dostane do prostoru *B* vzduchového válce. Prostor *A* je spojen se sacím potrubím motoru, a proto je v něm podtlak. Rozdílem tlaků vzduchu v prostorech *A* a *B* se píst posilovače a s ním i píst hlavního brzdového válce pohybuje doleva a brzdová kapalina se vytlačuje do brzdového potrubí ke kolovým brzdovým válečkům. Osová síla působící v pístnici mezi pístem posilovače a pístem hlavního brzdového válce je zachycována pryžovým kroužkem, který se deformuje a posouvá ovládací ventil směrem doprava (opačně, než působí síla pedálu), čímž ovládací ventil uzavře přívod atmosferického vzduchu. Takto se udržuje rovnovážný stav mezi silou pedálu a posilovacím účinkem pístu posilovače na jedné straně a silou působící na píst brzdového válce na druhé straně. Při odbrzdění se svorník s ovládacím ventilem posouvá doprava, ovládací ventil uzavře přívod atmosferického vzduchu, vypouštěcí ventil otevře spojení mezi prostory

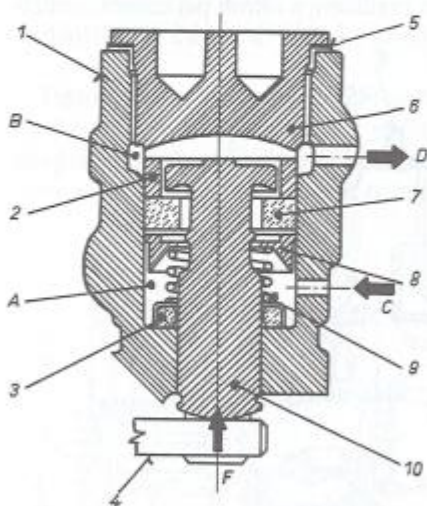
A a B, tlaky vzduchu se v nich vyrovnají a písty posilovače a brzdového válce se vrátí do základní polohy.

Dvouokruhová soustava vyžaduje posilovač s dvouokruhovým hydraulickým brzdovým válcem.

Regulátor brzdného tlaku zadních kol

Tento regulátor reguluje brzdný tlak v zadních brzdových válcích vzhledem k tlaku působícímu v brzdových válcích předních kol (*obr. 127*). Brzdný tlak v zadních brzdových válcích tak činí vlivem působení regulátoru 60 až 100 % ovládacího tlaku, který současně působí ve válcích předních kol, v závislosti na zatížení automobilu. Rozdělením ovládacích tlaků v brzdové soustavě provozní brzdy rovnoměrně na přední a zadní kola se zabrání blokování kol.

Vlastní regulace brzdného tlaku je umožněna škrcením průtoku brzdové kapaliny k brzdovým válcům zadních kol podle zatížení zadní nápravy.



Obr. 127. Regulátor brzdného tlaku zadních kol

A - prostor spojený s hlavním válcem brzdy, *B* - prostor s regulovaným tlakem, *C* - přípojka k hlavnímu válci brzdy, *D* - přípojka k brzdovým válečkům brzd zadních kol, *F* - síla působící od páky ovládací tyče na píst regulátoru

1 - těleso regulátoru, *2* - rozpírací kroužek, *3* - těsnicí kroužek, *4* - tyč ovládací tyče regulátoru, *5* - těsnění, *6* - uzavírací zátka, *7* - těsnicí kroužek pístu, *8* - opěrný kroužek pružiny, *9* - pružina, *10* - píst

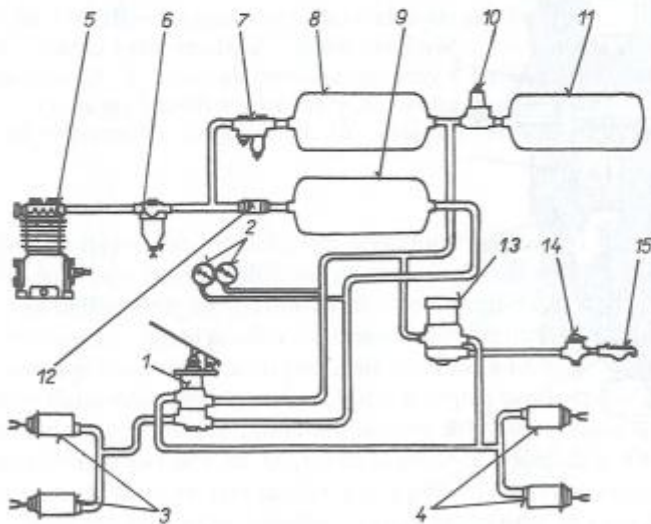
Brzdové soustavy nákladních automobilů

Nákladní automobily používají k ovládní provozní, nouzové, popř. i parkovací brzdy zpravidla strojní brzdy, většinou přetlakové, ale i vzduchokapalinové. Některé lehké nákladní automobily používají brzdové soustavy kapalinové přímočinné a přímočinné s posilovačem (Avia).

Současné nákladní automobily (mimo lehké nákladní automobily) mají zařízení pro tažení přívěsů. Vzhledem k tomu musí splňovat podmínky provozního a nouzového brzdění stanovené pro sám automobil s celkovou hmotností odpovídající celkové hmotnosti soupravy (nákladní automobil + přívěs) a podmínky parkovacího brzdění stanovené pro soupravu. V takovém případě je vždy potřebný samostatný okruh nouzové brzdy.

Přetlakové brzdové soustavy (obr. 128) se skládají ze soustavy zdroje stlačeného vzduchu a provozní brzdové soustavy. Soustava zdroje stlačeného vzduchu obsahuje kompresor, čistič vzduchu, protimrazové zařízení, regulátor tlaku vzduchu.

Provozní brzdovou soustavu tvoří dvě větve okruhu provozní brzdy (pro přední a zadní brzdy) ovládané hlavním brzdíčem a okruh parkovací (nouzo-



Obr. 128. Přetlaková dvouokruhová brzdová soustava

1 - dvouokruhový hlavní brzdíč, 2 - tlakoměry, 3 - přední brzdové válce, 4 - zadní brzdové válce, 5 - kompresor, 6 - odlučovač oleje a plnič pneumatiky, 7 - vyrovnávač tlaku vzduchu, 8 - pohotovostní vzduchojem I. okruhu, 9 - pohotovostní vzduchojem II. okruhu, 10 - přepouštěcí ventil, 11 - zásobní vzduchojem I. okruhu, 12 - zpětný ventil, 13 - brzdíč přívěsu, 14 - uzavírací kohout, 15 - spojková hlava

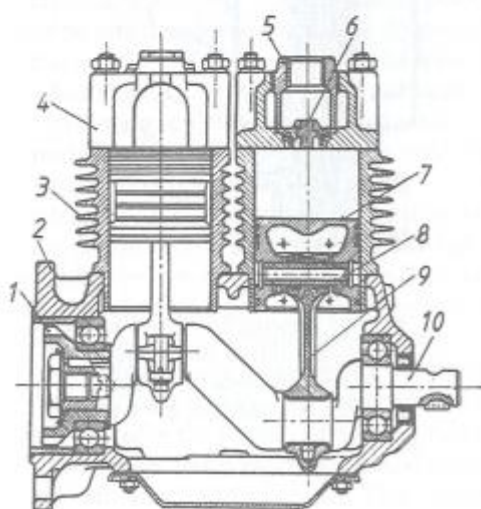
vé) brzdy ovládané ručním brzdovým ventilem. Soustava obsahuje vzduchojemy, tlakoměry, popř. víceokruhový jisticí ventil, pedálový brzdič, nebo také automatický zátěžový regulátor, soustavu parkovací brzdy, brzdové válce, brzdič přívěsu a přípojky (spojkové hlavice) pro spojení soustavy se soustavou přípojného vozidla.

Přetlaková brzda s dvouokruhovým převodem

Vyhlaška o podmínkách provozu motorových vozidel vyžaduje, aby nákladní automobily o celkové hmotnosti větší než 16 t a autobusy s hmotností větší než 8 t měly dvouokruhové brzdy. Z důvodu větší bezpečnosti musí být okruh předních brzd úplně nezávislý na okruhu zadních brzd. To znamená, že porucha jednoho okruhu nesmí vyřadit z činnosti druhý okruh. V takovém případě jsou kompresor, odlučovač oleje a protimrazový vstřikovač společně pro oba okruhy a dál se potrubí dělí zvlášť na první okruh a zvlášť pro druhý okruh. Hlavní brzdič je dvouokruhový, to znamená, že zabezpečuje brzdění obou okruhů a při poruše umožňuje samostatnou činnost jednoho okruhu.

Jednotlivé části dvouokruhové přetlakové soustavy

Pístový kompresor (obr. 129) se používá ke stlačování vzduchu u většiny brzdových soustav. Kompresor je poháněn buď ozubeným kolem od rozvodových kol, nebo klínovými řemeny od řemenice na klikovém hřídeli. Řemenový převod má výhodu v tom, že umožňuje vhodnější umístění kompresoru.



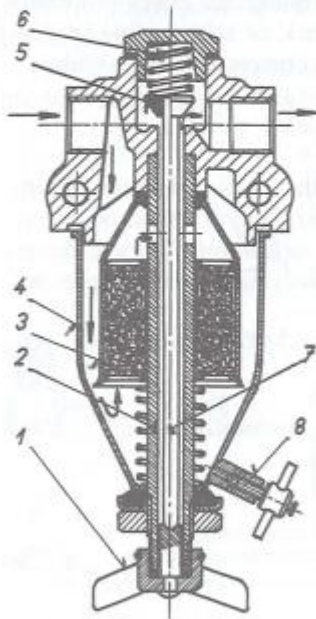
Obr. 129. Kompresor
 1 - unášeč, 2 - kliková skříň,
 3 - válec, 4 - hlava válce,
 5 - dutý šroub, 6 - destičkový ventil, 7 - píst, 8 - pístní čep,
 9 - ojnice, 10 - kliková hřídel

Může však dojít ke spadnutí řemenu, a tím i zastavení kompresoru. Proto je třeba stále sledovat ukazatel tlaku vzduchu.

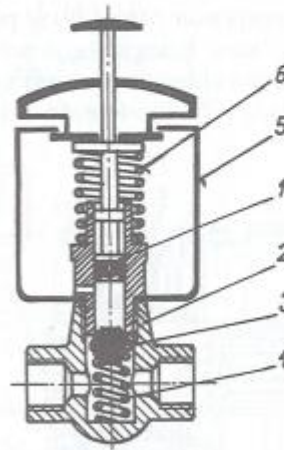
Odlučovač oleje a plnič pneumatik (obr. 130). Vzduch z kompresoru unáší s sebou olej v podobě mlhy. Tento olej může působit potíže ve všech přístrojích přetlakových brzd, a proto je nutné ho ze vzduchu odstranit. To probíhá v odlučovači oleje, který je současně i plněčem pneumatik.

Hlavní částí odlučovače je *čistič vzduchu*, v němž je *čisticí vložka*. Při plnění pneumatik se odšroubuje uzavírací matice na spodním konci, tím klesne tyčka ventilu a povolí pryžovou záklopku, která dosud umožňovala průchod vzduchu ke vzduchojemu. Záklopka se tlakem pružiny uzavře a vzduch proudí trubkou a na ní připojenou vysokotlakou hadicí do pneumatiky.

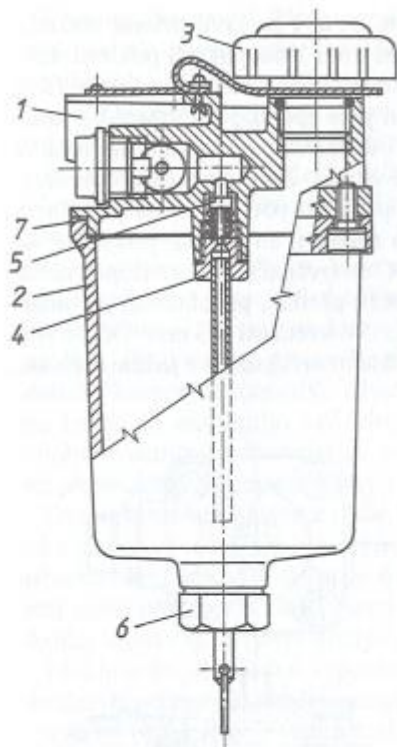
Protimrazový vstříkovač (obr. 131). Přivádí do brzdové soustavy mrazuvzdornou kapalinu. Ta chrání jednotlivé přístroje před zamrznutím a zabráňuje korozi v brzdovém potrubí. V nádržce je 0,3 l kapaliny a píst vlastního



Obr. 130. Odlučovač oleje a plnič pneumatik
1 - závěrná matice, 2 - rozpěrná trubka, 3 - vložka čističe, 4 - kryt, 5 - pryžová záklopka, 6 - pružina záklopky, 7 - tyčka záklopky, 8 - výpustný ventil



Obr. 131. Protimrazový vstříkovač
1 - píst, 2 - těleso vstříkovače, 3 - zpětná záklopka, 4 - pružina záklopky, 5 - nádržka, 6 - pružina pístu



Obr. 132. Protimrazové zařízení
 1 - vršek tělesa, 2 - nádržka, 3 - uzá-
 věr, 4 - vodítko s trubkou, 5 - zpětný
 ventil, 6 - odvodňovací ventil, 7 - krou-
 žek 100 × 2

čerpadla, udržovaný v horní poloze pružinou. Řidič stlačením vstříkne před jízdou mrazuvzdornou kapalinu do potrubí a proudící vzduch ji rozptýlí. Při mrazech do $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ se vstříkuje 3 až 4krát denně.

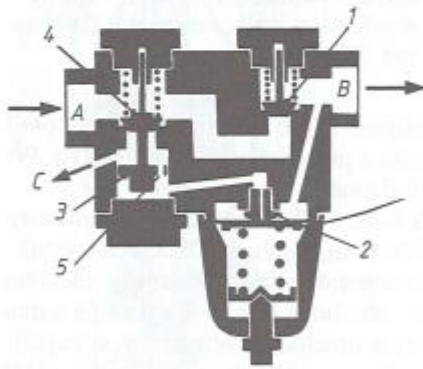
Automatické **protimrazové zařízení** (obr. 132). Vzduch od kompresoru a vyrovnávače tlaku prochází vstupním hrdlem, Venturiho trubici a výstupním hrdlem do brzdové soustavy (vzduchojemů) vozidla. Část přiváděného vzduchu proniká přes zpětný ventil 5 do vzduchové trubky 4, vyústěné u dna nádržky 2. Vzduch, který opouští trubici a prochází protimrazovou kapalinou, se obohacuje jejími parami. Jelikož tlak nad hladinou kapaliny je nižší než tlak ve vstupním hrdle, je vzduch obohacený parami odsáván hlavním proudem vzduchu přes trysku a dopravován do brzdové soustavy. Zde se páry srážejí, mísí se s vodními kondenzáty, a brání tak jejich zmrznutí. Popsaný proces probíhá automaticky při doplňování vzduchu do brzdové soustavy.

V současné době se obě tato zařízení nahrazují vysoušeči vzduchu, které jsou zařazeny do soustavy a pracují zcela automaticky.

Regulátor tlaku vzduchu. Pokud motor běží, kompresor stále dodává stlačený vzduch do vzduchojemy. Tlak vzduchu zde však nemá překročit určitou

velikost. Úkolem regulátoru tlaku vzduchu je, aby zastavil přívod vzduchu při dosažení maximálního tlaku ve vzduchojemu a naopak při poklesu tlaku pod určitou hranici zabezpečil doplnění vzduchu do vzduchojemu (obr. 133).

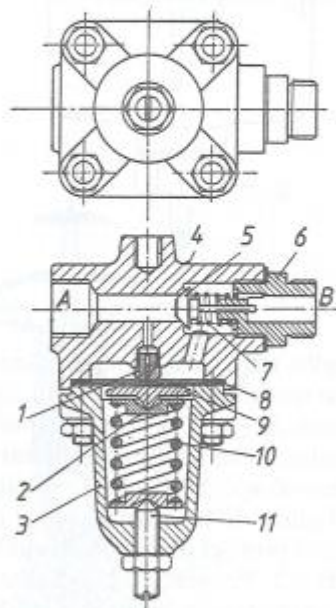
Přetlakový vzduch je přiváděn hrdlem *A* přes zpětnou záklopku *1* k hrdlu *B*, které je spojeno se vzduchojemem. Při dosažení provozního přetlaku se membrána vyrovnávací komory oddálí od vložky *2*, jejímž středovým otvorem začne proudit přetlakový vzduch do prostoru pod přepínací píst, který nadzvedne vyrovnávací záklopku *4*, a tím způsobí, že vzduch přiváděný od kompresoru může volně unikat kanálkem *C* do ovzduší. Aby záklopka nezůstala trvale otevřena, je nutné pozvolna snížit přetlak, působící na přepínací píst *3*. K tomu slouží odvzdušňovací tryska *5* o světlosti 0,3 mm. Odlučovač oleje, plnič pneumatik a regulátor tlaku vzduchu se sdružují v jediné zařízení, sdružený regulátor tlaku vzduchu.



Obr. 133. Funkční schéma regulátoru tlaku vzduchu

A - přívod vzduchu, *B* - vývod vzduchu ke vzduchojemu, *C* - odfuk do ovzduší

1 - zpětná záklopka, *2* - vložka, *3* - přepínací píst, *4* - vyrovnávací záklopka, *5* - odvzdušňovací tryska



Obr. 134. Přepouštěč vzduchu

1 - tryska, *2* - podložka pružiny, *3* - pružinová komora, *4* - těleso, *5* - zpětná záklopka, *6* - dvojité hrdlo, *7* - pružina, *8* - kovová membrána, *9* - talířek pružiny, *10* - pružina, *11* - seřizovací šroub

Přepouštěcí ventil. Tímto ventilem se zabráňuje plnění zásobního vzduchojemu stlačeným vzduchem, pokud v pohotovostním vzduchojemu není potřebný tlak. Mimo to má přepouštěcí ventil umožnit zpětné proudění vzduchu ze zásobního do pohotovostního vzduchojemu, když se v pohotovostním vzduchojemu tlak sníží a je menší než tlak v zásobním vzduchojemu.

Konstrukce přepouštěče je velmi podobná vyrovnávací tlaku (*obr. 134*). Těleso je odlitek z hliníkové slitiny, v němž je opět komora uzavřena membránou, zatíženou silou pružiny. V tělese je pryžová přepouštěcí záklopka jako ve vyrovnávací tlaku. Vstupním hrdlem přichází stlačený vzduch pod bránci, přičemž přepouštěcí záklopka je tlakem pružiny uzavřena. Pokud je tlak vzduchu nižší, než na který je přístroj seřízen, nemůže vzduch nikam protékat. Při dosažení přepouštěcího tlaku zvedne tlak vzduchu bránci přepouštěcí komory a stlačený vzduch proniká vzduchovou tryskou k výstupnímu hrdlu do zásobního vzduchojemu. Klesne-li při odběru vzduchu tlak v pohotovostním vzduchojemu, otevře se přetlakem v zásobním vzduchojemu přepouštěcí záklopka a tlaky v obou vzduchojemech se vyrovnají.

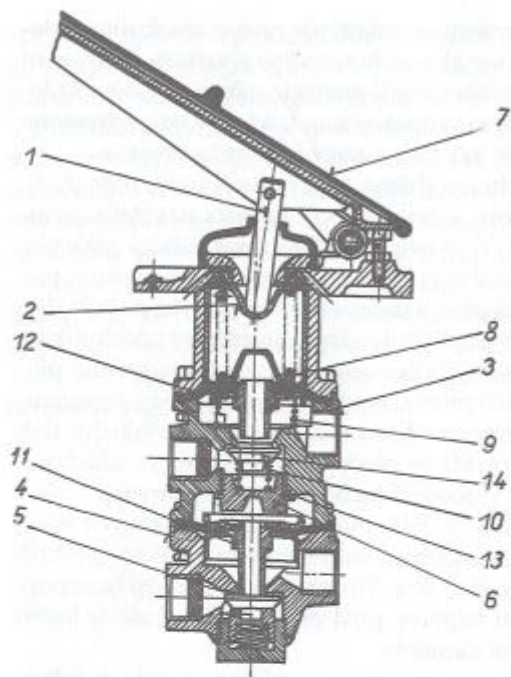
Dvouokruhový hlavní brzdič (*obr. 135*) ovládá brzdy motorových vozidel a přívěsů dvěma samostatnými okruhy. Tento brzdič má tlakový předstih jednoho okruhu před druhým asi o 60,7 kPa. Tím se umožní brzdění bez zpoždění nebo předstih brzdění zadní nápravy před přední. Při poruše jednoho okruhu umožňuje brzdění druhým okruhem.

První okruh je ovládán vypouštěcím pístem pomocí pružiny jako u jednookruhového brzdiče. Druhý okruh se řídí stlačeným vzduchem přivedeným z prvního okruhu spojovacím kanálkem.

Brzdič se skládá ze tří hliníkových odlitků.

Sešlápnutím brzdového pedálu se stlačí pružina, která je nad horním vypouštěčem, jenž se tím pohybuje dolů, kde dosedne na záklopku umístěnou v tlakové komoře středního dílu. Dosednutím horního vypouštěče na záklopku se uzavře otvor pro odvod stlačeného vzduchu z brzdových válců. Dalším posunutím se oddálí záklopka od sedla prvního okruhu, a tím přepustí stlačený vzduch ze vzduchojemu do prostoru pod horním vypouštěčem a do brzdových válců prvního okruhu. Současně proudí stlačený vzduch spojovacími kanály do prostoru nad dolním vypouštěčem, kde posouvá dolní vypouštěč dolů, oddálí záklopku od sedla druhého okruhu, a tak přepustí stlačený vzduch do prostoru pod dolním vypouštěčem a do brzdových válců druhého okruhu. Velikost přepouštěného tlaku v prvním okruhu se vždy řídí předstihem pružiny nad horním vypouštěčem, tj. silou, která působí na pedál brzdy; v druhém okruhu se řídí velikostí tlaku vzduchu v prvním okruhu.

Při odbrzdování uniká stlačený vzduch z brzdových válců prvního okruhu středem horního vypouštěče do ovzduší. Z brzdových válců druhého okruhu uniká stlačený vzduch do ovzduší středem dolního vypouštěče, kanálky ve středním dílu a středem horního vypouštěče.



Obr. 135. Dvouokruhový hlavní brzdíč

1 - svorník, 2 - tlačný taliň, 3 - střední díl brzdíče, 4 - spodní díl brzdíče, 5 - záklopka, 6 - uzavírací šroub, 7 - pedál, 8, 9, 10 - pružiny, 11 - dolní vypouštěč, 12 - horní vypouštěč, 13 - doraz, 14 - záklopka

Při poruše v prvním okruhu brzdíč pracuje takto: sešlápnutím brzdového pedálu se stlačí pružina nad horním vypouštěčem, nastává posuv dolů, otevře se záklopka a stlačený vzduch ze vzduchojemu prvního okruhu uniká ven. Dalším posunutím horní vypouštěč dosedne na kolíky, kterými posune dolní vypouštěč, oddálí záklopkou od sedla a přepustí stlačený vzduch pod dolní vypouštěč a do brzdových válců druhého okruhu. Velikost přepuštěného tlaku se řídí předpětím pružiny nad horním vypouštěčem, tj. silou působící na pedál brzdy. Při poruše v druhém okruhu je funkce brzdíče stejná jako při brzdění bez poruchy, jen s tím rozdílem, že dolní vypouštěč přepustí stlačený vzduch ze vzduchojemu druhého okruhu ven.

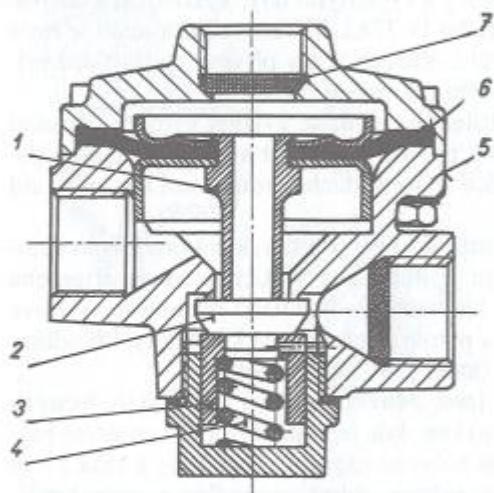
Ke zvýšení bezpečnosti a pro zabezpečení správné funkce jsou vzduchové ovládací soustavy doplněny dalšími přístroji: např. ovládacími ventily, které zabezpečují rychlejší naplnění nejvzdálenějších kolových brzdových válců stlačeným vzduchem při brzdění; vyfukovacími ventily, které umožňují rychlejší vyprázdnění kolových brzdových válců při odbrzdění; čističi potru-

bí, přípojkami pro kontrolní tlakoměry, signalizátory tlaku, elektromagnetickými ventily apod.

Ovládací ventil (obr. 136). Čím je potrubí delší, tím je prodleva větší. Pro zkrácení náběhu tlaku se brzdy dají upravit tak, že vzduchojem se umístí blízko brzdových válců a vpouštění vzduchu se řídí ovládacím ventilem, který je umístěn co nejbližší k brzdovým válcům.

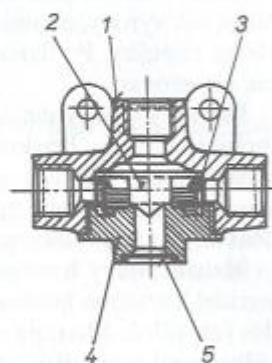
Vyfukovacím ventilem (obr. 137) se rychle odvzdušňují brzdové válce a brzdové potrubí při odbrzdění tam, kde je mezi brzdovými válci a hlavním brzdíčem velká vzdálenost.

Zpětný ventil (obr. 138) je součástí přetlakové dvouokruhové brzdy. Má za úkol zamezit ztrátě zásoby stlačeného vzduchu v prvním okruhu při poru-



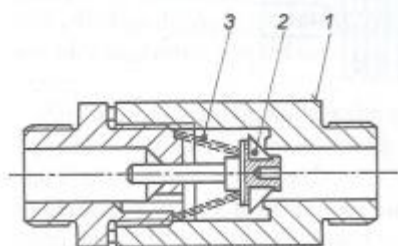
Obr. 136. Ovládací ventil

1 - pist, 2 - záklopka, 3 - vložka, 4 - pružina,
5 - těleso ventilu, 6 - pryžová membrána,
7 - sítko



Obr. 137. Vyfukovací ventil

1 - těleso ventilu, 2 - dvojitá
pryžová záklopka, 3 - pružina,
4 - zátka, 5 - sítko



Obr. 138. Zpětný ventil

1 - těleso ventilu, 2 - ventil, 3 - pružina

še druhého okruhu tím, že umožňuje proudění stlačeného vzduchu jen jedním směrem. To znamená, že když klesne tlak v potrubí před ventilem, záklopka se přitlačí do sedla silou úměrnou úbytku tlaku. Tím se ventil uzavře a stlačený vzduch z neporušeného okruhu nemůže unikat společným potrubím a porušeným okruhem.

Víceokruhový jisticí ventil slouží k rozvodu přetlakového vzduchu v brzdové soustavě do čtyř okruhů a v případě poruchy jednoho z okruhů k jištění přetlaku ve zbývajících okruzích brzdové soustavy (viz *obr. 145*, s. 119).

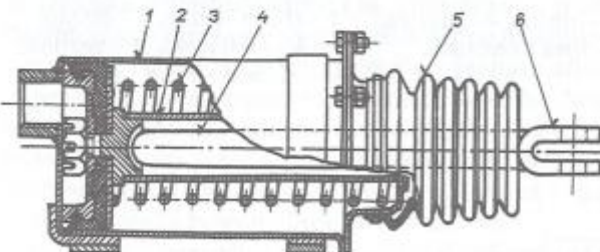
Vzduchojem slouží jako zásoba stlačeného vzduchu pro brzdění, popř. pro potřeby jiných přístrojů, jako jsou stěrače, houkačky, strojní zařízení, pérování apod.

Vzduchojemy jsou válcové nádoby s vypuklými dny. Vyrábějí se svařováním z ocelového plechu 11 373.l nebo 11 374.l. Ve dně vzduchojemu je závit pro dvojité hrdlo k připojení potrubí. Vzduchojemy přivěsů mají ve dně přírubu se čtyřmi šrouby pro připevnění rozváděče přivěsu.

Každý vzduchojem musí mít štítek, na němž je uveden výrobce, výrobní číslo, rok výroby, objem (v litrech), provozní a zkušební přetlak a datum poslední zkoušky. Po tlakové zkoušce se na vzduchojemu nesmí nic vrtat, ani nic přivařovat.

Brzdový válec (*obr. 139*) se používá k přenosu síly, která brzdí kolo automobilu. Pístnice brzdového válce je ukončena vidlicí, která je připojena k páce brzdy. Stlačený vzduch z hlavního brzdíče nebo rozváděče vysouvá kovový píst s koženou manžetou a pohyb se přenáší na klíč brzdy. Při odbrzdění se píst vrací tlakem pružiny (která je ve válci) zpět.

Membránový brzdový válec (*obr. 140*) se používá u těžkých vlečných vozidel k otvírání brzdových čelistí tam, kde je málo místa pro umístění brzdových válců. Montuje se na kolo nebo na nápravu. Skládá se z víka a dna válce, mezi nimiž jsou uzavřeny membrána, pístnice s vidlicí a vratné pružiny.



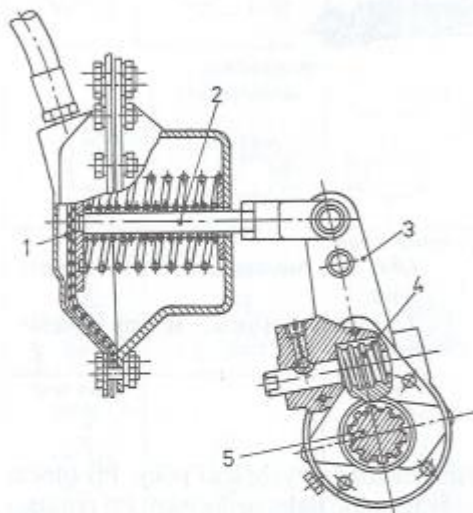
Obr. 139. Brzdový válec

1 - těleso válce, 2 - vodící trubka, 3 - pružina, 4 - pístnice, 5 - pryžová manžeta, 6 - vidlice

Pružinový brzdový válec se používá v soustavě vzduchové brzdy k ovládní páky brzdového klíče. Lze ho použít k ovládní brzdy:

- provozní, řízené hlavním brzdičem,
- nouzové a parkovací, řízené ze samostatného okruhu ventilem ruční brzdy.

Prostor válce je rozdělen na tři komory: komoru provozní brzdy, komoru pružin a komoru nouzové a parkovací brzdy (viz obr. 147, s. 122).

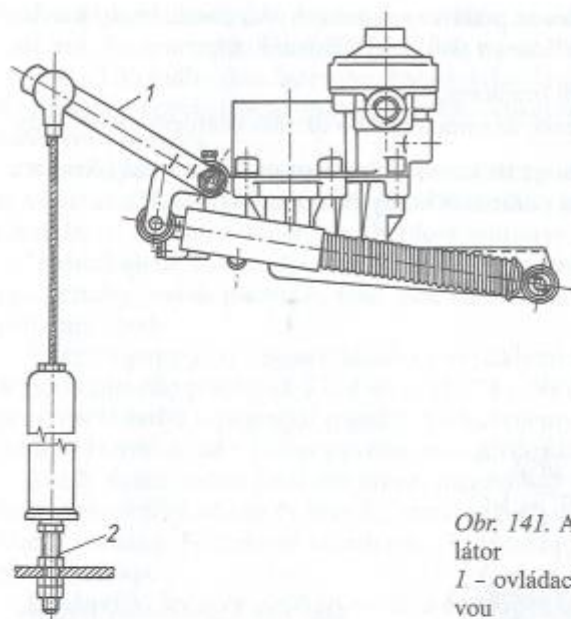


Obr. 140. Membránový brzdový válec

1 - membrána, 2 - pístnice,
3 - páka brzdy, 4 - šnekové seřizovací zařízení pro nastavení vůle čelistí, 5 - čep klíče brzdy

Pokud je soustava bez přetlaku vzduchu, je vozidlo zabrzděno pomocí síly pružin. Je-li v brzdové soustavě přetlak vzduchu, pružiny se při otevřeném ventilu ruční brzdy stlačí (je odbrzděno). Sešlápnutím pedálu brzdy při provozním brzdění je přes hlavní brzdič přiváděn přetlak vzduchu do prostoru komory provozní brzdy, kde působí na plochu pístu a pístnice se vysouvá. Při stání je možno zajistit vozidlo proti pohybu tím, že se z prostoru komory nouzové a parkovací brzdy ventilem ruční brzdy zcela vypustí přetlakový vzduch. Tím dojde k vysunutí pístu pružiny silou pružin - vozidlo je zabrzděno. Mechanismus použití nouzové brzdy je shodný jako při použití parkovací brzdy.

Automatický zátěžový regulátor mechanický (dále AZR) (obr. 141) slouží k regulaci brzdového tlaku v brzdových válcích v závislosti na zatížení vozidla. Změny brzdového tlaku jsou úměrné ke změnám polohy ovládací páky. K těm dochází při propérování listových per vozidla, neboť ovládací páka regulátoru připevněného na rám vozidla je pomocí ovládací pružiny spojena



Obr. 141. Automatický zátěžový regulátor
1 - ovládací páka, 2 - spojení s nápravou



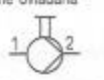
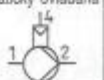
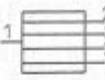
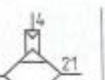
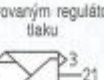

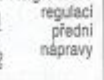
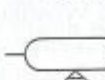

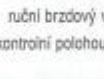
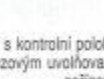
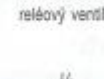
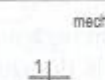
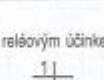
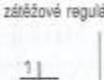
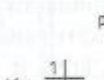
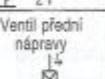
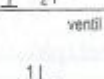
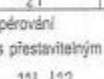
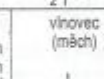
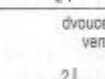
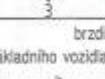
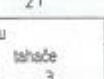
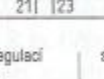
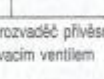
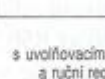
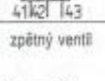
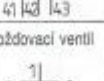
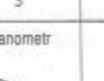
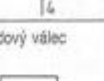
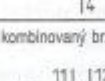

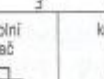
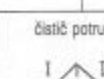

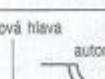
s nápravou. Čím větší je zatížení, tím menší je vychýlení páky. Při plném zatížení nebo propérování k regulaci brzdového tlaku nedochází. Při regulaci dochází k omezení vpouštění přetlaku vzduchu od hlavního brzdíče k brzdovým válcům. Brzdný tlak je v určitém poměru regulován.

U vozidel se vzduchovým pérováním se používá AZR k regulaci brzdného přetlaku v brzdových válcích v závislosti na přetlaku ve vzduchovém pérování, který souvisí se zatížením vozidla.

Brzdové potrubí. Všechna zařízení a vzduchojemy upevněné na pevných částech podvozku spojuje potrubí z ocelových trubek $\varnothing 15 \times 1,5$ mm. Trubky se k přístrojům připojují dvojitým hrdlem se závitem $M 22 \times 1,5$.

Spojení s brzdovými válci a jinými pohyblivými částmi, jakož i spojení pedálových brzdíčů zajišťují pryžové hadice $\varnothing 24,5 \times 13$ mm, které jsou opleteny ocelovým pletivem. V současnosti je stále častěji brzdové potrubí vyrobeno z plastu. Materiál odpovídá normám a jeho životnost je téměř neomezená.

S přípravou ke vstupu do EU je třeba znát funkční zástavby a činnost zařízení přetlakových vzduchových brzdových soustav platných podle směrnice rady EU. Pro správné technické pochopení schémat je třeba se seznámit se schematickými značkami nejdůležitějších zařízení těchto soustav (obr. 142).

kompresor 	regulátor tlaku 	protimrazová pumpa ručně ovládaná 	automaticky ovládaná 	čtyřokruhový jistič ventilů 
vysoušeč vzduchu 	s integrovaným regulátorem tlaku 	pedálový brzdíč 	s integrovanou regulací přední nápravy 	vzduchojem s odvodňovacím ventilem 
ruční brzdový ventil s kontrolní polohou 	s kontrolní polohou a nouzovým uvolňovacím zařízením 	reléový ventil 	jistič ventilů proti přetížení 	
mechanické 	automatické zátěžové regulátory s reléovým účinkem 	automatické zátěžové regulátory 	pneumatické s reléovým účinkem 	
Ventil přední nápravy 	ventil vzduchového pérování 	s přestavitelným nulovým bodem a ruční regulací 	vínovec (měch) 	dvoucestný ventil 
brzdící přívěsu nákladního vozidla 	taháče 	s ruční regulací 	rozvaděč přívěsu s uvolňovacím ventilem 	s uvolňovacím ventilem a ruční regulací 
zpětný ventil 	zpožďovací ventil 	dvojitý manometr 	brzdový válec 	kombinovaný brzdový válec 
kontrolní přepojka 	kontrolní spínač 	kontrolka 	čistič potrubí 	spojková hlava automatická 

Obr. 142. Schematické značky brzdových soustav

Doporučení pro vzduchotlaké brzdové soustavy podle předpisů EHK

1. Zdroje a zásoba energie:

- zdroj energie je vyhovující, jsou-li okruhy mezi sebou jištěné,
- při výpadku jednoho okruhu musí být ostatní okruhy dále doplňovány,
- zásobníky energie musí být dimenzovány (není určen jejich počet, ale je předepsán jejich souhrnný objem),
- varovné zařízení musí po čtyřech plných zabrzděních provozní brzdou vydat při pátém zabrzdění varovný signál.

2. Provozní brzda:

- musí působit na všechna kola a brzdná síla musí být měnitelná,
- musí být dvouokruhová,
- brzdná síla musí být smysluplně rozdělena na nápravy, je-li použit AZR, musí působit automaticky,
- při tlakování brzdové soustavy, která je bez tlaku, se smí uvolnit parkovací brzda až tehdy, když je v provozní brzdě (soustavě) tlak a je dosaženo brzdného účinku.

3. Ovládání přívěsu nebo návěsu:

- musí být ve dvou- nebo vícehadicovém provedení (plnicí je červená větev, ovládací je žlutá větev),
- ovládání přívěsu musí být dvouokruhové,
- u dvouhadicových brzd se musí tlak pohybovat v rozmezí, a to zásobní tlak 650 až 850 kPa, ovládací tlak 650 až 850 kPa,
- při poruše v ovládací větvi a plném zabrzdění provozní brzdou, musí tlak v plnicí větvi klesnout za dvě sekundy na hodnotu 150 kPa.

4. Parkovací brzda:

- musí udržet vozidlo bez přítomnosti řidiče ve stabilní poloze, a to u zatíženého vozidla při 18 % spádu nebo stoupání, u soupravy při 12 % spádu nebo stoupání,
- musí působit čistě mechanicky (pružina 500 kp až 1 400 kp v pružinovém brzdovém válci),
- řidič musí mít v každém okamžiku možnost se přesvědčit o dostatečném brzdícím účinku mechanické části parkovací brzdy (ovládání má tzv. kontrolní polohu).

5. Nouzová brzdová soustava:

- musí být schopna při výpadku provozní brzdy po určité vzdálenosti vozidlo zastavit,

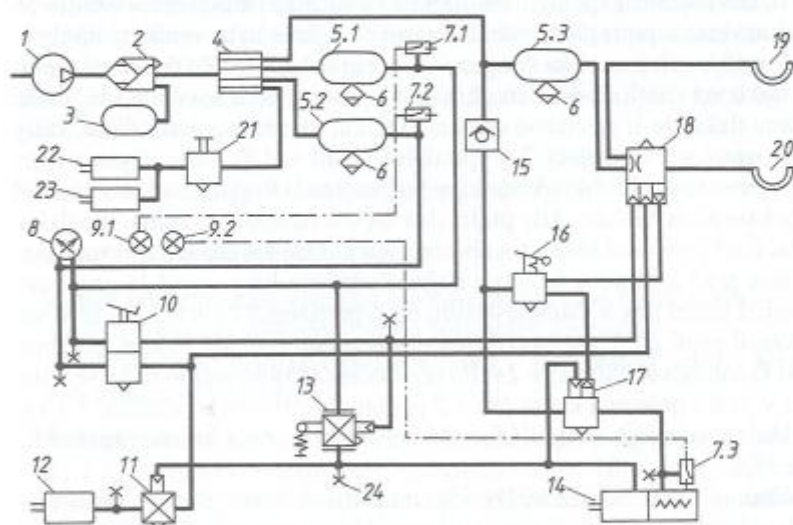
- může být kombinována se soustavou provozní brzdý nebo se soustavou parkovací brzdý.

6. Dlouhodobě zatížitelná brzda odlehčovací (motorová, hydraulická, elektromagnetická):

- je předepsána pouze pro vozidla třídy M₃ (vozidla pro dopravu osob o celkové hmotnosti nad 10 t) a musí být schopna při 7% spádu udržet rychlost 30 km.h⁻¹ na úseku 6 km.

Dvouhadicová dvouokruhová brzdová soustava nákladních vozidel platná v EU

Dvouhadicovou dvouokruhovou brzdovou soustavu představuje obr. 143.



Obr. 143. Dvouhadicová dvouokruhová brzda pro nákladní vozidla podle RREG
 1 - kompresor, 2 - vysoušeč vzduchu s integrovaným regulátorem, 3 - regenerační vzduchojem, 4 - čtyřokruhový jisticí ventil, 5.1 - vzduchojem: okruh 1, 5.2 - vzduchojem: 2, 5.3 - vzduchojem: okruh 3, 6 - odvodňovací ventil, 7.1 - varovný spínač: okruh 1, 7.2 - varovný spínač: okruh 2, 7.3 - varovný spínač PBA, 8 - dvojitý manometr, 9.1 - kontrolka provozu brzdý, 9.2 - kontrolka parkovací brzdý, 10 - pedálový brzdový ventil, 11 - ventil přední nápravy, 12 - brzdový válec přední nápravy, 13 - automatický zátěžový regulátor, 14 - kombinovaný válec zadní nápravy, 15 - zpětný ventil, 16 - ruční brzdový ventil s kontrolní polohou, 17 - jisticí ventil proti přetížení, 18 - brzdíč přívěsu s 2/2 - četným ventilem, 19 - spojková hlava „plnění“, 20 - spojková hlava ovládní, 21 - odvzdušňovací ventil, 22 - pracovní válec I, 23 - pracovní válec II, 24 - kontrolní přípojka

Popis funkce

Plnění. Tlakový vzduch od kompresoru 1 proudí vysoušečem vzduchu 2 s integrovaným regulátorem tlaku do regenerační nádoby 3 a k čtyřokruhovému jisticímu ventilu 4. Po překročení otevíracího tlaku v čtyřokruhové ventilu proudí tlakový vzduch ke vzduchojemu okruhu 1 a 2, 5.1 a 5.2 a od varovných spínačů 7.1 a 7.2 k dvojitému tlakovému manometru 8 a zásobním přípojem pedálového brzdíče 10. Kromě toho je zátěžový regulátor brzdných sil napájen z okruhu 1 5.1 tlakovým vzduchem. Je-li na varovných spínačích překročeno 65 % provozního tlaku, kontrolky se vypínají. Jakmile je vzduchojem 5.1 nebo 5.2 naplněn otevíracím tlakem, začíná plnění vedlejších spotřebičů. Přes jeden přípoj pro vedlejší spotřebiče je plněn zásobník energie okruhu 3 5.3 a pomocí druhého přípoje ventil 21. Od zásobníku energie 5.3 proudí tlakový vzduch zpětným ventilem 15 k ručnímu brzdovému ventilu 16 a jisticímu ventilu proti přetížení 17 a zároveň 2/2cestným ventilem upevněným na brzdíči přívěsu 18 ke spojkové hlavě „plnění“ 19. Po dosažení otevíracího tlaku ve všech zásobních okruzích je dále plnění rovnoměrné, až ke spínacímu tlaku. Je-li dosaženo spínacího tlaku, otevře regulátor tlaku, který je integrovaný ve vysoušeci 2, vypouštěcí ventil a dále vede dopravovaný tlak z regenerační nádoby 3 do volného prostoru. Regulátor tlaku zůstává v této poloze až do té doby, kdy plnicí tlak klesne na hodnotu spínacího tlaku.

Jízda. Část provozní brzdy kombinovaného válce 14 zadní nápravy a brzdový válec přední nápravy jsou bez tlaku. Ruční brzdový ventil 16 propouští přicházející plnicí tlak k jistému ventilu proti přetížení 17 a k brzdíči přívěsu. Jisticí ventil proti přetížení zavzdušňuje stávajícím plnicím tlakem pružinovou část kombinovaného válce 14. Po překročení uvolňovacího tlaku se tento nachází v jízdě poloze a kontrolka 9.2 je pomocí varovného spínače 7.3 vypnuta. Vedení ke spojkové (ovládací) hlavě 20 je odvzdušňováno přes brzdíči přívěsu 18.

Brzdění. a) Provozní brzda. Ovládním pedálového brzdového ventilu 10 je do obou brzdových okruhů postupně zaváděn brzdný tlak. K zadní nápravě je brzdý tlak v automatickém zátěžovém regulátoru 13 a brzdíči přívěsu účinný jako tlak ovládací. AZR brzdých sil 13 zavzdušňuje podle stavu zatížení brzdým tlakem ovládací přípoj jisticího ventilu proti přetížení 17 provozní díl kombinovaného válce 14 a ovládací přípoj ventilu přední nápravy 11. Brzdý tlak pro přední nápravu prochází ventilem přední nápravy 11, zavzdušňuje brzdový válec 12 a je účinný na brzdíči přívěsu 18 jako tlak ovládací. Ventil přední nápravy 11 přitom reguluje brzdý tlak podle svého redukovaného tlakového poměru od pedálového brzdového ventilu 10 a účinného brzdového tlaku na ovládacím přípoji zadní nápravy. Podle tlaků na ovládacích přípojích brzdíče přívěsu 18 je spojková (ovládací) hlava 20 zavzdušňována ze zásoby. Při uvolňování provozní brzdy (odbrzdění) je odbouráván

brzdový tlak přes odvzdušnění pedálového brzdového ventilu 10, AZR a ventilu přední nápravy 11. Brzdící přívěsu odbrzdí spojkovou hlavou přes brzdové potrubí přívěsu 20.

b) *Parkovací brzda.* Ovládním ručního brzdového ventilu 16 je postupně odbouráván tlak k jisticímu ventilu proti přetížení 17 a k brzdící přívěsu 18. Tímto odbouráváním tlaku na ovládacím přípoji jisticího ventilu proti přetížení 17 přepíná a odvzdušňuje pružinový díl kombinovaného válce 14 a také varovný spínač 7.3. Silou pružiny je vozidlo brzděno a kontrolka 9.2 svítí. Na nepřímým účinným ovládacím přípoji brzdíče přívěsu vzniklý pokles tlaku způsobí, že stávající plnicí tlak, úměrně k poklesu tlaku na ovládacím přípoji, je odváděn jako brzdový tlak ke spojkové (ovládací) hlavě 20.

c) *Odlehčovací brzda.* Ovládním zavzdušňovacího ventilu 21 jsou zavzdušňovány oba pracovní válce 22 a 23, a tím je klapka výfuku uzavřena a vstříkovací čerpadlo nastaveno zpět na nulovou dodávku paliva.

d) *Ochrana proti přetížení.* Při současném ovládním provozní brzdy je odvzdušňován nebo zavzdušňován pružinový díl stejnou měrou jako část provozní brzdy. Sčítání sil provozní brzdy a pružinového dílu kombinovaného válce 14 je tím vyloučeno.

Soustava zdroje stlačeného vzduchu

Zdroj stlačeného vzduchu musí:

- zajistit potřebný tlak vzduchu v předepsaném čase (kompresor);
- vyčistit a vysušit stlačený vzduch (vysoušeč vzduchu);
- regulovat provozní tlak (regulátor tlaku - samostatný nebo v kombinaci s vysoušečem vzduchu).

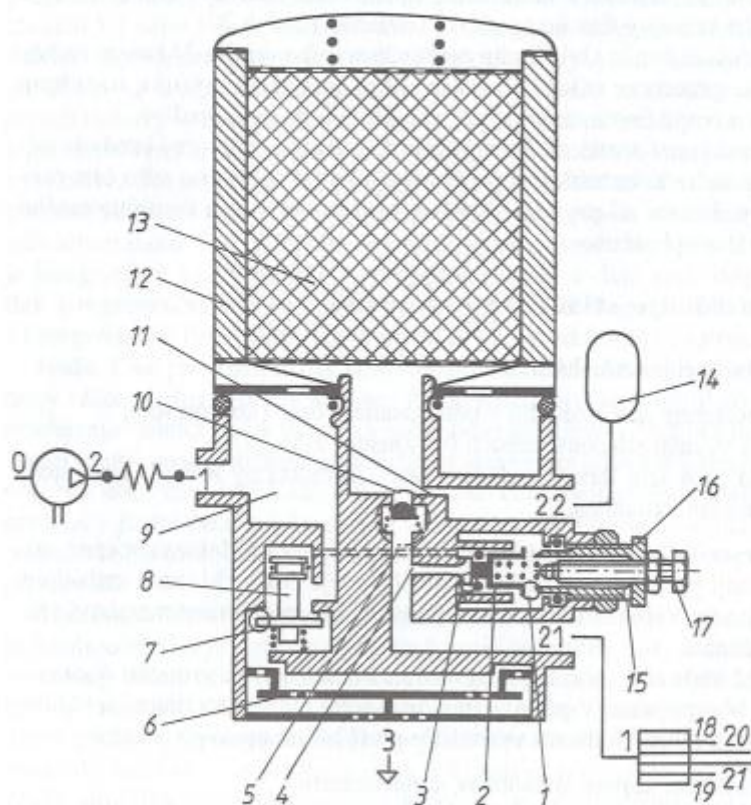
Kompresor. Moderní kompresory jsou připojeny na tlakové oběžné mazání, a nemají proto vlastní náplň mazacího oleje. Jsou chlazené vzduchem nebo kapalinou. Velikost kompresoru je závislá na potřebném množství stlačeného vzduchu.

Vysoušeč vzduchu (*obr. 144*). Slouží k čištění a sušení vzduchu dopravovaného od kompresoru. V případě integrovaného regulátoru tlaku i k regulování tlaku vzduchu. Předností vysoušeče proti běžné úpravě vzduchu:

- nevzniká žádná koroze způsobená kondenzátem;
- mazací filmy vzduchotlakých brzd nejsou rozkládány kondenzátem nebo protimrazovými prostředky;
- vyžaduje malou údržbu.

Činnost vysoušeče vzduchu. Vysoušení vzduchu vzniká absorpcí na molekulárním sítu (sušící prostředek). Tlakový vzduch proudí přes granulátový, vysokoporézní sušící prostředek. Přitom je zachycována vodní pára ze vzdu-

chu. Pro regeneraci sušícího prostředku je následně část vysušeného vzduchu převedena na atmosférický tlak a v protisměru je vedena sušícím prostředkem, vlhkost obsažená v sušícím prostředku je pohlcována a odváděna do volného prostoru. Vzduch dopravovaný od kompresoru proudí přes přípoj 1 nejprve kruhovým filtrem 12, kde jsou odstraněny nečistoty. Kromě toho je vzduch v kruhovém filtru ochlazován. Část vody zde kondenzuje a odtéká do předodvodňovací komory 9. Potom postupuje vzduch přes granulát 13, kde dojde k vlastnímu vysoušení a vzduch proudí ke zpětnému ventilu 10. Otevře ventil a vzduch proudí přes přípoj 21 do vzduchojemu. Přes trysku 11 připoje



Obr. 144. Vysoušeč vzduchu s integrovaným regulátorem vzduchu

1 - výstup, 2 - ovládací píst, 3 - vstup, 4, 5 - vrtání, 6 - tlumič hluku, 7 - vývod, 8 - vyfukovací ventil, 9 - předodvodňovací komora, 10 - zpětný ventil, 11 - tryska, 12 - kruhový filtr, 13 - sušící prostředek, 14 - regenerační vzduchojem, 15 - od-vzdušňovací otvor, 16, 17 - seřizovací šroub, 18 - výstup energie ke vzduchoje-mům, 19 - výstup energie k regeneračnímu vzduchojemu, 20, 21 - přípoje

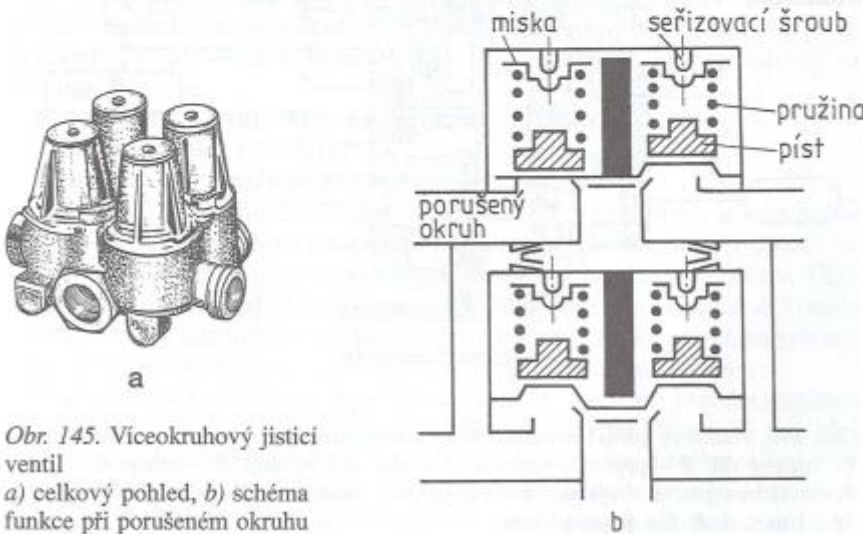
22 je současně naplněn malý regenerační vzduchojem 14. Pozor! Při výměně vložky nesmí být přístroj pod tlakem.

Regulátor tlaku. Ovládací píst 2 je ovládán současným tlakem vzduchojemu přes otvor 4. Při dosažení nastaveného vypinacího tlaku je ovládací píst posunut doprava, a tak se uvolní vstup 3. Píst se dále pohybuje skokem a uzavře odvzdušňovací otvor 1 k otvoru 15. Otvorem 5 nyní působí tlakový vzduch na vypouštěcí ventil 8, který se otevře. Jakmile klesne tlak ve vzduchojemu, pružinou zatížený píst (2) se pohybuje směrem doleva, otevírá výstup (1) a uzavírá vstup (3). Vzduch přes vypouštěcí ventil (8) odbočuje otvorem (5), výstupem (1) a odvzdušňovacím otvorem (15) do volného prostoru. Vyfukovací ventil se opět uzavírá.

Provozní brzdová soustava

1. Víceokruhový jisticí ventil dodává tlakový vzduch do jednotlivých brzdových okruhů a do pomocného okruhu vzduchotlakých spotřebičů a při netěsnosti jednoho okruhu jistí ostatní neporušené okruhy před nebezpečnou ztrátou tlaku (obr. 145).

Víceokruhový jisticí ventil otevře nejprve přívod tlakového vzduchu k oběma brzdovým okruhům, a teprve potom k ostatním spotřebičům. Dojde-li k poruše jednoho brzdového okruhu a tlakový vzduch bude rychle unikat jeho netěsností, jisticí ventil při dosažení uzavíracího tlaku uzavře porušený



Obr. 145. Víceokruhový jisticí ventil
a) celkový pohled, b) schéma funkce při porušeném okruhu

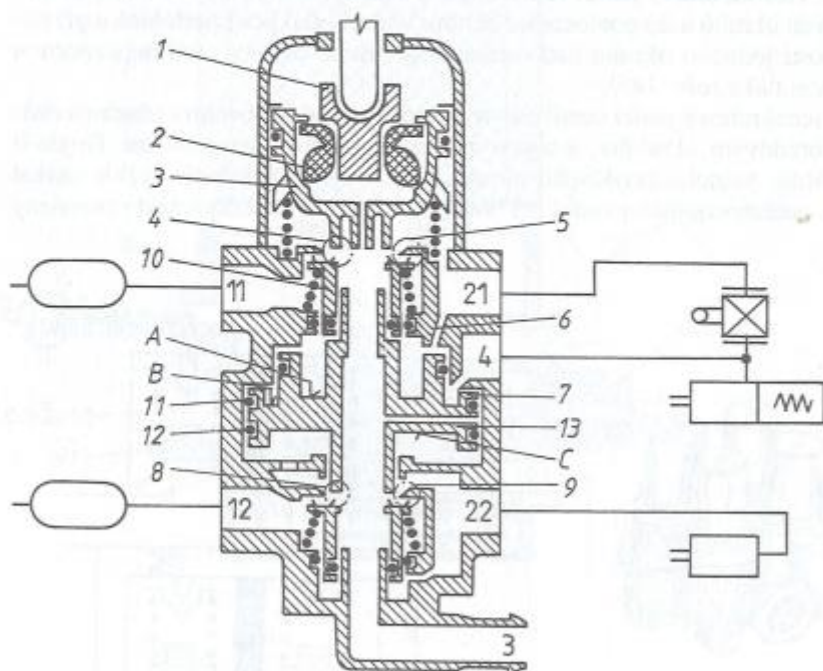
okruh, a tím zabrání úniku tlakového vzduchu z ostatních neporušených okruhů. V neporušených okruzích bude jisticí ventil udržovat tlak asi 650 kPa.

2. Vzduchojemy a odvodňovací ventily (viz s. 110).

3. Tlakoměry slouží ke kontrole tlaku vzduchu v brzdové soustavě. Dvouokruhové vzduchové brzdy mohou mít:

- dva jednoduché samostatné tlakoměry pro příslušné zásobníkové okruhy,
- dvojitý tlakoměr pro dva zásobníkové okruhy, kde se oba ukazatele kryjí při naplnění obou vzduchojemů,
- dvojitý tlakoměr pro zásobníkový a brzdový okruh. Jeden ukazatel ukazuje tlak zásobníkového vzduchu, druhý ukazatel okamžitý brzdový tlak. Oba ukazatele se kryjí při brzdění plným tlakem.

4. Pedálový brzdíč dvouokruhový s integrovaným ventilem přední nápravy slouží v brzdových soustavách k jemnému regulování brzdného tlaku.



Obr. 146. Pedálový brzdíč dvouokruhový s integrovaným ventilem přední nápravy
 1 - tlačný díl, 2 - pryžová pružina, 3 - píst, 4 - výstup, 5 - vstup, 6 - kanál,
 7 - ovládací píst, 8 - výstup, 9 - vstup, 10 - ventilové těleso, 11, 12 - těsnění,
 13 - kanál; A, B, C - pístní plocha

ku do brzdových válců a má přímé působení. Integrovaná funkce ventilu přední nápravy slouží k zátěžové závislé regulaci přední nápravy (obr. 146).

Jízda. Přípoje 11 a 12 jsou zavzdušněny. Přípoje 21 a 22 jsou přes přípoj 3 odvzdušněny. Přípoj 4 je rovněž bez tlaku.

Brzdění. Při pohybu pedálu bude působeno přes tyčku na tlačný díl 1 proti gumové pružině 2. Píst 3 bude přesouván směrem dolů, uzavírá výstup 4 a otevírá vstup 5. Přes přípoj 21 je vyveden stlačený vzduch. Tento tlakový vzduch vyvine pod pístem 3 protitlak vůči ovládací síle. Při dosažení rovnováhy sil je píst 3 posouván zpět tak daleko, až uzavře vstup 5. Vystupující brzdny tlak působí přes kanál 6 na pístní plochu A ovládacího pístu 7 a dosáhne přes přípoj 21 k zátěžovému regulátoru zadní nápravy. Tam je regulovaný brzdny tlak, úměrný zatížení, přiváděn do brzdových válců zadní nápravy a zároveň přes ovládací přípojku 4 na pístní plochu B ovládacího pístu 7. Působením brzdnych tlaků na plochy A a B ovládacího pístu 7 se píst přesune dolů, uzavře výstup 8 a otevře vstup 9. Stávající zásobní tlak na přípoji 12 je přes přípoj 22 vyveden jako brzdny tlak a způsobí na ploše C protisilu. Při dosažení rovnováhy sil je ovládací píst 7 posunut směrem nahoru, až uzavře vstup 9. K bezvadnému oddělení obou okruhů má přístroj dvě těsnění 11 a 12 s uprostřed ležícím vzduchovým kanálem 13. Při poruše na jednom ze dvou těsnění dojde při brzdění k úniku tlakového vzduchu přes kanál 13 k odvzdušnění 3. Při výpadku prvního brzdového okruhu posune píst 3 ventilové těleso 10 na ovládací píst 7, a ovládá tím proměnlivě druhý brzdový okruh. Při výpadku druhého brzdového okruhu je výsledkem funkce prvního brzdového okruhu jako při neporušené soustavě.

5. Ventil přední nápravy pro automatickou zátěžově závislou brzdu slouží u dvouokruhových brzdových soustav k regulaci brzdneho tlaku přední nápravy v závislosti na brzdném tlaku zadní nápravy, který je závislý na jejím zatížení.

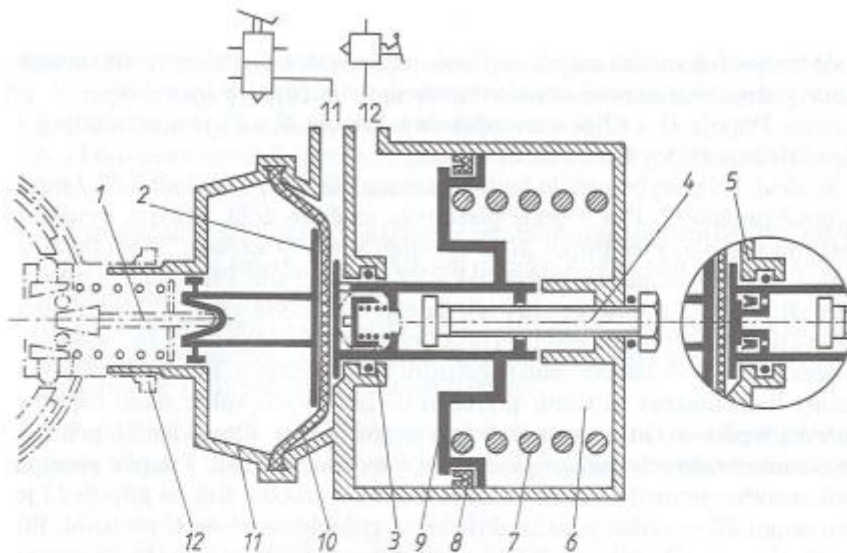
6. Automatický zátěžový regulátor (viz s. 111).

7. Brzdové válce (viz s. 112).

Kombinovaný pružinový brzdový válec (obr. 147).

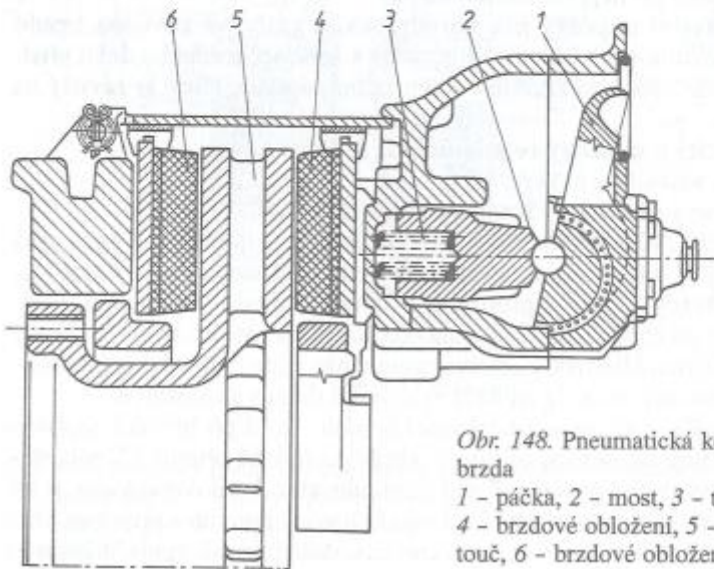
Průběh brzdění provozní brzdou - při použití provozní brzdy je membrána 10 přes přípoj 11 zatížena tlakovým vzduchem. Tím vzniklá síla působí na píst provozní brzdy 2, a ten je přesouván ve směru k brzdovému bubnu. Tlačná tyč 1 uvede do chodu klínovou jednotku kolové brzdy. Při uvolnění brzdy vrátí vratná pružina klínovou jednotku provozního pístu 2 do výchozí polohy. Přes odvzdušňovací otvor 11 nastává vyrovnání tlaku s atmosférou.

Průběh brzdění nouzovou a parkovací brzdou - je-li při brzdění nepřímo působícím ručním brzdovým ventilem odstraněn tlak na přípoji 12, pak přesune předepjatá tlačná pružina 7 píst akumulacího brzdového válce 9 ve směru brzdového bubnu a uvede do chodu kolovou brzdu přes provozní brzdový píst 2. Odbrzdění brzdy je dosaženo zavzdušněním akumulacího pru-



Obr. 147. Kombinovaný pružinový brzdový válec

1 - tlačná tyč, 2 - píst provozní brzdy, 3 - ventil, 4 - uvolňovací vřeteno, 5 - těsnicí kroužek, 6 - pružinový prostor, 7 - tlačná pružina, 8 - těsnění, 9 - píst akumuláčního pružinového válce, 10 - membrána, 11 - dýchací otvor, 12 - drážková matice; I, II přípoje: 11 - přípoj energie provozní brzdy, 12 - přívod energie pomocné a parkovací brzdy



Obr. 148. Pneumatická kotoučová brzda

1 - páčka, 2 - most, 3 - tlačná pružina, 4 - brzdové obložení, 5 - brzdový kotouč, 6 - brzdové obložení

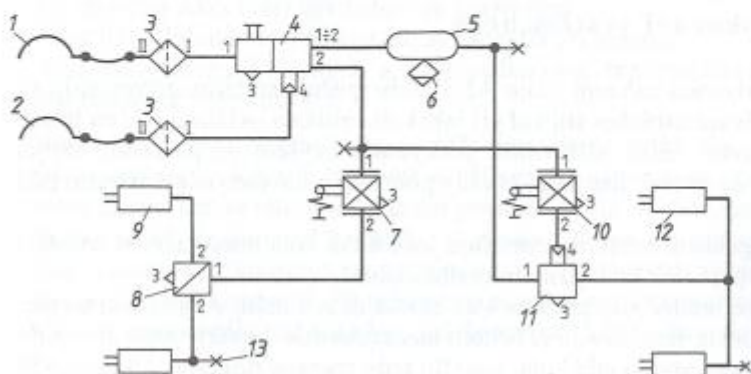
žinového válce přes přípoj 12. Při výpadku tlakového vzduchu v akumulacích válcích (přípoj 12) může být brzda mechanicky uvolněna. K tomu je třeba otáčet uvolňovacím vřetenem, 4 až se brzda uvolní.

Pneumatická kotoučová brzda (obr. 148). Při brzdění je pistní tyč membránového válce tlačena na páčku 1. Přenos síly prochází přes váleček, excentricky uložený v páčce, na most 2. Svirací síla působí na tlačné díly a na vnitřní brzdové obložení 4. Po překonání vůle mezi brzdovým obložением a kotoučem 5 bude přenesena reakční síla přes brzdový třmen na vnější brzdové obložení 6. Je-li brzdny tlak odbourán, tlačí obě pružiny 3 most 2 a páčku 1 zpět do výchozí polohy.

Brzdová zařízení jízdních souprav

Pro brzdění přípojných vozidel se z hlediska bezpečnosti provozu používá dvouhadicová brzdová soustava (obr. 149). Provozní brzda tažného vozidla má dva vzájemně oddělené brzdové okruhy samostatně působící na přední a zadní nápravu. Vzduchová brzda přípojného vozidla je s tažným vozidlem propojena dvěma oddělenými vedeními. Tlakový vzduch proudí od motorového vozidla přes spojkovou hlavu plnění 1 filtrem v potrubí 3 k rozvaděči přívěsu 4 a odtud ke vzduchojemu 5 a k reléovému ventilu 11.

Jízda. Spojková hlava ovládání 2, brzdové potrubí k rozvaděči přívěsu, stejně jako brzdový válec přední nápravy a zadní nápravy jsou bez tlaku.



Obr. 149. Dvouhadicová brzdová soustava přívěsu podle RREG

1 - spojková hlava „plnění“, 2 - spojková hlava „ovládání“, 3 - filtr potrubí, 4 - rozvaděč přívěsu s uvolňovacím ventilem, 5 - vzduchojem, 6 - odvodňovací ventil, 7 - automatický zátěžový regulátor přední nápravy, 8 - zpožďovací ventil, 9 - brzdový válec, 10 - automatický zátěžový regulátor zadní nápravy, 11 - reléový ventil, 12 - brzdový válec zadní nápravy, 13 - kontrolní přípojka

Brzdění. Při brzdění tažného vozidla je brzdný tlak v brzdě přivěsu na tažném vozidle účinný jako tlak ovládací na spojkové hlavě ovládací 2. Tlak proudí přes filtr potrubí 3 k rozvaděči přivěsu 4. Podle tohoto tlaku je řízen tlakový vzduch ve směru brzdového válce od ventilu přivěsu 4 ze vzduchojemu. Zátěžový regulátor 7 a 10 regulují brzdný tlak podle stavu zatížení. Regulovaný tlakový vzduch je veden přes zpětný ventil 8 k brzdovým válcům přední nápravy a od zátěžového regulátoru 10 přes reléový ventil 11 k brzdovým válcům zadní nápravy. Při odbrzdění je brzdý tlak v brzdovém potrubí k rozvaděči přivěsu 4 snižován přes motorové vozidlo. Tím odvodušňuje rozvaděč přivěsu vedení ventilu 8 a reléovému ventilu 11. Tlak v brzdových válcích 9 přední nápravy je snižován přes odvodušnění zpětného ventilu 8, během čehož jsou odvodušňovány brzdové válce 12 zadní nápravy na reléovém ventilu 11.

Samočinná brzda. Při připojování nebo odpojování (případně utržení) přivěsu samočinná brzda odvodušňuje plnicí vedení k rozvaděči přivěsu 4. Tím automaticky přepíná rozvaděč přivěsu 4 plný tlak ze vzduchojemu 5, který proudí přes rozvaděč přivěsu 4 k brzdovým válcům přední a zadní nápravy. Uvolnění vzniká pomocí uvolňovacího ventilu na rozvaděči.

Parkovací brzda (viz tažné vozidlo). Při poklesu tlaku v přivodním vedení od parkovací brzdy přepne brzdě přivěsu a vpustí tlakový vzduch do ovládacího vedení k rozvaděči 4. Ten vpustí tlakový vzduch do brzdových válců přípojného vozidla jako při brzdění provozní brzdou.

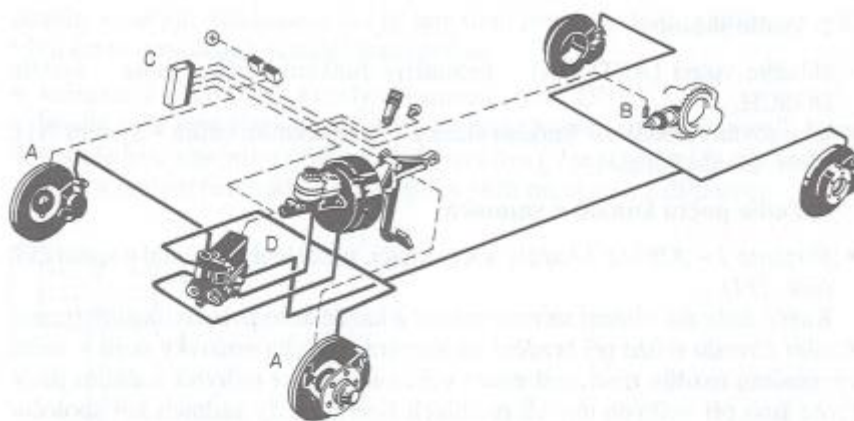
Protiblokovací systém brzd

Protiblokovací zařízení (dále ABS) zabezpečuje stabilitu automobilu při brzdění a brání zablokování kol při jakékoli velikosti ovládací síly na brzdový pedál (*obr. 150*). ABS může poskytnout zvýšení bezpečnosti, ale jen v případě, že způsob jízdy řidiče vždy plně odpovídá daným provozním podmínkám.

Toto regulační zařízení kontroluje jednotlivá kola nebo osovou soustavu a přizpůsobuje tlak brzd jízdním podmínkám.

Regulace brzdné síly probíhá 4 až 12krát za sekundu, v závislosti na tření kol o vozovku. Brzdná síla je přitom nastavena tak, že vždy ještě zbývá dostatečná boční vodící síla kola, vozidlo tedy zůstává říditelné. Úlohou ABS není zkrácení brzdné dráhy. ABS má při brzdění:

- zabránit zablokování brzděných kol,
- zachovat říditelnost brzděných kol,
- ulehčit řízení v nebezpečných situacích,
- snížit opotřebení pneumatik,
- zachovat brzdnu dráhu při brzdění.



Obr. 150. Protiblokovací zařízení (ABS)

A - snímače otáček na obou předních kolech, *B* - snímač otáček na hnacím kuželovém pastorku rozvodovky, *C* - elektronická řídicí jednotka, *D* - hydraulická jednotka

Z toho vyplývají následující požadavky na ABS:

- funkce ABS musí být zachována i při nízké rychlosti,
- při provozu ABS musí být zachován rovný dojezd,
- musí být minimalizováno rozhoupání vozidla při brzdění,
- ABS má systém sebekontroly a při výpadku musí brzdová soustava vozidlo bezpečně zabrzdit.

Správnou činnost celého zařízení ABS signalizuje řídicí žluté kontrolní světlo na přístrojové desce. Rozsvítí se při zapnutí zapalování a po spuštění motoru zhasne teprve tehdy, až zvláštní kontrolní zařízení elektronické řídicí jednotky ověří, že zařízení funguje bez závady. Kontrolní zařízení ovšem „hlídá“ činnost celé soustavy při jízdě neustále a při jakékoli závadě se kontrolní světlo znovu rozsvítí. Při selhání protiblokovacího zařízení funguje celá brzdová soustava dále tak, jako by vozidlo nebylo ABS vybaveno.

Rozdělení systémů ABS

1. Podle zpracování informací:

- mechanický systém (již se nevyrábí) - sériově použit u vozů Jensen a Ford Scorpio,
- elektronický systém.

2. Podle skladby:

- skladba volná (ADD ON) - jednotlivé funkční složky volně - systém BOSCH,
- integrovaná skladba - funkční složky v kompaktním celku - systém ATE (např. Škoda Felicie).

3. Podle počtu kanálů a snímačů:

- *Varianta 1* - ABS se 4 kanály a 4 snímači, rozdělení na přední a zadní část (*obr. 151*).

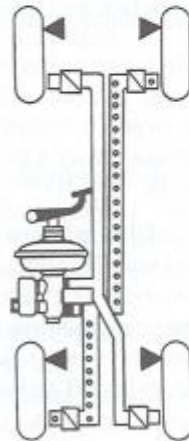
Každé kolo má vlastní snímač otáček a každé kolo je individuálně řízeno. Z toho důvodu může při brzdění na různém povrchu vozovky dojít k velmi výraznému rozdílu tření, což může velice negativně ovlivnit stabilitu jízdy. Proto jsou při velkých třecích rozdílech řízeny brzdy zadních kol společně podle kola s nejmenší přilnavostí (*select-low*).

- *Varianta 2* - ABS se 4 kanály a 4 snímači, rozdělení diagonální (*obr. 152*).

Každé kolo má vlastní snímač, přední kola jsou řízena jednotlivě, zadní kola mají sice vlastní ventil, ale jsou řízena podle kola s nejmenší přilnavostí. Moment rozdílu tření je proto velice nízký. Jenom u osobních motorových



Obr. 151. Rozdělení systémů ABS podle počtu kanálů a snímačů
Varianta I: ABS se 4 kanály a 4 snímači, rozdělení přední část -
- zadní část,
1 - snímač, 2 - ovladač (magnetický ventil)



Obr. 152. Rozdělení systémů ABS
Varianta II: ABS se 4 kanály a 4 snímači, rozdělení diagonální

vozidel s malým rozchodem kol je zapotřebí ještě regulace rozdílu tření. Ta bývá často u osobních vozidel instalována.

- *Varianta 3* – ABS se 3 kanály a 3 snímači (*obr. 153*).

Přední kola jsou řízena jednotlivě, zadní kola mají společný ventil, který řídí podle kola s nejnižší přilnavostí (*select-low*). Jen u osobních motorových vozidel s malým rozchodem kol je třeba ještě regulace rozdílu tření.



Obr. 153. Rozdělení systémů ABS
Varianta III: ABS se 3 kanály a 3 snímači

Funkční složky a schéma systému ABS

Každý ABS má tři hlavní funkční složky:

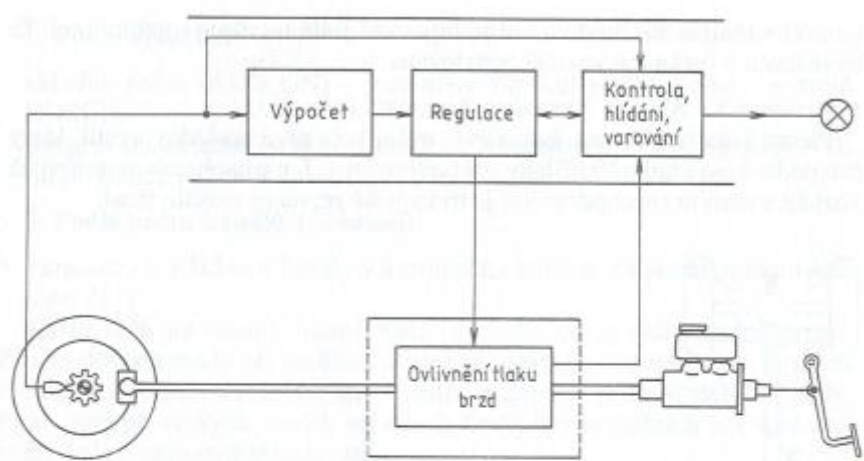
1. *snímače otáček* (u kol, popř. na hnacím kuželovém pastorku zadní nápravy),
2. *ABS elektroniku* – elektronickou řídicí jednotku,
3. *hydraulickou jednotku*.

Princip funkce jednotlivých složek

Snímače předávají impulsy otáček kol do elektronické řídicí jednotky (*obr. 154*).

Elektronická řídicí jednotka provádí výpočet, regulaci, kontrolu, hlídání a varování, ukládání chyb.

Hydraulická jednotka na příkaz elektronické řídicí jednotky nezávisle upravuje brzdový tlak v brzdových válcích. Její hlavní části jsou elektromagnetické ventily a čerpadlo brzdové kapaliny.



Obr. 154. Schéma regulačního okruhu ABS

Konstrukce jednotlivých složek

a) Snimače - pro snímání otáček kol se používají indukční snimače. Na hřidel (náboj) kola se namontuje ozubený kotouč, tzv. pólové kolo, jehož otáčky snímá indukční snimač.

b) Hydraulická jednotka má tyto části:

- elektromagnetické ventily,
- motor pro pohon zpětného dopravního čerpadla kapaliny,
- dopravní čerpadlo,
- zásobník tlaku kapaliny,
- zástrčka a relé.

Princip regulace

Na začátku brzdění stoupá brzdící moment, moment tření vozovky působící v tomto okamžiku následuje s malým časovým opožděním. Zpoždění kol je malé. Brzdový prokluz stoupá. Jestliže prokluz brzd překročí stabilní oblast, pak sice brzdný moment stoupá dál, ale moment tření vozovky zůstává konstantní. Z toho vyplývá zvyšující se rozdíl mezi brzdným momentem a momentem tření vozovky. Zpoždění kol silně stoupá, až dosáhne maxima. ABS využívá k výkonu regulace vzájemný poměr kola ve stabilní a nestabilní oblasti.

Řídicí okruh ABS se skládá:

- a) z řídicího prostoru:
 - třecího páru - pneumatika/vozovka;
- b) z rušivých veličin:
 - stav vozovky,
 - zatížení vozidla,
 - stav pneumatik;
- c) z regulátoru:
 - řídicí jednotka se snímači o počtu otáček kol,
- d) z řídicí veličiny:
 - brzdný prokluz je vypočten z referenční rychlosti vozidla a obvodové rychlosti kola,
 - referenční rychlost je rychlost při optimálním brzděním prokluzu (při částečném brzdění je referenční rychlost zjišťována z obvodových rychlostí dvou úhlopříčně ležících kol), při náběhu ABS je referenční rychlost z počáteční rychlosti stupňovitě snižována,
 - počet otáček kol a z toho odvozené zpoždění kol a zrychlení kol.

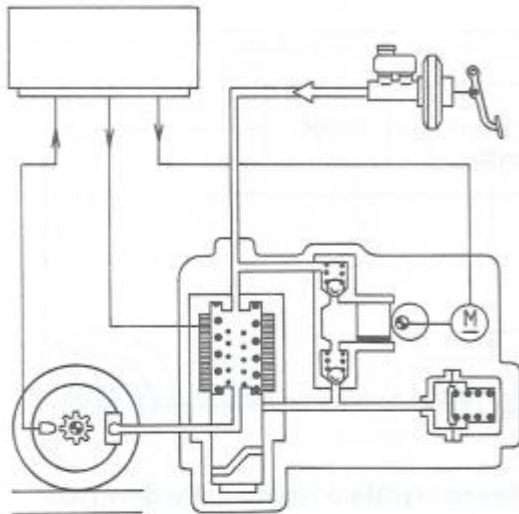
Činnost protiblokovacího zařízení

Snímače při jízdě převádějí otáčky kol na elektrický signál, a ten se přivádí do řídicí jednotky. Když při prudkém zabrzdění řídicí jednotka zjistí nebezpečí zablokování kol, automaticky vydá hydraulické jednotce signál ke zmenšení tlaku brzdové kapaliny v okruhu blokujícího kola, aby se kolo uvolnilo a brzdilo jen tak, aby se nezablokovalo. Když se otáčky kola potom zvýší a nebezpečí zablokování pomine, řídicí jednotka vydá opačný signál. Tlak brzdové kapaliny v soustavě se tím trochu zvýší a brzdění se zintenzivní. Všechny tyto děje proběhnou za několik tisícín sekund.

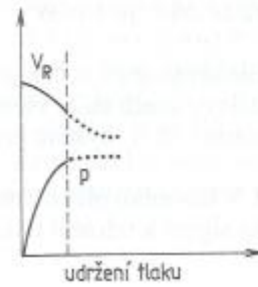
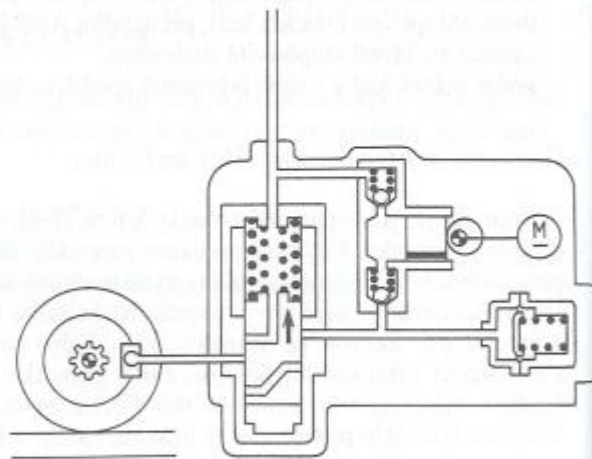
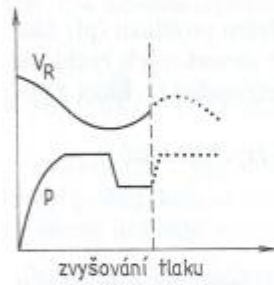
Princip činnosti hydraulické jednotky

1. fáze - zvýšení tlaku. Elektromagnet je bez proudu, pružina udržuje píst ve spodní poloze, horní kuželový ventil na zvýšení tlaku je otevřený (kapalina může proudit k pracovnímu válci). Systém pracuje jako bez ABS. Tuto fázi ukazuje *obr. 155*.

2. fáze - udržování tlaku. V důsledku překročení prahové hodnoty zpomalování kola dává elektronika signál k udržení tlaku, kdy elektromagnet budí



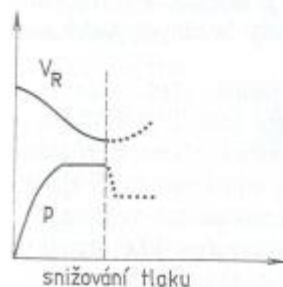
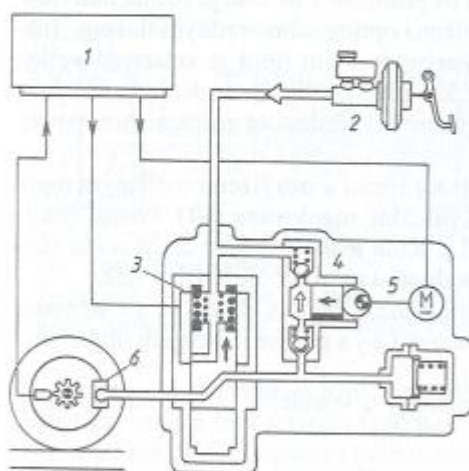
◀ Obr. 155. ABS - zvyšování tlaku (viz též obr. 157)
M - motor, *p* - tlak,
V_R - rychlost otáčení kola



▶ Obr. 156. ABS - udržení tlaku (viz též obr. 157)
M - motor, *p* - tlak,
V_R - rychlost otáčení kola

tzv. udržovacím proudem. Píst je vtažen oproti pružině, oba kuželové ventily se zavřou. Tlak brzdové kapaliny v pracovním válci zůstává stejný, přestože řidič nadále zvyšuje tlak v hlavním válci brzdy tlakem nohy. Tuto fázi ukazuje obr. 156.

3. fáze - snížení tlaku. Není-li udržení tlaku dost účinné pro zabránění blokování kola, elektronika přepne elektromagnet na vyšší hodnotu buzení. V důsledku toho píst postupuje dále nahoru a dolní ventil se otevírá. Do zásobníku tlaku proudí brzdová kapalina a tlak v pracovním válci poklesne. Paralelně s tím spustí elektronika spínacím relé motor čerpadla, které ze zásobníku přečerpá brzdovou kapalinu do hlavního válce brzdy (je cítit mírné vibrace, pulsování na pedálu). Z této fáze se systém vrací zpět do 1. fáze, tj. zvýšení tlaku. Brzdový tlak moduluje elektromagnetické ventily na každém kole zvlášť, a to na příkaz ABS elektroniky v souvislosti s naměřeným počtem otáček 10 až 20krát za sekundu. Tato fáze je na obr. 157.



Obr. 157. ABS - snižování tlaku
 1 - řídicí jednotka, 2 - hlavní brzdový válec, 3 - elektromagnetický ventil, 4 - hydraulické čerpadlo, 5 - elektromotor čerpadla, 6 - kotoučová brzda; M - motor, p - tlak, V_R - rychlost otáčení kola

Vývoj systémů ABS

První generace ABS byl systém firmy Lucas s hydraulicko-mechanickou regulační jednotkou (např. Ford Escort, Orion).

Druhá generace má elektronické zařízení s klasickým brzdovým systémem (Bosch, Lucas).

Třetí generace je integrovaný ABS s elektronickým řízením. Výrobci - ATE, BENDIX aj. Systém ATE Mark 20 je používán i ve vozech Škoda Felicia.

ABS užitkových vozidel

Druhy ABS u užitkových vozidel (tažná vozidla a přívěsy) se rozlišují podle počtu řízených os.

Jednoosá zařízení (obr. 158) jsou používána u vozidel s jednou osou nebo u vozidel s více osami, kde je odstup os přibližně 1 m. Osa je řízena individuálně, tzn. každá strana s kolem je zatížena optimálním brzdovým tlakem. Takto je krácena brzdná dráha, ale moment rozdílu tření je relativně velký, a proto je u vozidel s malým počtem kol ztížena říditelnost. Kola každé další osy jsou zatížena brzdovým tlakem řízené osy. Jednoosá zařízení jsou používána u přívěsů.

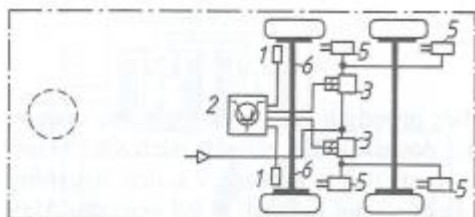
Dvouosá zařízení (obr. 159) mají osu řízení a osu řízenou rozlišným regulačním systémem. Zadní osa je individuálně regulována (IR). Přední osa je regulována systémem *select-low* (SL). Kola jedné osy jsou zatěžována stejným brzdovým tlakem, kolo s nižší hodnotou tření určuje brzdový tlak.

Momenty rozdílu tření jsou velmi malé a brzdná dráha se ve srovnání s ostatními brzdnými postupy prodlužuje. Osy s malým odstupem mohou být řízeny společně.

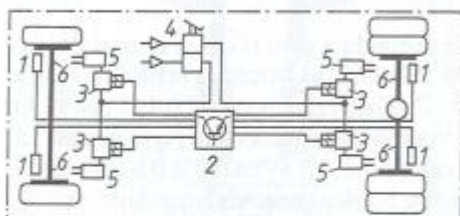
Tříosá zařízení (obr. 160) se používají u vozidel s větším odstupem os (např. kloubové autobusy).

Neřízené osy jsou regulovány systémem IR a osy řízené jsou u dvouosých zařízení regulovány systémem SL nebo IRM. IRM je regulační systém individuální regulace, která vylučuje příliš velké rozdíly brzdových tlaků mezi levým a pravým kolem.

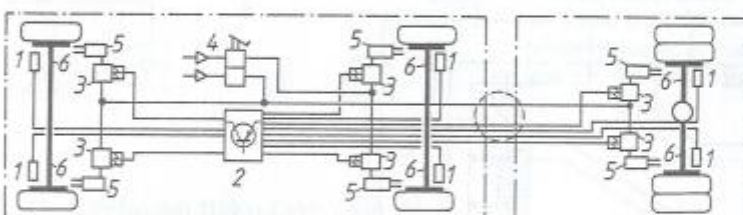
Skladba dvouosého zařízení ABS. Základní prvky tohoto ABS systému jsou velice podobné hydraulickému ABS. Snímání počtu otáček probíhá stejně u osobních vozidel. Zpracování v řídicí jednotce je až na specifické rozšíření u užitkových vozidel rovněž podobné. Ze signálů je v mikropočítači zjištěna obvodová rychlost kola, obvodové zrychlení kola a referenční rychlost. Tyto hodnoty jsou porovnány s hodnotami prokluzu a je vytvořen řídicí signál pro tlakové řídicí ventily. V koncových stupních řídicí jednotky je připraven proud



Obr. 158. Jednoosá zařízení
1 - senzor počtu otáček, 2 - řídicí jednotka, 3 - tlakový ventil, 4 - provozní brzdový ventil (pedálový brzdíč), 5 - brzdový válec, 6 - impulsní prsteneček



Obr. 159. Dvouosá zařízení
1 - senzor počtu otáček, 2 - řídicí jednotka, 3 - tlakový ventil, 4 - provozní brzdový ventil (pedálový brzdíč), 5 - brzdový válec, 6 - impulsní prsteneček



Obr. 160. Třiosá zařízení

1 - senzor počtu otáček, 2 - řídicí jednotka, 3 - tlakový ventil, 4 - provozní brzdový ventil (pedálový brzdíč), 5 - brzdový válec, 6 - impulsní prsteneček

pro tlakové řídicí ventily. Řídicí jednotka může rovněž provádět regulaci prokluzu pohonu a řídit retardér (zpomalovací zařízení), jehož provoz působí na prokluz kol. Řídicí jednotka také rozezná, zda přívěs má ABS. Přívěsy a tažná vozidla jsou regulovány jedním systémem ABS.

Speciální součásti ABS pro vzduchotlaké brzdové systémy jsou řídicí tlakové ventily.

Rozlišujeme:

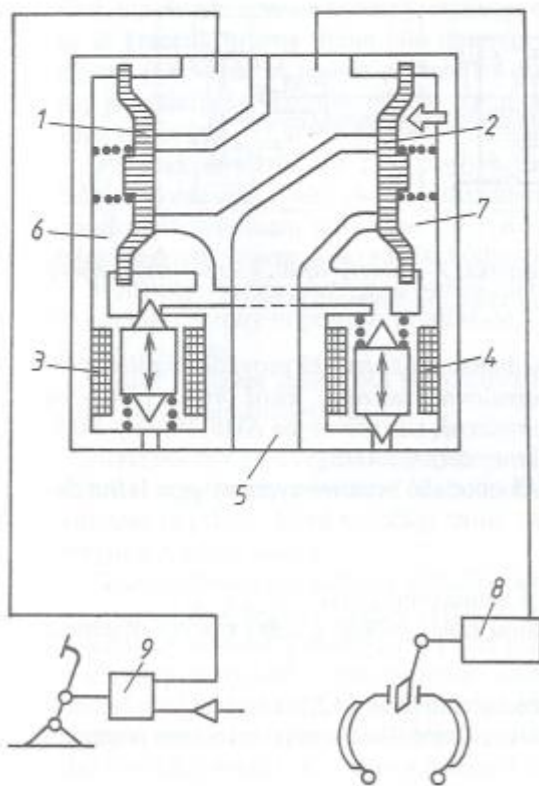
- a) jednokanálový řídicí tlakový ventil (obr. 161):
 - používá se ve vozidlech s malou řídicí délkou a nebo malým objemem válců,
- b) řídicí tlakový ventil s působícím relé (obr. 162):
 - používá se ve vozidlech s velkou řídicí délkou a nebo s velkým objemem válců.

Funkce ABS

1. Tvorba tlaku (obr. 163a, b).

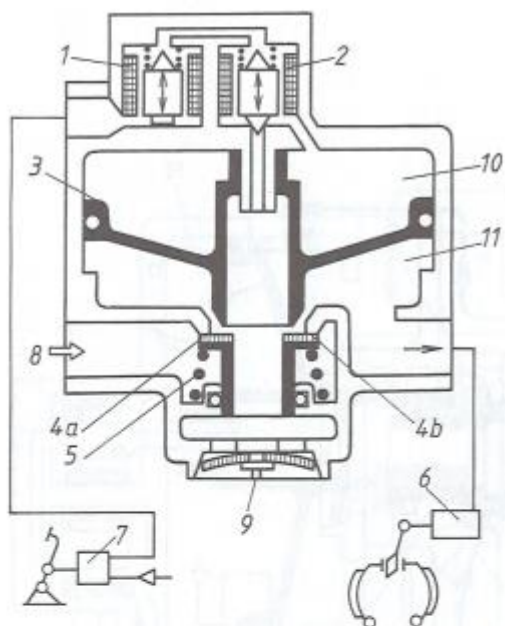
a) Oba magnetické ventily jsou bez proudu a jsou takto pružinou tlačeny do výchozí situace. Vzduch proudící dovnitř může zatlačit udržovací ventil a proudit k válci kola. Současně se tvoří tlak v komoře 7 a drží uzavřený výstupní ventil. Magnetický ventil 3 odvzdušní komoru 6. Při výpadku ABS nastává rovněž tento stav, takže je zaručeno normální brzdění bez ABS regulace.

b) Oba magnetické ventily jsou bez proudu a jsou takto pružinou tlačeny do výchozí situace. Tak může proudit vzduch z provozního brzdního ventilu přes magnetické ventily do komory 10. Tlak vzduchu tlačí řídicí píst dolů, a tím otvírá vstupní ventil, výstupní ventil zůstává uzavřen. Nyní proudí záporní vzduch vstupním ventilem do válce kola. Při výpadku ABS opět nastává tento stav, takže je zaručeno normální brzdění bez ABS regulace.



Obr. 161. Jednokanálový řídicí tlakový ventil

1 - udržovací ventil, 2 - vstupní ventil, 3 - magnetický ventil udržování tlaku, 4 - magnetický ventil snižování tlaku, 5 - odvzdušnění, 6, 7 - komora, 8 - válec kola, 9 - provozní brzdový ventil



Obr. 162. Řídicí tlakový ventil s působícím relé
 1 - magnetický ventil udržování tlaku, 2 - magnetický ventil snižování tlaku, 3 - řídicí píst, 4a - vstupní ventil, 4b - výstupní ventil, 5 - pružina ventilu, 6 - válec kola, 7 - provozní brzdový ventil, 8 - zásobní vzduch, 9 - odvzdušnění, 10, 11 - komora

2. Udržování tlaku (obr. 164a, b).

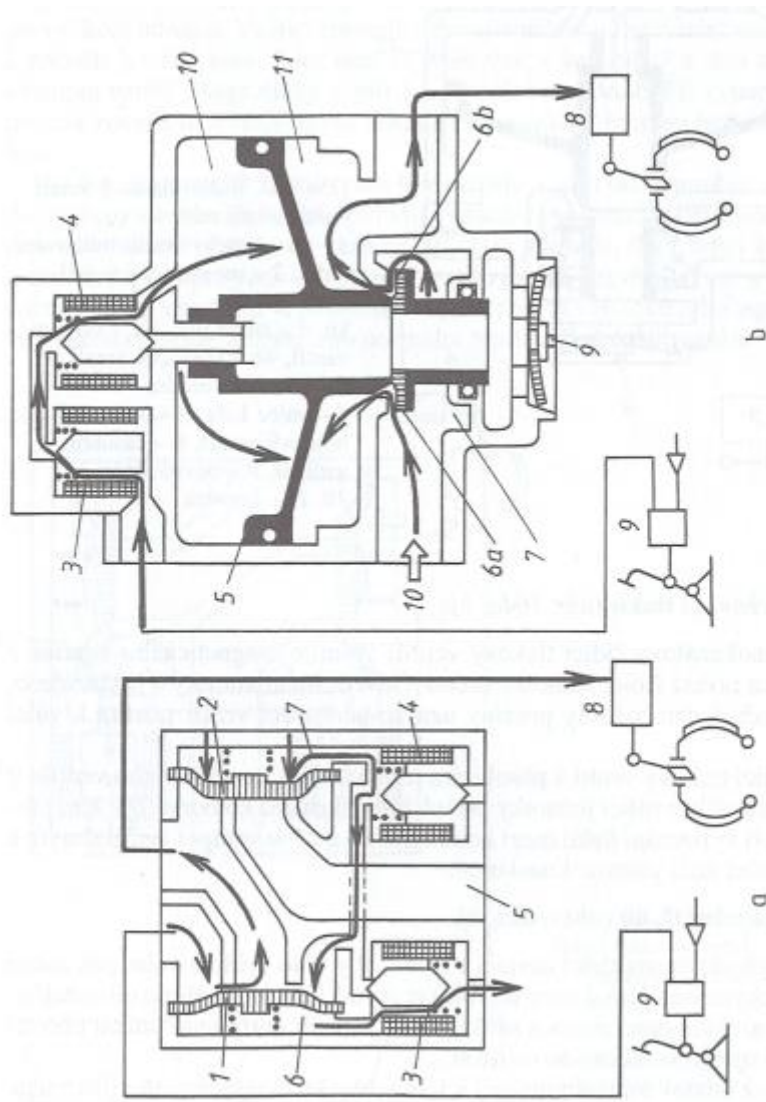
a) Jednokanálový řídicí tlakový ventil: vinutím magnetického ventilu 3 protéká na příkaz řídicí jednotky proud. Odvzdušnění komory 6 je uzavřeno. Za pomoci dodatečné síly pružiny uzavře udržovací ventil přístup k válci kola.

b) Řídicí tlakový ventil s působícím relé: vinutím magnetického ventilu 3 protéká na příkaz řídicí jednotky proud. Odvzdušnění komory 10 je tím přerušeno, při vyrovnání tlaku mezi komorami 14 a 15 se vstupní ventil uzavře a tlak ve válci kola zůstane konstantní.

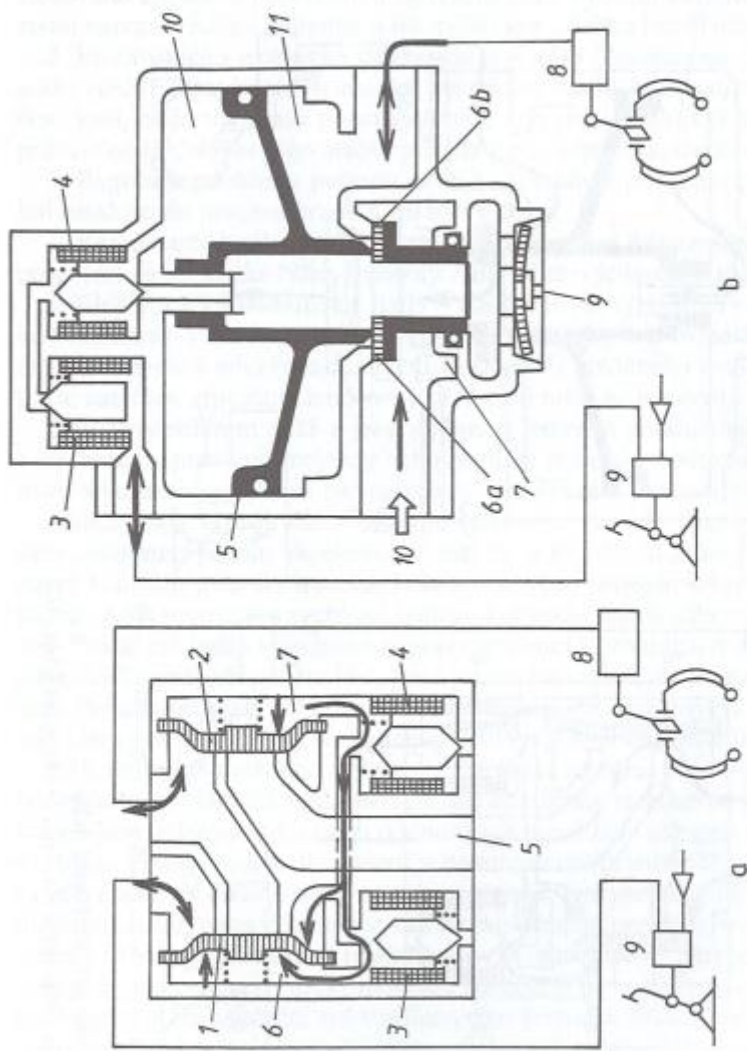
3. Snižování tlaku (obr. 165a, b).

a) Když udržování tlaku nestačí k tomu, aby kolo neblokovalo, pak začne magnetickým ventilem 4 rovněž protékat proud. Tím je uzavřeno odvzdušňování komory 7 a otevřeno odvzdušňování. Vzduch může nyní unikat otevřeným výstupním ventilem do ovzduší.

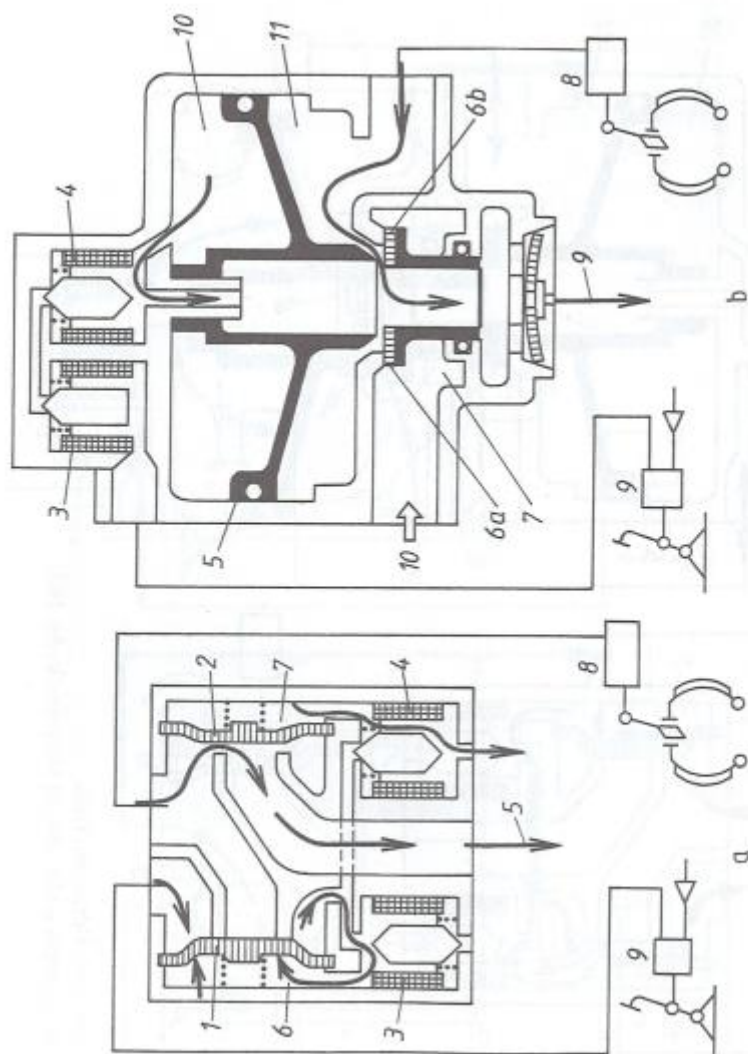
b) Když udržování tlaku nestačí k tomu, aby kolo neblokovalo, pak začne magnetickým ventilem 4 rovněž protékat proud. Tím se otevře odvzdušnění komory 10 a tlak v komoře 11 může tlačit řídicí píst nahoru a otevřít výstupní ventil. Vzduch proudí z válce kola do ovzduší.



Obr. 163. Tvorba tlaku
 a) viz popis k obr. 161, b) viz popis k obr. 162



Obr. 164. Udržování tlaku
 a) viz popis k obr. 161, b) viz popis k obr. 162



Obr. 165. Snižování tlaku
 a) viz popis k obr. 161, b) viz popis k obr. 162

System ABS může být rozšířen o elektronické ovládání a elektromagnetické ventily, které umožňují další funkce týkající se dynamiky jízdy. Jsou to:

1. **Elektronické rozdělování brzdné síly – EBV.** V průběhu normálního brzdění je v činnosti rozdělování brzdné síly. Na každém kole je neustále sledováno zpoždění porovnáním zpoždění kol na přední nápravě s koly na zadní nápravě. Řídící jednotka ABS zajišťuje rozdělení brzdných sil.

2. **Elektronická uzávěrka diferenciálu – EDS.** Zaznamená-li řídící jednotka ABS/EDS v otáčkách hnacích kol takový rozdíl, který odpovídá protáčení kola, bude toto kolo prostřednictvím agregátu ABS/EDS brzdou kola přibrzděno tak, aby se jeho otáčky přiblížily otáčkám kola, které se neprotáčí.

3. **Regulace prokluzu pohonu – ASR.** Zabráňuje protáčení poháněných kol zásahem do procesu brzdění a řízení motoru.

4. **Regulace točivého momentu – MSR.** Přídavná funkce je možná díky propojení elektronické řídicí jednotky ABS s řídicí jednotkou motoru.

5. **Elektronická stabilizace jízdy – ESBS.** Brzdový systém s elektronickou stabilizací svými zásahy do procesu brzdění zlepšuje ovladatelnost brzděného vozidla a jeho snazší udržení ve stopě. U brzděného vozidla při průjezdu zatáčkou zmenšuje tendenci k přetočení nebo nedotočení.

ASR je rozšířením ABS a jeho úlohou je zabránit prokluzování jednoho z kol hnací nápravy při rozjezdu nebo rychlém průjezdu zatáčkou za zhoršených adhezních podmínek na vozovce (z německého *Antiselupf-Regelung*).

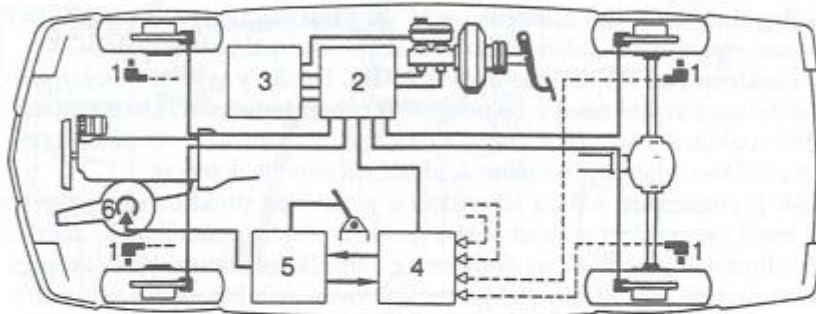
ASR zvyšuje tažnou sílu a zlepšuje směrovou stabilitu vozu i při necitlivém sešlápnutí pedálu akcelerace v zatáčce a na náledí. Také při náhodné ztrátě kontaktu jednoho hnacího kola s vozovkou nedojde k rychlému protočení. ASR vyrovnává rychlosti otáčení kol podle jejich adhezních podmínek. Pokud má jedno kolo hnací nápravy tendenci k prokluzu, řídicí jednotka ABS/ASR zajistí jeho přibrzdění, které je právě tak silné, aby nedošlo k protočení. Pokud obě hnací kola mají tendenci k prokluzu, jsou rovněž přibrzděna tak, aby přenos hnací síly na vozovku nebyl jejich prokluzováním přerušen.

ASR může být rozšířeno o elektronické řízení motoru, jehož výkon je pak bez ohledu na okamžik sešlápnutí pedálu akcelerace redukován jen na výši, kterou jsou v daných adhezních podmínkách hnací kola schopna přenášet na vozovku. Poloha pedálu akcelátoru je prostřednictvím snímače polohy pedálu převedena na elektronický napěťový signál. Ten převede řídicí jednotka elektronického řízení výkonu motoru na řídicí napětí pro elektromotor nastavovače (EMS) s ohledem na předprogramované veličiny a na signály jiných snímačů (např. teplota, otáčky motoru). Elektromotor ovládá nastavovač škrticí klapky nebo regulační tyč vstřikovacího čerpadla. Poloha škrticí klapky nebo regulační tyče je zpětně hlášena řídicí jednotce. ASR se automaticky vypíná tehdy, je-li rychlost jízdy vyšší než 30 km.h⁻¹. ASR je při zapnutí elektrických obvodů signalizováno bílou kontrolní svítilnou. Musí zhasnout po 2 sekundách. Svítí-li během rozjezdu, je ASR v činnosti.

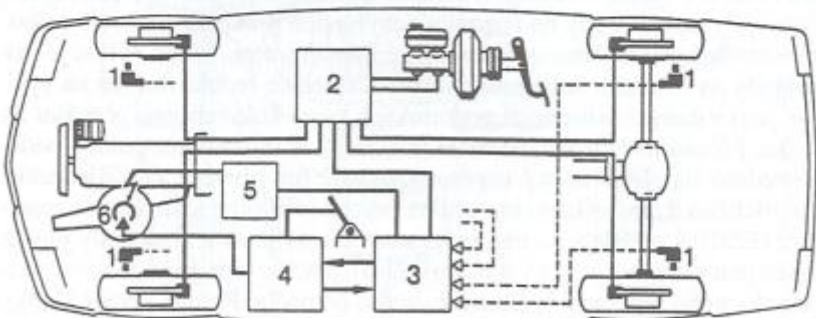
Regulace brzdného momentu motoru MSR

System ASR je možno přídavně doplnit o regulaci brzdného momentu motoru MSR. Při řazení nižšího rychlostního stupně nebo při prudkém uvolnění pedálu akcelérátoru na kluzké vozovce může dojít vlivem brzdného účinku motoru k vysokému brzdnému skluzu (blokování kol). MSR musí lehkou akceleraci nepatrně zvýšit točivý moment motoru tak, aby se brzdění kol snížilo na hodnotu zaručující jízdní stabilitu.

Provedení systému Bosch ASR je na obr. 166a. Toto provedení vychází ze systému ABS 2S a z ASR s nastavením škrticí klapky a přídavným přibrzděním hnacích kol. Elektronika a hydraulika ABS je doplněna o části ASR.



Obr. 166a. ASR s regulací škrticí klapkou a brzdou
1 - snímač otáček, 2 - hydroagregát ABS, 3 - hydroagregát ASR, 4 - řídicí jednotka, 5 - řídicí jednotka EMS, 6 - škrticí klapka



Obr. 166b. ASR s regulací škrticí klapkou a zapalováním/vstřikováním (Motronic)
1 - snímač otáček, 2 - hydroagregát ABS, 3 - řídicí jednotka ABS/ASR, 4 - řídicí jednotka EMS, 5 - řídicí jednotka Motronic, 6 - škrticí klapka

Dalším zlepšením průběhu brzdění s dosažením kratší brzdné dráhy je systém EBV (elektronicky řízené rozdělení brzdné síly). Tímto systémem lze zvýšit podíl brzdné síly na kola zadní nápravy a dosáhnout téměř ideálního rozdělení podle adhezních podmínek. Automobil pak zachovává zvolenou stopu i v kritických situacích, které by jinak vedly k nevyhnutelnému smyku a nehodě.

Regulace EBV doplněná systémem ABS/ASR představuje momentálně nejvýkonnější a nejdokonalejší zařízení používané v brzdové technice osobního vozu.

Zpomalovací soustava, odlehčovací brzda

Tato ústrojí slouží ke zmírňování nebo omezení rychlosti jedoucího vozidla, nikoli však k jeho zastavení. Používají se hlavně při jízdě z dlouhých svahů, když se provozní brzda brzděním přehřívá a její účinnost se snižuje. Odlehčovací brzda působí velmi měkce, šetří palivo, obložení brzdových čelistí a pneumatiky.

Druhy odlehčovacích brzd podle prostředku zpomalení

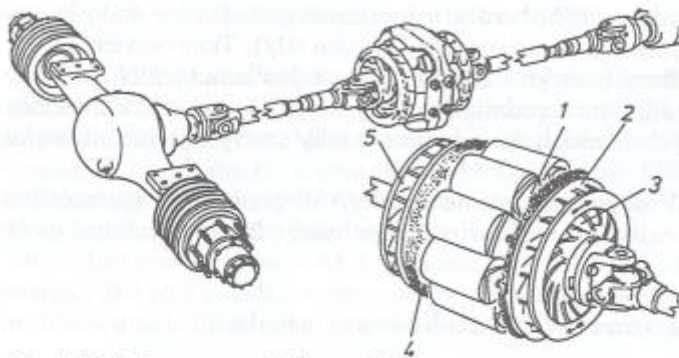
a) *Motor automobilu* v podmínkách běhu naprázdno, popř. při zastavení dodávky paliva a při zařazeném nižším rychlostním stupni svými pasivními odpory zpomalí rychlost automobilu.

b) *Výfuková brzda* působí omezením výstupu spalin z motoru, přičemž zároveň uvádí motor vozidla do podmínek běhu naprázdno; ovládá se z místa řidiče; skříň výfukové brzdy je zamontována do výfukového potrubí před tlumič výfuku.

c) *Motorová brzda* vyvolává zpomalovací účinek motoru změnou časování jeho rozvodu.

d) *Elektromagnetická brzda* (retardér) (obr. 167) vyvolává zpomalovací účinek působením elektromagnetického pole na otáčející se kovový kotouč. Elektrický proud se přivádí do cívek na stojícím statoru. V milimetrové vzdálenosti od cívek se pohybuje rotor, který je spojený se spojovacím hřídelem. Přitom vznikají vířivé (Foucaultovy) proudy, které brzdí rotor a vytvářejí teplo. Výhodou je velký brzdící moment a možnost dodatečné montáže, nevýhodou velká hmotnost. Páka na stupňovité ovládání brzdy je pod volantem.

e) *Hydrodynamická brzda* (retardér) působí odporem kapaliny v uzavřeném prostoru proti pohybu, který je odvozován od pohybu automobilu. V hydrodynamické brzdě pracují v jedné skříni dvě kola s lopatkami, stator a rotor. Stator stojí a je spojený se skříni brzdy. Proti statoru se pohybuje rotor (čerpadlové kolo), který je poháněný od spojovacího hřídele. Konstrukce je

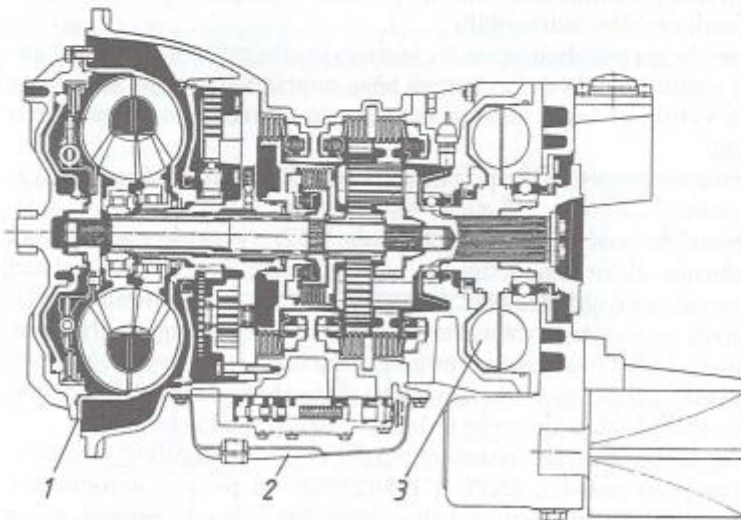


Obr. 167. Elektromagnetický retardér

1 - pólové nástavce elektromagnetů, 2, 5 - rotory brzdy, 3 - chladičí lopatky ventilátorů, 4 - magnetické pole vytvářené pólovými nástavci elektromagnetů

podobná s kapalinovou spojkou, zde je však turbinové kolo jako stator, jímž se hydrodynamická energie mění v energii tepelnou. Pracovní látkou je olej. Při trvalém brzdění se olej zahřívá a odvádí svoje teplo do chladicího okruhu motoru. Montážně se používá sekundární retardér (doplňk převodové skříně), nebo tzv. intardér (jako celek s převodovou skříní) (obr. 168).

f) Aerodynamická brzda působí zvýšením odporu vzduchu při jízdě automobilu (např. zvláštní brzdící plochy na karosérii).



Obr. 168. Hydraulický retardér

1 - hydrodynamický měnič, 2 - samočinná převodovka, 3 - hydraulický retardér

Řízení automobilu

Řízení automobilu je z hlediska bezpečnosti silničního provozu stejně důležité jako brzdy (vyhláška č. 102/1995 Sb., § 32). Jeho účelem je udržovat nebo měnit směr jízdy automobilu. Všechny v současné době běžně vyráběné automobily se řídí natáčením předních kol kolem osy rejdových čepů. U vícenápravových nákladních automobilů, pokud mají dvě přední nápravy, se natáčejí kola obou předních náprav. Řízení předními koly je výhodné i z hlediska řidiče, protože vnější hrana automobilu opisuje v zatáčce největší oblouk a z místa řidiče je dobře vidět. Řízení zadními, popř. všemi koly se používá jen u podvozků speciálních pracovních strojů. Toto řízení je však směrově velmi nestabilní, a proto jsou rychlosti těchto vozidel omezené. U přívěsných vozidel jízdních souprav se zpravidla otáčí celá přední náprava s koly okolo svislé osy v podélné rovině souměrnosti přívěsného vozidla (tzv. rejdovná náprava). Většina automobilů se řídí volantem.

Základní pojmy

Ovladatelnost motorového vozidla je souhrn vlastností ovlivňujících námahu řidiče při řízení automobilu. Je to:

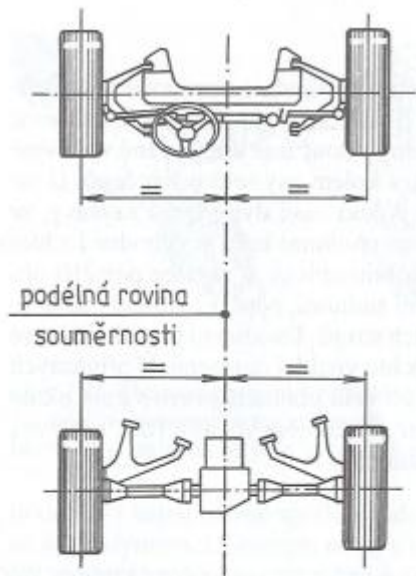
- směrová stabilita,
- směrová citlivost,
- nedotáčivost a přetáčivost automobilu,
- říditelnost automobilu.

Směrová stabilita umožňuje v podstatě udržovat směr daný řízením i při působení menších vnějších sil a momentů.

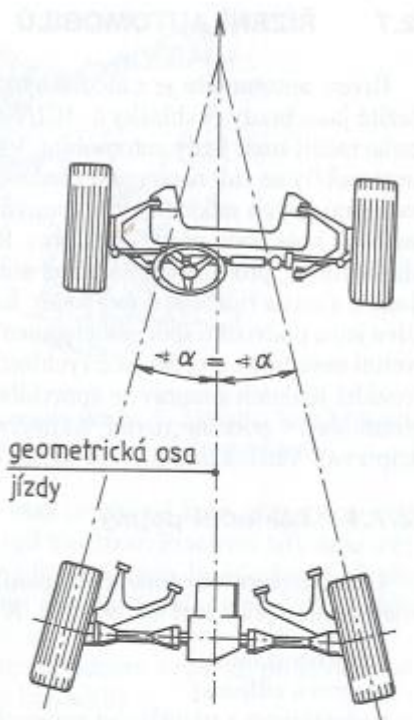
Směrová citlivost je změna dráhy automobilu za určitý čas od vzniku účinku vnějších sil bez zásahu do řízení.

Při jízdě v zatáčce nebo na silnici s příčným sklonem působí na automobil v jeho těžišti boční síla. Působením této síly dochází k deformaci pneumatik a kolo se odchýlí od podélné roviny ve směru boční síly. Je-li směrová odchylka předních kol větší než zadních, automobil má snahu vyjet ven ze směru. Říkáme, že automobil je **nedotáčivý**. Takový automobil vyžaduje větší natočení kol, než odpovídá poloměru zatáčky. Mají-li naopak větší směrovou výchylku zadní kola, automobil má snahu stočit se víc, než odpovídá vychýlení řízených kol. Říkáme, že automobil je **přetáčivý**. Takový automobil vyžaduje menší natočení kol, než odpovídá poloměru zatáčky. Jízda přetáčivého automobilu může být směrově nestabilní.

Na uvedené vlastnosti má vliv poloha těžiště mezi nápravami. Například automobily s motorem vzadu jsou přetáčivé. Poloha těžiště se u osobních automobilů mění s jejich zatížením.

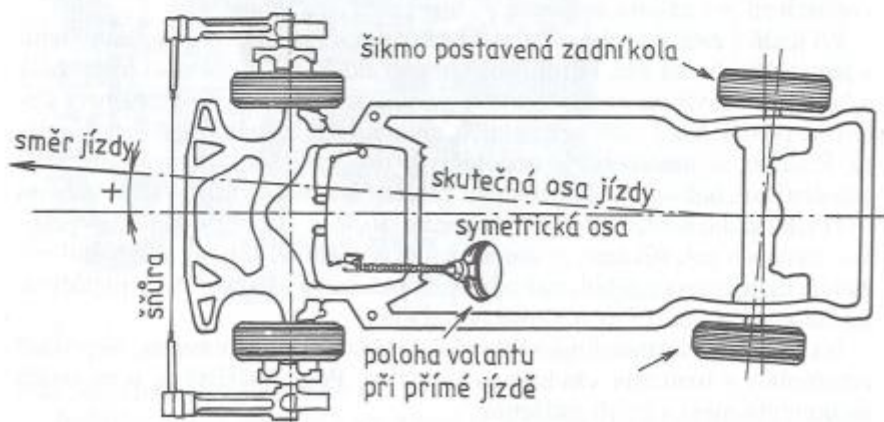


Obr. 169. Podélná rovina souměrnosti vozidla



Obr. 170. Geometrická osa jízdy

▼ Obr. 171. Úhel osy jízdy



Úhel rejdu je úhel mezi svislým průmětem podélné osy vozidla a průsečnicí střední roviny kola s rovinou vozovky.

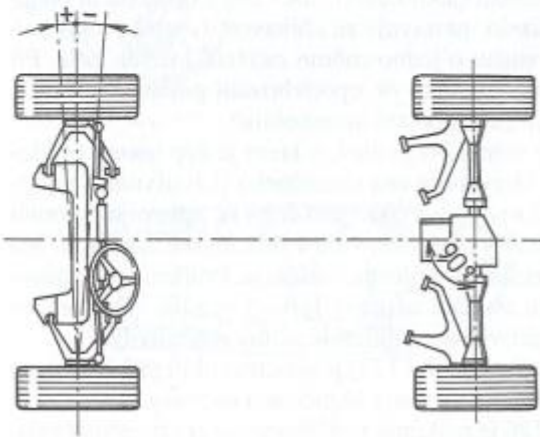
Poloměr rejdu je vzdálenost mezi průsečnicí střední roviny kola s rovinou vozovky a průsečíkem rejdové osy s rovinou vozovky (viz obr. 176).

Podélná svislá rovina souměrnosti (obr. 169) je vlastně osa symetrie jízdy. Představuje osu souměrnosti rozchodu předních a zadních kol (přední a zadní nápravy).

Geometrická osa jízdy (obr. 170) je skutečná osa (směr) jízdy vozidla a současně osa úhlu celkové sbíhavosti zadních kol. Je dána polohou zadní nápravy vůči podélné svislé rovině souměrnosti vozidla. Geometrická osa jízdy by měla být totožná s osou symetrie vozidla.

Úhel osy jízdy (obr. 171) je úhel, který svírá podélná svislá rovina souměrnosti vozidla a jeho geometrická osa jízdy, tj. úhel mezi symetrickou a skutečnou osou jízdy vozidla.

Úhel přesazení kol (obr. 172) je úhel, o který je pravé kolo přesazeno proti levému kolu téže nápravy.



Obr. 172. Úhel přesazení kol

Geometrie kol, čepů a náprav vozidel

Geometrická poloha kol automobilu, zejména předních, má základní vliv na bezpečnost a hospodárnost provozu automobilů. Stykové plochy pneumatik a vozovky vytvářejí za jedoucím automobilem stopy odvalujících se kol. Aby se kola automobilu odvalovala při přímé jízdě i v zatáčkách a nesmýkala se, což se považuje za základní požadavek řízení, musí mít kola i čepy řízení správnou polohu, tedy správné sklony (odchylky) od svislé roviny. Také vzá-

jemné postavení náprav vůči podélné svislé rovině souměrnosti musí být správné.

Tyto odchylky nazýváme geometrií kol, čepů a náprav.

Postavení kol a čepů přední nápravy

Roviny souměrnosti kol přední nápravy neleží v rovinách kolmých k vozovce ani v rovinách spolu rovnoběžných. Je to způsobeno sklonem čepů kol a rejdových čepů. Tím se dosáhne zvýšení směrové stability vozidla, vymezení vůlí a také toho, že řidič musí při natačení kol do rejdu překonat odpor tj. vynaložit určitou sílu.

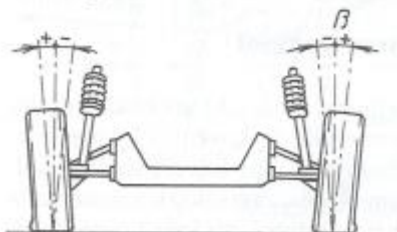
Odklon kola β je úhel, o který je rovina souměrnosti kola odkloněna od podélné svislé roviny (podélná svislá rovina je rovina rovnoběžná s podélnou svislou rovinou souměrnosti vozidla). Může nabývat kladných i záporných hodnot (obr. 173).

Při zatáčení se vlivem záklonu a příklonu čepu odklon mění. Je-li odklon kladný (a to obvykle bývá), má valici se kolo vlivem axiální síly tendenci vytáčet se vně ve směru vyklonění (jako kužel), což vede k opotřebení pneumatiky. Aby k tomu nedocházelo, nastavuje se sbíhavost (rozbíhavost) kol. Odklon kola také podporuje snahu o jednosměrné zatížení ložisek kola. Při nesprávném nastavení odklonu kol se zvýší opotřebování pneumatik a řidič má často pocit nejistého řízení (tzv. plavání automobilu).

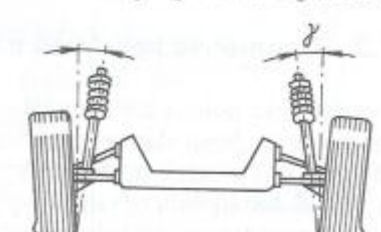
Příklon rejdového čepu γ (obr. 174) je úhel, o který je čep horem příkloněn dovnitř vozidla, tj. úhel, který svírá osa skutečného (i fiktivního) rejdového čepu s podélnou svislou rovinou. Příklonem čepu se upravuje poloměr rejdu. Pomáhá také jednosměrně vymezovat vůle v řídícím mechanismu. Má příznivý vliv i na stabilitu vozidla při průjezdu zatáčkou. Příklon čepu způsobuje při natačení kol do rejdu zvedání nápravy (přídě) vozidla. Tím se sice zvětšuje odpor v řízení, ale zároveň se stabilizuje přímý směr jízdy.

Celkový (sdružený) úhel $(\beta + \gamma)$ (obr. 175) je součtem úhlů příklonu čepu a odklonu kola. Je zpravidla neměnný, daný konstrukcí nápravy.

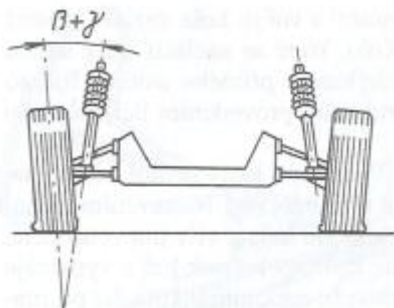
Poloměr rejdu (ρ) – obr. 176 je nejkratší vzdálenost mezi průsečnicí svislé roviny souměrnosti kola se zemí a průsečíkem osy rejdového čepu se zemí.



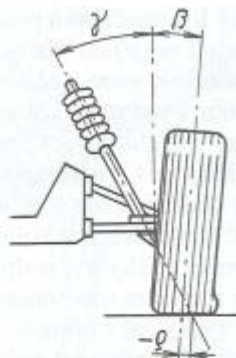
Obr. 173. Odklon kola



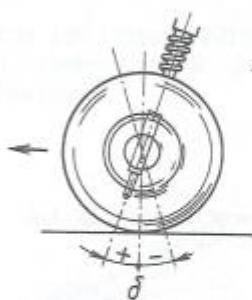
Obr. 174. Příklon rejdového čepu



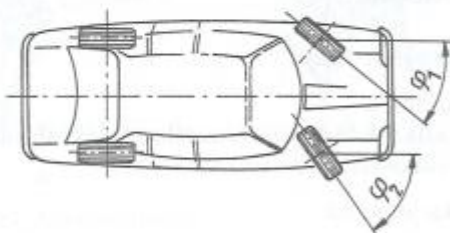
Obr. 175. Celkový sdrúžený úhel - součet úhlů příklonu čepu a odklonu kola



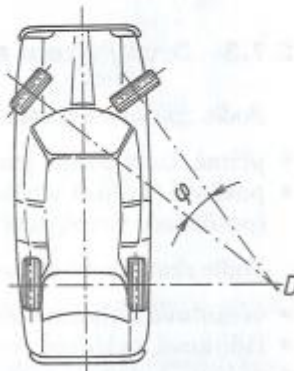
Obr. 176. Poloměr rejdu
- ρ - záporný poloměr rejdu



◀ Obr. 177. Záklon rejdového čepu



▼ Obr. 178. Rozdíl úhlů rejdu



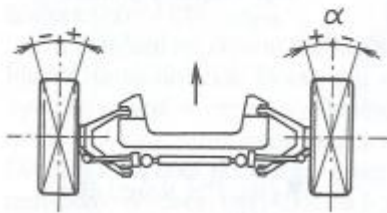
Velký poloměr rejdu značně ztěžuje řízení. Malý poloměr rejdu zase ztěžuje natáčení kol na místě (kolo se nemůže odvalovat, smýká se).

Záklon rejdového čepu δ (obr. 177) je úhel, o který je čep horem zakloněn od svislice v podélné svislé rovině. Záklon čepu přispívá ke směrové stabilitě automobilu a vymezuje vůle v kloubech spojovací tyče. Jen zcela výjimečně se můžeme setkat s předklonem rejdového čepu.

Rozdíl úhlů rejdu φ (obr. 178) je rozdíl mezi úhlem natočení vnitřního kola a úhlem natočení vnějšího kola při natočení do rejdu zpravidla o 20° . Je

nutný k bezpečnému průjezdu zatáčkou, vnitřní a vnější kola vozidla se totiž odvalují po jejich různých poloměrech. Kolo, které se nachází blíže středu zatáčení, je proti vnějšímu kolu více vychýleno z přímého směru. Tohoto rozdílu v natočení kol se dosahuje konstrukčním provedením lichoběžníku řízení vozidla.

Sbíhavost (rozbíhavost) kol α (obr. 179) je úhel, který svírají střední roviny (kolmé k ose rotace) protilehlých kol téže nápravy. Nastavením sbíhavosti (rozbíhavosti) kol se zmenšuje vliv odklonu kola a vliv jím způsobené směrové výchylky, podporuje jednosměrné zatížení ložisek kol a vymezuje vůle v řídicím mechanismu (účelem je nedovolit rozkmitání kol). Již při malém vychýlení z přímého směru mají kola vlivem směrové výchylky tendenci vrátit se do původní polohy. Sbíhavost (rozbíhavost) tak přispívá ke stabilizaci přímého směru jízdy.



Obr. 179. Sbíhavost (rozbíhavost) kol

Druhy řízení automobilů

Podle způsobu ovládání rozlišujeme řízení:

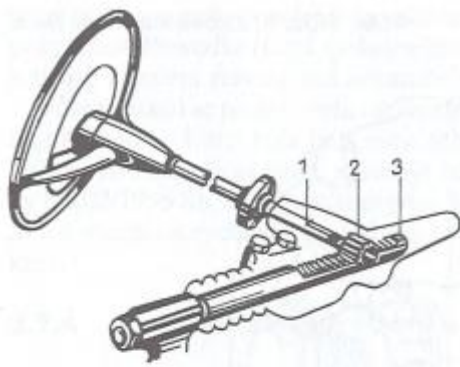
- **přímé**, které působí jen silou řidiče,
- **posilové** (strojní), u něhož je síla řidiče doplňována silou zvláštního ústrojí (posilovače řízení, např. kapalinového nebo vzduchového).

Podle druhu ovládacího prvku je řízení:

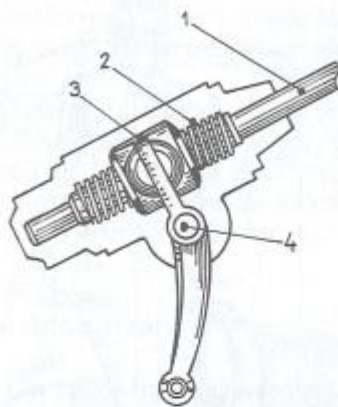
- **volantové**, ovládané pomocí volantu,
- **řídítkové**, ovládané pomocí řídítek (v podstatě dvouramenná páka),
- **pákové**, ovládané pomocí ruční (jednoramenné) páky.

Podle druhu převodu rozlišujeme řízení:

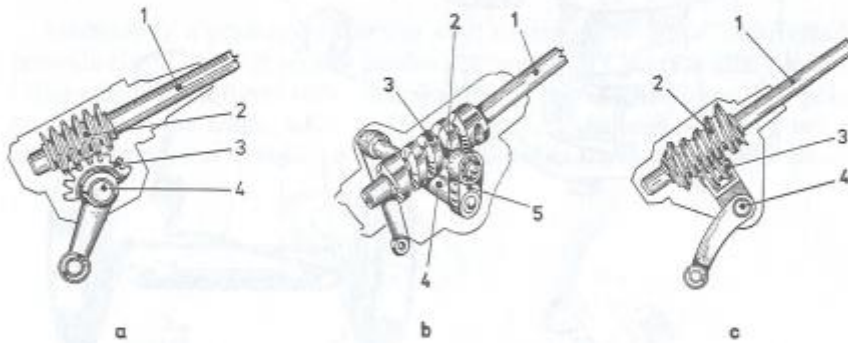
- **hřebenové** (obr. 180), které má převod s pastorkem a ozubenou tyčí; toto řízení se používá u osobních automobilů nejvíce;
- **maticové** (obr. 181), které má převod se šroubem a maticí; při otáčení volantem se matice posouvá a vykyvuje hlavní páku i s tyčí řízení;
- **šnekové** (obr. 182), které má převod šnekem a šnekovým kolem (popř. segmentem) nebo šnekem s kolíkem, popř. šnekem a kladkou;



Obr. 180. Hřebenové řízení
1 - vřeteno řízení, 2 - pastorek, 3 - hřeben řízení



Obr. 181. Maticové řízení
1 - vřeteno řízení, 2 - pohybový šroub, 3 - matice řízení, 4 - hřídel řízení

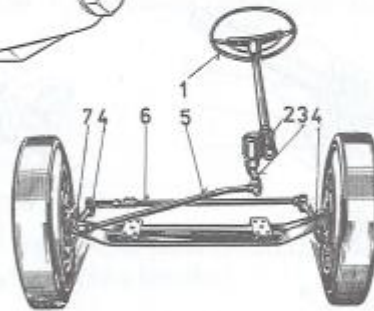
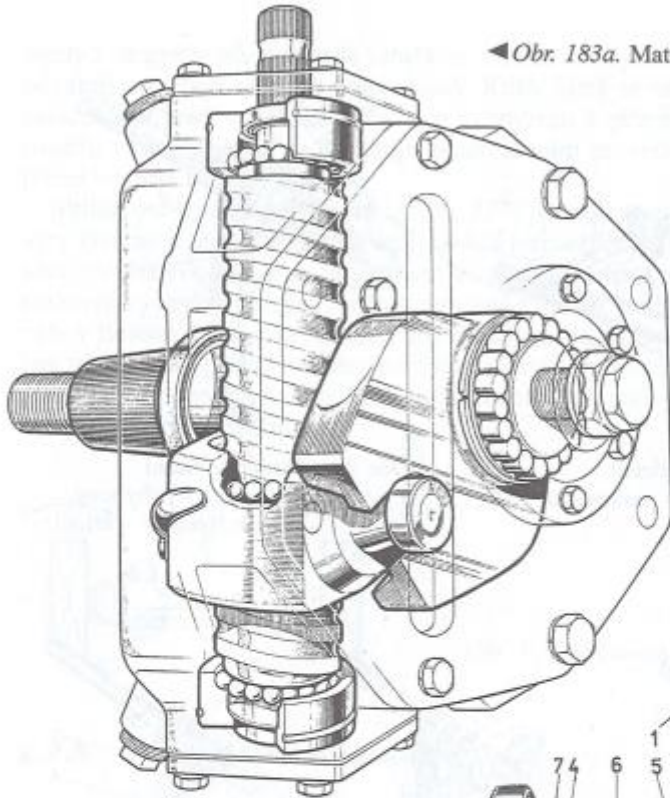


Obr. 182. Šnekové řízení
a) s ozubeným segmentem: 1 - vřeteno řízení, 2 - šnek, 3 - ozubený segment, 4 - hřídel řízení
b) s kolíkem: 1 - vřeteno řízení, 2 - kolík, 3 - šnek, 4 - hřídel řízení, 5 - páka kolíku,
c) s kladkou: 1 - vřeteno řízení, 2 - globoidní šnek, 3 - kladka, 4 - hřídel řízení

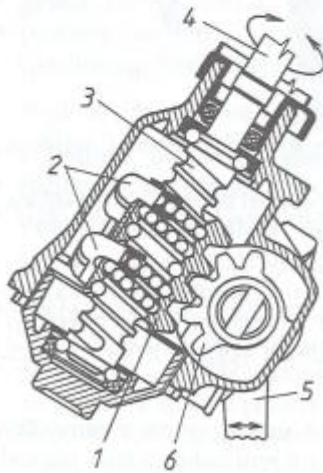
- **maticové kuličkové** (obr. 183), které má převod se šroubem a maticí; pro snížení ztrát třením se používá valivé uložení - mezi maticí a šroubem je nekonečná řada kuliček; používá se u nákladních vozů a osobních vozů vyšší třídy.

Otáčivý pohyb volantu se přenáší na **rejdové ústrojí** pomocí převodky řízení a hlavní páky řízení (obr. 184). Převodka řízení zabezpečuje převod

◀ Obr. 183a. Maticové kuličkové řízení



▲ Obr. 184. Díly řízení
1 - volant, 2 - převodka řízení,
3 - hlavní páka řízení, 4 - řídicí
páka, 5 - táhlo řízení, 6 - spojovací
tyč řízení, 7 - pomocná páka řízení



◀ Obr. 183b. Maticová převodka kuličková
1 - matice, 2 - vodící trubka, 3 - pohybový
šroub, 4 - hřídel volantu, 5 - hlavní řídicí
páka, 6 - ozubený segment

mezi otáčivým pohybem hřídele volantu a otáčivým pohybem hřídele hlavní páky řízení. Převodka řízení spolu s rejdovým ústrojím musí umožňovat přesné a citlivé natočení řídicích kol automobilu.

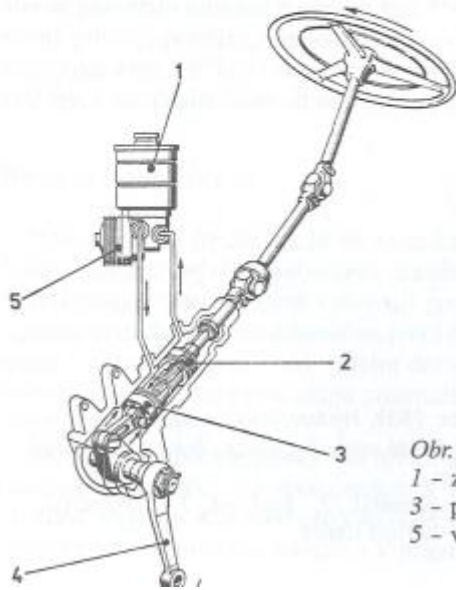
Vůle v řízení se projeví volným chodem volantu, tj. úhlem natočení volantu, při němž se řídicí kola ještě nenatáčejí. Z hlediska přesnosti řízení, která má vliv na bezpečnost jízdy, musí být vůle řízení co nejmenší. Podle vyhlášky č. 102/1995 Sb. se připouští nejvíce 36° u vozidel s rychlostí do $30 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, 27° u vozidel s rychlostí do $100 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a 18° u vozidel s rychlostí nad $100 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.

Posilové (strojní) řízení a tlumiče řízení

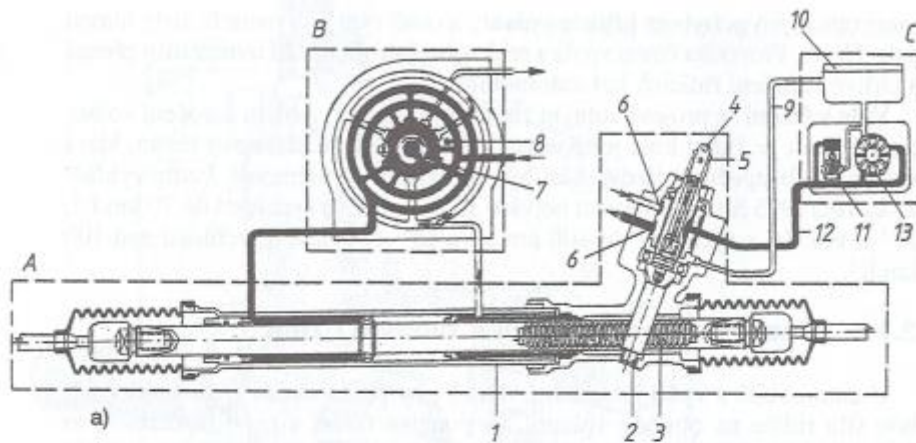
U automobilů s vyšší hmotností, u nichž by přímé řízení vyžadovalo velkou sílu řidiče na obvodu volantu, se používá řízení s posilovačem. Je to ústrojí využívající energii z cizího zdroje (tlaková kapalina, stlačený vzduch) k vyvození posilovacího účinku.

Posilovače řízení

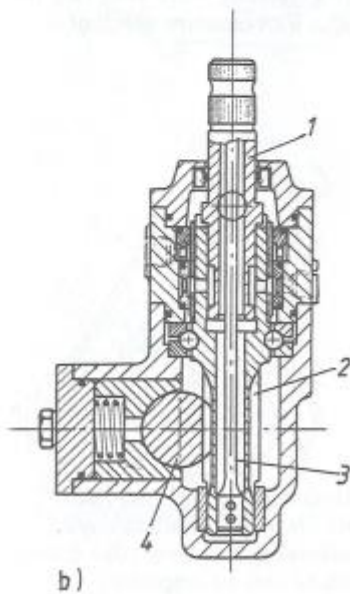
Automobily s posilovým řízením mají některý druh běžně používaného převodu řízení, na nějž působí posilovač řízení, který je zpravidla v jednom celku s převodkou řízení (obr. 185). Posilové řízení dostává impuls při pohybu volantem jen tehdy, když je třeba na řízení vynaložit větší sílu, než na jakou je nastaveno ovládání regulačního šoupátka v ovládacím zařízení.



Obr. 185. Hydraulický posilovač řízení
1 - zásobník oleje, 2 - ovládací ventil,
3 - píst posilovače, 4 - hlavní páka řízení,
5 - vysokotlaké olejové čerpadlo



Obr. 186a. Konstrukční provedení hřebenové převodky řízení s posilovačem
A - hřebenová převodka řízení; *B* - řídicí ventil; *C* - zdroj tlakového oleje;
 1 - pracovní válec, 2 - pastorek převodky řízení, 3 - hřebenová tyč, 4 - zkrutná tyč,
 5 - dolní část hřídele volantu, 6 - řídicí drážka, 7 - otočné šoupátko, 8 - těleso
 řídicího ventilu, 9 - vratné potrubí, 10 - zásobník oleje, 11 - ventil omezující tlak
 i proud oleje, 12 - tlakové potrubí, 13 - lamelové čerpadlo



Obr. 186b. Hydraulický posilovač hřebenového řízení osobního automobilu - řez šoupátkem
 1 - šoupátko, 2 - pastorek, 3 - zkrutná tyč,
 4 - hřeben řízení

Pro těžké nákladní vozy se používá **hydraulické posilové řízení** (strojní řízení). Při otáčení hřídele volantu se mění poloha regulačního šoupátka v ovládacím ventilu. Přetlak oleje se přivádí od vysokotlakého olejového čerpadla nad nebo pod píst posilovače. Tím se dosáhne posilovacího účinku, který se převádí na hlavní páku řízení. Mechanismus převodu musí ovšem zabezpečit i ovládní řízení pouhou silou řidiče na volantu, pokud dojde k poruše posilovače řízení.

Dalším používaným zařízením je **hydraulický posilovač u hřebenového řízení osobních vozidel**. Hřebenová tyč zde prochází válcem v prodloužení skříně převodovky řízení a je na ni připevněn píst, utěsněný v tomto válci (obr. 186). Rozváděcí orgán přivádí tlakový olej na jednu nebo druhou stranu pístu, a tím posouvá hřebenovou tyč. Impuls k rozvádění tlakového oleje dává šoupátko, znázorněné v řezu na obrázku. Šoupátko je pevně spojeno s hřídelem volantu a pohybuje se ve skříně, spojené s pastorkem řízení. Šoupátko 1 je s pastorkem 2 spojeno zkrutnou tyčí 3. Vlivem odporu řízení se tato zkrutná tyč zkrucuje, šoupátko se ve své skříně natáčí a otevírá otvory pro přívod, resp. odvod oleje do servoválce. Otáčení šoupátka ve skříně pastorku je omezeno dorazem, takže při selhání hydraulického zařízení lze vozidlo nouzově řídit obvyklým způsobem.

Tlumiče řízení

Hydraulické teleskopické tlumiče řízení se do mechanismu řízení zařazují, aby se zamezilo kmitání řízených kol. Protože se zpravidla umísťují ve vodorovné poloze, používají se jednoplášňové tlumiče s přetlakovým vyrovnávacím prostorem. Jelikož tlumiče řízení zamezují kmitání, ale neodstraňují jeho příčiny, v současné době se nepoužívají.

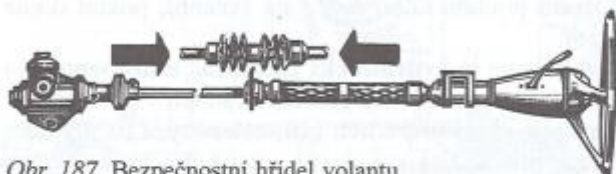
Bezpečnost řízení

Volant a jeho hřídel spolu se sloupkem řízení představují pro řidiče při čelním nárazu největší nebezpečí zranění. Proto se konstruují tzv. *bezpečnostní sloupky řízení*, které vyhovují podmínkám vyhlášky č. 102/1995 Sb. Splnění požadavků bezpečnosti se řeší i umístováním řízení co nejdále za čelní stěnu automobilu, mimo tzv. přední deformační zónu, a vhodnou konstrukcí hřídele volantu, která umožňuje posunutí a sklonění volantu při působení určité síly (obr. 187).

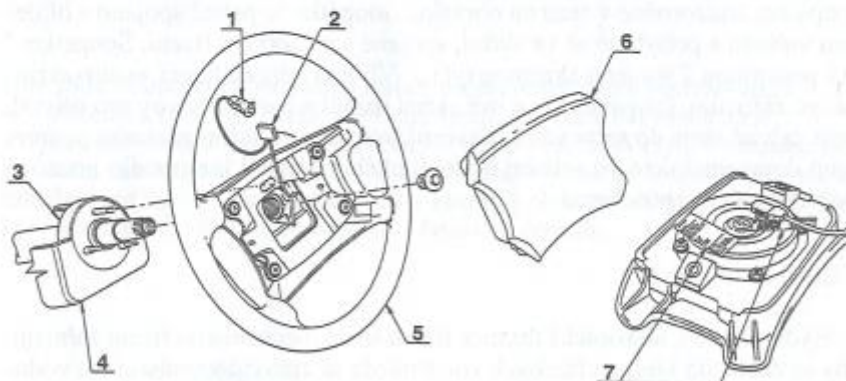
Airbag (nafukovací vak). Na rozdíl od bezpečnostních opěrek a pásů neomezují vaky řidiče ani spolujezdce. V klidové poloze jsou složeny v hlavě volantu, resp. ve schránce před spolujezdcem. Dojde-li k nehodě, elektrické čidlo zhodnotí intenzitu nárazu a v případě potřeby elektronicky odpálí roz-

nětku, která uvolní stlačený dusík, jímž se během několika tisícin sekundy vak naplní. Hranicí je tvrdý náraz na překážku rychlostí nad 35 km.h⁻¹.

Airbag pro řidiče má většinou menší objem, zpravidla poloviční ve srovnání se spolujezdcem. V současné době se zavádějí i airbagy pro boční náraz do vozidla (obr. 188).



Obr. 187. Bezpečnostní hřidel volantu



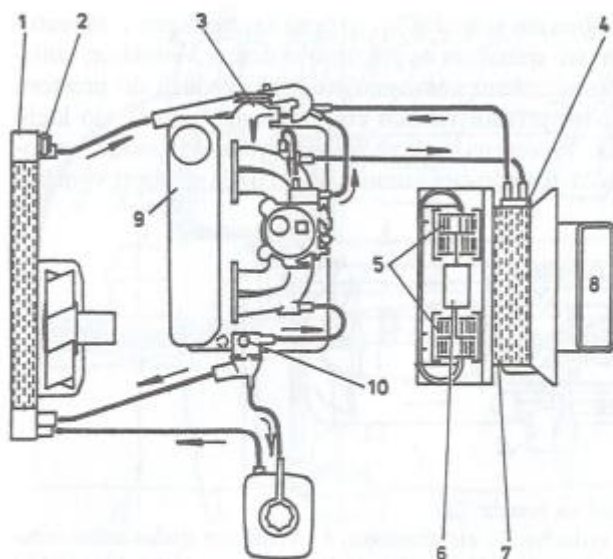
Obr. 188. Airbag

1 - konektor airbagu, 2 - konektor kontaktní jednotky, 3 - kontaktní jednotka, 4 - kryt vypínače, 5 - volant, 6 - jednotky airbagu, 7 - štítky airbagu

Vytápění a větrání silničních motorových vozidel

Zařízení na vytápění vozidel má v zimním období ohřívat vzduch v prostoru pro cestující nebo pro osádku nákladních a jiných vozidel tak, aby v těchto prostorech byla přiměřená teplota. V našich klimatických podmínkách vystačíme ve vozidlech v zimě s vytápěním a v létě s větráním. Luxusnější vozidla, zejména autobusy, mohou mít klimatizační zařízení.

Pro vytápění karosérii silničních motorových vozidel se používají zařízení různých systémů, které využívají buď chladicí vodu ohřátou motorem, nebo jiný zdroj tepla. Podle toho rozdělujeme vytápěcí zařízení na závislá nebo nezávislá na práci motoru.



Obr. 189. Schéma topení závislého na chodu motoru (Škoda Favorit)
 1 - chladič, 2 - tepelný spínač ventilátoru chlazení, 3 - vodní čerpadlo, 4 - regulační ventil topného tělesa, 5 - ventilátory vytápění, 6 - elektromotor pro pohon ventilátorů, 7 - výměník tepla, 8 - výstup teplého vzduchu do karosérie, 9 - motor automobilu, 10 - průtokový termostat

Vytápění závislé na práci motoru

Toto vytápění (obr. 189) využívá teplotu chladicí kapaliny u kapalinou chlazených motorů. Horká chladicí kapalina se z chladicího systému vede do výměníku tepla, kde ohřívá přiváděný vzduch. Před výměníkem (nebo za ním) je ventilátor, který vhání ohřátý vzduch do prostoru karosérie. Tento systém vytápění se používá ve většině osobních i nákladních automobilů s motory chlazenými kapalinou. Jeho nevýhodou je závislost na činnosti motoru; pokud motor nepracuje, teplota v kabině rychle klesne.

Vytápění nezávislé na práci motoru

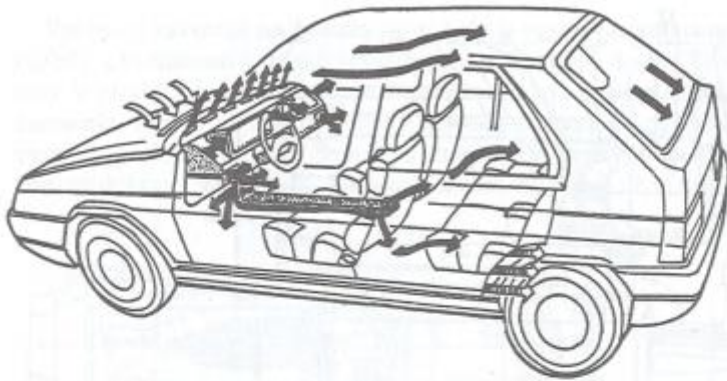
Toto vytápění se používá pro vytápění větších osobních automobilů a zejména autobusů, kamionů a jiných vozidel. Vytápěcí zařízení je samostatné, jako palivo se používá benzín nebo motorová nafta. Výhodou tohoto systému je, že karosérii lze vytápět, i když motor nepracuje. Nevýhodou je poněkud vyšší spotřeba paliva.

Větrání

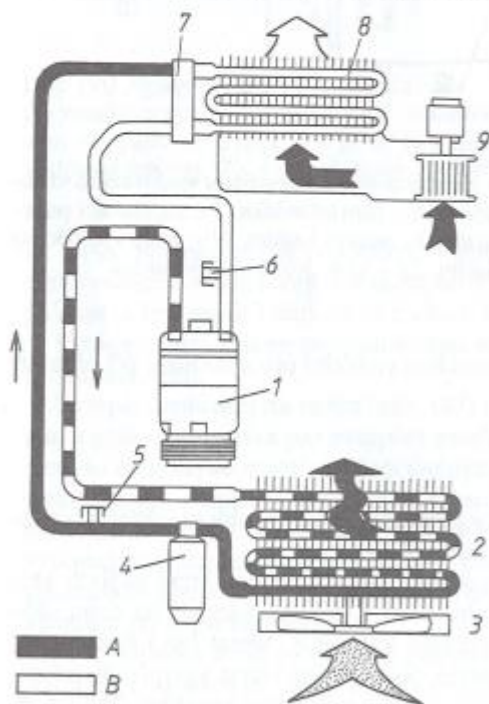
Při větrání se vyměňuje vzduch v prostoru karosérie, aby se odstranila nadměrná vlhkost a snížil se obsah oxidu uhličitého.

Nejjednodušší větrání je větrání náporovým vzduchem, který za jízdy vniká do karosérie otvory v její přední části a dále se rozvádí na čelní sklo a vzduchovými kanály do prostoru celé karosérie. Větrat lze i spuštěnými skly ve dveřích či v oknech karosérie. Rovněž lze větrat vytápěcím zařízením, které má zapnutý pouze ventilátor, bez zapnutého vytápění. Tak lze do karosérie vhnět čerstvý vzduch, i když vozidlo stojí na místě.

Na obr. 192 je schéma vytápění a větrání automobilu Škoda Favorit. Čerstvý vzduch vniká do karosérie otvorem před čelním sklem a výměníkem tepla prochází do prostoru pro posádku, odkud odchází otvory v křídlech zadních dveří. Tím je zabezpečeno tzv. *bezprůvanové větrání*.



Obr. 192. Schéma vytápění a větrání automobilu Škoda Favorit



Obr. 193. Schéma uspořádání koloběhu chladiva a dvě samostatné cesty vzduchu v soustavě klimatizace (*A* - větev vysokého tlaku, *B* - větev nízkého tlaku)
 1 - kompresor, 2 - kondenzátor, 3 - ventilátor dochlazování, 4 - vysoušeč, 5 - servisní přípojka větve *A*, 6 - servisní přípojka větve *B*, 7 - expanzní ventil, 8 - výparník, 9 - ventilátor topení

Klimatizace

Klimatizace se používá v luxusních osobních automobilech a dálkových autobusech. Klimatizační zařízení udržuje v interiéru vozidla teplotu, která je pro cestující příjemná, a to bez ohledu na teplotu venkovního vzduchu. Kromě toho udržuje klimatizační zařízení v optimálním rozmezí i vlhkost vzduchu.

Klimatizační zařízení je velmi drahé; pro jeho efektivní provoz je navíc nutné, aby karosérie byla dokonale utěsněna a aby její stěny měly dobré tepelně izolační vlastnosti.

Základními částmi klimatizačního zařízení jsou kompresor, výparník, kondenzátor a expanzní ventil. Zařízení je poháněno motorem vozidla, nebo může mít svůj vlastní pohon.

Okruh zařízení je naplněn chladicím médiem, což je kapalina, která relativně snadno přechází do plynného stavu. Kompresor zajišťuje cirkulaci chladicího média soustavou (obr. 193). Před vstupem do kompresoru je zařazen tzv. výparník, ve kterém vlivem škrcení průtoku přechází kapalné chladicí médium do plynné fáze. Výparník je ochlazován a přejímá tak teplo vzduchu, který je ventilátorem vhnán do kabiny. Za kompresorem je zařazen kondenzátor, kde stlačené plynné chladicí médium přechází zpět do kapalné fáze. Klimatizace může být zapínána a vypínána ručně a řidič musí všechny obslužné prvky regulace nastavit podle vlastního uvážení.

Klimatizace automatické regulují vnitřní teplotu tím, že nastavují teplotu proudu vzduchu podle nastavené teploty, vnější teploty a intenzity slunečního záření (tzv. klimatronik).

Klimatizační zařízení, určené pro provoz v tropických oblastech, má pouze chladicí systém; jinak má i systém vytápění. Požadované hodnoty teploty, vlhkosti a množství klimatizovaného vzduchu udržuje *automatické regulační zařízení*.

Motory – spalovací motory

Motor je stroj, který vykonává práci, aniž by byl poháněn jiným strojem. Pro pohon silničních motorových vozidel se mohou používat motory poháněné párou, elektrickou energií a motory, v nichž se spaluje benzín, nafta nebo plyn – tedy spalovací motory.

Spalovací motory se rozdělují podle *působení vzniklých spalin* na pístové, lopatkové (plynové turbíny) a tryskové (smíšené).

Pro pohon automobilů se většinou používají **pístové spalovací motory**, které při daném výkonu mají nejmenší hmotnost, jsou hned schopny provozu a mají dobrou účinnost.

Nevýhodou pístových spalovacích motorů je jejich poměrně velká hlučnost a emise zdraví škodlivých výfukových plynů. Proto se neustále zvyšuje zájem o motory na jiný pohon.

Jsou to zejména teplovzdušné motory (Stirling), parní a elektrické motory.

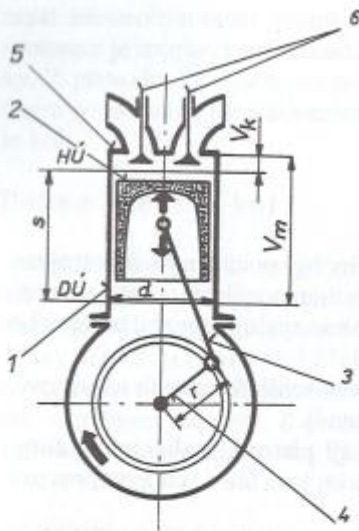
Princip pístového spalovacího motoru

Pístové spalovací motory přeměňují chemickou energii paliva na mechanickou práci. V motoru se nejprve chemická energie paliva přeměňuje spalováním na teplo. Tím se zvyšuje teplota, tlak a měrný objem.

Ve válci pístového spalovacího motoru se spaluje vhodná směs paliva a vzduchu v takovém poměru, aby po zapálení rychle a podle možnosti beze zbytku shořela. Vlivem uvolněné tepelné energie prudce stoupne tlak a objem plynů ve válci motoru. Vzniklý tlak plynů tlačí na píst, který je ve válci motoru uložen pohyblivě.

Posuvný pohyb pístu se pomocí klikového mechanismu mění na otáčivý pohyb.

Z uvedeného je zřejmé, že princip spalovacího motoru je v přenášení tlakové energie spalin na píst ve válci motoru (obr. 75). Válec je v horní části uzavřen hlavou válce. V ní jsou umístěny ventily, zapalovací svíčka nebo vstříkovač, kanály pro přívod vzduchu nebo směsi a pro odvod spalin.



Obr. 75. Základní pojmy spalovacího motoru

1 - válec, 2 - píst, 3 - ojnice, 4 - klika,
5 - hlava válce, 6 - ventily
 d - průměr válce, s - zdvih pístu,
 $HÚ$ - horní úvrať, $DÚ$ - dolní úvrať,
 V_k - kompresní prostor, V_m - pracovní
prostor, r - rameno klikového hřídele

Rozdělení pístových spalovacích motorů

Podle *pohybu pístu* dělíme motory na:

- motory s přímočarým pohybem pístu,
- motory s rotačním (krouživým) pohybem pístu (Wankelův motor).

Podle *zapálení směsi* dělíme motory na:

a) **zážehové motory**, u nichž se zápalná směs zapaluje elektrickou jiskrou, vytvořenou mezi kontakty zapalovací svíčky. Nutná podmínka je, aby teplota ve válci po stlačení směsi byla nižší než teplota samozápalu. Tento způsob zapalování se používá u benzínových a plynových motorů;

b) **vznětové motory**, u nichž se zápalná směs vzněcuje vlivem teploty vzniklé stlačením náplně válce, která je vyšší než teplota samozápalu paliva. Tento způsob zapalování se používá u naftových motorů. Vznětové motory mají i kombinovaný způsob zapálení směsi, při němž se nejprve zapálí malé množství směsi umělým zdrojem a dále se směs vzněcuje sama.

Podle *druhu použitého kapalného paliva* dělíme pístové spalovací motory na:

- **benzínové** (lehkoodpařitelné palivo), používají se jako pohonné jednotky pro osobní automobily a jiná menší silniční motorová vozidla, dále pro některé lehčí pracovní stroje nebo pro pohon různých pomocných zařízení;

- **naftové** (těžkoodpařitelné palivo), používají se jako motory nákladních automobilů, traktorů, zemědělských strojů a speciálních vozidel, v současné době i osobních automobilů;
- **plynové**, jako palivo se používá propan-butan, zemní plyn, vodík.

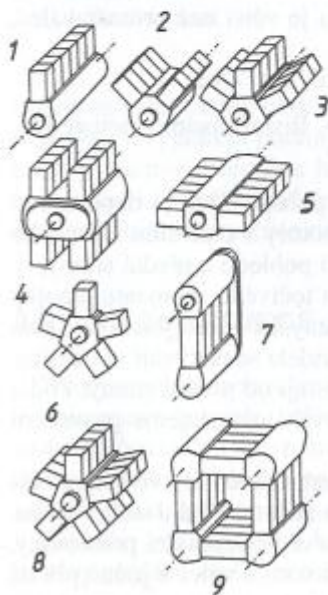
Motory musí být pro spalování upraveny. Upraveny musí být i nádrže a směšovací zařízení.

Podle *pracovního oběhu* rozdělujeme pístové spalovací motory na:

- **čtyřdobé**, u nichž pracovní oběh probíhá ve čtyřech po sobě následujících zdvizích pístu;
- **dvoudobé**, u nichž pracovní oběh proběhne ve dvou po sobě následujících zdvizích pístu.

Podle *uspořádání válců* (obr. 76) rozdělujeme pístové spalovací motory na:

- **řadové** se svislými válci nad klikovým hřídelem;
- **vidlicové**, mají válce ve dvou řadách skloněných pod určitým úhlem, takže tvoří písmeno V; úhel mezi řadami válců může být až 180° a pak hovoříme o plochém motoru;
- **s protilehlými válci** (tzv. boxer) - úhel mezi řadami válců je 180° , ale na rozdíl od plochých vidlicových motorů má každá ojnice samostatný ojníční čep klikového hřídele;



Obr. 76. Typy motorů podle uspořádání válců
 1 - řadový, 2 - vidlicový, 3 - vějířový,
 4 - H-motor, 5 - s protilehlými válci,
 6 - hvězdicový, 7 - s protiběžnými písty,
 8 - víceřadový hvězdicový, 9 - čtyřúhelníkový
 s protiběžnými písty

- s protiběžnými písty, v současné době se nepoužívají;
- hvězdicové, používané u leteckých pohonů;
- zvláštní provedení, W-motory, X-motory, H-motory.

Podle způsobu plnění válců rozdělujeme pístové spalovací motory na:

- nepřepřlňované, když se válce motoru plní vlastním nasáváním z atmosférického tlaku (u čtyřdobých motorů), nebo se kliková skříň plní nasáváním vzduchu z atmosférického tlaku (u dvoudobých motorů) pro vyplachování válce;
- přepřlňované, u nichž se válce motoru plní zápalnou směsí nebo vzduchem tlakem vyšším než atmosférický. Přepřlňování se používá u čtyřdobých i dvoudobých motorů. Ke zvýšení plnicího tlaku slouží plnicí dmýchadlo nebo kompresor.

Motory se dále dělí i podle způsobu chlazení na:

- chlazené vzduchem,
- chlazené kapalinou,
- se smíšeným chlazením.

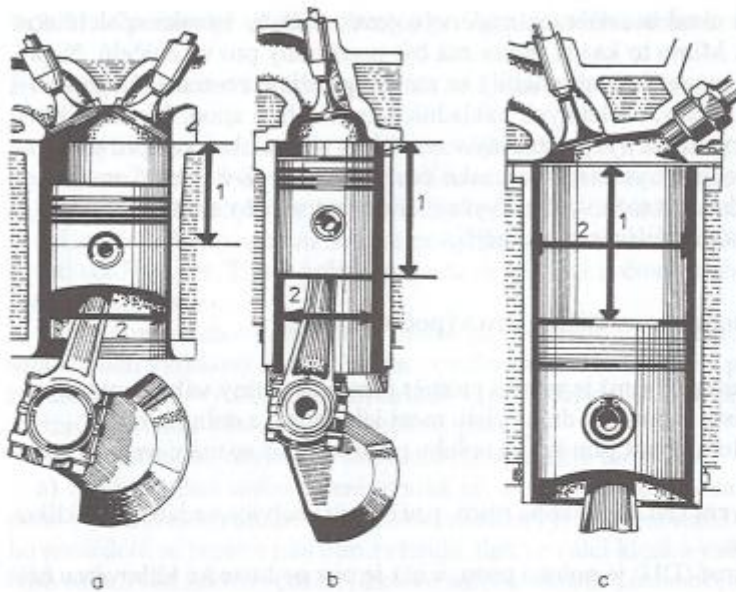
Podle poměru zdvihu pístu k průměru válce (obr. 77) rozdělujeme motory na:

- krátkodzvihové (podčtvercové - zdvih pístu je menší než průměr válce, obr. 77a),
- dlouhozdvihové (nadčtvercové - zdvih pístu je větší než průměr válce, obr. 77b),
- čtvercové (zdvih pístu se rovná průměru válce, obr. 77c).

Počet válců je dalším rozlišujícím hlediskem. Rozeznáváme motory jednoválcové, dvouválcové i víceválcové.

Označování stran motoru, smyslu otáčení a pořadí válců je doporučeno normami ČSN. Jako *pravotočivé* se označují motory s otáčením klikového hřídele ve směru otáčení hodinových ručiček při pohledu z přední strany, tj. od setrvačniku, popř. od místa hlavního odběru točivého momentu, spojky apod. *Levotočivé* motory mají chod v opačném smyslu. Motory schopné pracovat se střídavým směrem otáčení klikového hřídele se nazývají vratné (reverzní). Jednotlivé válce řadového motoru se číslují od přední strany. Podle polohy výfukového potrubí vzhledem ke stanovišti označujeme provedení motoru jako *pravé* nebo *levé*.

U motoru s několika řadami válců se číslují jednotlivé řady ve směru otáčení hodinových ručiček, válce v jednotlivých řadách od přední strany motoru postupně od první řady k další, počítáno od levé horizontální poloroviny, která je proložena osou klikového hřídele. U motoru s válci v jedné příčné



Obr. 77. Rozdělení spalovacích motorů podle poměru s/d
a) podčtvercový motor (krátkozdvihový), *b)* nadčtvercový motor (dlouhozdvihový),
c) čtvercový motor
 1 - zdvih, 2 - vrtání

rovině se válce čísliji obdobně jako jednotlivé řady. Pořadová čísla válců se používají k vyjádření pořadí zapalování. Toto pořadí je u víceválcových motorů významné, hlavně z hlediska zatížení ložisek, vyvažování a torzního kmitání klikového hřídele, rovnoměrného plnění jednotlivých válců apod. U automobilů jsou v číslování válců četné výjimky.

Konstrukce spalovacích motorů

Vývoj nového motoru je velice nákladný, a proto se před začátkem jeho vývoje musí s největší pečlivostí studovat všechny vlastnosti, které má nový motor splňovat. Nový typ motoru musí odpovídat vývoji ve světě. Jeho parametry musí být lepší než parametry dosavadních motorů téhož typu, nesmí zastarat dříve, než se začne vyrábět.

Základní požadavky na konstrukci motoru jsou malá hmotnost, malý zastavěný prostor, malá spotřeba paliva, malá emise škodlivin, nenáročná ob-

sluha, tichý chod bez vibrací, malé vývojové náklady, vysoká spolehlivost a životnost. Mimo to každý motor má být použitelný pro více účelů. Například motor pro osobní automobily se má dát použít i pro zemědělské účely, zahradnické účely, do lehkých nákladních automobilů apod. Motor nákladních automobilů má být použitelný v zemědělství, stavebnictví, pro stroje na zemní práce, průmyslové a vojenské účely. Víceúčelové použití motorů je vždy výhodné, protože se tím zvyšuje sériovost výroby motorů; výroba je potom ekonomičtější a racionálnější.

Základní hodnoty a veličiny pro výpočet motoru

Vrtání válce d (mm) je vnitřní průměr pracovní dutiny válce motoru.

Zdvih pístu s (mm) je dráha pístu mezi jeho horní a dolní úvratí.

Horní a dolní úvratí jsou krajní polohy pístu, v nichž se mění smysl vratkého pohybu.

Horní úvratí (HÚ) je poloha pístu, v níž je píst nejvíce vzdálený od klikového hřídele.

Dolní úvratí (DÚ) je poloha pístu, v níž je píst nejbližší ke klikovému hřídeli.

Objem válce V_s je prostor ve válci motoru omezený horní a dolní úvratí pístu. Vypočítá se ze vzorce

$$V_s = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot s \text{ (cm}^3\text{)},$$

kde d je průměr válce (cm),

s - zdvih pístu (cm).

Příklad: $d = 76$ mm, $s = 66$ mm

$$V_s = \frac{3,14 \cdot 7,6^2}{4} \cdot 6,6 = 299 \text{ cm}^3.$$

Objem válců motoru V_M je dán součtem objemů všech válců a vypočítá se ze vzorce

$$V_M = V_s \cdot i \text{ (cm}^3\text{)},$$

kde V_s je objem válce (cm³),

i - počet válců motoru.

Příklad: $V_s = 299$ cm³, $i = 4$

$$V_M = 299 \cdot 4 = 1\,196 \text{ cm}^3.$$

Pracovní oběh pístového spalovacího motoru

Princip činnosti čtyřdobého zážehového motoru

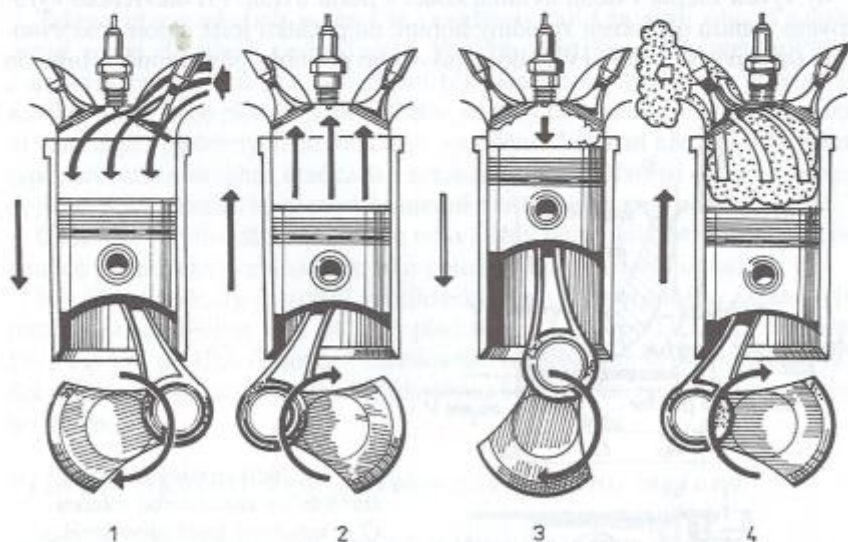
Ve čtyřdobém zážehovém motoru probíhají procesy, které se pravidelně opakují po každých dvou otáčkách klikového hřídele. Jeden uzavřený oběh se nazývá pracovní oběh motoru a skládá se ze čtyř zdvihů pístu.

Při otáčení kliky vpravo se píst pohybuje z horní úvrati (HÚ) do dolní úvrati (DÚ) a zpět. Tímto pohybem pístu se ve válci zvětšuje nebo zmenšuje prostor nad pístem.

Čtyřdobý zážehový spalovací motor má většinou v každém válci jeden sací a jeden výfukový ventil. Sacím ventilem se ovládá vstup a plnění válce zápalnou směsí. Výfukový ventil ovládá vypouštění spalin z válce. Ventily se otvírají a zavírají v závislosti na poloze pístu.

Při jednotlivých zdvizech pístu nastávají tyto děje (*obr. 78*):

a) **Sání** zápalné směsi, které vzniká při pohybu pístu z horní úvratě do dolní při otevřeném sacím ventilu a uzavřeném výfukovém ventilu. Při pohybu pístu dolů se prostor nad ním zvětšuje, tlak ve válci klesá a vzniká podtlak 0,08 MPa. Následkem rozdílu tlaku ve válci a vnějšího atmosférického tlaku začne proudit vnější vzduch přes čistič vzduchu do karburátoru. Tam se smísí s jemně rozprášeným palivem a takto vytvořená zápalná směs vstupuje přes



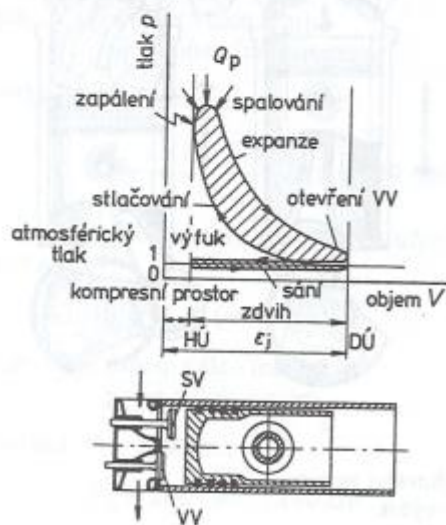
Obr. 78. Pracovní oběh čtyřdobého zážehového motoru
1 - sání, 2 - komprese, 3 - expanze, 4 - výfuk

sací potrubí a sací ventil do prostoru ve válci. Po průchodu pístu dolní úvratí se sací ventil uzavře a tím je sání skončeno. Dobré naplnění válce zápalnou směsí má velký vliv na výkon motoru.

b) **Komprese** směsi začíná v dolní úvratí, tedy při pohybu pístu vzhůru, a končí, když je píst v horní úvratí. Při kompresi jsou oba ventily zavřeny. Prostor ve válci nad pístem se zmenšuje a zápalná směs se stlačuje (příčemž se tlak i teplota zvyšují) na kompresní tlak při začátku spalování 0,8 až 1,8 MPa, kompresní teplota směsi je 320 až 400 °C. Nesmí překročit teplotu samovznícení. Docházelo by k nežádoucímu detonačnímu hoření, ztrátě výkonu a přehřívání motoru. Kompresní poměr bývá 7:1 až 12:1.

c) **Expanze**. Před horní úvratí pístu přeskočí jiskra na elektrodách zapalovací svíčky, umístěné v hlavě válce. Stlačená směs v kompresním prostoru se zapálí a rychle shoří. Teplota ve válci dosahuje krátkodobě až 2 000 °C, nejvyšší tlak při spalování bývá 3 až 5 MPa. Oba ventily jsou ještě zavřeny. Rozpínající se plyny tlačí píst z horní úvratě do dolní. Přetlak plynů vyvozuje sílu, která se přenáší pomocí klikového mechanismu na klikový hřídel. Jedině při tomto zdvihu se koná užitečná práce, která se převádí na kola automobilu. Část práce se však musí akumulovat v setrvačnicku, aby byla k dispozici pro ostatní zdvihy, při nichž se energie spotřebovává. Čas, o nějž nastává zapálení směsi dříve, než píst dojde do horní úvratě, se nazývá předstih zapalování.

d) **Výfuk** začíná v dolní úvratí a končí v horní úvratí. Při otevřeném výfukovém ventilu odcházejí zplodiny hoření, na počátku ještě s poměrně vysokým tlakem až 0,2 MPa i více do výfukového potrubí a přes tlumič výfuku do



Obr. 79. Indikátorový diagram čtyřdobého zážehového motoru
 Q_p - množství tepla přivedeného do oběhu motoru, $DÚ$ - dolní úvratí, $HÚ$ - horní úvratí, SV - sací ventil, VV - výfukový ventil



Obr. 80. Diagram časování ventilového rozvodu čtyřdobého zážehového motoru
 S - sání, V - výfuk, SO - sací ventil se otevírá, SZ - sací ventil se zavírá, VO - výfukový ventil se otevírá, VZ - výfukový ventil se zavírá, DÚ - dolní úvrat, HÚ - horní úvrat

ovzduší. Tlak ve válci postupně klesne až na atmosférický tlak a píst svým pohybem pomáhá vytlačit zbytek spalín z válce. Když píst dosáhne horní úvratě, zavře se výfukový ventil a otevře se sací ventil. Začíná nový pracovní oběh.

Všechny čtyři zdvihy se ve válci spalovacího motoru stále opakují ve stejném pořadí. Čtyřdobý motor má tedy na čtyři zdvihy pístu jen jeden zdvih, při němž se vykonává práce, tj. jeden pracovní zdvih a tři přípravné zdvihy.

Pracovní oběh čtyřdobého zážehového motoru nejlépe znázorňuje indikátorový (PV) diagram (obr. 79) - viz též odst. 2.3.2.

Takový pracovní oběh, v němž se ventily otvírají a zavírají v horní a dolní úvratě, je jen teoretické zjednodušení. Ve skutečnosti se ventily otvírají vždy s určitým předstihem před začátkem příslušného sacího nebo výfukového zdvihu, aby v době plnění, popř. výfuku, již byly dostatečně otevřeny. Zavírání ventilů je z podobných důvodů také opožděno. Velikost předstihu záleží na typu, určení, konstrukci, otáčkách a zatížení motoru. Dřívější otevírání a pozdější zavírání ventilů se nazývá **časování ventilového rozvodu** (obr. 80).

Časování ventilového rozvodu se udává úhly poloh klikového čepu v uvedených okamžicích vzhledem k jeho poloze v horní a dolní úvratě.

Například hodnoty časování ventilového rozvodu čtyřdobého zážehového motoru Škoda Felicia jsou SO 22° před HÚ, SZ 52° po DÚ, VO 57° před DÚ, VZ 17° po HÚ. Časování ventilového rozvodu umožňuje vačkový hřídel a jeho přesné nastavení vůči klikovému hřídeli (tzv. nastavení ventilového rozvodu).

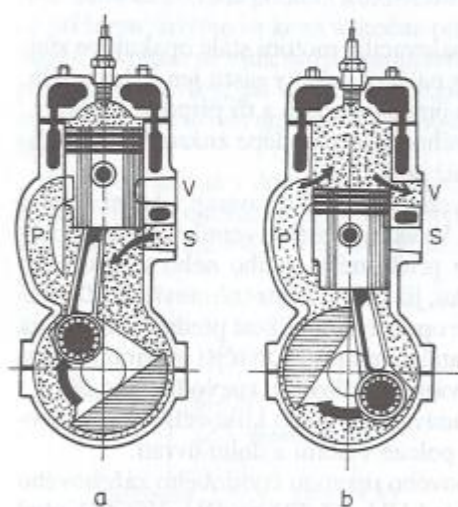
Princip činnosti dvoudobého zážehového motoru

Při pracovním oběhu dvoudobého zážehového motoru probíhá:

- v první době sání a komprese,
- v druhé době expanze a výfuk.

Pro dvoudobý zážehový motor s plněním ze skříně motoru je charakteristické, že v činnosti je prostor nad pístem i pod pístem a kliková skříň je hermeticky uzavřena.

Při první době (obr. 81a) se pohybuje píst z dolní úvratě do horní. V utěsněné klikové skřině se při pohybu pístu vzhůru zvětšuje objem a vzniká podtlak 0,08 MPa. Dalším pohybem pístu se otevře sací kanál S a zápalná směs (vzduch + benzín + mazací olej) proudí do klidové skříně. Při pohybu pístu nahoru jsou výfukový kanál V a přepouštěcí kanál P zavřeny. V prostoru nad pístem se stlačuje směs (až 1,4 MPa), která sem byla přivedena v předchozím cyklu. Nad pístem probíhá tedy stlačování směsi a pod pístem, po otevření sacího kanálu S, se směs nasává do klikové skříně. Krátce před horní úvratí pístu přeskočí elektrická jiskra na elektrodách zapalovací svíčky umístěné v hlavě válce. Směs stlačená v kompresním prostoru se zapálí a rychle shoří. Plyny se rozpínají a konají práci (expanzní tlak asi 2 MPa).



Obr. 81. Pracovní oběh dvoudobého zážehového motoru
a) sání a komprese, b) expanze a výfuk
S - sací kanál, V - výfukový kanál, P - přepouštěcí kanál

Při druhé době (obr. 81b), je píst tlačěn z horní úvratě do dolní. Spodní pravá strana pístu uzavře sací kanál S a směs uzavřená v klikové skřině se začne stlačovat. Při dalším pohybu do dolní úvratě otevře píst pravou horní hranou výfukový kanál V a zplodiny hoření svým přetlakem 0,12 až 0,15 MPa prudce unikají z válce. Hned po poklesu tlaku plynů ve válci levá horní hrana pístu otevírá i přepouštěcí kanál P a připravená směs stlačená v klikové skřině proudí do pracovního prostoru válce a před sebou vytlačuje zplodiny hoření. Pracovní oběh se potom dále opakuje.

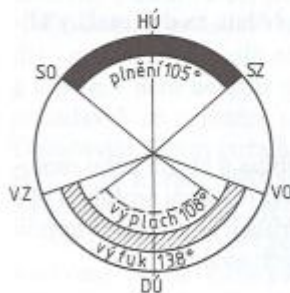
Činnost dvoudobých motorů

U **dvoudobého** motoru proběhne pracovní oběh za jednu otáčku klikového hřídele, tj. za dva zdvihy. Přívod zápalné směsi a odvod spalin z válce obstarávají píst a kanály nebo také ventily. Provedení s kanály je jednoduché, a proto i levné. Má však i své nevýhody. U některých motorů se používá pro rozvod šoupátek (rotační, popř. posuvná). Kanály jsou vytvořeny v klikové skříně a ve válci motoru, jsou otevírány a zavírány při pohybu pístu ve válci. Zápalná směs se z karburátoru přivádí do utěsněné klikové skříně sacím kanálem. Kanál otevírá a zavírá spodní hrana pístu. Z klikové skříně do spalovacího prostoru proudí směs přepouštěcím kanálem. Přepouštěcí a výfukový kanál otevírá a zavírá horní hrana pístu.

U dvoudobých motorů probíhá plnění klikové skříně symetricky k horní úvratí (HÚ), přičemž plnicí kanál je otevřen méně než polovinu doby, jaká je k dispozici pro plnění válce čtyřdobého motoru (na obr. 82 je plnění válce určeno na 105° otočení klikového hřídele; výfukový kanál je otevřen 138° otočení klikového hřídele).

Doba otevření výfukového kanálu je také kratší v porovnání s dobou otevření výfukového ventilu u čtyřdobého motoru.

Zhruba poloviční doby pro plnění a výfuk u dvoudobých motorů v porovnání se čtyřdobými motory mají za následek horší naplnění klikové skříně a mají hlavní podíl na tom, že výkon dvoudobého motoru není v porovnání se čtyřdobým motorem dvojnásobný.



Obr. 82. Diagram časování rozvodu dvoudobého motoru

SO - sací kanál se otevírá, SZ - sací kanál se zavírá,
VO - výfukový kanál se otevírá, VZ - výfukový kanál se zavírá, DÚ - dolní úvratí, HÚ - horní úvratí

Pro lepší výměnu obsahu válce je nevyhnutelné použít zařízení, které směs do válce dopraví s přetlakem (dmychadlo). U malých benzínových motorů se jako dmychadlo používá kliková skříň, přičemž píst svým spodním okrajem otevírá a zavírá sací kanál. U větších dvoudobých naftových motorů se pro plnění používají samostatná dmychadla. Zpravidla jsou rotační poháněná od klikového hřídele nebo turbínou - turbodmychadla.

Vznětové motory

Vznětové - naftové - motory tvoří druhou hlavní skupinu pístových spalovacích motorů. Mohou být čtyřdobé i dvoudobé. Jsou mezinárodně označovány zkratkou diesel (D).

Pracovní oběh čtyřdobého vznětového motoru

Sání vzniká při pohybu pístu z horní úvratě do dolní při otevřeném sacím ventilu a uzavřeném výfukovém ventilu. Do válce se nasává čistý vzduch, který prošel čističem vzduchu, aby se zbavil nečistot.

Komprese začíná v dolní úvratí, tedy při pohybu pístu vzhůru, a končí, když je píst v horní úvratí. Oba ventily jsou přitom zavřeny. Nasátý vzduch se stlačuje v poměru 14:1 až 24:1, což odpovídá tlaku na konci doby stlačování 3 až 6 MPa. Stlačením se vzduch ohřeje na teplotu 600 až 800 °C.

Expanze nastává krátce po vstříknutí přesné dávky paliva do válce těsně před horní úvratí při zavřených ventilech. Vstříkuje se s přetlakem 11,5 až 19,5 MPa. U některých vstříkovacích soustav dosahují tlaky až 180 MPa. Palivo rozprášené v proudu horkého vzduchu vytvoří zápalnou směs, která se téměř okamžitě začne vzněcovat. Hořením paliva prudce vzroste tlak plynů a píst je stlačován do dolní úvratě. Proto je tato doba pracovní. Při hoření stoupne tlak ve válci na 6 až 9 MPa a teplota se zvýší až na 1 800 až 2 200 °C.

Výfuk začíná v dolní úvratí a končí v horní úvratí. Při otevřeném výfukovém ventilu odcházejí zplodiny hoření do výfukového potrubí a dále do ovzduší.

Pracovní oběh čtyřdobého vznětového motoru proběhne za dvě otáčky klikového hřídele a potom se znovu opakuje.

Pracovní oběh dvoudobého vznětového motoru

Výfuk spalin a plnění válce čistým vzduchem probíhá u čtyřdobého motoru za dobu delší než po dva zdvihy pístu. U dvoudobého motoru probíhají obě doby současně při průchodu pístu dolní úvratí. Průběh komprese, hoření a expanze je v převážné části stejný jako u čtyřdobých motorů.

Spalovací prostory vznětových motorů

Průběh tvoření směsi je u vznětových motorů složitější než u zážehových motorů. Paliva vznětových motorů je možno jemně rozpráshit jen při vyšších vstříkovacích tlacích a jejich odpařování je pomalejší.

Pohyb vzduchu ve spalovacím prostoru vznětového motoru má velký vliv na tvoření směsi a na průběh spalování. Proudění vzduchu ve spalovacím

prostoru je ovlivněno zejména tvarováním hlavy válce a pístu a úzce souvisí s přípravou směsi a průběhem hoření.

U vznětového motoru se nasátý vzduch v průběhu komprese vtlačuje do spalovacího prostoru a těsně před horní úvratí se do něho vstříkuje palivo. Tvar spalovacího prostoru i způsob vstřikování paliva má rozhodující vliv na chod motoru.

Podle *způsobu vstřikování paliva* rozdělujeme vznětové motory na:

a) Motory s **přímým vstřikem paliva**. Palivo se tryskou vstříkuje do otevřeného spalovacího prostoru nad píst válce (popř. do dutiny v hlavě válce) nebo do prostoru ve dnu pístu. Tyto motory mají tvrdý chod a jsou hlučnější.

b) Motory s **nepřímým vstřikem paliva** (komůrkové motory). Palivo se vstříkuje do zvláštní spalovací komůrky, kde shoří jen část paliva, tím se v ní zvýší tlak a zbývající palivo je prudce vytlačováno do pracovního prostoru válce, kde se spalování dokončí. Spalování paliva je rozloženo na spalování v komůrce a spalování v prostoru válce. Proto se tyto motory vyznačují měkčím a tišším chodem.

Vzhledem k vysokým tlakům a teplotám ve válci vznětových motorů musí být všechny jejich části mohutnější, a proto při stejném zdvihovém objemu válců má vznětový motor vždy větší rozměry a hmotnost než zážehový motor.

U motorů s přímým vstřikem paliva je často tvarován sací kanál v hlavě válce, aby se dosáhlo požadovaného rozvíření náplně válce. Dno hlavy válce, které vytváří stěnu spalovacího prostoru, je většinou rovné a ventily jsou rovnoběžné s osou válce, řízené rozvodem OHV nebo i OHC.

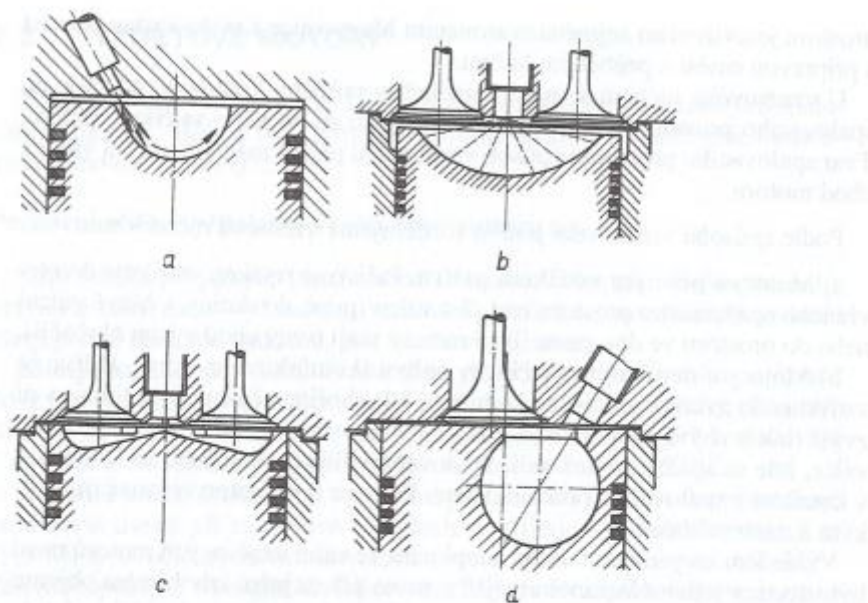
Základním požadavkem na spalovací prostor je, aby se jeho stěnami odvádělo co nejméně tepla na konci kompresního zdvihu a při spalování paliva a aby se v něm udržela dostatečná teplota potřebná k zapálení paliva. Tento požadavek se nejnáze splní, bude-li spalovací prostor co nejméně členitý. Dalším důležitým požadavkem je, aby se palivo se vzduchem co nejlépe promísilo. To se zabezpečí silným vířením vzduchu na konci kompresního zdvihu a vstřikem paliva víceotvorovou tryskou.

Nedělený spalovací prostor je konstruován s hlavou válce s rovným dnem a s tvarovaným dnem pístu. Podstatná část spalovacího prostoru je v pístu. Motory s takovou úpravou spalovacího prostoru se nazývají motory s **přímým vstřikem paliva** a vířivým prostorem v pístu.

Podle *stupně rozvíření vzduchu* je rozdělujeme na:

a) spalovací prostory s přímým vstřikem paliva s malým rozvířením vzduchu,

b) spalovací prostory s přímým vstřikem paliva a se silným rozvířením vzduchu.



Obr. 83. Spalovací prostory vznětových motorů s přímým vstřikem paliva
 a) polokulovitý, b) miskovitý, c) prstencovitý, d) kulovitý

Spalovací prostor s **přímým vstřikem paliva a s malým rozvířením vzduchu** se většinou umísťuje na dno pístu, který je chlazen jen nepřímo, a proto jsou tepelné ztráty malé.

Spalovací prostor může mít tvar polokoule (obr. 83a), misky (obr. 83b), prstence (obr. 83c) nebo může být složený.

Polokulovitý spalovací prostor (obr. 83a) je vhodný pro vícepalivové motory.

Miskovitý spalovací prostor (Deutz, obr. 83b) se používá u motorů s velkým průměrem válců, např. u traktorů.

Prstencovitý spalovací prostor (Hesselmann, obr. 83c) je vhodný pro rychloběžné motory.

Aby se palivo dokonale promísilo se vzduchem, musí být velmi jemně rozptýleno, protože víření stlačeného vzduchu v těchto spalovacích prostorech není velké.

Nejlépe vyhovuje **spalovací prostor s přímým vstřikem a se silným rozvířením vzduchu**. Vzhledem k malému povrchu spalovacího prostoru, a tím i malým ztrátám odvodem tepla, je větší část spalovacího prostoru umístěna ve dnu pístu. Nejrozšířenější je kulovitý a toroidní tvar. Vzduch se může roz-

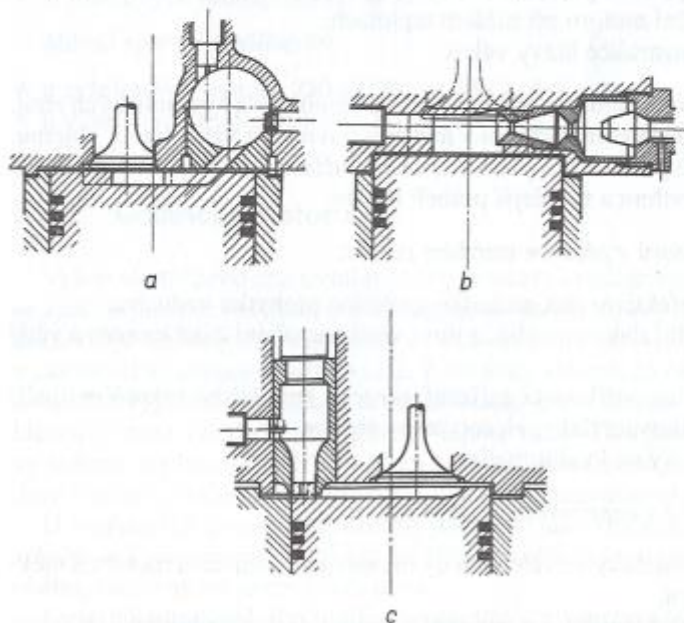
proudit i částečným zcloněním sacího ventilu, takže do válce vstupuje jen jednou stranou ventilu.

Kulovitý spalovací prostor (MAN, *obr. 83d*) se používá u rychloběžných motorů. Objem prostoru v pístu je až 80 % objemu kompresního prostoru. Motory s tímto spalovacím prostorem jsou v porovnání s ostatními motory méně hlučné.

Spalovací prostor s **nepřímým vstřikem paliva** (komůrkový) umožňuje mnohem dokonalejší promísení paliva se vzduchem pomocí kompresního prostoru, který je rozdělen na dvě části. Ty jsou navzájem spojeny jedním nebo několika úzkými kanálky. Hlavní prostor je ve válci a vedlejší prostor (komůrka) je v hlavě válce. Palivo se vstřikuje do komůrky. Přemístěním vzduchu z válce do komůrky a přechodem směsi v opačném směru vzniká silné víření, které účinně napomáhá promísení paliva se vzduchem, a tím i dokonalejšímu spalování.

Motory s touto úpravou spalovacího prostoru se dělí na:

a) **Motory s tlakovou komůrkou** (*obr. 84c*) nejsou náročné na vstřikovací zařízení. Vytvoření kvalitní směsi záleží jen v rozvíření vzduchu, který proudí spojovacím kanálem mezi hlavním a vedlejším prostorem. Po vstřiku palí-



Obr. 84. Spalovací prostory komůrkových vznětových motorů
a) vírová komůrka, b) vzduchová komůrka, c) tlaková komůrka

va do komůrky a po promísení se vzduchem začne spalování. Zvýšením tlaku se vytlačí část směsi do hlavního prostoru, v němž se rozvířením dokončí příprava směsi v nadbytku vzduchu a rozvine se hoření.

b) **Motory s vírovou komůrkou** (obr. 84a) mají zpravidla větší část spalovacího prostoru (50 až 90 %) umístěnu stranou od válce. V tomto prostoru vzniká rotační vír vzduchu. Palivo se do vírové komůrky vstříkuje obyčejně shora. Spojovací kanál je ke stěně vírové komůrky směřován tangenciálně. Vzduch se dobře rozvíří, rychle se promíchá se vstříkovaným palivem a po rozvinutí hoření za rychlého růstu tlaku se dostane do hlavního spalovacího prostoru, v němž se dokonale promíchá se zbývajícím vzduchem a shoří.

c) **Motory se vzduchovou komůrkou** (obr. 84b) mají větší část spalovacího prostoru mimo válec ve vzduchové komůrce, která je v hlavě válce a pojme téměř všechn nasátý vzduch. S prostorem válce se spojuje jedním spojovacím kanálem nebo několika otvory. Palivo se vstříkuje do spojovacího kanálu nebo do jeho blízkosti.

Výhody motorů s přímým vstřikem paliva:

- nižší měrná spotřeba paliva (210 až $245 \text{ g} \cdot \text{kW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$),
- snazší spouštění motoru při nižších teplotách,
- jednodušší konstrukce hlavy válce.

První dvě výhody jsou výsledkem menších tepelných a hydraulických ztrát. Spalovací prostor je kompaktnější s menším povrchem vzhledem k objemu. Na nižší měrné spotřebě má podíl i menší součinitel přestupu tepla vlivem menší intenzity víření a rychlejší průběh hoření.

Nevýhody motorů s přímým vstřikem paliva:

- nižší střední efektivní tlak následkem většího přebytku vzduchu,
- větší maximální tlaky ve válci, a tím i větší namáhání částí motoru a větší tvrdost chodu,
- vyšší nároky na vstřikovací zařízení, potřeba jemnějšího rozprášení paliva, vyšší vstřikovací tlaky, víceotvorové trysky,
- vyšší požadavky na kvalitu paliva.

Výhody motorů s nepřímým vstřikem paliva:

- nižší maximální tlaky ve válci, a tedy menší namáhání částí motoru a měkčí chod motoru,
- menší nároky na vstřikovací zařízení a kvalitu paliva (jednootvorové trysky, menší vstřikovací tlaky),
- velmi nízké emise a hluk, problémy pouze při studeném startu a zahřívání.

Nevýhody motorů s nepřímým vstřikem paliva:

- obtížnější spouštění motoru (velké tepelné ztráty větším odvodem tepla a nižší teplota na konci kompresního zdvihu), proto jsou do komůrek zamontovány žhavicí svíčky, které před spouštěním motoru ohřejí malý objem vzduchu v komůrce,
- složitější a dražší konstrukce hlavy válce s komůrkou, která je jak mechanicky, tak i tepelně velmi namáhána,
- střední měrná spotřeba paliva (minimálně $230 \text{ g} \cdot \text{kW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$),
- v oblasti plného výkonu problémy s kouřivostí a emisemi oxidů dusíku.

Zážehové motory se od vznětových motorů příliš neliší. Podstatný rozdíl je v tom, že do válců vznětových motorů se nasává jen čistý vzduch, který má na konci kompresního zdvihu takovou teplotu, že stačí zapálit vstříknuté palivo. Další rozdíl je v tom, že ve vznětovém motoru vznikají při spalování podstatně vyšší tlaky, které ovlivňují i celkovou konstrukci klikového mechanismu, pístů a stěn válců (musí být na tyto tlaky konstruovány).

Celková účinnost je:

- u zážehových motorů 25 až 35 %,
- u vznětových motorů 38 až 50 %.

Měrná spotřeba paliva je:

- u zážehových motorů 250 až 380 $\text{g} \cdot \text{kW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$,
- u vznětových motorů 215 až 310 $\text{g} \cdot \text{kW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$.

Účinnost motoru

Výkon skutečného pracovního oběhu se nazývá *indikovaný výkon*, protože se zjišťuje pomocí *indikátorového diagramu*. Indikátorový diagram (obr. 85) znázorňuje (indikuje) změny tlaku ve válci během pracovního oběhu motoru v závislosti na změně objemu válce. Z obrázku vidíme, že kromě kladné práce oběhu vyjádřené plochou mezi křivkami k a e vzniká i záporná práce, kterou je třeba vynaložit pro výměnu náplně válce. Tato práce je v diagramu vyjádřena plochou mezi křivkami s a v . Rozdíl kladné a záporné práce oběhu dává získanou indikovanou práci skutečného pracovního oběhu.

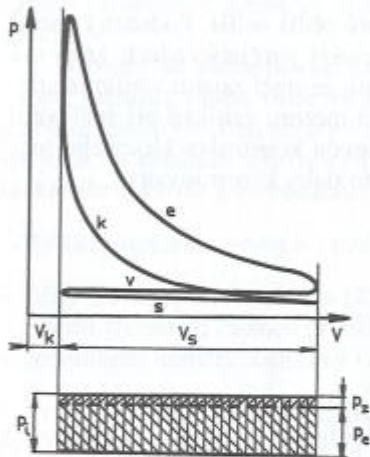
U skutečných pracovních oběhů, podobně jako u ideálních, se definuje *střední indikovaný tlak*. Je to střední tlak ve válci motoru během pracovního oběhu, vztažený na jeden zdvih pístu.

Vynásobením středního indikovaného tlaku p_i mechanickou účinností lze určit také *střední efektivní tlak* p_e . U čtyřdobých zážehových motorů bývá 1 až 3,5 MPa, u dvoudobých motorů 0,5 až 0,8 MPa.

Při přeměně chemické energie paliva na mechanickou práci ve skutečném motoru dochází ke ztrátám.

Jsou to ztráty:

- chemické (nedokonalým spalováním),
- tepelné (teplem odvedeným z oběhu do výfuku a chlazením),
- mechanické,
- jiné (ostatní ztráty, které jsme neuvažovali při chemických, tepelných a mechanických ztrátách).



Obr. 85. Indikátorový diagram čtyřdobého vznětového motoru

k - komprese, v - výfuk, s - sání,
 e - expanze, p - tlak ve válci, V - celkový objem, V_s - objem válce, V_k - objem kompresního prostoru,
 p_e - střední efektivní tlak, p_z - ztrátový tlak, p_i - indikovaný tlak

Efektivní (celková) účinnost motoru (éta) η_e je pak určena účinností chemickou η_{ch} , tepelnou η_t , mechanickou η_m a stupněm plnosti diagramu η_{pl} a je současně poměrem mezi efektivním výkonem motoru na klikovém hřídeli a energií dodanou v množství paliva přivedeného do jednoho pracovního oběhu:

$$\eta_e = \eta_{ch} \eta_t \eta_m \eta_{pl} = \frac{3600}{m_{pa} H_u}$$

kde m_{pa} je měrná spotřeba paliva ($\text{kg} \cdot \text{kW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$),
 H_u - dolní výhřevnost paliva ($\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$).

Efektivní účinnost je:

- u benzinových motorů 25 až 35 %,
- u naftových motorů 38 až 50 %.

Mechanická účinnost udává poměr mezi efektivním výkonem motoru P_e a výkonem indikovaným P_i .

Využití tepelné energie paliva u zážehového motoru znázorňuje Sankeyův diagram (obr. 86).

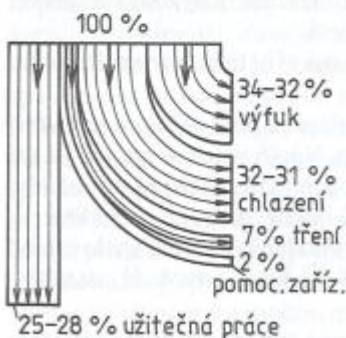
V praxi se udává efektivní výkon motoru P_e (kW), střední efektivní tlak p_e (MPa), objem válců motoru V_M (dm³), otáčky hřídele n (min⁻¹). Efektivní výkon čtyřdobého motoru po dosazení a po úpravě je:

$$P_e = \frac{p_e \text{ (MPa)} \cdot V_M \text{ (dm}^3\text{)} \cdot n \text{ (min}^{-1}\text{)}}{120} \text{ (kW)}$$

a pro dvoudobý motor:

$$P_e = \frac{p_e \text{ (MPa)} \cdot V_M \text{ (dm}^3\text{)} \cdot n \text{ (min}^{-1}\text{)}}{60} \text{ (kW)}$$

Ze vzorců je zřejmé, že dvoudobý motor má při stejném objemu válců a při stejných otáčkách a středním efektivním tlaku dvojnásobný výkon. U dvoudobého motoru se práce při expanzi koná každou otáčku, u čtyřdobého motoru se práce koná jen jednou za dvě otáčky. Ve skutečnosti však má dvoudobý motor vlivem větších ztrát, které jsou dány principem činnosti motoru, menší účinnost, a proto je jeho střední efektivní tlak mnohem menší.



Obr. 86. Sankeyův diagram

Tvary spalovacích prostorů benzinových motorů

Při kompresi se nasátá směs stlačuje a současně se zvyšuje její teplota. V horní úvratí pístu je stlačení směsi největší, protože je stlačena do malého prostoru, který se nazývá *kompresní prostor* V_k . Míru stlačení směsi vyjadřuje kompresní poměr.

Kompresní poměr (epsilon) je poměr objemů zápalné směsi nebo vzduchu ve válci motoru před stlačením a po stlačení:

$$\varepsilon = \frac{\text{pracovní prostor}}{\text{kompresní prostor}} = \frac{V_s + V_k}{V_k}$$

Kompresní poměr se však udává jako poměr čísla, vyjadřujícího výsledek uvedeného zlomku zaokrouhlený na jedno desetinné místo, k jedničce (např. $\varepsilon = 7,8:1$). Někdy se udává jen tímto číslem samým, pak mluvíme o kompresním stupni ($\varepsilon = 7,8$).

Stlačením směsi vzduchu s palivem před zapálením se zlepšuje využití paliva. Velikost kompresního poměru však je omezena vznikem detonací při hoření, které nepříznivě narušují průběh hoření ve válci. U běžných automobilových motorů je podle druhu paliva a kompresního prostoru stupeň komprese 7 až 9, u motorů sportovních automobilů až 12, u vznětových motorů 15 až 23.

Zvyšováním stupně komprese se rychle zvyšuje výkon a klesá spotřeba paliva. Například zvýšením stupně komprese ze 6 na 7 se zvýší výkon o 6 % a spotřeba se sníží o 5 %. S dalším zvyšováním stupně komprese se však výkon zvyšuje pomaleji a podobně i pokles spotřeby je menší. Je to dáno tím, že s rostoucím stupněm komprese klesá mechanická účinnost motoru.

Kompresní poměr zážehových motorů je omezen kritickým kompresním poměrem, při němž efektivní tlak p_e dosahuje maxima. Když se kompresní poměr zvětší nad tuto hranici, efektivní tlak klesá.

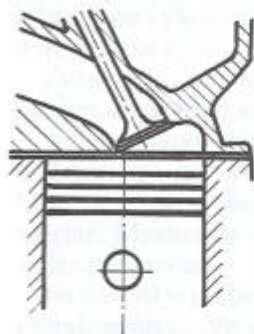
Na spalování směsi, a tím i na chod motoru má vliv také tvar spalovacího prostoru.

Rozvíření směsi ve válci vyvolá větší proudění náplně válce, a tím větší rychlost šíření plamene ve spalovacím prostoru. Náplň válce se rozvíří již při plnění prouděním plnicími otvory. Takto způsobené víření trvá až do začátku spalování, ale jeho intenzita je nedostatečná. K intenzivnějšímu proudění zápalné směsi těsně před horní úvratí napomáhá vhodné tvarování spalovacího prostoru, popř. dna pístu. Nejúčinnější je úzká štěrbina vytvořená mezi hlavou válce a dnem pístu.

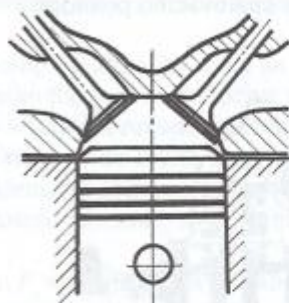
Spalovací prostor vytvořený v hlavě válce musí zabezpečit dobré prohoření směsi, malé tepelné ztráty přestupem tepla do stěn spalovacího prostoru, příznivé podmínky pro zapálení okolí zapalovací svíčky a dobré propláchnutí prostoru čerstvou směsí. Tvar spalovacího prostoru určuje odolnost motoru proti detonacím, popř. jeho maximální možný kompresní poměr pro dané palivo.

Umístění svíčky ve spalovacím prostoru se volí tak, aby v místě jejich elektrod nebylo velké proudění při zapálení směsi a současně aby prostor kolem elektrod byl co nejvíce zbaven zbytků spalin z předcházejícího cyklu.

Proud čerstvé směsi je proto při nasávání směřován ke svíčke, a tak zabezpečí v jejím okolí dostatek čerstvé směsi. Svíčka má být umístěna co nejbliže ke geometrickému středu spalovacího prostoru, aby plamen co nejrychleji dosáhl na všechna vzdálená místa. Při centrálním umístění zapalovací svíčky je největší povrch čela plamenu, rychlost vyvinutého tepla je velká, a tím i rychlost narůstání tlaku ve válci.



Obr. 87. Klínový spalovací prostor



Obr. 88. Polokulový spalovací prostor

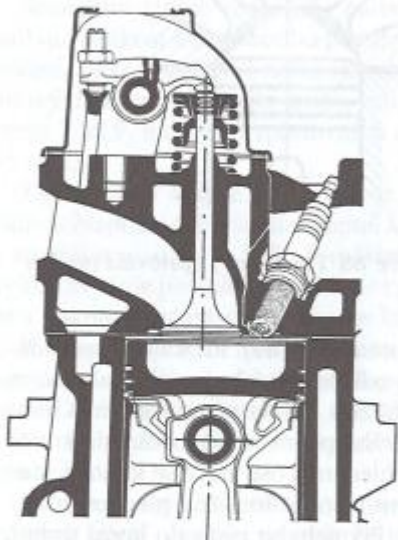
Často se používá **klínový spalovací prostor** (obr. 87). Při tomto uspořádání jsou ventily umístěny v řadě za sebou a odkloněny od osy válce, aby ohyb kanálů byl mírnější. Zapalovací svíčka je blíže k výfukovému ventilu. Klínový spalovací prostor je kompaktní, aby dráha plamene od svíčky na konec spalovacího prostoru byla co nejkratší. Vzhledem k ose válce se klínový spalovací prostor přesazuje, takže mezi dnem pístu a dosedací plochou hlavy válců vzniká úzká antidetonační mezera. Při pohybu pístu do horní úvratě (při kompresním zdvihu) se z mezery vytlačuje směs do spalovacího prostoru, kde intenzívně víří, a tím zrychluje a zlepšuje hoření směsi. Klínový spalovací prostor zabezpečuje měkký chod motoru.

Polokulový spalovací prostor (obr. 88). U tohoto uspořádání jsou ventily navzájem skloněny a mohou mít větší rozměry než ventily v řadě u klínového spalovacího prostoru, čímž se zabezpečí lepší plnění válců čerstvou směsí. Tento spalovací prostor nemá antidetonační štěrbinu, ale poměr jeho povrchu k objemu je výhodnější než u klínového spalovacího prostoru. Motory s polokulovým spalovacím prostorem mají tvrdší chod.

Spalovací prostor v pístu (obr. 89) se již delší čas používá u naftových motorů. U benzínových motorů se začal používat v poslední době (asi od roku 1960). Dno hlavy válců je rovné, což je z hlediska výroby výhodné. Celý spalovací prostor je vytvořen ve dnu pístu. Antidetonační mezera je po celém obvodu vystupujícího mezikruží pístu. Využití tohoto typu spalovací-

ho prostoru se rozšířilo pro jeho dobré vlastnosti při spalování chudých směsí. Většina škodlivin obsažených ve výfukových plynech totiž vzniká nedokonalým hořením směsí.

Další výhodou spalovacího prostoru v pístu je vyšší teplota jeho stěn, a následkem toho i menší množství tepla přestupujícího do nich. Výsledkem jsou menší tepelné ztráty. Ventily jsou rovnoběžné s osou válce a proud čerstvé směsi nenarazí na stěny válce. Podobně i vystupující spaliny nejsou bržděny stěnami spalovacího prostoru.



Obr. 89. Spalovací prostor v pístu

Výkon motoru závisí na více činitelích. Základní vlivy jsou nejlépe patrné ze vzorce, který se používá pro výpočet hlavních rozměrů motoru:

$$P_e = \frac{i \cdot V_s \cdot n \cdot p_e}{C} \text{ (kW)},$$

kde P_e je efektivní výkon motoru (kW),

i - počet válců motoru,

V_s - objem válce (dm^3),

n - otáčky motoru (min^{-1}),

p_e - efektivní tlak (kPa),

C - konstanta, která je pro jednočinný čtyřdobý motor 2 a pro jednočinný dvoudobý motor 1.

Výkon motoru lze vypočítat ze vzorce:

$$P_e = \frac{M_t \cdot n}{9\,550} \quad (\text{kW}),$$

hodnoty pro výpočet se získají z měření na motorové brzdě.

Výkon motoru se zvětší, když se zvětší počet válců a objem válce V_c . Tyto možnosti jsou však omezené. Při daném počtu válců motoru a jejich objemu je efektivní výkon motoru P_e přímo úměrný součinu otáček a středního efektivního tlaku p_e .

Zvětšením součinu otáček a středního efektivního tlaku se zvýší výkon motoru. Zvětšením středního efektivního tlaku se zvýší točivý moment.

Automobilový motor pracuje vždy v určitém rozsahu otáček. Při každých otáčkách se jeho výkon dá měnit od nuly až do určité maximální hodnoty. Minimální otáčky jsou dány podmínkami, při nichž motor ještě pracuje pravidelně. Maximální otáčky jsou omezeny pevností, vyvážením a tepelným zatížením motoru.

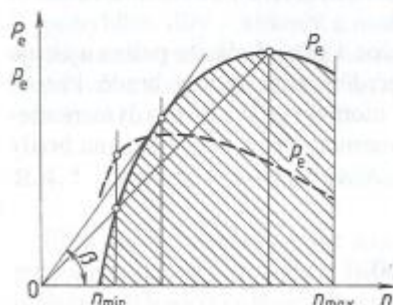
Na obr. 90 je průběh výkonu motoru P_e v závislosti na otáčkách (rychlostní charakteristika). Ve vyšrafované oblasti je motor schopen pracovat a dávat efektivní výkon. Podle vztahu pro střední efektivní tlak $p_e = \text{konst. } P_e/n$ se může nakreslit křivka efektivního tlaku p_e , která je úměrná poměru souřadnic P_e a n . Maximální hodnota p_e je u největší hodnoty úhlu β , tedy u tečny ke křivce P_e . Průběh točivého momentu motoru M_t je shodný s průběhem p_e , protože platí:

$$M_t = 9\,550 \cdot \frac{P_e}{n},$$

kde M_t je točivý moment motoru (N . m),

P_e - efektivní výkon motoru (kW),

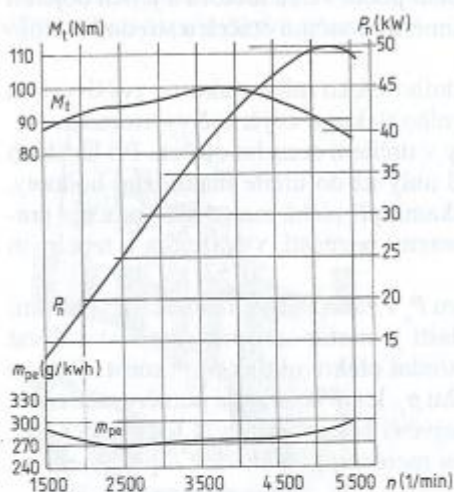
n - otáčky klikového hřídele (min^{-1}).



Obr. 90. Rychlostní charakteristika motoru
 n - otáčky, P_e - střední efektivní výkon,
 p_e - střední efektivní tlak, β - úhel tečny
ke křivce

V rychlostní charakteristice motoru jsou zakresleny i průběhy dalších veličin, hlavně křivka měrné spotřeby paliva, účinnosti apod.

Na obr. 91 je příklad rychlostní charakteristiky motoru Š 781 136 B vozu Škoda Felicia, která udává průběh závislosti výkonu motoru (kW), točivého momentu motoru (N . m) a měrné spotřeby paliva ($g \cdot kW^{-1} \cdot h^{-1}$) na otáčkách motoru.



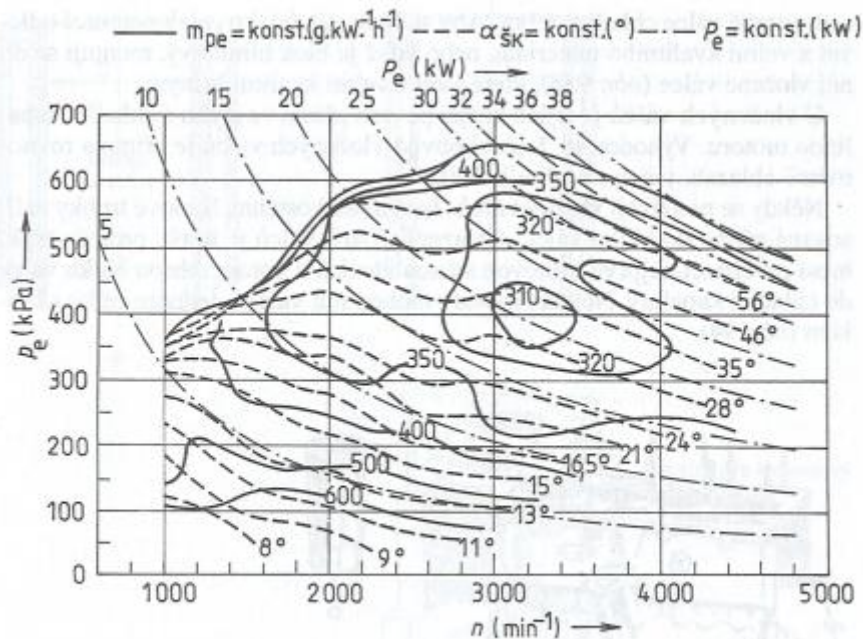
Obr. 91. Rychlostní charakteristika motoru Škoda Felicia

Udaná charakteristika se nazývá *mezni* (vnější), protože se zjišťuje při plném zatížení motoru, tj. při plném otevření škrtkové klapky. Velmi podobný průběh závislostí uvedených veličin mají tzv. *částečné charakteristiky*, stanovené při různém, ale v celém rozsahu otáček motoru konstantním otevření škrtkové klapky. Vynesením hodnot z částečných charakteristik a z mezni charakteristiky do společného diagramu získáme *úplnou charakteristiku motoru*, která zobrazuje křivky konstantní měrné spotřeby paliva, konstantního otevření škrtkové klapky a konstantního efektivního výkonu motoru v souřadnicích střední efektivní tlak - otáčky motoru (obr. 92).

Točivý moment motoru M_t se při částečné i plné dodávce paliva zjišťuje zatěžováním motoru při jeho současném brzdění na motorové brzdě. Přitom se zjišťují otáčky a spotřeba paliva. Točivý moment udává přímo dynamometr, nebo se vypočítává ze zatěžující síly dynamometru a délky ramena brzdy konstanta brzdy) podle vzorce:

$$M_t = F \cdot R \quad (\text{N} \cdot \text{m}),$$

kde F je zatěžující síla dynamometru (N),
 R - délka ramena brzdy (m).



Obr. 92. Úplná charakteristika motoru
 α_{sk} - úhel otevření škrtky klapky

Zážehové motory

Pístové spalovací motory se skládají z dílů; jsou to:

- **pevné, nepohyblivé díly** - blok válců (motoru), kliková skříň, hlava válců, spodní víko motoru, víka, kryty a těsnění; pevné díly tvoří základ pro uložení klikového a rozvodového mechanismu;
- **pohyblivé díly** - klikový a rozvodový mechanismus motoru;
- **pomocná zařízení** (příslušenství motoru) - chladicí a mazací soustava, palivová soustava, zapalování, příprava směsi a odvod spalin.

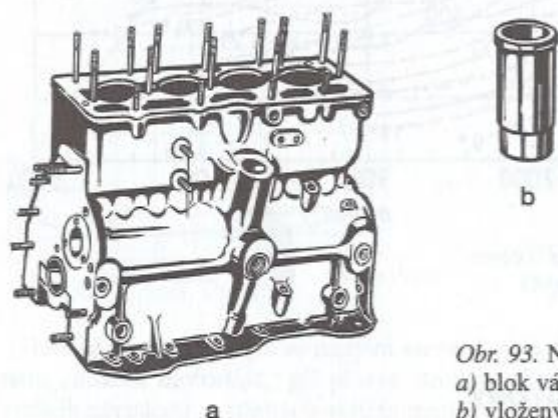
Pevné – nepohyblivé díly motoru

Blok válců (motoru) - obr. 93a. Když má motor více válců, montují se do jednoho celku - bloku válců. Ten se odlévá z jednoho kusu spolu s chladicím pláštěm - u vodou chlazených motorů. U motorů chlazených vzduchem mají

samostatné válce chladicí žebra. Aby se blok válců jako celek nemusel odlévat z velmi kvalitního materiálu, nebo když je blok hliníkový, montují se do něj vložené válce (obr. 93b), které jsou z velmi kvalitní litiny.

U **vložených válců** je jejich vnější povrch přímo ve styku s chladicí kapalinou motoru. Výhodou je, že celý obvod vložených válců je přímo a rovnoměrně chlazen, jejich výměna je lehká.

Někdy se používají **vložky válců**. Jsou to tenkostěnné litinové trubky zalívané přímo do bloku válců. Chlazení vložek válců je horší, protože teplo musí procházet nejprve litinovou stěnou vložky, a potom stěnou bloku válce do chladicí kapaliny. Některé motory mohou mít válce v jednom celku s blokem (obr. 94).



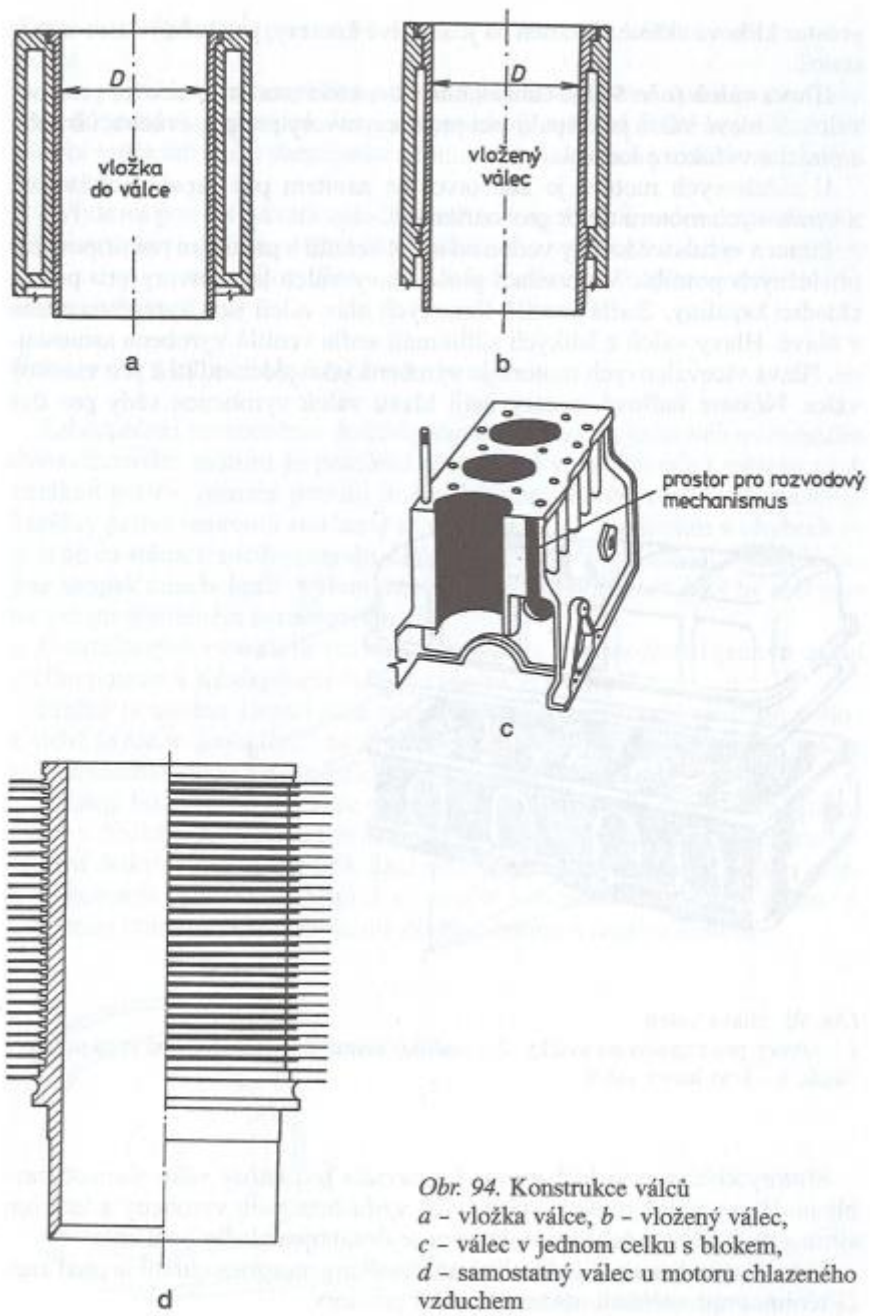
Obr. 93. Nepohyblivé části motoru
a) blok válců s klikovou skříní,
b) vložený válec

Kliková skříň je nosná část motoru. Je v ní uložen klikový hřídel, u ventilových rozvodů SV a OHV i vačkový hřídel. Vrchní část klikové skříně se zpravidla odlévá společně s blokem válců a tvoří blok motoru.

Blok motoru je odlit společně se sedly hlavních ložisek klikového hřídele, sedly pouzder ložisek vačkového hřídele a se sedly vodítek ventilových zdvihátek. Ve stěnách bloku motoru jsou otvory pro chladicí kapalinu a olejové kanálky pro mazání různých částí motoru. Mimo to má odlitek bloku motoru přírubu pro palivové čerpadlo, vodní čerpadlo, čistič oleje, rozdělovač zapalování a další zařízení.

Blok motoru musí být dostatečně pevný, aby se nedeformoval při působení sil za provozu motoru.

Spodní víko motoru čtyřdobých motorů je vytvořeno jako jímka oleje. Na nejnižším místě je vypouštěcí šroub. U dvoudobých motorů je vnitřní



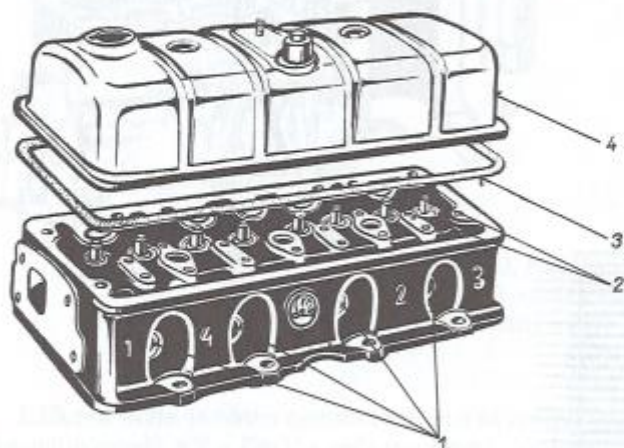
Obr. 94. Konstrukce válců
 a - vložka válce, b - vložený válec,
 c - válec v jednom celku s blokem,
 d - samostatný válec u motoru chlazeného vzduchem

prostor klikové skříně rozdělen na jednotlivé komory, pro každý válec samostatné.

Hlava válců (obr. 95) je samostatná část, která uzavírá pracovní prostory válců. V hlavě válců jsou spalovací prostory, otvory pro připevňovací šrouby a plnicí a výfukové kanály.

U zážehových motorů je zde otvor se závitem pro zapalovací svíčku, u vznětových motorů otvor pro vstřikovač.

Plnicí a výfukové kanály vedou od sedel ventilů k přírubám pro připevnění příslušných potrubí. V dosedací ploše hlavy válců jsou otvory pro průtok chladicí kapaliny. Sedla ventilů litinových hlav válců jsou vytvořena přímo v hlavě. Hlavy válců z lehkých slitin mají sedla ventilů vyrobena samostatně. Hlava víceválcových motorů je vyrobena jako jeden odlitek pro všechny válce. Některé naftové motory mají hlavu válců vyrobenou vždy pro dva válce.



Obr. 95. Hlava válců

1 - otvory pro zapalovací svíčky, 2 - vodítko ventilu, 3 - těsnění pod krytem hlavy válců, 4 - kryt hlavy válců

Motory chlazené vzduchem mají zpravidla pro každý válec samostatnou hlavu. Hlavy válců motorů chlazených vzduchem jsou vyrobeny z lehkých slitin - mají bohaté žebrování, kterým se dosahuje chladicího účinku.

Víka a kryty uzavírají jednotlivé mechanismy motoru a chrání je před znečištěním, popř. utěsňují některé funkční prostory.

Sací a výfukové potrubí

Sací potrubí má zabezpečit rovnoměrný přívod čerstvé směsi (nebo vzduchu) do jednotlivých válců. V sacím potrubí je zařazen *čistič vzduchu*, který působí současně i jako *tlumič sání* a tlumí hluk tlakových pulzací nasávaného vzduchu.

Výfukové potrubí odvádí zplodiny hoření a spolu s *tlumičem výfuku* snižuje jejich tlakové pulzace a tím i hluk výfuku. Do výfukové části se v současné době zařazují *katalyzátory*, které mají minimalizovat škodlivé exhalace spalovacích motorů.

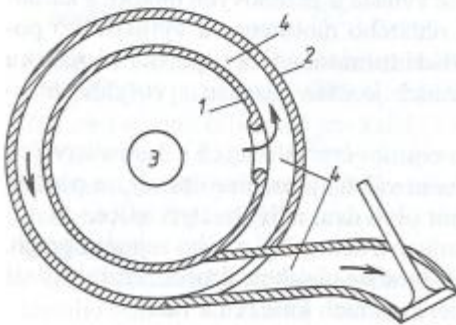
Sací potrubí zážehových motorů

Zabezpečení rovnoměrné dodávky čerstvé směsi do jednoválcového nebo dvouválcového motoru je poměrně snadné. U víceválcového motoru však vznikají potíže, protože potrubí je dlouhé a má mnoho ohybů. Rozprašené kapičky paliva neproudí současně se vzduchem, ale především v ohybech se usazují na stěnách sacího potrubí. Některé válce proto dostávají chudší směs, jiné naopak zase bohatší. Výkon motoru je potom nižší, než jaký by měl motor při rovnoměrném rozdělení směsi.

U zážehových motorů se vstřikováním paliva jsou možnosti pro tvarování sacího potrubí a zabezpečení dobrého plnění válců lepší.

Plnění je možno zlepšit také např. volbou dvou potrubí nestejných délek, z nichž každé je „naladěno“ na jiné otáčky. Podle otáčkového režimu motoru se pak mechanickou klapkou zapojuje příslušné potrubí.

Existují také řešení s plynule měnitelnou délkou sacího potrubí. Délku lze měnit v širokém rozsahu, a tím se dosahuje pro libovolné otáčky motoru optimální délky potrubí (*obr. 96*). Sací systém je v tomto případě tvořen otočným bubnem 1 v pevné skříni 2 s osovým vstupem vzduchu do bubnu 3. Otáčením bubnu se mění délka od výstupu bubnu k sacímu ventilu.



Obr. 96. Variabilní sací potrubí
1 - otočný buben, 2 - skříň,
3 - vstup vzduchu, 4 - sací potrubí

Šoupátkové rozvody dělíme do dvou skupin:

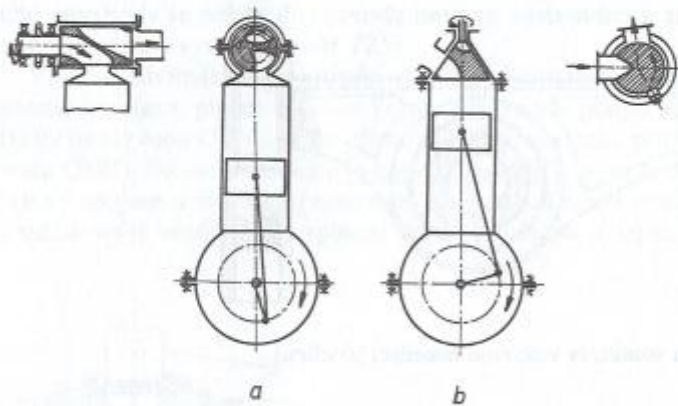
- s přímočarým pohybem,
- s rotačním pohybem.

Šoupátkový rozvod s přímočarým pohybem má ve válci motoru uložena dvě šoupátka. Těmi se otevírají a zavírají sací a výfukové otvory, které jsou v horní části válce. Šoupátka jsou ovládána klikovým mechanismem, který je poháněn od klikového hřídele. Píst se pohybuje ve vnitřním šoupátku.

Tento typ rozvodu se již nepoužívá pro svoji konstrukční složitost.

Šoupátka s rotačním pohybem jsou válcová a kuželová.

Válcové šoupátko (typ Bear, *obr. 127a*) je chlazeno vodou a uloženo v hlavě válce. V šoupátku jsou dva kanály, jeden pro sání, druhý pro výfuk. Podobné rotační šoupátko se používá u dvoudobých benzinových motorů, ale jen k nasávání směsi do klikové skříně.



Obr. 127. Schéma šoupátek s rotačním pohybem
a) válcové šoupátko, b) kuželové šoupátko

Kuželové šoupátko (Aspin, *obr. 127b*) je uloženo v hlavě válce. Výřez v šoupátku zabezpečuje sání i výfuk. Mimo to v okamžiku zážehu odkrývá svíčku, která je jinak zakrytá, aby byla chráněna před nadměrným tepelným namáháním.

Pístový rozvod

Tento rozvod se používá u dvoudobých motorů, u nichž dochází k výměně náplně v době, kdy píst prochází dolní úvratí. Tyto motory mají tři kanály, a to sací, výfukový a přepouštěcí. Sací kanál ústí do karburátoru, přepouštěcí spojuje pracovní prostor válce s klikovou skříní a výfukový kanál odvádí zplodiny hoření z válce do výfukového potrubí.

Materiály pro stavbu spalovacích motorů a jejich tepelné zpracování

Materiály, které se používají pro stavbu spalovacích motorů, musí mít dobré technologické vlastnosti. Musí být odolné vůči velkému mechanickému namáhání. Mezi nejdůležitější všeobecné vlastnosti kladené na materiály je jejich velká pevnost při velké houževnatosti. Pohyblivé části motoru musí být odolné proti opotřebení, některé součásti navíc při vysokých teplotách.

Podle způsobu namáhání příslušné součásti určuje konstruktér materiál tak, aby součást měla co nejdélší životnost. Přitom musí dbát na hospodárnost a co nejjednodušší technologický postup. Pro volbu materiálu jsou důležité jak jeho mechanické vlastnosti, tak i ekonomická dostupnost. Dále se materiál musí volit i podle vlivu součásti na bezpečnost provozu (např. páky řízení nebo části brzd). Správná volba materiálu vyžaduje dobře znát jeho vlastnosti, zpracování, jakož i celkové náklady na výrobu při jeho použití.

Dříve se materiál na součásti motoru volil podle zkušeností získaných z provozu. Hluboké rozbory za pomoci moderní výpočetní techniky však ukázaly, že materiál se musí vybírat podle mnohem racionálnějších úvah.

Rozhodující význam ve stavbě spalovacích motorů mají kovové součástky. Především je to **ocel**, která se používá zejména pro pohyblivé části motoru. Je poměrně laciná (mimo zvláštní druhy) a má vysokou mez únavy. Její tvrdost a pevnost se dá podle potřeby upravit tepelným zpracováním. Přehled o tvrdosti ocelí používaných při stavbě spalovacích motorů je v *tab. 2*.

Tabulka 2. Oceli používané při stavbě motorů

Součást	Tvrdost v HB
běžné součástky	140 až 160
ojnice	190 až 230
klikové hřídele	230 až 270
vahadla, pístní čepy	250 až 320
ojniční šrouby	300 až 340
ozubená kola	370 až 530
ventilové pružiny	400 až 450

Když se údaj o tvrdosti v HB vynásobí součinitelem 3,44, dostaneme mez pevnosti oceli v MPa.

Při stavbě spalovacích motorů se též používají slitiny, jejichž základem není železo, ale jiný kov (nikl, kobalt), popř. kovokeramické materiály a slitiny vysokotavitelných kovů.

Ocelové odlitky jsou mnohem dražší než litinové nebo hliníkové slitiny. *Ocelolitina* se používá na výrobu klikových hřídelů.

Šedá litina se používá na výrobu těch částí motoru, kde je potřebná odolnost proti opotřebení. To jsou hlavně válce motoru, hlavy válců, používá se i na sací a výfukové potrubí. Znamená to, že se používá všude tam, kde nepřevládá požadavek malé hmotnosti a zvýšené pevnosti v tahu. Pevnost litiny v tlaku je 3 až 4krát vyšší než pevnost v tahu.

Tvárná litina má vyšší obsah uhlíku a je očkovaná hořčíkem. Má velmi dobré mechanické vlastnosti, takže se může použít i na výrobu dílů, které jsou velmi dynamicky namáhány, např. klikové hřídele, ojnice, písty a pístní kroužky.

Hliníkové slitiny mají až třikrát menší hustotu než ocel. Mají lepší tepelnou vodivost, jsou odolnější proti korozi a mají lepší kluzné vlastnosti. Snadno se obrábějí i odlévají, včetně lití pod tlakem, a jsou kujné. Naproti tomu mají větší tepelnou roztažnost, menší tvrdost a se zvyšující se teplotou větší pokles pevnosti než ocel. Cena hliníkových slitin je nižší než cena uhlíkové oceli nebo litiny. Z hliníkových slitin se vyrábějí hlavy válců motorů chlazených vzduchem, bloky válců menších motorů, písty motorů, klikové skříně automobilových motorů, skříně převodovek a různá víka. Kováním z hliníkových slitin se vyrábějí hlavy válců, písty pro vznětové motory, klikové skříně pro letecké motory. Mechanické vlastnosti hliníkových slitin se v širokém rozsahu dají zlepšit legováním. Tvářením za studena se jejich pevnost zvětšuje na dvojnásobek, ale jejich plasticita se zmenšuje. Vlastnosti, které hliníková slitina získá tvářením za studena, se časem ztrácejí, takže pevnost slitiny klesá a plasticita se zvětšuje. Slitiny hliníku se i vytvrzují, a to buď popouštěcím žháním a po něm rychlým ochlazením, nebo stárnutím.

Slitiny hliníku s mědí se používají na výrobu pístů vysoce zatížených motorů. Při zadření se však velmi poškozují.

Slitiny hliníku a křemíku mají v porovnání se slitinami hliníku s mědí mnohem menší tepelnou roztažnost, menší hustotu a dobrou slévateľnost. Písty vyrobené ze slitin hliníku s křemíkem se při zadření nepoškodí. V současnosti se slitiny hliníku používají i pro výrobu hlav válců chlazených kapalinou (tzv. celohliníkové motory, např. Škoda Felicia) i jiných částí motoru, např. rozvodových tyček.

Hořčíkové slitiny jsou slitiny hořčíku převážně s hliníkem, zinkem a mědí. Označují se názvem elektron. Používají se na výrobu součástek, které mají mít nízkou hmotnost a jsou méně namáhány. Elektron se používá na výrobu

skříní, převodovek, hlavně leteckých motorů, a na různá víka. Hořčičkové slitiny se též legují (např. slitina bez hliníku legovaná zinkem a zirkonem má poměrně vysokou pevnost – až 280 MPa) jsou dobře kujné, jejich tepelná vodivost a roztažnost jsou přibližně stejné jako hliníkových slitin.

Slitiny mědi jsou při stavbě spalovacích motorů nepostradatelným materiálem. Především se používají bronzy (cínový, hliníkový a olověný) a mosaz. Bronz se používá na různá pouzdra a výstelky ložisek, popř. na ozubená kola. V porovnání s ocelí má bronz výborné kluzné vlastnosti.

Slitiny zinku se používají na různé tenkostěnné součástky příslušenství motorů, které se vyrábějí litím pod tlakem.

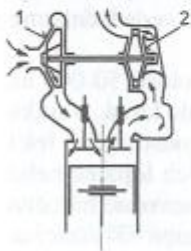
Materiály vyráběné práškovou metalurgií (spékané materiály) nabývají ve stavbě spalovacích motorů velkého významu. Součástky se vyrábějí lisováním při vysokém tlaku. Pórovitost závisí na volbě prášku a dá se snížit na tak nízkou hodnotu, že při tepelném zpracování nenastanou žádné objemové změny součástek. To umožňuje hromadnou výrobu různých součástek motorů bez dalšího opracování a výrobu součástek z materiálů, které se nedají vyrobít tavením nebo litím. Tímto způsobem se vyrábějí kluzná ložiska, vahadla ventilů, olejová čerpadla i ozubená kola.

Druhy materiálů používaných při stavbě spalovacích motorů se příliš nemění. Vývoj však vede k většímu používání lehkých slitin, titanu, plastů i k zavádění nových technologických postupů.

Přeplňování spalovacích motorů

Účelem přeplňování spalovacích motorů je dopravit do válců více vzduchu, a tím umožnit i vyšší dodávku paliva. Přeplňované motory mají vyšší výkon při srovnatelné nižší spotřebě paliva. Vykazují také nižší podíl škodlivin ve výfukových plynech.

K přeplňování motorů se používají **turbodmychadla**, která jsou poháněna energií výfukových plynů. Schéma zapojení turbodmychadla do výfukového potrubí motoru je na obr. 128. Turbodmychadla dosahují vysokých otáček 50 000 až 100 000 za minutu.



Obr. 128. Schéma přeplňovaného motoru
1 - dmychadlo, 2 - turbína

Výkon lze přeplňováním zvýšit o 20 až 90 % při poměrně mírně zvýšené spotřebě. Například vznětový motor Tatra 928 s výkonem 132,4 při otáčkách $2\,000\text{ min}^{-1}$ dosahuje s turbodmychadlem výkonu až 161,9 kW.

Přeplňování může být:

- nízkotlaké s přetlakem 0,029 až 0,049 MPa,
- středotlaké s přetlakem 0,049 až 0,078 MPa,
- vysokotlaké s přetlakem více než 0,078 MPa.

Skutečná práce turbíny je vždy v rovnováze se spotřebovanou prací dmychadla.

Významným důsledkem zvyšováním výkonu přeplňováním je zmenšení hmotnosti a rozměrů motoru. Měrná hmotnost ($\text{kg} \cdot \text{kW}^{-1}$) se při 100% zvýšení výkonu sníží asi o polovinu.

Vyšší spalovací tlaky při velkém zvýšení výkonu vyžadují zesílení součástí klikového mechanismu.

Nedostatkem motorů přeplňovaných turbodmychadlem je zvýšená hlučnost způsobená vysokými otáčkami turbodmychadla.

K přeplňování se používají také **dmychadla (kompresory) poháněná klikovým hřídelem motoru.**

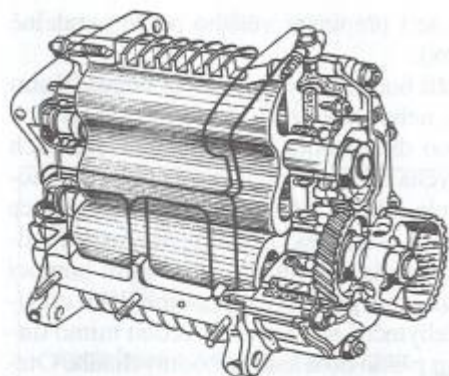
Podle způsobů přeplňování pak dělíme motory na **kompressorové a turbo-kompressorové.**

U mechanického přeplňování příkon dmychadla snižuje mechanickou účinnost motoru. Dmychadlo však disponuje jistým stlačením i při nízkých otáčkách motoru. Mechanicky poháněná dmychadla jsou např. *Rootsovo rotační pístové dmychadlo (obr. 129)* nebo *šroubový kompresor.*

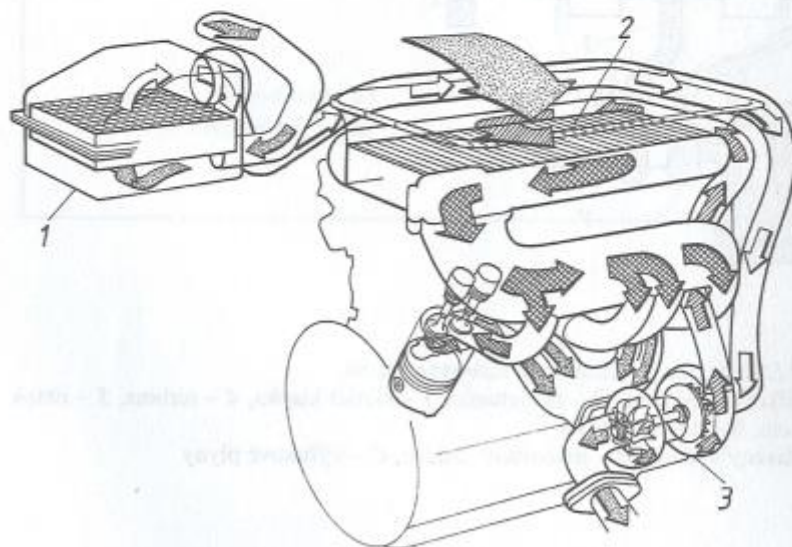
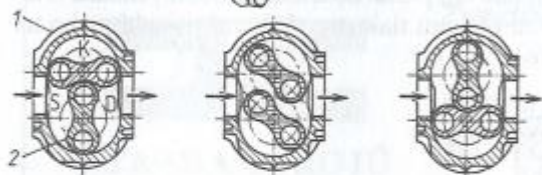
Pro přeplňování výfukovými turbodmychadly jsou vhodné potrubní systémy. Plnicí systém je často doplňován *chladičem plnicího vzduchu* (zajišťuje další nárůst hustoty stlačeného vzduchu jeho ochlazením na teploty blízké původní teplotě před kompresí). Používají se chladiče plnicího (stlačeného) vzduchu systému vzduch - voda nebo vzduch - okolní vzduch (*obr. 130*).

Nasávaný vzduch se v turbodmychadle ohřívá, což má za následek snižování výkonu motoru. Ochlazováním nasávaného vzduchu v chladiči plnicího vzduchu se takovým ztrátám výkonu zabraňuje. Válce jsou plněny chladnějším vzduchem s vyšším obsahem kyslíku a větší hustotou. To vede k dalšímu zvýšení výkonu motoru.

Jak bylo uvedeno, turbodmychadla dosahují vysokých otáček $50\,000$ až $100\,000\text{ min}^{-1}$. Plnicí tlak však s poklesem otáček dosti rychle klesá. Vzniká tzv. *turboefekt* - prodleva před záběrem. Tento efekt lze konstrukčně řešit např. přímou regulací průřezu turbíny natáčením pohyblivých lopatek nebo pohyblivými stěnami vstupní skříně. To je však výrobně i provozně náročné a dosud se nerozšířilo. Výhodnější konstrukci představuje např. *G-dmycha-*



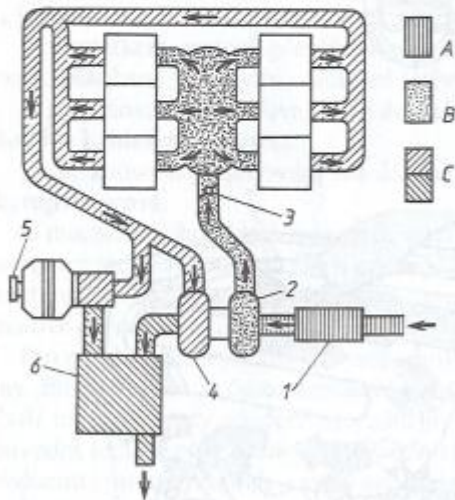
Obr. 129. Rootsovo dmyhadlo
 1 - skříň dmyhadla, 2 - rotující
 píst, S - sání, K - komprese,
 D - dmýchání, výtlak



Obr. 130. Schéma přeplňování motoru s chladičem stlačeného vzduchu
 1 - vzduchový čistič, 2 - chladič stlačeného vzduchu, 3 - turbodmyhadlo

dlo (spirálovité) firmy VW. Používá se i přepínání většího počtu paralelně zapojených turbodmychadel (turbobox).

Pro regulaci plnicího tlaku lze použít buď ztrátovou regulaci odpouštěním stlačeného vzduchu za dmychadlem, nebo výhodněji regulace výfukových plynů přepouštěním (obtokem) mimo dmychadlo při vysokých otáčkách motoru (*waste gate*). Zde se turbodmychadlo přizpůsobí vývoji otáček motoru tak, aby dostatečný plnicí tlak dávalo již při nízkých otáčkách, a regulace pak brání překročení jeho mezí hodnoty (stoupaly by nedovoleně maximální spalovací tlaky a otáčky turbodmychadla). Regulace se provádí pomocí tzv. *obtokového ventilu*, který se při dosažení nejvyššího plnicího tlaku otevírá pomocí membrány s pružinou a přebytečné spaliny se zavedou mimo turbínu. Otokový ventil bývá zabudován přímo do tělesa turbodmychadla. Otevírání ventilu je závislé buď na plnicím tlaku ve sběrném potrubí, nebo na tlaku ve výfukovém potrubí (*obr. 131*).



Obr. 131. Regulace plnicího tlaku turbodmychadla

1 - vstřikování benzínu, 2 - dmychadlo, 3 - škrticí klapka, 4 - turbína, 5 - obtok s ventilem, 6 - tlumič výfuku

A - nasávaný vzduch, B - stlačovaný vzduch, C - výfukové plyny

Motory s krouživým pohybem pístu - Wankel

Nejpoužívanější

Poměr počtu zubů velkého kola k počtu zubů malého kola: 3:2

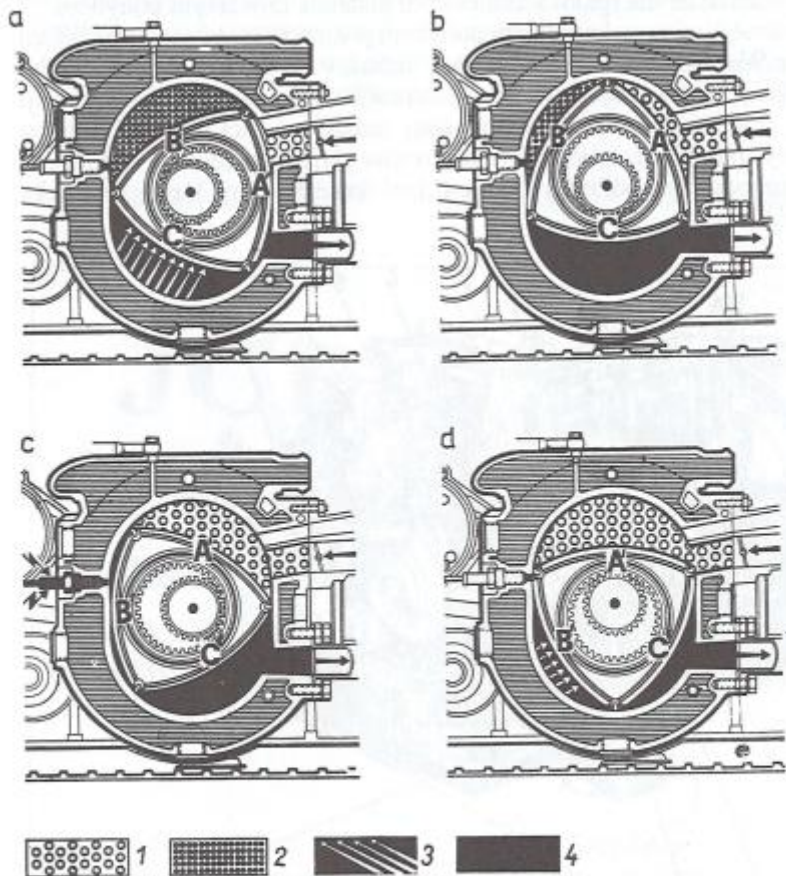
Poměr otáček hřídele k pístu: 3:1

Za jednu otáčku pístu vykoná každý bok jeden pracovní oběh -> Jeden pístový Wankelův motor je ekvivalent dvouválcovému čtyřdobému motoru

Výhody

Klidnější a rovnoměrnější chod

Lepší hmotnostní a prostorové ukazatele

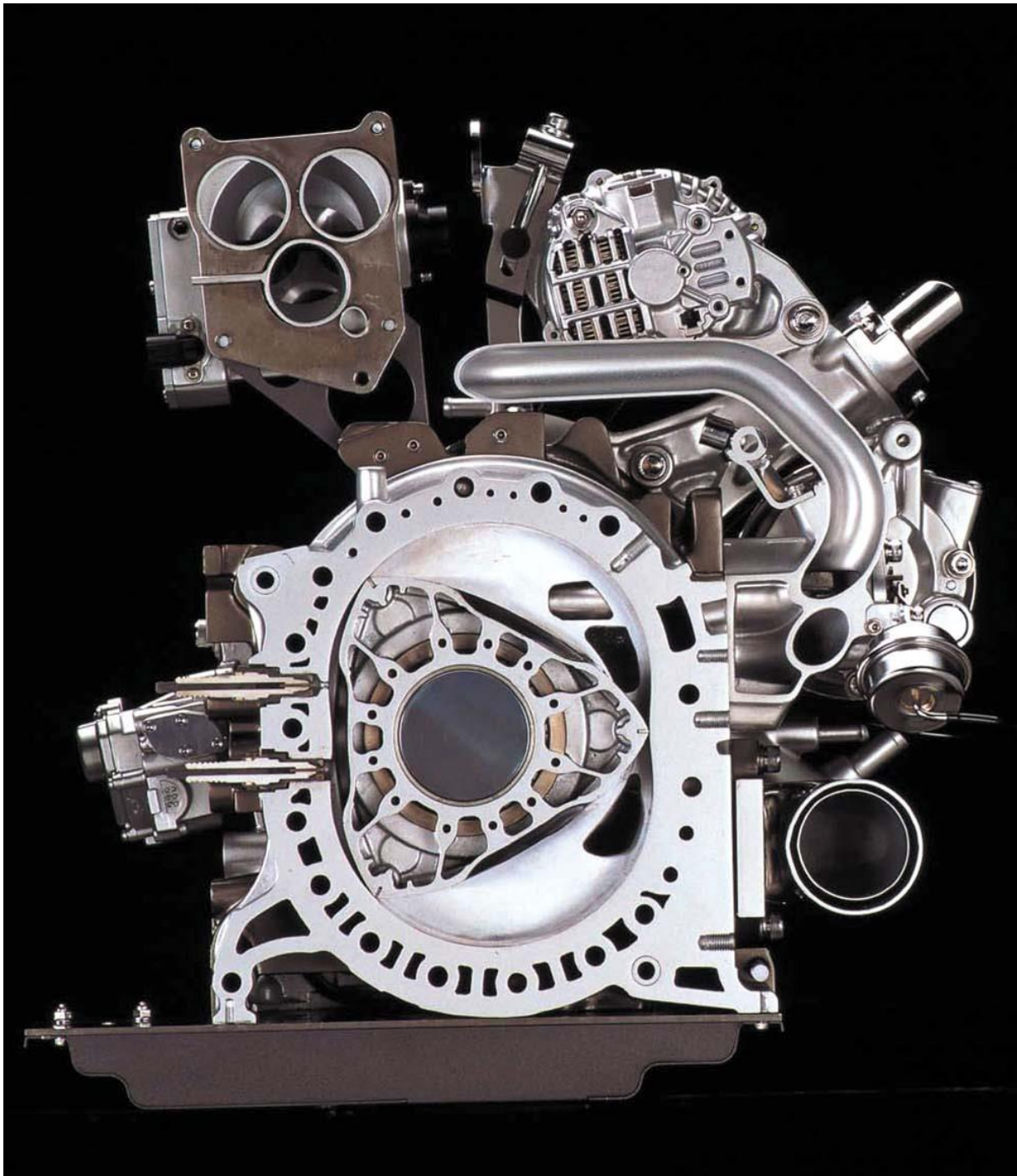


Obr. 96. Činnost Wankelova motoru

a) výchozí poloha pístu, b), c), d) polohy pístu do každých 30° jeho natočení
 1 - sání, 2 - komprese, 3 - expanze, 4 - výfuk; A', B', C'- boky pístu

Cinnost Wankelova motoru je znázorněna na *obr. 96* při otočení pístu o 90° kolem jeho osy. Jednotlivé fáze oběhu (sání, komprese, expanze, výfuk) jsou na obrázku odlišeny a vysvětleny v legendě. Boky pístu jsou označeny písmeny A' , B' , D' .

- Při poloze pístu podle *obr. 96a*:
 - bok pístu A' dokončuje výfuk a začíná sání,
 - bok pístu B' stlačuje nasátou směs,
 - na bok pístu C' působí expandující plyny, které otáčejí pístem a konají práci.
- Poloha pístu po jeho otočení o 30° je vyznačena na *obr. 96b*, kde:
 - bok pístu A' ještě pokračuje v sání,
 - bok pístu B' pokračuje v kompresi,
 - lišta boku C' odkryla výfukový kanál a spaliny opouštějí motor.
- Poloha pístu při otočení o dalších 30° , tzn. z výchozí polohy o 60° (*obr. 96c*):
 - bok pístu A' ještě pokračuje v sání,
 - bok pístu B' dokončil kompresi a jiskrou zapalovací svíčky se stlačená směs zapaluje,
 - bok pístu C' pokračuje ve výfuku.
- Poloha pístu při otočení o dalších 30° , tzn. z výchozí polohy o 90° (*obr. 96d*):
 - bok pístu A' pokračuje v sání,
 - nad bokem pístu B' začíná expanze plynů,
 - bok pístu C' pokračuje ve výfuku.
- Při dalším otočení pístu o 30° , tzn. o 120° z výchozí polohy, se píst dostává do polohy jako na *obr. 96a* s tím rozdílem, že v původní poloze je místo boku pístu A' bok C' , místo boku B' zaujímá bok A' a místo C' je B' .



Menší počet součástí

Nevýhody

- Obtížné utěsnění komor
- Větší kluzné rychlosti lišt
- Jednostranné tepelné zatížení skříně
- Protáhlý tvar spalovacího prostoru
- Nízká hodnota skutečného kompresního poměru
- Větší měrná spotřeba paliva a oleje

Příslušenství motorů

Palivová soustava zážehových motorů

Zážehové motory jsou většinou motory spalující stejnorodou (homogenní) směs plynného nebo lehce odpařitelného kapalného paliva a vzduchu, kdy se směs tvoří nepřímo nebo výjimečně i přímo ve spalovacím prostoru (označení GDI znamená vstřikování paliva přímo do válce), a dochází k zážehu elektrickou jiskrou.

Palivová soustava musí zajistit plnění motoru vhodnou zápalnou směsí při jakémkoliv režimu chodu motoru. Tvorba směsi vyžaduje odměřování paliva se vzduchem, aby vznikly optimální podmínky pro průběh spalování různými palivy s ohledem na plnicí systémy spalovacích motorů. Palivo potřebuje k dokonalému spálení odpovídající množství kyslíku, obsaženého ve vzduchu. Skutečný poměr vzduchu a paliva lze vyjádřit hmotnostním poměrem

$$\alpha = \frac{G_v}{G_p},$$

kde α je směšovací poměr,

G_v - hmotnost vzduchu ($\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$),

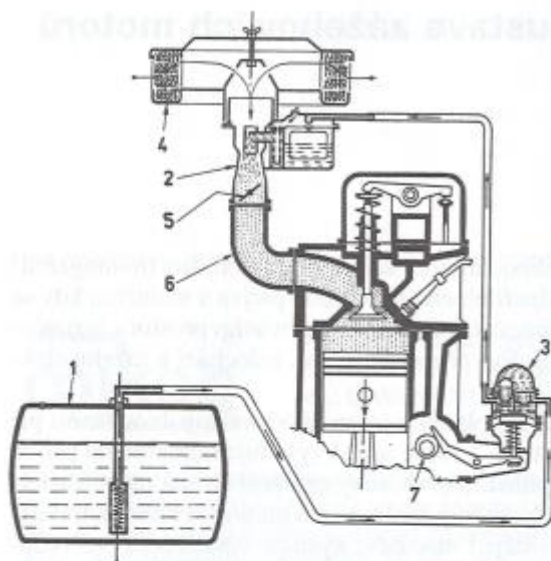
G_p - hmotnost paliva ($\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$).

Pro konkrétní paliva se používá součinitel přebytku vzduchu λ , který vyjadřuje poměr skutečného poměru vzduch-palivo s ohledem na teoretický požadavek (viz odst. Karburátory).

Vytváření směsi určuje palivová soustava, která má rozhodující vliv na fyzikální část přípravy směsi, která je velmi důležitou přípravnou fází pro zajištění požadovaného průběhu spalování. V provozu jsou stále vozidla s motory, kde se používá pro přípravu směsi karburátor. V současnosti se používají vstřikovací zařízení.

Palivová soustava karburátorových spalovacích motorů má tyto části (obr. 1):

- palivovou nádrž,
- potrubí,
- čistič paliva,
- podávací čerpadlo,
- čistič vzduchu,
- karburátor,
- sací potrubí.



Obr. 1. Palivová soustava karburátorového motoru

1 – palivová nádrž, 2 – karburátor, 3 – podávací čerpadlo, 4 – čistič vzduchu, 5 – škrtkvicí klapka, 6 – sací potrubí, 7 - vačkový hřídel

Zařízení pro přívod paliva

Přívod paliva z nádrže do karburátoru se řeší dvěma způsoby:

a) **Přívod paliva samospádem:** při tomto způsobu je nádrž s palivem umístěna vždy výše než karburátor. Palivo teče potrubím samospádem přes sítko a *třícestný palivový kohout* do karburátoru. Třícestný kohout je vždy umístěn ve dnu nádrže. Uspořádání je velmi jednoduché, nenáročné na údržbu a laciné. Nevyhovuje však současným platným předpisům o provozu motorových vozidel, protože je často příčinou požáru při havárii automobilu. Používá se však především u motocyklů a skútrů.

b) **Přívod paliva pomocí čerpadla:** palivová nádrž je uložena níže než karburátor (mimo prostor motoru) a palivo se do karburátoru dopravuje *membránovým podávacím čerpadlem*.

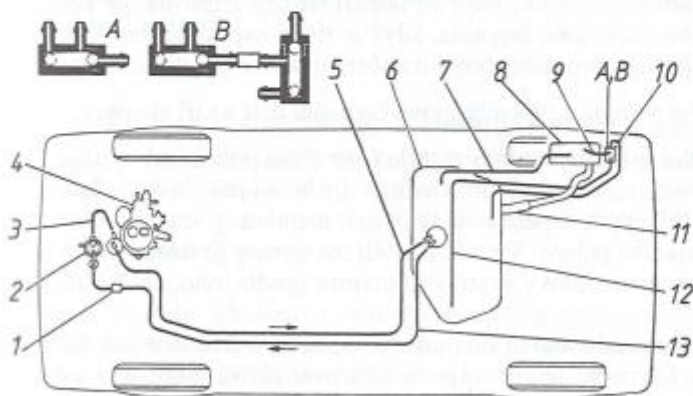
Palivová nádrž je zpravidla svařena z ocelových plechových výlisků (v současnosti též vyráběna z plastů). Většinou je rozdělena příčkami na více prostorů, které omezují přelévání paliva při prudkém brzdění a při jízdě v zatáčkách. V horní části je plnicí hrdlo s odvzdušňovací trubicí a s uzávěrem

plnicího hrdla. Ve spodní části nádrže je vypouštěcí šroub. Objem nádrže vystačí minimálně pro 300 až 400 km jízdy. V nádrži je umístěn snímač ukazatele stavu paliva, kterým se sleduje zásoba paliva v nádrži. Údaj o množství paliva v nádrži ukazuje zpravidla ručičkový ukazatel stavu paliva na přístrojové desce. Ukazatel stavu paliva bývá často spojen s kontrolní žárovkou zásoby paliva na 30 až 50 km jízdy.

Nádrž musí být umístěna na bezpečném místě a chráněna proti přímému nárazu. Odvzdušňovací potrubí v nádrži zabraňuje vzniku podtlaku při odbírání paliva a vzniku přetlaku při zahřátí paliva (vozidlo stojící na slunci). Plnicí hrdlo a odvzdušňovací zařízení musí mít ventily, které zabraňují úniku paliva i při velkých náklonech karosérie (havárie vozidla). Uspořádání palivové soustavy je na obr. 2.

Jednotlivé části palivové soustavy spojuje **palivové potrubí**. K palivové nádrži je připojeno šroubovým spojením. Vyrábí se z ocelových trubek. Protože motor je v automobilu uložen pružně, musí i potrubí mít pružnou část, která umožní výchylky motoru vzhledem ke karosérii. Tato část potrubí má trubky z plastu nebo ze zvláštní pryže odolné benzínu. V palivové soustavě mají velký význam čističe.

Čističe paliva jsou buď síťové, nebo s papírovou čisticí vložkou. Síťové čističe se používají v palivové nádrži, v dopravním palivovém čerpadle a v karburátoru a čističe s vložkou hlavně u vstřikovacích zařízení. U karburátorových palivových soustav se někdy používají jako přídavné čističe mezi dopravním čerpadlem a karburátorem.



Obr. 2. Palivová soustava

1 - čistič paliva, 2 - palivové čerpadlo, 3 - spojovací hadice, 4 - karburátor, 5 - hadice (s trubkou) obtoku paliva, 6 - palivová nádrž, 7, 9, 10, 12 - odvzdušňovací hadice, 8 - hrdlo palivové nádrže, 11 - spojovací hadice, 13 - trubka vedení paliva; A - rozvodka, B - rozvodky pro splnění předpisu EHS

Palivové čerpadlo dopravuje palivo z nádrže ke karburátoru. Většinou je poháněno od motoru, a proto bývá připevněno na boku bloku motoru. U benzinových karburátorových motorů se používají převážně *membránová podávací palivová čerpadla* (viz obr. 3).

Hlavní částí čerpadla je membrána z pogumované látky, která je sevřena mezi horní a dolní část tělesa čerpadla. K horní části čerpadla je přišroubováno víko čerpadla. Ve středu membrány je připevněno táhlo s podélným otvorem na konci. Do tohoto otvoru zapadá poháněcí páka uložená na hřídeli. Druhý konec páky se opírá o tlačný čep, který dosedá na vačku vačkového hřídele motoru.

Při pohybu membrány dolů se přívodním potrubím nasává z palivové nádrže palivo do čerpadla; projde sítkem ve víku čerpadla a přes sací ventil do pracovního prostoru čerpadla. Při výtlačném zdvihu membrány prochází palivo přes výtlačný ventil a palivové potrubí do karburátoru. Množství dodávaného paliva se řídí samočinně podle spotřeby. Při zaplnění plovákové komory karburátoru palivem uzavře jehlový ventil karburátoru přívod paliva. Protože výtlaček čerpadla je ovládán pružinou membrány a palivo je nestlačitelné, pohyb membrány směrem nahoru se zastaví. Při poklesu hladiny v plovákové komoře se uvolní jehlový ventil a palivo je z prostoru nad membránou vytlačováno silou pružiny membrány. Tento pohyb membrány je umožněn tím, že mechanicky je řízen jen sací zdvih membrány, tedy pohyb směrem dolů. Při zastavené dodávce paliva poháněcí páka volně kmitá v otvoru táhla membrány.

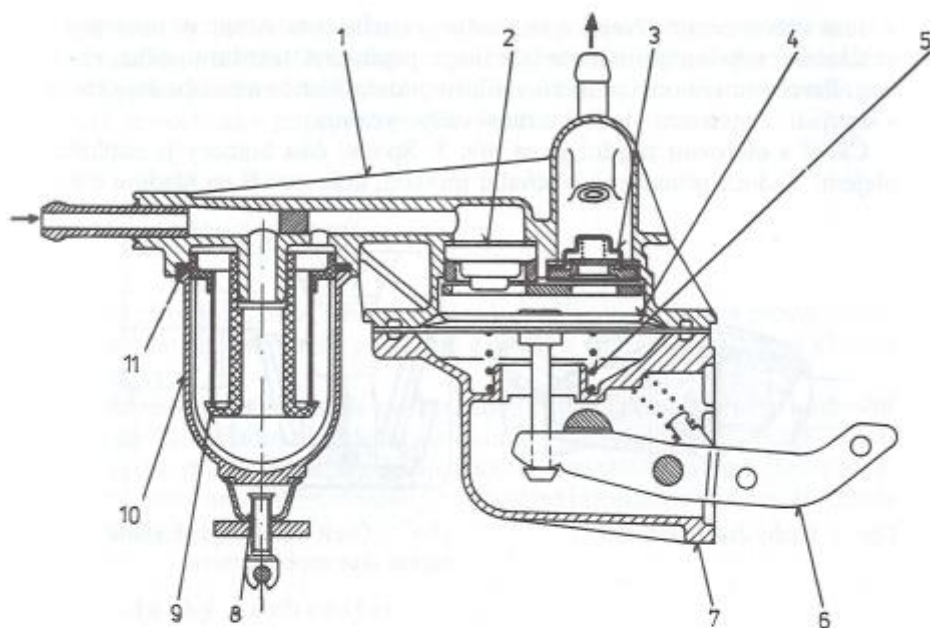
Při delším stání automobilu, když se odpaří benzin z plovákové komory karburátoru, nebo při čištění čerpadla, když je třeba naplnit karburátor palivem, je možno páčkou pro ruční čerpání načerpat palivo při stojícím motoru.

Podle *způsobu pohonu* se membránová čerpadla dělí na tři skupiny:

a) **Mechanické membránové čerpadlo** (obr. 3) se pohání od výstředníku nebo vačky na vačkovém hřídeli prostřednictvím hnací páky a tlačného čepu. Hnací páka s přítlačným čepem ovládá pohyb membrány směrem dolů, při němž čerpadlo nasává palivo. Výtlačný zdvih membrány je řízen tlakem pružiny, pokud to umožní jehlový ventil karburátoru (podle toho, kolik paliva je třeba).

b) **Podtlakové membránové čerpadlo** se používá u dvoudobých tříkanálových motorů. Čerpadlo se montuje na klikovou skříň, takže prostor pod membránou je trvale spojen s prostorem skříně. Při podtlaku ve skříně se membrána prohne směrem k ní a palivo se nasaje do prostoru nad membránou. Když podtlak v klikové skříně pomine, nastává účinkem pružiny membrány výtlačný zdvih podobně jako u čerpadla s mechanickým pohonem.

c) **Elektrické membránové čerpadlo** má pohon membrány při sacím zdvihu elektromagnetem. Výhodou je, že pohon čerpadla není závislý na motoru,



Obr. 3. Membránové podávací palivové čerpadlo

1 – horní díl čerpadla, 2 – sací ventil, 3 – výtláčny ventil, 4 – membrána, 5 – pružina membrány, 6 – páčka, 7 – spodní díl čerpadla, 8 – třmen, 9 – sítko, 10 – odkalovací nádobka, 11 – těsnění

a proto se čerpadlo může umístit na libovolném místě, které není zahříváno teplem motoru. Nevýhodou je, že při přerušení přívodu elektrické energie přestane čerpadlo pracovat.

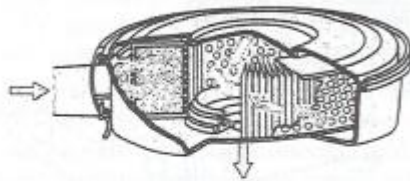
Čističe vzduchu

Jejich hlavním úkolem je odstranit nečistoty z nasávaného vzduchu bez příliš velkého odporu v sání a zároveň příznivě tlumí hluk vznikající při sání. Čištění vzduchu také zajišťuje životnost hlavních dílů motoru, protože prach obsažený ve vzduchu se dostává především do mazacího oleje a působí jako brusný prostředek s velmi silným účinkem. Způsobuje zanášení olejových čističů a mazacích kanálek.

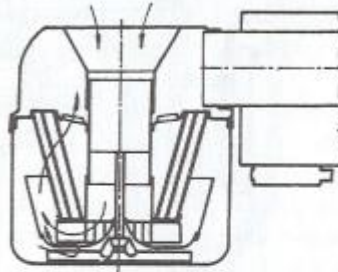
Vzduchový čistič by měl zachytit 99 % prachových částic, které se dostávají z okolí do motorového systému. Zanesená vložka zvyšuje odpor v sání, a tím dochází k vytváření bohatší zápalné směsi, snižuje se plnicí účinnost

a klesá výkon motoru. Nejvíce se používají **suché čističe** (obr. 4) se suchými vložkami z nejrůznějšího materiálu (např. papír, plst, textilní tkanina, moli-tan). Životnost motoru závisí na velikosti plochy čističe a na obsahu prachu v ovzduší. Znečištěná vložka se musí vždy vyměnit.

Čistič s olejovou náplní je na obr. 5. Spodní část komory je naplněna olejem. Vzduch proudí svisle střední trubkou, dole naráží na hladinu oleje,



Obr. 4. Suchý čistič vzduchu



Obr. 5. Čistič vzduchu s olejovou náplní (automobilní motor)



Obr. 6. Odstředivý čistič vzduchu

kteřá zachycuje nejhrubší nečistoty. Potom vzduch prochází čisticí vložkou z kovového pletiva, v níž se zachytí olejová mlhovina stržená vzduchem a drobnější částičky prachu. Olejová náplň se po určité době znečistí a musí se vyměnit. Čisticí vložka se vypere v naftě nebo v jiném vhodném prostředku.

Odstředivý čistič (obr. 6) je nepostradatelný u motorů pracujících ve velmi prašném prostředí. Nasávaný vzduch se uvádí do velmi rychlého otáčivého pohybu a působením odstředivé síly se oddělí hrubé nečistoty. Jemné nečistoty se odstraní v připojeném olejovém čističi.

Příprava zápalné směsi

Zápalná směs do motoru se připravuje za pomoci karburátoru nebo vstřikovacích systémů.

Karburátory

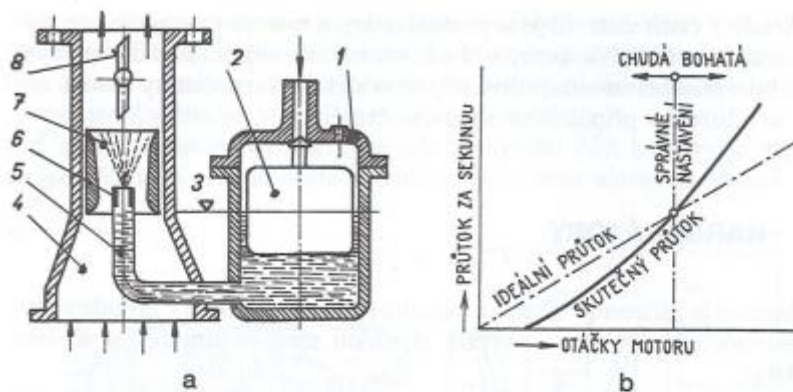
Karburátor je zařízení, v němž se kapalné palivo rozprašuje v proudu vzduchu nasávaného motorem a vytváří zápalnou směs v potřebném složení a množství.

Vzduch se nasává čističem vzduchu přes hrdlo karburátoru a *difuzér* okolo *škrticí klapky* (obr. 7a). Při proudění vzduchu v zúženém prostoru difuzéru se zvyšuje rychlost a klesá tlak. V nejužším místě, kde je i nejnižší tlak, vyúsťuje trubka *rozprašovače s tryskou*, kterou se nasává palivo proudící z *plovákové komory*.

Plovák s jehlovým ventilem reguluje a udržuje v plovákové komoře stálou výšku hladiny paliva.

Jemného rozprašení paliva se dosáhne vysokou rychlostí proudícího vzduchu, která v místě výtoku paliva bude 20 až 30krát větší než rychlost výtoku paliva (5 až 6 m.s⁻¹). Při maximálních otáčkách motoru a plném otevření škrticí klapky je podtlak v difuzéru asi 0,02 MPa. Chod motoru se reguluje nastavením škrticí klapky, čímž se mění i podtlak v difuzéru. Ten je úměrný množství protékajícího vzduchu a určuje množství nasávaného paliva. Poměr množství paliva ke vzduchu udává *směšovací poměr*.

Od karburátoru se požaduje, aby dodržoval správný směšovací poměr při libovolných otáčkách. To znamená, že při dvojnásobných otáčkách motoru by karburátor musel přivádět i dvojnásobné množství paliva. Z diagramu na obr. 7b je zřejmé, že závislost ideální spotřeby na otáčkách motoru je ve tvaru přímky. Jednoduchý karburátor bude při určitém rozměru difuzéru a trysky



Obr. 7. Jednoduchý karburátor

a) schéma, b) závislost složení směsi na otáčkách motoru

1 - plováková komora, 2 - plovák s jehlovým ventilem, 3 - hladina benzínu, 4 - směšovací komora, 5 - trubka rozprašovače, 6 - tryska, 7 - difuzér, 8 - škrticí klapka

dávat správnou směs jen při určitých otáčkách. Při malých otáčkách bude směs chudší a při vysokých otáčkách bude směs bohatší. Křivka skutečného průběhu spotřeby v závislosti na otáčkách je rovněž zakreslena v diagramu.

Hlavní požadavky na karburátor

Karburátor musí:

- připravovat směs v poměru, který je pro dané zatížení a otáčky motoru nejvýhodnější,
- při všech provozních poměrech rozprašovat co nejjemněji a nejrovnoměrněji palivo ve vzduchu, aby vznikla co nejhomogennější směs,
- při náhlém otevření škrticí klapky směs obohatit,
- dodávat bohatou směs při spouštění studeného motoru a při volnoběhu,
- pracovat samočinně s jednoduchými a snadno ovladatelnými zařízeními, která umožňují udržet požadovaný směšovací poměr v celém rozsahu otáček,
- dát se snadno nastavit, ale nastavení musí být pojištěno proti uvolnění.

Současné splnit všechny požadavky je velmi obtížné.

Základním požadavkem na karburátor je vytvářet směs paliva se vzduchem v určitém směšovací poměru. Odchyly od tohoto poměru jsou dány požadavkem na hospodárnost provozu na jedné straně a požadavkem maximálního výkonu na straně druhé. Tím jsou určeny meze, v nichž se směšovací poměr může odchylovat od teoretického.

Teoreticky správná, neboli ideální směs je taková, při níž se v motoru spotřebuje tolik vzduchu, kolik odpovídá teoretické spotřebě ($\lambda = 1$). *Součinitel přebytku vzduchu* λ charakterizuje složení směsi; teoreticky správná směs ($\lambda = 1$) se skládá z jednoho hmotnostního dílu benzínu a asi z patnácti hmotnostních dílů vzduchu. Směs je bohatá ($\lambda < 1$), když je množství vzduchu menší než teoreticky potřebné; naopak směs je chudá ($\lambda > 1$), když množství vzduchu je větší než teoreticky potřebné.

Závislost hlavních škodlivin ve spalínách na součiniteli přebytku vzduchu (viz *Automobily II, obr. 99*). Rychlost hoření směsi závisí na velikosti součinitele přebytku vzduchu. Směs hoří nejrychleji při součiniteli přebytku vzduchu $\lambda = 0,8$ až $0,9$. Když motor pracuje s touto směsí, dává maximální výkon, současně se však podstatně snižuje jeho hospodárnost. Neúplným spalováním paliva se zvyšují ztráty, všechno palivo neshoří a spotřeba paliva se zvětšuje, protože tepelná účinnost motoru se sníží. Když motor pracuje s mírně chudou směsí (to znamená s přebytkem vzduchu $\lambda = 1,05$ až $1,15$), výkon motoru se snižuje, ale spotřeba paliva se snižuje ještě více. Chudá směs je proto vhodná ke snížení spotřeby paliva a k dosažení větší hospodárnosti motoru. Při jejím spalování se sníží i množství většiny škodlivin ve výfukových plynech. Chudá směs se používá, když motor pracuje s menším zatížením. Protože chudá směs hoří déle než bohatá, je třeba při jejím spalování zvětšit předstih zážehu.

U karburátoru, který připravuje teoretický směšovací poměr, se předpokládá, že shoří všechno nasáté palivo a spotřebuje se všechen kyslík ve vzduchu v uvedeném hmotnostním poměru paliva a vzduchu 1 : 15. Zkouškami se však zjistilo, že promísení směsi není nikdy dokonalé, při spalování nikdy neshoří všechno palivo a nespotřebuje se všechen kyslík. Dodržení teoretického směšovacího poměru tedy nemá v praxi smysl. Směšovací poměr se proto upravuje tak, aby se buď využilo všechno palivo v přebytku vzduchu (hospodárný chod motoru), nebo aby se spotřeboval všechen kyslík v nasátém vzduchu při přebytku paliva (maximální výkon motoru).

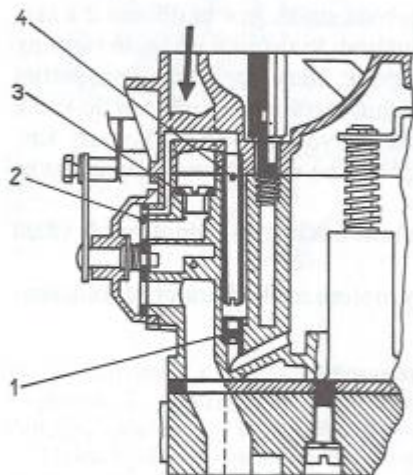
Proto konstruktéři karburátorů usilovali, aby karburátor měnil složení směsi podle okamžitých potřeb motoru (různé otáčky motoru a zatížení) a aby byl funkčně co nejdokonalejší a přitom zabezpečoval hospodárný provoz.

Zařízení na spouštění studeného motoru

Při spouštění studeného motoru se na karburátor kladou tyto požadavky:

- snadné spouštění i při velmi nízkých teplotách vzduchu,
- stabilní zrychlený volnoběh studeného motoru při zahřívání,
- možnost okamžité jízdy s automobilem.

Pro zabezpečení těchto požadavků má každý moderní automobilový karburátor zvláštní **spouštěcí zařízení - sytič**. Sytič karburátoru (*obr. 10*) se skládá z trysky sytiče 1, vzdušníku sytiče 3, šoupátka sytiče 2, které svým výřezem mění průtokovou plochu a reguluje směšovací poměr (bohatost vytvořené směsi), a trubky sytiče 4.



Obr. 10. Sytič

1 - tryska sytiče, 2 - šoupátko sytiče,
3 - vzdušník sytiče, 4 - trubka sytiče

K plovákové komoře je přiřazen i malý zásobník paliva. S plovákovou komorou je spojen tryskou sytiče. Plováková komora a zásobník paliva jsou spojené nádoby. Protože na jejich hladině působí stejný tlak ovzduší, palivo se v zásobníku doplňuje jen působením hydrostatického spádu. Ze zásobníku se palivo odsává trubkou sytiče kanálkem do směšovací komory sytiče, v níž se mísí s proudem vzduchu proudícím vzdušníkem sytiče. Před vstupem do směšovací komory sytiče je šoupátko sytiče, kterým se otevírá a zavírá přívod směsi a reguluje její složení. Ze směšovací komory se směs dostává dále do prostoru pod škrtní klapkou.

Toto uspořádání sytiče má při spouštění motoru dva účinky. Odsáním paliva se okamžitě vyprázdní zásobník a hladina paliva klesne k ústí trubky syti-

če. Tím se vytvoří mezi hladinou v plovákové komoře a hladinou v zásobníku paliva sytiče hydrostatický spád. Přívod dalšího paliva je potom dán působením hydrostatického spádu a průtokem tryskou sytiče. V další fázi spouštění po vyprázdnění zásobníku paliva sytiče je hydrostatický spád konstantní. Tato vlastnost sytiče – snižování dodávky paliva se zvyšujícími se otáčkami – je výhodná pro spouštění a následující ohřívání motoru. Jakmile se motor uvede do chodu a otáčky stoupnou na 800 min^{-1} , klesne množství paliva připadající na jednu otáčku motoru osmkrát vzhledem k množství paliva, které připadá na jednu otáčku při otáčkách 100 min^{-1} , popř. šestnáctkrát vzhledem k otáčkám 50 min^{-1} .

Zpočátku značně velký odpor oleje pomalu klesá a motor zvyšuje otáčky, takže na konci zahřívání má otáčky např. $1\,200 \text{ min}^{-1}$. Množství paliva připadající na jednu otáčku se sníží na 66,6 % množství, které připadalo na jednu otáčku ihned po spuštění motoru.

Zásobník paliva sytiče, který byl konstruován podle uvedených zásad, dává sytiči vlastnost automatického ochuzovače směsi v obou fázích spouštění, to znamená při spouštění i při zahřívání motoru po spuštění. Plní však ještě jednu důležitou úlohu. Zásoba paliva v zásobníku se vysaje téměř okamžitě a způsobí jednorázové obohacení směsi v okamžiku spouštění. Z toho vyplývá, že při obtížných podmínkách spouštění motoru při nízkých teplotách ovzduší je výhodnější spouštět motor opakovaně, ne déle než 5 s. Velikost zásobníku se volí tak, aby nezhoršovala spouštění motoru v teplém ročním období nadměrným obohacováním směsi. V závislosti na objemu motoru bývá $0,6$ až $1,5 \text{ cm}^3$.

Při spouštění motoru pomocí sytiče při teplotách ovzduší až $+20 \text{ }^\circ\text{C}$ nepostačí samočinné ochuzování směsi a kanálek, kterým se palivo přivádí do směšovací komory, se škrtí regulačním šoupátkem, kterým se průtokový průřez může progresivně zmenšovat.

Šoupátko sytiče vyřazuje z činnosti trysku a vzdušník sytiče. To znamená, že šoupátko buď uzavře, nebo otevře přívod paliva i vzduchu.

U karburátorů s ručním ovládním sytiče se šoupátko ovládá lankem z místa řidiče, zpravidla táhlem na přístrojové desce. Vytáhnutím táhla se sytič uvede do činnosti, jeho zatlačováním se vyřazuje z činnosti.

Doplnění zásobníku paliva po spouštění motoru trvá v závislosti na velikosti trysky sytiče 5 až 8 s. Proto je třeba mezi jednotlivými starty dodržet potřebný časový interval 10 s, aby se zásobník sytiče doplnil palivem. Vzhledem k ohřátí spouštěče při spouštění motoru a nutné době potřebné k ochlazení jeho vinutí je lépe s opětovným spouštěním motoru začít až za 30 s až 1 minutu. Tuto dobu potřebuje i akumulátor, aby se v chladném počasí obnovila jeho kapacita.

Sytiče některých karburátorů se do činnosti uvádějí nebo z činnosti vyřazují samočinně.

Vstřikovací systémy

Potřeba zabezpečit optimální směšovací poměr paliva a vzduchu ve všech válcích motoru a umožnit přesnější regulování tohoto poměru, a tím i zmenšit tvorbu škodlivých exhalací, vedly konstruktéry k vyvíjení **mechanických a elektronických vstřikovacích zařízení**. Vzhledem k přísným požadavkům na obsah škodlivin ve výfukových plynech se vyžadovalo pro přesnou regulaci vstřikovaného množství paliva stále více informací. U mechanických soustav to mělo za následek značnou konstrukční složitost zařízení, a proto byla vyvinuta elektronicky řízená vstřikovací zařízení.

Systémy vstřikování paliva s účinným katalytickým způsobem redukce emisních spalin a regulačním okruhem řízení složení směsi (řízené katalyzátory) jsou v dnešní době téměř výhradně používanými systémy přípravy směsi.

Zážehové motory se vstřikováním mají řadu *výhod*:

- rovnoměrné rozdělení paliva do válců, zvláště u vícebodového vstřiku,
- optimální tvorbu směsi,
- snadnější dodržení požadovaného směšovacího poměru a možnost jednoduché regulace na úzký rozsah směšovacího poměru lambda sondou,
- ve spojení s katalyzátorem snížení emisí,
- lepší studený start a přechodové stavy,
- optimální tvarování sacího potrubí,
- možnost realizovat přepínání motoru bez větších problémů.

Nevýhodou vstřikovacího zařízení je nutnost použití velmi přesných součástí, snímačů a akčních členů, což vede k vyšší ceně těchto zařízení.

Přehled a rozdělení vstřikovacích systémů

1. Druhy vstřikovacích zařízení podle konstrukce:

- systémy **mechanické**,
- systémy **elektronicky řízené**.

2. Podle způsobu dávkování paliva:

- **kontinuální vstřik** - nepřetržitá dávka paliva do sacího systému,
- **pulzní vstřik** (přerušované vstřikování) - na každý pracovní cyklus odměří vstřikovací ventil jednou nebo dvěma dávkami potřebné množství paliva.

Při *simultánním vstřikování* je odměřené množství paliva vstřikováno během pracovního cyklu ve dvou intervalech pro všechny válce současně.

Při *sekvenčním vstřikování* je postupně vstřikováno palivo přímo pro jednotlivé válce pouze jednou za pracovní cyklus, a to vždy před uzavřeným sacím ventilem.

Kromě toho se používá ještě *skupinové vstřikování* se vstřikováním pro určitou skupinu válců vždy jednou za pracovní cyklus.

3. Podle počtu vstřikovacích ventilů:

- **jednobodový (centrální) vstřik** - jeden vstřikovací ventil pro všechny válce, centrálně umístěný (*obr. 27a*),
- **vícebodový vstřik** - samostatné vstřikovací ventily pro jednotlivé válce (*obr. 27b*).

4. Podle způsobu dopravy paliva do spalovacího prostoru:

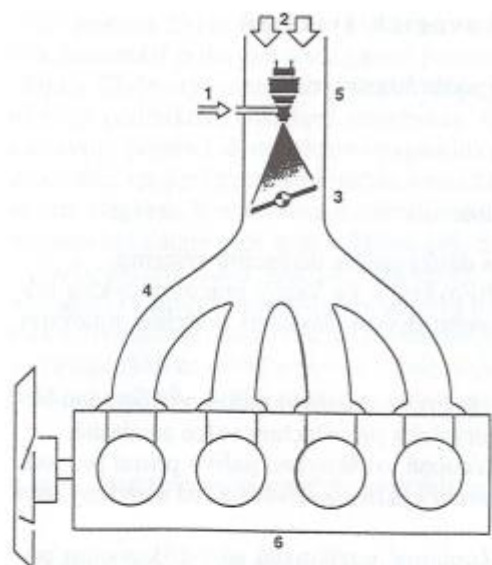
- **přímý vstřik** - přímo do spalovacího prostoru válce,
- **vstřik do sacího kanálu** (těsně před sacím ventilem),
- **vstřik do sacího potrubí** (*obr. 28*).

5. Podle možnosti elektronického řízení vstřikování a zapalování:

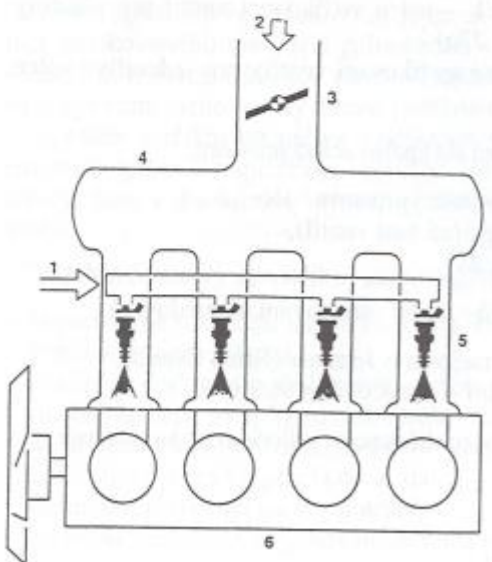
- řízeno **pouze vstřikování** - označováno Jetronic (firma Bosch),
- řízeno **vstřikování a zapalování** - označováno Motronic.

Kromě způsobu vstřikování jsou rozlišovacími kritérii obou systémů tyto hlavní řídicí veličiny:

- * tlak v sacím potrubí,
- * množství nasávaného vzduchu,
- * hmotnost nasávaného vzduchu,
- * poloha škrtkové klapky a otáčky motoru.

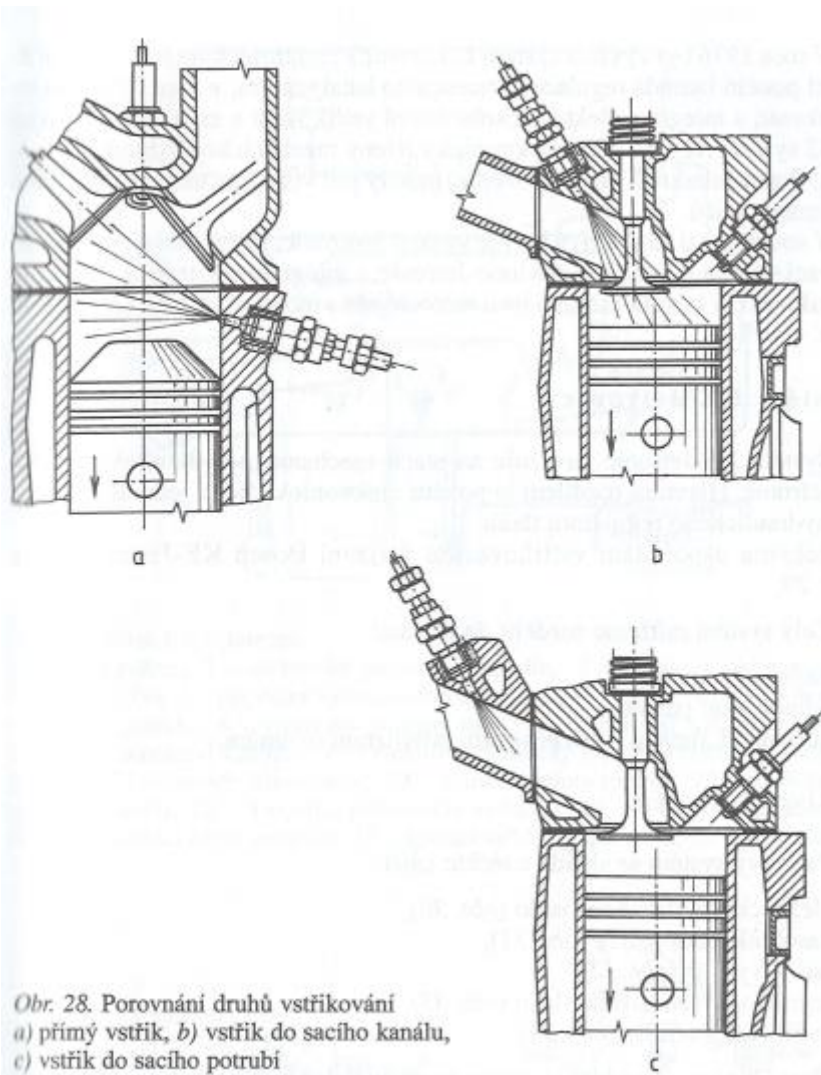


a



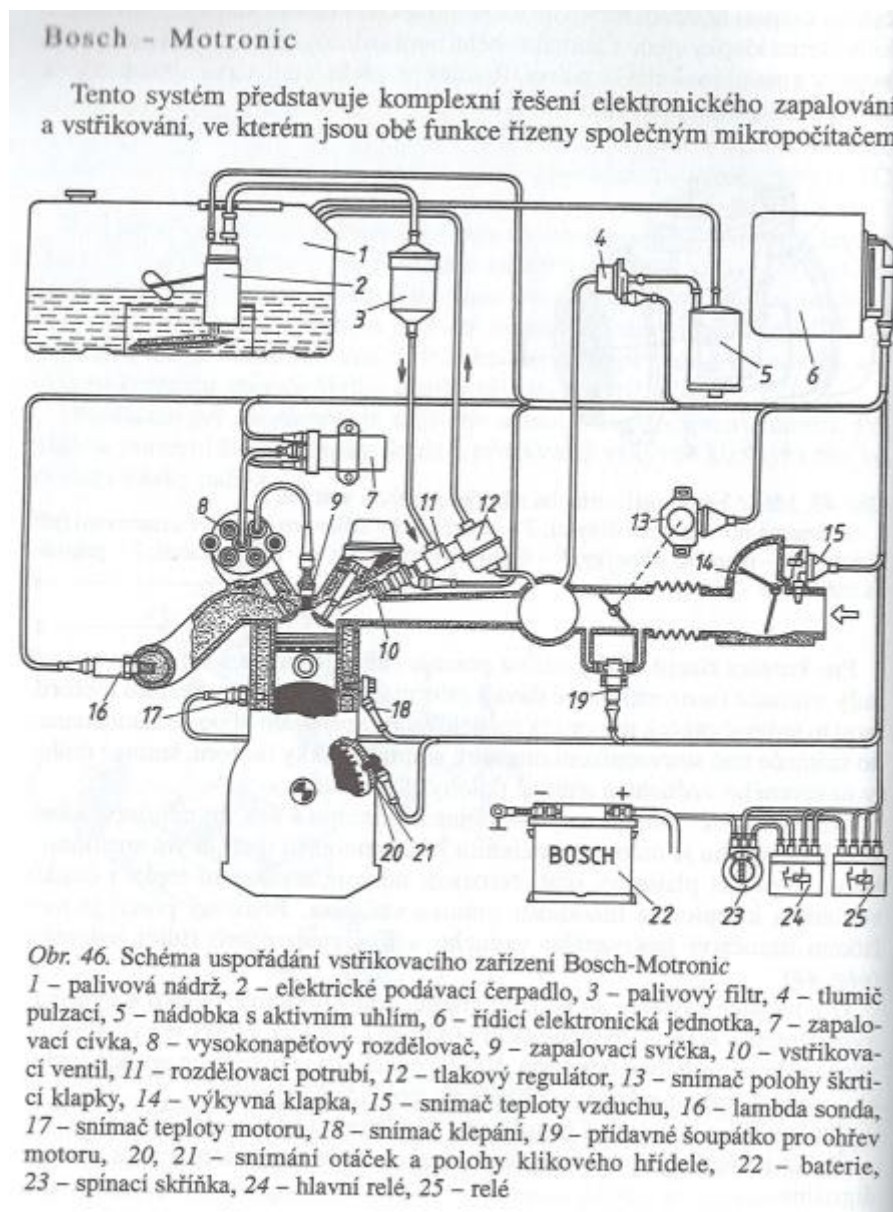
b

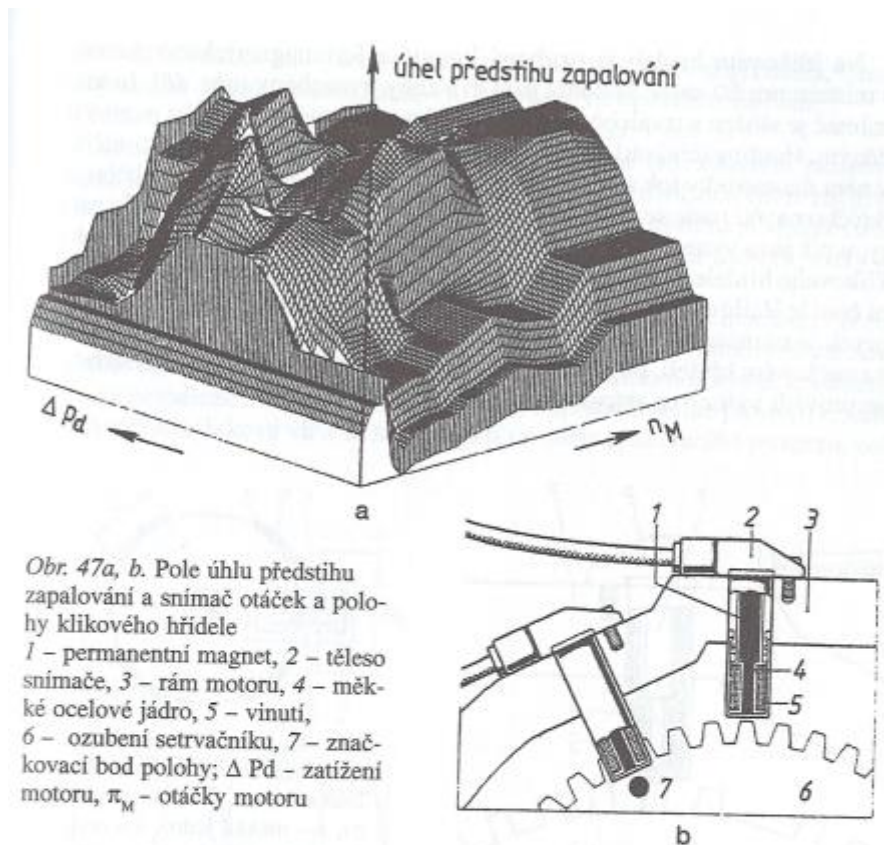
Obr. 27. Vstřikování
 a) jednobodové, b) vícebodové
 1 - palivo, 2 - vzduch, 3 - škr-
 ticí klapka, 4 - sací potrubí,
 5 - vstřikovací ventil, 6 - motor



Obr. 28. Porovnání druhů vstřikování
 a) přímý vstřík, b) vstřík do sacího kanálu,
 c) vstřík do sacího potrubí

Příklad vstřikovacího systému:





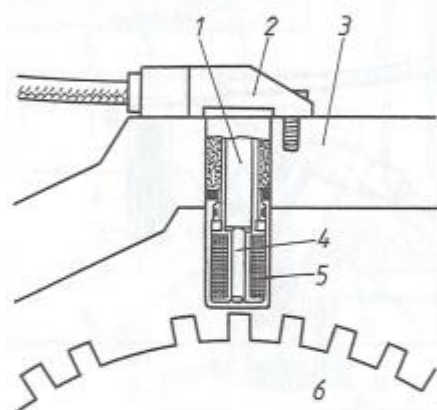
Obr. 47a, b. Pole úhlu předstihu zapalování a snímač otáček a polohy klikového hřídele

1 – permanentní magnet, 2 – těleso snímače, 3 – rám motoru, 4 – měkké ocelové jádro, 5 – vinutí, 6 – ozubení setrvačníku, 7 – značkovací bod polohy; ΔPd – zatížení motoru, n_M – otáčky motoru

(obr. 46). V základním provedení jde o řízení předstihu zapalování, okamžiku vstřiku a dávky paliva v závislosti na otáčkách motoru, zatížení motoru, teplotě motoru a na tlaku a teplotě nasávaného vzduchu. Tomu je třeba přizpůsobit systém snímačů a akčních členů. Absolutní synchronizace obou činností vede k jízdnímu komfortu ve všech režimech chodu motoru. Systém bývá často označován jako tzv. *elektronický motormanagment*.

Klasická odstředivá a potlaková regulace předstihu zapalování je nahrazena elektronicky použitelným polem okamžiku zapalování v závislosti na otáčkách a zatížení. Určení polohy pístu ve válci je důležité pro stanovení úhlu předstihu zážehu. Snímač na klikovém hřídeli může podat informaci o poloze pístů všech válců motoru. Rychlost, s jakou se mění poloha klikového hřídele, je využita pro určení otáček motoru. Tato informace se získá ze signálu polohy klikového hřídele. U starších systémů byly tyto snímače dva a sice jeden pro polohu klikového hřídele a druhý pro informaci počtu otáček motoru (obr. 47).

Na klikovém hřídeli je ozubený kotouč z feromagnetického materiálu s místem pro 60 zubů, přičemž jsou dva zuby vynechány (obr. 48). Indukční snímač je složen z trvalého magnetu a jádra z magneticky měkké oceli s měděným vinutím (cívkou). Procházejí-li hrany zubů pod snímačem, mění se v něm magnetický tok a indukují se střídavé napětí. Amplituda průběhu střídavého napětí roste se zvyšujícími se otáčkami. V momentu přechodu meze-ry, v níž jsou vynechány dva zuby, se amplituda změní podle signálu polohy klikového hřídele. V současnosti je často používán Hallův snímač. Jeho hlavní částí je Hallův polovodičový prvek, kterým prochází elektrický proud. Tento prvek je umístěn v magnetickém poli a je řízen clonou s výřezy, upevněnou na vačkovém hřídeli, popř. na hřídeli rozdělovače. Zapalování u starších typů se provádí výřezy na setrvačniku motoru.



Obr. 48. Kombinovaný snímač
1 – permanentní magnet, 2 – těleso snímače, 3 – těleso motoru, 4 – měkké jádro, 5 – cívka, 6 – zubové kolo

Clona je vyrobena z feromagnetického materiálu. Svým pohybem vytváří v Hallově prvku elektrické napětí, které je kolmé na elektrický proud. Řídící jednotka během průchodu výřezu clony nebo velké mezery ozubeného kotouče zjistí, jaké je napětí v Hallově snímači, a podle toho určí polohu pístu prvního válce. Průběh signálu z Hallova snímače nemá tvar sinusoidy jako u indukčního snímače, ale je obdélníkový (obr. 49).

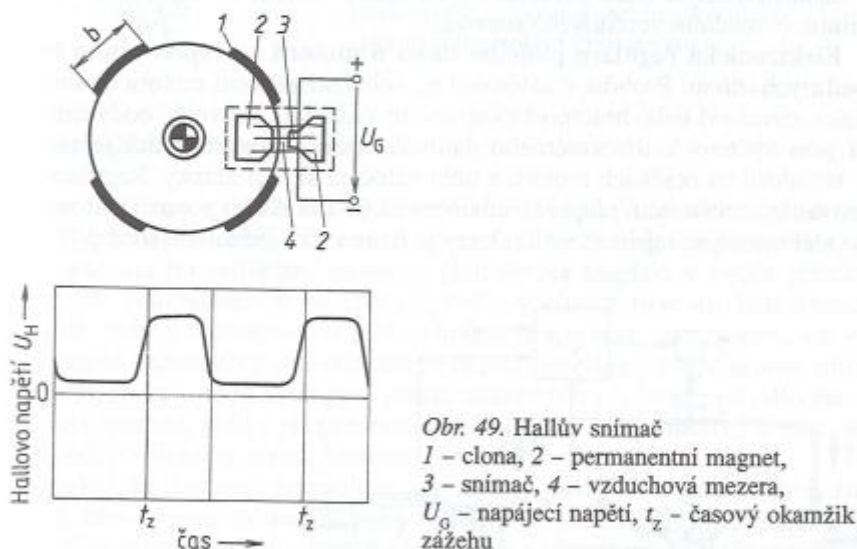
Základní funkce doplňují další řídicí a regulační funkce, které ovládají snížení emise a spotřebu paliva a umožňují kontrolu složení výfukových plynů. Patří sem regulace volnoběžných otáček, lambda regulace, řízení zachycení a využití odpařeného paliva, regulace detonačního hoření (klepání motoru), zpětné vedení výfukových plynů pro snížení oxidů dusíku ve výfukových plynech, řízení systému přidávaného vzduchu pro snížení uhlovodíku ve výfukových plynech. Podle požadavků výrobců automobilů lze tento systém do-

plnit o další funkce jako jsou regulace plnicího tlaku turbodmyhadla, řízení délky sacího potrubí, řízení nastavení časování ventilového rozvodu.

Přehled systémů řízení motoru BOSCH je uveden v *tab. 1*.

Řízení zachycení a využití odpařeného paliva. Odvzdušnění palivové nádrže je provedeno do zásobníku s aktivním uhlím, jehož účelem je zachytit unikající uhlovodík při zastaveném motoru. Za chodu motoru jsou uhlovodíky ze zásobníku odsávány přes regenerační ventil do sání motoru, který je řízen řídicí jednotkou (viz *obr. 46*, bod 4 a 5).

Regulace detonačního hoření (klepání motoru). Při detonačním hoření může být rychlost šíření plamene větší než $2\,000\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, zatímco během normálního spalování je rychlost hoření asi $30\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Přitom dochází k silnému stlačení nespálené směsi, která se může v jiné části spalovacího prostoru vznítit. Takto vzniklá tlaková vlna se šíří a naráží na stěny spalovacího prostoru, což



Obr. 49. Hallův snímač

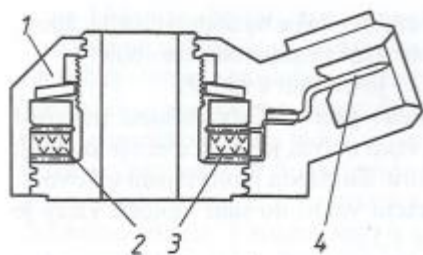
1 – clona, 2 – permanentní magnet,

3 – snímač, 4 – vzduchová mezera,

U_G – napájecí napětí, t_z – časový okamžik zážehu

se projeví klepáním motoru. Dlouhotrvající detonační hoření může svými tlakovými vlnami a zvýšeným tepelným namáháním způsobit mechanické poškození hlavy válce, jejího těsnění, popř. pístu. Frekvence kmitání při detonačním hoření může být zaznamenána snímačem klepání motoru a převedena na elektrický signál, který je veden do řídicí jednotky (*obr. 50*).

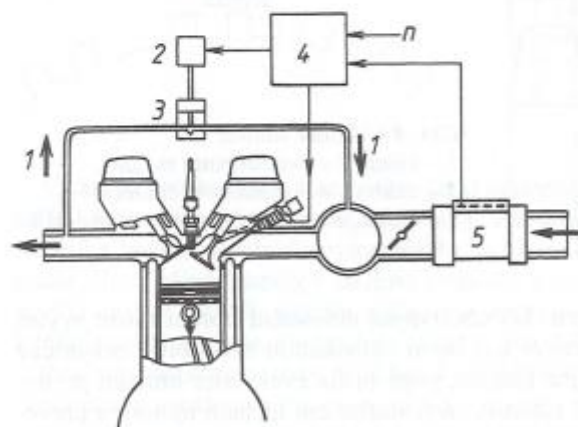
Řídicí jednotka může podle tohoto signálu zasáhnout do řízení předstihu zapalování. Motor může pracovat v celém pracovním rozsahu na hranici klepání s optimálním úhlem předstihu zážehu. Hovoříme o maximální účinnosti motoru.



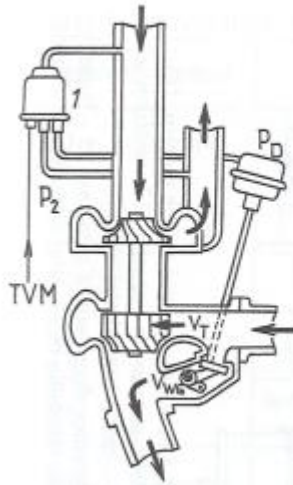
Obr. 50. Snímač klepání
 1 – litá hmota, 2 – piezo-keramický kroužek, 3 – kontaktní kroužky, 4 – elektrické připojení

Zpětné vedení výfukových plynů za účelem snížení oxidů dusíku ve výfukových plynech. Množství zbytkových spalin čerstvé směsi lze měnit buď recirkulací výfukových plynů (EGR, *Electronic Gas Recirculation*) s EGR - ventilem řízeným řídicí jednotkou systémem Motronic (obr. 51), nebo variabilním časováním ventilového rozvodu.

Elektronická regulace plnicího tlaku u motorů s přepřňováním turbodmychadlem. Probíhá v závislosti na velikosti zatížení motoru (snímače tlaku, množství nebo hmotnost nasávaného vzduchu). Provozní body zatížení jsou vyčteny z třírozměrného datového pole v paměti řídicí jednotky v závislosti na otáčkách motoru a úhlu natočení škrticí klapky. Regulace je prováděna otevíráním prepouštěcího ventilu (*Waste-Gate*) pomocí taktovacího elektromagnetického ventilu, který je řízen řídicí jednotkou (obr. 52).



Obr. 51. Recirkulace výfukových plynů
 1 – recirkulace výfukových plynů, 2 – elektropneumatický nastavovač tlaku (ovladač EGR ventilu), 3 – ventil recirkulace výfukových plynů (EGR ventil), 4 – řídicí jednotka, 5 – měřič hodnoty nasátého vzduchu, n – otáčky motoru



Obr. 52. Elektronická regulace plnicího tlaku turbodmychadla

1 – taktovací elektromagnetický ventil, p_2 – plnicí tlak vzduchu, p_0 – tlak v pneumatickém ovladači, TVM – řídicí signál z řídicí jednotky, V_T – objem výfukových plynů procházejících turbinou, V_{WG} – objem výfukových plynů proudících obtokem (Waste-Gate)

Palivová soustava vznětových motorů

Palivová soustava má za úkol dopravit – vstříknout a vhodně rozpráší do spalovacího prostoru motoru přesně stanovené množství paliva v určitém okamžiku. Na její správné funkci závisí průběh hoření ve válci motoru, a tedy i dosažení požadovaného výkonu a hospodárný provoz motoru.

Základní rozdělení palivových systémů

Palivové systémy se dělí podle druhu vstřikovacího čerpadla na:

- řadová vstřikovací čerpadla, která mají stejný počet válců jako motor,
- jednoválcová vstřikovací čerpadla, která dopravují palivo buď do všech válců (rotační rozdělovací vstřikovací čerpadla), nebo jen do některé jejich skupiny, popř. jednoho válce,
- sdružené vstřikovací jednotky, u nichž vstřikovací jednotka a tryska tvoří montážní celek zasazený do hlavy motoru,
- speciální čerpadla dvoupístová pro těžké naftové motory, nebo čerpadla pro vysoké tlaky paliva.

Palivové systémy se dělí podle způsobu regulace na systémy:

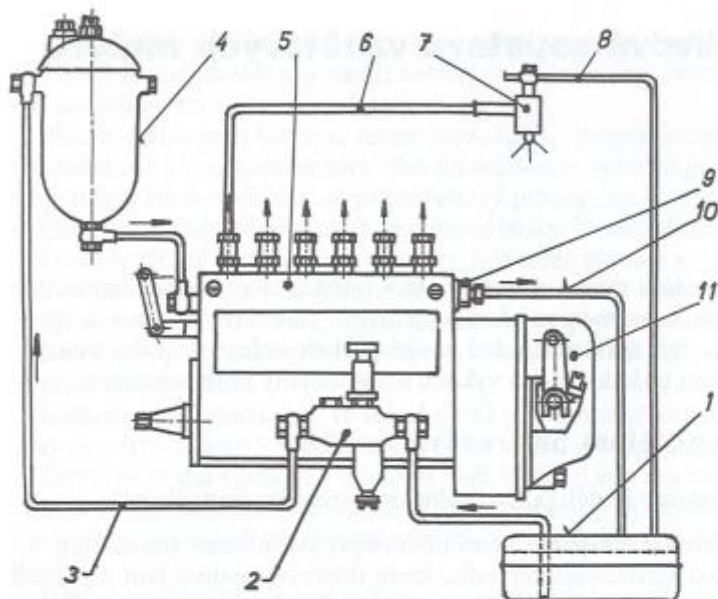
- s mechanickou regulací,
- s elektronickou regulací.

Palivová soustava (obr. 55) se rozděluje na dvě základní části:

- **zařízení pro dopravu a čištění paliva**; sem patří palivová nádrž, palivové potrubí, podávací čerpadlo a čistič paliva;
- **vstřikovací zařízení**; sem patří vstřikovací čerpadlo s vačkovým hřídelem, které se skládá z jedné nebo více vstřikovacích jednotek a příslušenství, tj. regulátor, spojka, přesuvník vstřiku, přidavač paliva a vstřikovače.

Činnost palivové soustavy

Podávací čerpadlo nasává palivo z nádrže a přes hrubý čistič paliva (předčistič) ho vytlačuje potrubím (pod tlakem 0,2 až 0,4 MPa) do jemného čističe paliva. Po vyčištění pokračuje palivo spojovacím potrubím do horní části – sacího kanálu vstřikovacího čerpadla, odkud přitéká nad píst vstřikovací jed-



Obr. 55. Palivová soustava vznětového motoru

1 – palivová nádrž, 2 – podávací čerpadlo s hrubým čističem paliva, 3 – palivové potrubí, 4 – jemný čistič paliva, 5 – vstřikovací zařízení, 6 – vysokotlaké potrubí, 7 – vstřikovač, 8 – odpadní potrubí, 9 – přepouštěcí ventil, 10 – odpadní potrubí, 11 – regulátor

notky. Píst vytlačuje palivo (pod tlakem až 19,6 MPa) přes výtlačný ventil a vysokotlaké potrubí ke vstřikovačům. Vstřikovače rozprašují palivo do jednotlivých válců. Přebytek paliva se vrací potrubím zpět do nádrže.

Podávací čerpadla mohou být podle *konstrukce*:

- pístová,
- membránová,
- zubová,
- jiná.

V palivové soustavě vznětových motorů se nejčastěji používá pístové podávací čerpadlo a u zážehových motorů membránové podávací čerpadlo.

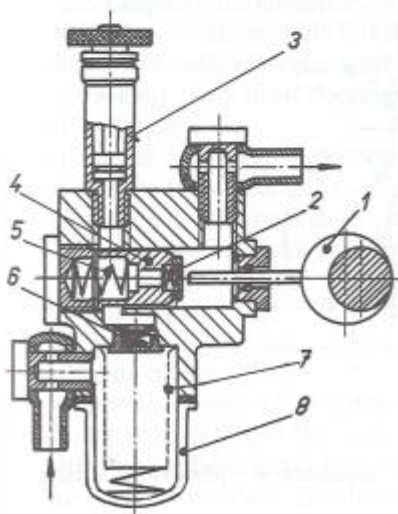
Pístové podávací čerpadlo (obr. 56) je připojeno ke vstřikovacímu čerpadlu a je poháněno vačkovým hřídelem. V tělese podávacího čerpadla se pohybuje píst pomocí tlačného čepu poháněného od vačkového hřídele. Zpětný pohyb pístu do výchozí polohy zajišťuje pružina pístu. Přitom vzniká podtlak a palivo proudí otevřeným sacím ventilem před píst. Pohybem tlačného čepu

se přetlakem paliva v dutině pístu otevře výtlačný ventil a palivo proudí za píst. Dalším pohybem pístu zpět (vlivem pružiny) se výtlačný ventil uzavře a palivo se vytlačuje čelem pístu do výtlačného potrubí, které vede ke vstříkovacímu čerpadlu. Přitom se otevře sací ventil a děj se opakuje.

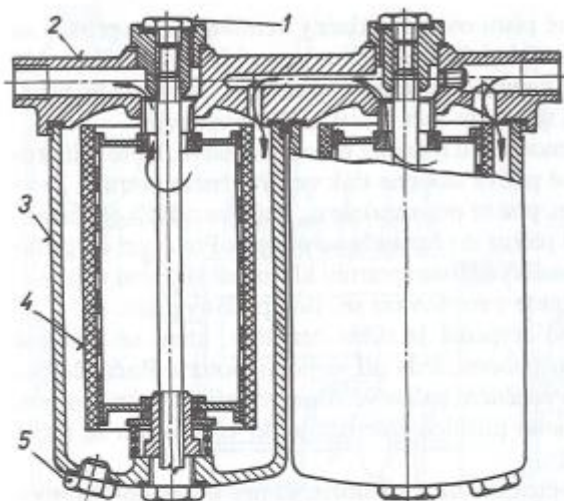
Podávací čerpadlo má samočinnou regulaci množství paliva, které řídí pružina pístu. Při malé spotřebě paliva stoupne tlak ve výtlačném potrubí. Zvýšený tlak stlačí pružinu pístu, píst se posune doleva, a tím se oddálí od tlačného čepu. Pohyb pístu a sání paliva do čerpadla se přeruší. Podávací čerpadlo začne pracovat, až protitlak ve výtlačném potrubí klesne na takovou velikost, že síla tlaku paliva na píst bude v rovnováze se silou pružiny pístu.

V horní části podávacího čerpadla je ruční čerpadlo, které se používá k čerpání paliva nezávisle na pohonu, tedy při stojícím motoru. Ruční čerpadlo se používá hlavně k odvodušnění palivové soustavy při stojícím motoru. Ve spodní poloze pístu se jeho pístnice zašroubuje do víka, a tím se ruční čerpadlo vyřadí z činnosti.

Čističe paliva jsou u vznětových motorů složitější než u zážehových motorů, protože válce a písty vstříkovacích čerpadel se vyrábějí s přesností 0,002 až 0,004 mm. Špatně vyčištěná nafta může způsobit zadření pístů nebo ucpání trysek, a tím vyřadit motor z činnosti. Proto se nafta před vstupem do vstříkovacího čerpadla musí dokonale vyčistit. Palivová soustava vznětových motorů má dva čističe paliva: jeden - předčistič - na čištění hrubých nečistot je namontován před vstupem do podávacího čerpadla, druhý na čištění jemných nečistot je namontován mezi dopravní čerpadlo a plnicí komoru vstříkovacího čerpadla.



Obr. 56. Pístové podávací čerpadlo
 1 - vačka, 2 - výtlačný ventil, 3 - ruční čerpadlo, 4 - píst, 5 - pružina,
 6 - sací ventil, 7 - sítko hrubého čističe, 8 - nádoba čističe

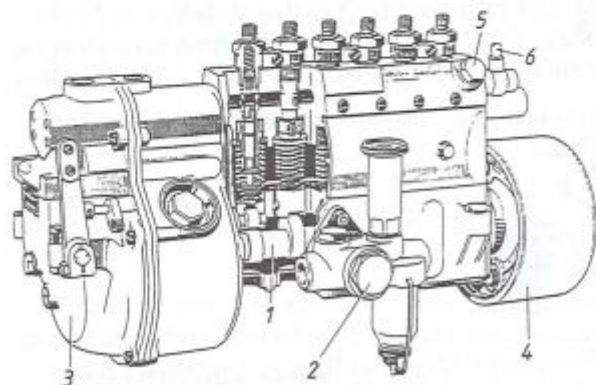


Obr. 57. Jemný dvojstupňový čistič paliva

1 - odvzdušňovací šroub,
2 - víko čističe, 3 - nádoba čističe, 4 - síťová čistící vložka na jemné čištění, 5 - vypouštěcí šroub

Hrubý čistič paliva - předčistič - je lamelový nebo má síťovou filtrační vložku z jemného pletiva. Nečistota se usazuje do nádoby.

Jemný čistič paliva (obr. 57) se vyrábí jako jednoduchý, nebo i jako dvojitý. Čistící vložky jsou plstěné nebo papírové, z materiálů, které mají filtrační schopnost zachytit velmi jemné nečistoty. Palivo vstupuje do čističe přes vložku a zbavené nečistoty protéká do vnitřního prostoru, odkud je spodem



Obr. 58. Blokové vstřikovací čerpadlo

1 - vačkový hřídel, 2 - podávací čerpadlo, 3 - regulátor, 4 - přesuvník vstřiku, 5 - odvzdušňovací šroub, 6 - přívod paliva

vytlačováno do vstříkovacího čerpadla. Při výměně filtračních vložek je třeba čistit paliva odvodušnit odvodušňovacím šroubem na víku čističe.

Vstříkovací zařízení je zařízení motoru, které se skládá ze vstříkovací soupravy, čističe paliva, potrubí a vstříkovačů.

Součástí vstříkovací soupravy (*obr. 58*) je **vstříkovací čerpadlo**, které musí v krátkém časovém intervalu několika setin sekundy a při vysokém tlaku dodat každému válci velmi malé množství paliva s hmotností několika mg. Každý válec motoru má samostatné pístové čerpadlo, které se nazývá vstříkovací jednotka. Všechny vstříkovací jednotky jsou umístěny ve společné hliníkové skříni a jsou ovládány vačkovým hřídelem. Vačkový hřídel je poháněn od klikového hřídele motoru, např. u čtyřdobého motoru se otáčí polovičními otáčkami klikového hřídele.

Požadavky na vstříkovací čerpadlo

a) Každý píst čerpadla musí přesně odměřit a vytlačit potřebnou dávku paliva. Například do válce průměrně velkého motoru nákladního automobilu, který má objem $1,5 \text{ dm}^3$, je možno při plném výkonu vstříknout maximálně $0,075$ až $0,08 \text{ cm}^3$ paliva. Při menším výkonu je vstříkované množství paliva menší a při běhu naprázdno nezátíženého motoru je vstříkovaná dávka asi $1/5$ maximální dávky. Tyto malé dávky musí každý píst čerpadla nejen přesně odměřit, ale i stlačit na vysoký tlak.

b) Píst čerpadla musí dokonale utěsnit vysoký tlak dopravovaného paliva a přitom se musí ve válci lehce pohybovat. Píst těsní ve válci tím, že píst i válec jsou přesně vyrobeny broušením a lapováním a je mezi nimi minimální vůle. Čerpadla automobilových motorů s průměrem pístu 6 až 10 mm mají mezi pístem a válcem vůli $0,0015$ až $0,003 \text{ mm}$. Netěsnost mezi pístem a válcem se vyplní palivem, které píst těsní a současně i maže.

c) Všechny písty musí dopravovat stejné dávky paliva, aby výkon všech válců byl stejný.

d) Změna dávek paliva, kterou se mění výkon motoru, musí být u všech pístů stejná a musí probíhat současně. Proto je regulační ústrojí pro všechny vstříkovací jednotky společné.

e) Počet výtlačných zdvihů pístu, neboli otáčky vačkového hřídele, musí být u dvoudobých motorů stejné jako otáčky klikového hřídele a u čtyřdobých motorů poloviční.

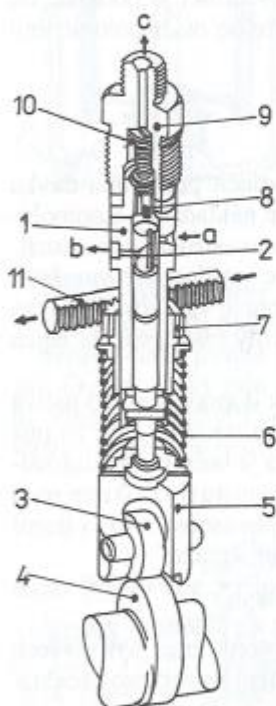
f) Čističe paliva se zařazují dva, tři, někdy i čtyři za sebou, aby se dosáhlo maximální čistoty paliva.

g) Teoreticky správně vyčištěné palivo nemá obsahovat větší mechanické nečistoty než $0,002$ až $0,003 \text{ mm}$.

h) Pohon vstříkovacího čerpadla musí být upraven tak, aby bylo možno seřadit počátek vstříku (základní předvstřík).

ch) Pokud je to vyžadováno, musí být možno předvstřík měnit i za chodu motoru.

Základní částí vstříkovacího čerpadla je **vstříkovací jednotka** (obr. 59). Skládá se z válce a pístu. Správná funkce vstříkovací jednotky je podmíněna přesností výroby pístu a válce. Jejich vzájemná vůle je jen několik tisícín milimetru. Tato přesnost je potřebná pro správnou funkci vstříkovacího čerpadla, které odměřuje přesné dávky paliva a v přesně stanoveném okamžiku je pod vysokým tlakem (až 19,6 MPa) vstříkuje do spalovacího prostoru válce.



Obr. 59. Vstříkovací jednotka

1 - válec vstříkovacího čerpadla, 2 - píst vstříkovacího čerpadla, 3 - kladka, 4 - vačka, 5 - zdvihátko, 6 - pružina pístu, 7 - ozubený prsten regulační objímky, 8 - výtlačný ventil, 9 - výtlačné hrdlo, 10 - pružina výtlačného ventilu, 11 - regulační tyč; a - přívod paliva, b - odvod přebytečného paliva, c - výtlačný tlak paliva

Palivo vstupuje ve směru šípky *a* do válce vstříkovací jednotky. Přesně odměřené množství paliva vytlačí píst výtlačným ventilem do vysokotlakého potrubí k vstříkovači a tryskou do válce motoru. Přebytečné palivo odchází odpadním potrubím zpět do nádrže. Množství vytlačeného paliva se reguluje ozubenou regulační tyčí pohybující se ve směru šipek, která natáčí ozubený prsten regulační objímky, a tím i píst vstříkovacího čerpadla.

U některých vstříkovacích čerpadel se používají tzv. *vkládáné vstříkovací jednotky*, které se jako montážní celek zasunou do skříně vstříkovacího čer-

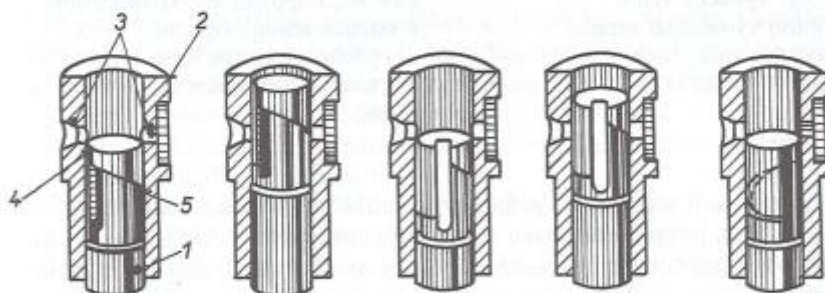
padla. Výhody spočívají v jednoduchosti oprav a snadnosti seřízení (např. Motorpal PP4M7P1c vozu Avia).

Hlava pístu vstřikovací jednotky má dvě *regulační hrany*, svislou a vodorovnou (*obr. 60*), které umožňují regulovat množství vstřikovaného paliva, neboli velikost dávky. Obě hrany jsou na jedné straně spojeny, čímž vzniká *šroubovitá regulační hrana*. Výtlačk paliva trvá jen tak dlouho, dokud šroubovitá hrana pístu neodkryje otvor pro odtok přebytečného paliva. Z prostoru nad pístem palivo odtéká svislou drážkou a dále otvorem ve válci do odpadního potrubí.

Teoretický počátek dodávky paliva (TPD) nastává v okamžiku, kdy horní hrana pístu zakryje sací otvor. Teoretický konec dodávky paliva (TKD) nastává v okamžiku, kdy regulační hrana pístu odkryje přepouštěcí otvor. Teoretický výtlačk nastává při pohybu pístu mezi body TPD a TKD. Místo TPD se někdy udává geometrický počátek dopravy paliva (GDP). Skutečný počátek dopravy paliva nastává dříve. Pro seřizování a nastavení čerpadla se používá TPD, GDP.

Podle konstrukce pístu a umístění regulačních hran se písty dělí:

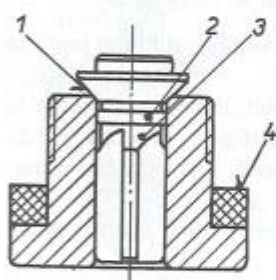
- na písty s konstantním počátkem dopravy paliva, kde horní hrana pístu je rovná a spodní šroubová (nejčastější použití);
- na písty s konstantním koncem dopravy paliva, kde horní hrana pístu je šroubová a spodní rovná. Vzhledem k horní úvratí pístu motoru je zde změna počátku dopravy paliva. Používá se u motorů, které pracují s malým rozmezím pracovních otáček;
- na písty s proměnným počátkem i koncem dopravy paliva (konstrukčně i výrobně náročné a používá se zřídka).



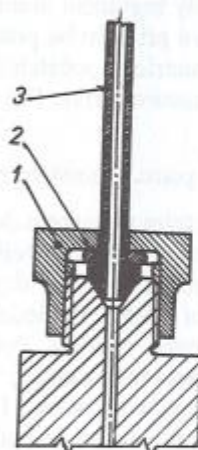
Obr. 60. Regulace dávky paliva

1 – píst, 2 – válec, 3 – otvory ve válci, 4 – svislá hrana, 5 – šroubovitá regulační hrana

Regulační tyč je uložena v horní části vstřikovacího čerpadla a je ovládána pedálem akcelérátoru a odstředivým regulátorem. V dolní části vstřikovacího čerpadla je uložen vačkový hřídel, kterým se pohánějí písty vstřikovacích jednotek. U řadových čerpadel má vačkový hřídel tolik vaček, kolik má čerpadlo vstřikovacích jednotek. Některá vstřikovací čerpadla mají na vačkovém hřídeli excentr pro pohon podávacího čerpadla. Hřídel je uložen ve dvou, většinou valivých ložiskách. Mezi písty a vačkami jsou **pístová zdvihátka**, která slouží k přenosu pohybu vačky na píst. Používá se výhradně zdvihátek s válcovou kladkou, která zmenšuje tření mezi vačkou a zdvihátkem. Vedení zdvihátka se dosahuje přečnivajícím čepem kladky. Pístové pružiny zprostředkují pohyb pístu z horní do dolní úvratě.



Obr. 61. Výtlačný ventil
1 – kužel výtlačného ventilu,
2 – odlehčovací pístek, 3 – vodítko
ventilu, 4 – těsnění



Obr. 62. Připojení vstřikovací trubky
k vstřikovacímú čerpadlu
1 – přesuvná matice vstřikovací trubky,
2 – podložka šroubení, 3 – vstřikovací
trubka

V horní části vstřikovací jednotky je umístěn **výtlačný ventil** (obr. 61), který zabráňuje zpětnému toku paliva ze vstřikovací trubky zpět do válce vstřikovací jednotky a současně odlehčuje vstřikovací trubku od působení vysokého tlaku. Snížení tlaku ve vstřikovací trubce a ve vstřikovací trysce řídí ukončení vstřikování paliva, které má být co nejrychlejší bez odkapávání paliva. To by způsobovalo zvýšenou spotřebu paliva a kouření motoru. Dalším úkolem výtlačného ventilu je zmenšovat množství dodávaného paliva při vyšších otáčkách motoru.

Vstřikovací trubka (obr. 62) může ovlivňovat okamžik počátku vstřikování paliva, protože tlaková vlna se při počátku výtlačku šíří v palivu stejnou rychlostí, jako se v palivu při stejných podmínkách šíří zvuk. Proto při nestejně délkách vstřikovacích trubek mohou nastat rozdíly počátku skutečného vstřiku paliva mezi jednotlivými válci, i když je vstřikovací čerpadlo správně nastaveno. Vzhledem k rychlosti šíření tlakových vln musí mít vstřikovací trubky stejné délky a stejnou světlost bez místního zúžení. Tloušťka stěn musí být volena tak, aby trubky co nejméně pružily. Jejich vnitřní průměr bývá 1,5 až 5 mm, vnější 5 až 15 mm.

Vstřikovací trubky musí odolávat vysokým tlakům, a proto se vyrábějí z ocelových bežešvých trubek s vysokou pevností. K výtlačnému hrdlu vstřikovacího čerpadla a ke vstřikovací se vstřikovací trubka připevňuje těsnicím kuželem a přesuvnou maticí. Těsnicí kužel je na trubku buď nasunutý a připájený mosazí, nebo se vylišuje přímo na konec trubky. V druhém případě musí být mezi těsnicí kužel a přesuvnou maticí vložena ocelová podložka.

Regulátor vstřikovacího čerpadla řídí dávkování paliva vstřikovaného čerpadlem do válce motoru. Podle regulace se rozlišuje *regulátor výkonnostní*, *regulátor omezovací* a *regulátor univerzální* (s regulací omezovací i výkonnostní).

Výkonnostní regulátor nastavuje při zvolených otáčkách množství paliva, které je podle odebíraného výkonu třeba k udržení požadovaných otáček. Používá se u užitkových vozidel, např. traktorů, nebo u stacionárních motorů. Omezovací regulátor reguluje nízké otáčky motoru při běhu naprázdno a nedovoluje překročení maximálních otáček motoru. Používá se pro vozidlové motory osobních a nákladních automobilů.

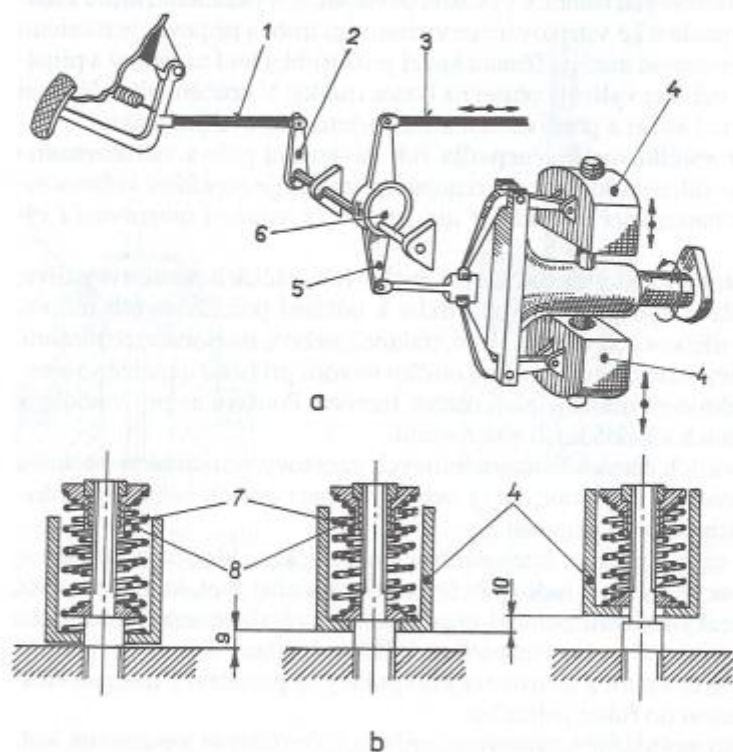
U vstřikovacích čerpadel automobilových vznětových motorů se většinou používá omezovací regulátor, který není v rozmezí otáček běhu naprázdno a maximálních otáček v činnosti.

Regulace se dále dělí na mechanickou a elektrickou. Množství vstřikovaného paliva se reguluje u řadových čerpadel regulační tyčí, která se ovládá buď mechanicky řidičem pomocí akcelérátoru a zásahem regulátoru, nebo elektromagneticky řízením elektrickou řídicí jednotkou. I v tomto případě řidič ovládá akcelérátor a snímačem jeho polohy se požadavek dostane elektronickou cestou do řídicí jednotky.

Omezovací regulátor vstřikovací čerpadla (obr. 63a) je nasazen na zadním konci vačkového hřídele vstřikovacího čerpadla a tvoří s ním jeden celek. Reguluje otáčky při běhu motoru naprázdno a současně nedovoluje překročit maximální otáčky.

Omezovací regulátor má závaží regulátoru (obr. 63b), v nichž jsou uloženy pružiny regulátoru. Jedna pružina reguluje otáčky běhu naprázdno a druhá maximální otáčky motoru. Pružina pro regulaci otáček běhu naprázdno doseďá na dno závaží, pružina pro regulaci maximálních otáček motoru (omezo-

vací pružina) se opírá o vnitřní miskou pružiny regulátoru. Když motor nepracuje, pružina pro regulaci otáček běhu naprázdno tlačí závaží regulátoru tak, že dosednou do sedel. Po spuštění motoru odstředivá síla závaží přemůže sílu pružiny pro regulaci otáček běhu naprázdno. Při regulování běhu naprázdno se závaží pohybují v mezích mezi sedly a vnitřní miskou pružiny regulátoru. Tento pohyb se přenáší pákou závaží přes regulační čep na regulační páku. Regulační páka je dvouramenná, uložena na výstředniku, druhým ramenem je spojena s regulační tyčí čerpadla, kterou se mění množství vstřikovaného paliva. Pohyb regulační páky se ovládá pedálem akceleratoru, kterým se přes převod natáčí výstředníkový hřídel. Natočením výstředníku se potom vychy-



Obr. 63. Omezovací regulátor vstřikovacího čerpadla

a) schéma ovládání regulační tyče: 1 - táhlo pedálu akceleratoru, 2 - ovládací páka, 3 - regulační tyč, 4 - závaží regulátoru, 5 - regulační páka, 6 - výstředník

b) polohy závaží regulátoru: 4 - závaží regulátoru, 7 - pružina regulátoru pro běh naprázdno, 8 - pružina regulátoru pro omezení maximálních otáček, 9 - rozsah regulace při běhu naprázdno, 10 - rozsah regulace při maximálních otáčkách

luje regulační páka. Pohyb regulační tyče může být vyvozen jednak natáčením výstředníku regulační páky, který ovládá fidič, nebo působením regulátoru na konec regulační páky.

Po spuštění motoru se regulační páka nastaví pomocí výstředníku z polohy pro maximální dodávku do takové polohy, aby se motor nerozebíhal a aby měl pravidelné otáčky běhu naprázdno. Když se z jakýchkoli důvodů otáčky motoru sníží, zmenší se odstředivá síla závaží a síla pružin pro regulaci běhu naprázdno posune závaží blíže ke středu otáčení. Tento pohyb se přenese až na regulační tyč čerpadla, která se posune tak, že se dodávka paliva zvětší a motor pracuje v původních otáčkách. Při chodu motoru v rozmezí mezi otáčkami běhu naprázdno a maximálními otáčkami závaží svými dny dosahují spodního okraje vnitřních misek pružin regulátoru pro regulaci maximálních otáček motoru. Tyto pružiny svou tuhostí brání dalšímu pohybu závaží. V tomto režimu se regulační čep nepohybuje a okolo něho se vykyvuje regulační páka, která posouvá regulační tyč čerpadla. Množství vstřikovaného paliva (dávka) se mění jen pohybem výstředníkového hřídele. Když motor dosáhne maximálních otáček, síla pružin regulátoru bude v rovnováze s odstředivou silou závaží. Při překročení těchto otáček se zvětší odstředivá síla závaží regulátoru, překoná odpor pružin, závaží se vychylují dále od středu otáčení a tento pohyb se přenáší na regulační tyč, která se pohybuje ve směru *stop*.

Výkonnostní regulátor je konstrukčně velmi podobný omezovacímu. Základní rozdíl spočívá v tom, že regulátor má v každém závaží pouze jednu pružinu, která je montována bez předpětí. Regulátor neovlivňuje volnoběžné otáčky a reagovat začíná teprve v okamžiku, kdy jsou překročeny stanovené otáčky, nebo při jejich poklesu u většího zatížení motoru. Volnoběžné otáčky se nastavují ručně pomocí táhla nebo páky.

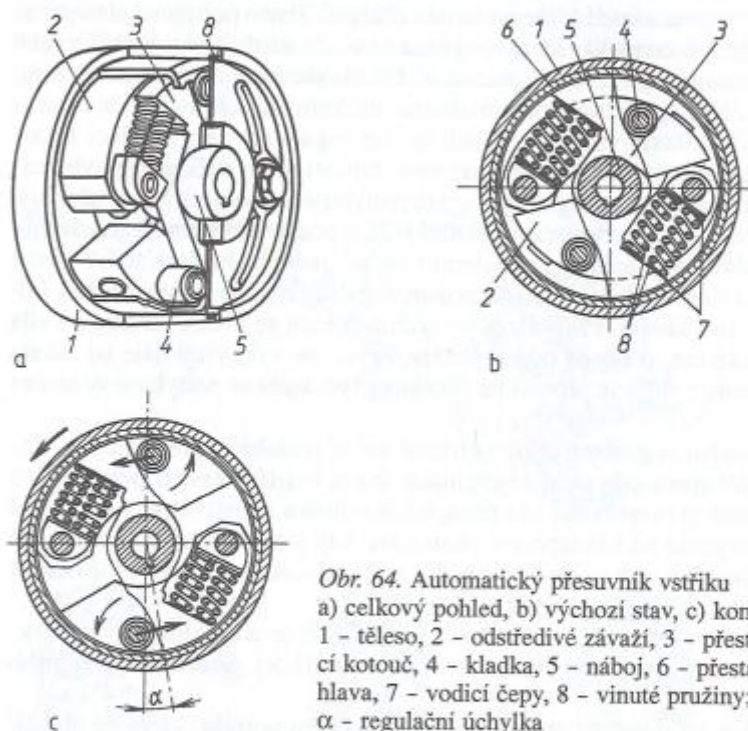
U některých osobních a nákladních automobilů se u rychloběžných vznětových motorů používá **výkonnostní pneumatický podtlakový regulátor**.

Je založen na principu změny podtlaku v sacím potrubí, který se přenáší hadicí na membránu podtlakového regulátoru a ovládá regulační tyč. Zvýšený podtlak, který odpovídá zvýšeným otáčkám, posune membránou regulační tyč vstřikovacího čerpadla do polohy běhu naprázdno, a naopak.

Automatický přesuvník vstřiku (*obr. 64*). Pokud rozsah pracovních otáček vznětového motoru nebyl velký, vystačilo se s neproměnným předstihem vstřiku, při němž motor pracoval uspokojivě při nízkých i vysokých otáčkách. V současnosti se rozsah pracovních otáček vznětových motorů zvýšil (otáčky běhu naprázdno 400 až 500 min^{-1} , jmenovité otáčky 2 500 až 4 500 min^{-1}). V tomto rozmezí otáček se již nevystačí s neproměnným předstihem vstřiku. S rostoucími otáčkami se předstih vstřiku musí přibližně úměrně zvětšovat, aby motor pracoval v celém rozsahu otáček hospodárně. Tuto funkci

zabezpečuje automatický přesuvník vstřiku. U řadových čerpadel se nejčastěji používají odstředivé přesuvníky vstřiku.

Těleso přesuvníku tvoří hnací část. Jsou na něm otočně uložena dvě odstředivá závaží na čepích. Jeden konec každého závaží je zatížen dvojicí tlačných pružin, druhým koncem se závaží prostřednictvím kladky opírá o zakřivenou dráhu na přestavovacím kotouči. Přestavovací kotouč je spojen



Obr. 64. Automatický přesuvník vstřiku
a) celkový pohled, b) výchozí stav, c) konečný stav
1 - těleso, 2 - odstředivé závaží, 3 - přestavovací kotouč, 4 - kladka, 5 - náboj, 6 - přestavovací hlava, 7 - vodící čepy, 8 - vinuté pružiny;
 α - regulační úchylka

s nábojem, který je uložen na váčkovém hřídeli vstřikovacího čerpadla, a s přestavovací hlavou, která je uložena otočně v tělese přesuvníku. Při otáčení vstupní části působí odstředivá síla na závaží, která se oddalují od osy rotace. Tím dochází ke stlačování pružin a pohybu kluzných kladek po zakřivené ploše přestavovacího kotouče. Přestavovací kotouč a s ním i náboj a váčkový hřídel se natáčeji ve směru otáčení, a tím se při rostoucích otáčkách předstih vstřiku zvyšuje. Stav přesuvníku vstřiku při nominálních otáčkách (počáteční) a při maximálních otáčkách (konečný) – viz obr. 64a, b.

Spojka vstřikovacího čerpadla spojuje váčkový hřídel vstřikovacího čerpadla s hnacím hřídelem a tlumí kmity motoru. Skládá se z hnaného unášeče

spojky, křížové vložky spojky a hnacího unášeče, který se skládá ze dvou částí - náboje a stavitelné příruby - vzájemně přestavitelných. Pomocí nich se po montáži nebo při opravách nastavuje správný začátek vstřiku paliva.

Označení vstřikovacích čerpadel (Motorpal)

Způsob označování vstřikovacích čerpadel si nejlépe ukážeme na příkladu. Například označení PV4B8L626e značí:

- P - vstřikovací čerpadlo,
- V - vlastní pohon,
- 4 - počet válců motoru,
- B - velikost čerpadla,
- 8 - průměr pístu (mm),
- L - tvar regulační hrany - levá,
- 6 - poloha vačkového hřídele a pořadí vstřiku,
- 2 - uložení regulátoru nebo volného konce vačkového hřídele,
- 6 - poloha a úprava poháněcí strany čerpadla,
- e - provedení.

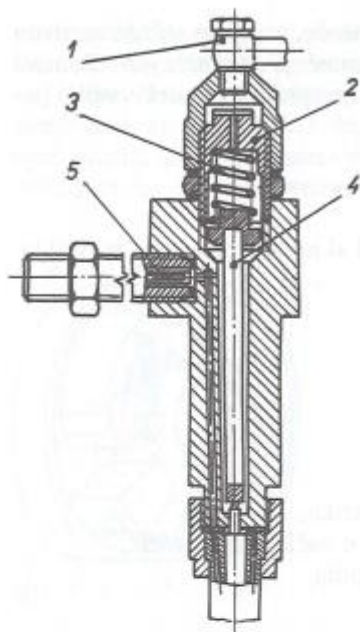
Vstřikovač

Vstřikovač (*obr. 65*) má za úkol přivést palivo do spalovacího prostoru a rozpráshit ho. Současně řídí velikost vstřikovacího tlaku. Skládá se z těchto částí:

- držák trysky,
- vstřikovací tryska.

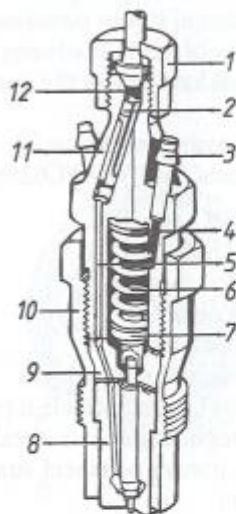
Palivo dodávané čerpadlem se přivádí vstřikovací trubkou do vstřikovače ke vstřikovací trysce, která je k držáku připevněna upínací maticí trysky. Zdvih jehly trysky je omezen dosedací plochou nad jehlou, v níž je otvor pro tlačnou tyčku vstřikovače s menším průměrem, než je průměr vodící části jehly. Tlačná tyčka vstřikovače je k jehle trysky přitlačována tlakem pružiny vstřikovače přes miskou tlačné tyčky. Horní konec pružiny vstřikovače se opírá o seřizovací šroub vstřikovače, kterým se nastavuje předpětí pružiny, a tím velikost otevíracího tlaku trysky.

Tento údaj uvádí výrobce vozidla. Vstřikovací tlak je podstatně vyšší. Z prostoru pružiny vede kanál k odpadnímu potrubí, kterým se odvádí palivo uniklé netěsností jehly zpět do nádrže.



Obr. 65. Vstřikovač

1 - odpadní potrubí, 2 - seřizovací šroub vstřikovače, 3 - pružina vstřikovače, 4 - tlačná tyčka, 5 - čistící vložka vstřikovače



Obr. 66. Držák s čepovou tryskou

1 - převlečná matice s vysokotlakým potrubím, 2 - kovový čistič (štěrbinový), 3 - odpadní potrubí, 4 - seřizovací podložky, 5 - tlakový kanálek, 6 - tlačná pružina, 7 - tlačný čep, 8 - tryska, 9 - mezikus, 10 - dutá matice trysky, 11 - těleso držáku, 12 - vstup paliva

Základní typy vstřikovačů jsou značeny (Motorpal):

VN - normální, k hlavě motoru se připevňuje zvláštním třmenem,
 VZ - zavrtaný, k hlavě motoru se připevňuje maticí,
 VH - s chlazením vstřikovací trysky,
 VA - zvláštní provedení vstřikovače,
 VP - s upevněním přírubou.

Ostatní typy představují zahraniční výrobci (např. Bosch). Upevnění závitové je obvyklé u čepových trysek (obr. 66).

Elektronické řízení vstřikování paliva u vznětových motorů

Vývoj vozidel se vznětovými motory se v poslední době zaměřuje na snížení škodlivin ve výfukových plynech, zvýšení výkonu, snížení spotřeby paliva a zvýšení jízdního komfortu. Zohledněním všech těchto požadavků se podstatně zvyšují nároky na systém vstřikování paliva.

Tyto nároky splňuje elektronická regulace vstřikování paliva vznětových motorů – EDC (*Electronic Diesel Control*), popř. DDE (*Digital Diesel Electronic*), obr. 78.

Systém umožňuje elektronické zpracování dat a zapojení regulačních okruhů s elektronickými akčními členy. Ve srovnání s běžným mechanickým regulátorem tak nabízí vylepšení klasických regulačních funkcí a zároveň celou řadu nových funkcí.

Tento systém se uplatňuje u rychloběžných motorů pro nákladní i osobní vozidla. Používá se jak u čerpadel řadových, tak u rozdělovacích rotačních a v současné době i u systémů nových.

K hlavním faktorům ovlivňujícím spalování a chod vznětového motoru patří:

- množství vstřikovaného paliva,
- počátek vstřiku,
- množství recirkulovaných spalin,
- plnicí tlak.

Pro správný chod vznětového motoru musí být tyto veličiny v každém provozním režimu optimálně nastaveny. Regulační okruhy výše uvedených hlavních veličin tuto optimalizaci umožňují.

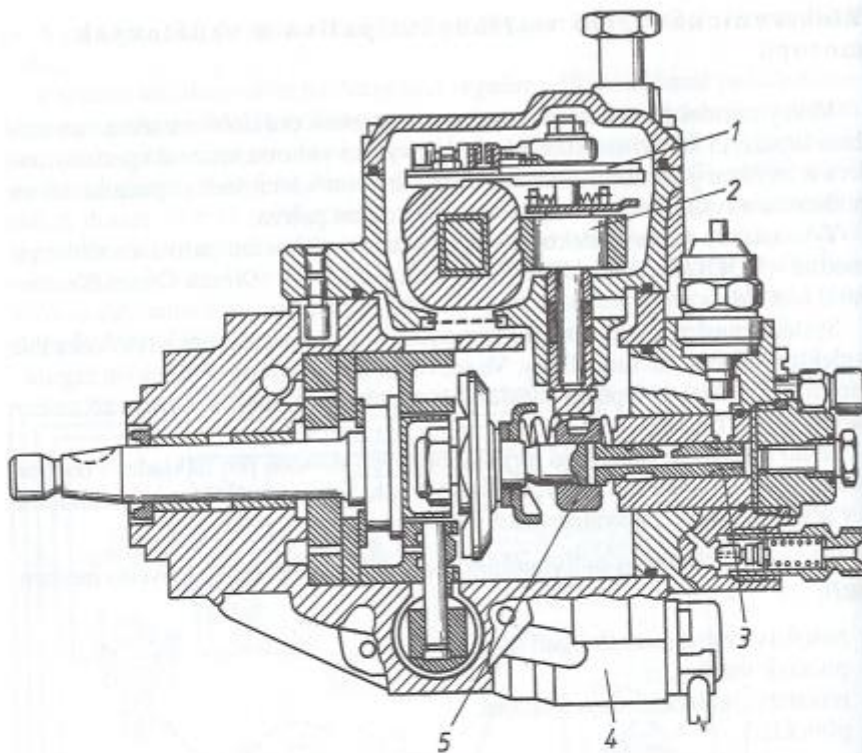
Elektronické řízení vstřikování paliva zahrnuje tyto systémové bloky:

- snímače k vyhodnocení provozních režimů a podmínek (jejich funkce je uvedena dále),
- řídicí jednotka s mikroprocesorem,
- akční členy, převádějící elektrické výstupní signály řídicí jednotky na mechanické veličiny.

Ve vstřikovacím čerpadle se mechanická regulace vstřikovaného množství paliva nahrazuje elektromagnetickým regulátorem s nastavovačem vstřikovaného množství paliva.

Tlak na pístek přesuvníku vstřiku je modulován magnetickým ventilem k regulaci počátku vstřiku (obr. 79).

Pro zlepšení chodu motoru a snížení emisí je zařízení doplněno elektro-pneumatickým měničem plnicího tlaku s recirkulací výfukových zplodin.

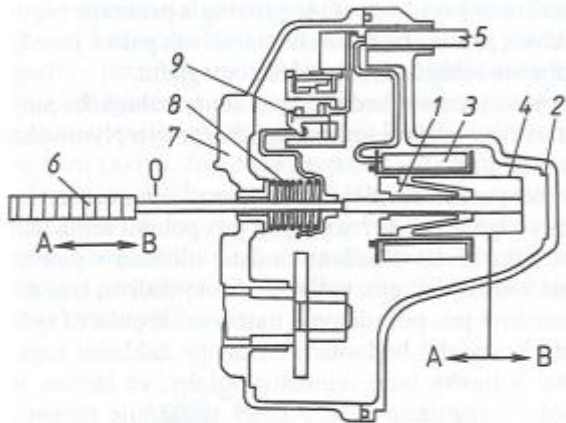


Obr. 79. Rotační čerpadlo s elektronickou regulací
 1 - snímač polohy regulačního šoupátka, 2 - nastavovač vstřikovaného množství paliva, 3 - rozdělovací pístek, 4 - magnetický ventil k regulaci počátku vstřiku, 5 - regulační šoupátko

Funkce některých snímačů:

- *snímač vstřikovacího čerpadla* umístěný ve spodní části u vačkového hřídele snímá počet otáček,
- *snímač pohybu regulační tyče* snímá okamžitou polohu regulační tyče (viz obr. 78) - řadové čerpadlo s přestavovacím ústrojím představuje obr. 80,
- *snímač počtu otáček motoru* (systém Bosch - Motronic) - viz obr. 78,
- *snímač velikosti plnicího tlaku* (viz obr. 78) - je odporový, piezoelektrický a měří plnicí tlak ve výtlačném potrubí plnicího dmyhadla,
- *snímače teploty* (viz obr. 78) - snímají teplotu nasávaného vzduchu, teplotu chladicí kapaliny a paliva,

- *snímač rychlosti jízdy* – pro zjištění rychlosti může sloužit buď tachograf, nebo samostatný senzor,
- *snímač polohy plynového pedálu* (viz obr. 78) – tvoří jej potenciometr, který snímá polohu plynového pedálu, odpovídající režimu jízdy. Snímač nahrazuje mechanický převod mezi plynovým pedálem a vstřikovacím čerpadlem,
- *snímač ovládní brzdy, motorové brzdy a spojky* – čidla, která předávají požadované signály do řídicí jednotky



Obr. 80. Přestavovací ústrojí

1 – doraz START, 2 – doraz STOP, 3 – cívka, 4 – jádro, 5 – elektrická přípojka, 6 – regulační tyč, 7 – skříň, 8 – vratná pružina, 9 – snímač polohy; A - dráha regulační tyče (START), B - dráha regulační tyče (STOP)

U některých systémů jsou ještě tyto snímače:

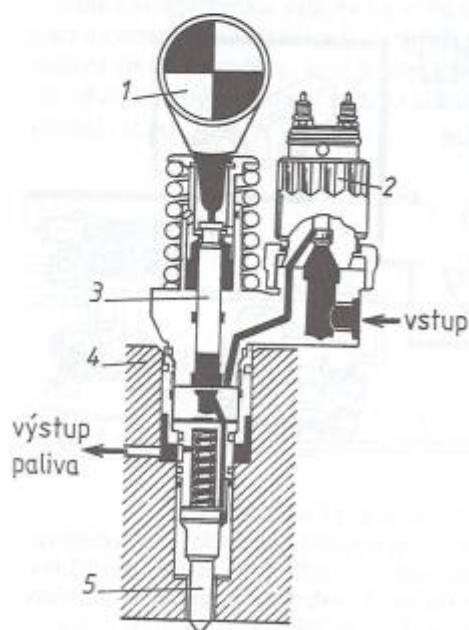
- *snímač počátku vstřiku paliva* – snímač je zabudován přímo do vstřikovače, a okamžik počátku vstřiku paliva je odvozen od pohybu jehly vstřikovací trysky,
- *snímač polohy horní úvrati* (ve spojení se snímačem otáček motoru) – viz systém Motronic.

Elektronická řídicí jednotka přijímá a zpracovává signály od snímačů. V paměti řídicí jednotky může být uložena celá řada různých hodnot snímaných veličin. Zatížení a počet otáček představují základní hodnoty. Ostatní veličiny jsou pouze pomocné.

Nové vstřikovací systémy

Zpřísňování nároků na spotřebu paliva, výkon motoru, ale zejména na čistotu spalin, vedlo výzkum k vývoji nových způsobů vstřikovacích systémů. Pro motory s velkým výkonem s přímým vstřikem paliva už tlakový systém axiálních pístových rozdělovacích čerpadel nestačí. Sdružené vstřikovací jednotky v kombinacích: čerpadlo - tryska (PDE, *Pumpe - Düse - Element*) nebo čerpadlo - potrubí - tryska (PLD, *Pumpe - Leitung - Düse*) dosahují vysokých tlaků, a to až 200 MPa.

Vysokými tlaky se dosahuje tzv. atomizace paliva, neboli dokonalého spalování bez nespálených částic. Kombinace jednotky čerpadlo - tryska a čerpadlo - potrubí - tryska (obr. 81) jsou **elektronicky řízené vysokotlaké vstřikovací systémy**. Jsou poháněné vačkovým hřídelem motoru. Magnetické spínací ventily umožňují celkem libovolně ovládat začátek vstřikování a dávkování paliva. Jednotka čerpadlo - tryska se montuje přímo do hlavy válce motoru. Je konstruovaná jako jednoválcové vstřikovací čerpadlo se zabudovaným magnetickým ventilem a tryskou. Pohání se přes vahadlo z vačkového hřídele motoru. Magnetický ventil se aktivuje impulzem elektronické regulace vstřikování nafty (EDC). Můžeme se setkat i s názvem *čerpadlový vstřikovač*.



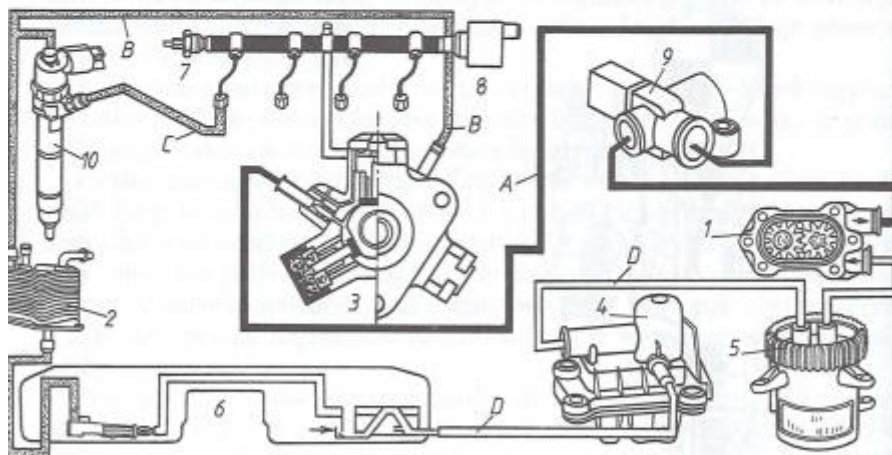
Obr. 81. Sdružená vstřikovací jednotka s elektromagnetickým ventilem
1 - vačka, 2 - elektromagnetický ventil, 3 - píst vstřikovací jednotky, 4 - motor, 5 - vstřikovací tryska

Systém čerpadlo - potrubí - tryska pracuje na stejném principu. Krátké vysokotlaké potrubí mezi čerpadlem a tryskou však vytváří více prostoru pro umístění vačkového hřídele v bloku motoru nebo v hlavě válců. Protože se používají obvyklé trysky, je tento systém vhodný zejména pro malé průměry válců a pro motory, kde jsou čtyři ventily na válec s centrálním umístěním vstřikovačů.

Zásobníkový vstřikovací systém

Zásobníkový vstřikovací systém (*Common Rail*) rovněž dosahuje tlaku až 160 MPa.

Funkce zásobníkového vstřikovacího systému: Zásobníkový vstřikovací systém (*obr. 82*) má oddělené vytváření tlaku od vstřikování. Vstřikovací tlak se může vytvářet nezávisle na otáčkách motoru a na vstřikovaném množství paliva. Při vstřikování je tlak před tryskou téměř konstantní, může mít hodnotu až do 160 MPa. Tento systém nevyžaduje velký konstrukční zásah do motoru, můžeme jím nahradit klasické vstřikování. Ulehčuje modulování průběhu vstřikování, odměřování vstřikovaného množství paliva a jeho rozprášení ve válci v průběhu vstřiku. Oddělené vytváření tlaku a vstřikování umožňuje u tohoto systému používání vysokotlakého zásobníku, který se skládá z rozdělovací (zásobní) trubky a potrubí ke vstřikovačům. Potřebný tlak



Obr. 82. Schematické znázornění vstřikování paliva *Common Rail*

1 - palivové čerpadlo, 2 - chladič paliva, 3 - vysokotlaké čerpadlo, 4 - předehřívání paliva, 5 - hlavní filtr paliva, 6 - palivová nádrž, 7 - čidlo tlaku paliva v rozdělovací zásobní trubce, 8 - ventil regulace tlaku paliva, 9 - odpojovací ventil, 10 - injektor; A - dopravní tlak, B - zpětný odvod paliva, C - vysoký tlak, D - přívod paliva

v zásobníku se vytváří vysokotlakým čerpadlem. Pro osobní automobily se u tohoto systému používají radiální pístová čerpadla, pro užitkové automobily má každý válec motorů svůj čerpadlový prvek.

Na nízkotlaké straně nasává palivové čerpadlo motorovou naftu z nádrže přes předehříváč paliva a hlavní filtr. Palivo je dále přes odpojovací ventil dopravováno k vysokotlakému čerpadlu při tlaku 350 kPa. Odpojovací ventil slouží k nouzovému vypnutí motoru. Vysokotlaké radiální čerpadlo se třemi písty přesazenými o 120° dopravuje palivo nezávisle na potřebě motoru pod vysokým tlakem do rozdělovací (zásobní) trubky. Tlak v systému se reguluje pomocí impulzů tlakového snímače a regulátorem tlaku paliva v zásobníku. Přebytečné palivo se vrací zpět do nádrže. Vstřikování se aktivuje impulzem elektronického řídicího systému, vyslaným do magnetického ventilu příslušného vstřikovače. Uzavírací jehla trysky není ovládaná přímo, jako je tomu u vstřikování benzínu, ale nepřímo přes magnetický ventil a objem paliva v injektoru. Dávka paliva i okamžik vstřiku jsou řízeny elektronickou řídicí jednotkou.

Předvstříknutí (vícenásobné vstříknutí paliva v rámci jedné dávky) umožňuje vícenásobné aktivování magnetického ventilu, který ovládá pohyb jehly v trysce. Vzhledem k vysokým tlakům musí být zařazen ještě chladič paliva, který se ohřívá až na teplotu 130 °C. Teplo se odvádí do chladiče chladicí kapaliny. Předehříváč v nízkotlaké části se využívá v zimních měsících.

Řídicí elektronická jednotka a snímače systému Common Rail jsou stejné jako u ostatních elektronicky řízených systémů. Předností tohoto systému je snížení spotřeby paliva, jeho jemné rozptýlení, nižší emise výfukových plynů, okamžité odpaření a vznik kvalitní směsi se vzduchem. Motor má tišší a měkčí chod.

Paliva pro spalovací motory

Teplo potřebné ke zvýšení teploty a tlaku na konci kompresního zdvihu se získává spalováním paliva. Palivem pro spalovací motory mohou být látky, které se lehce mísí se vzduchem a vytvářejí zápalnou směs. To jsou plynná nebo kapalná paliva, která neobsahují pevné nespalitelné látky. Dále si musí tato paliva zachovat schopnost tvoření směsi se vzduchem i při nízkých teplotách při spouštění motoru, musí umožnit účinný postup hoření s malým obsahem zdraví škodlivých látek ve spalinách, zaujímat co nejmenší objem, nesmějí obsahovat jedovaté látky a další.

Uhlovodíková paliva

Kapalná uhlovodíková paliva jsou sloučeniny uhlíku s vodíkem. Základní surovinou pro jejich výrobu je ropa. Většinou se těží společně se zemním plynem z různě hlubokých zemních vrtů. Po odstranění nečistot se zpracovává destilací v nepřetržitě pracujících destilačních věžích, v nichž se rozděluje na skupiny (frakce) uhlovodíků s určitým rozmezím bodu varu.

Benzínová frakce obsahuje kapalně uhlovodíky přibližně s pěti až deseti různě uspořádanými atomy uhlíku v molekule. Bod varu je v rozmezí 35 až 180 °C. Množství benzínu představuje 20 až 30 % z destilovaného množství ropy.

Petrolejová frakce obsahuje kapalně uhlovodíky přibližně s osmi až šestnácti různě uspořádanými atomy uhlíku v molekule. Bod varu je od 180 do 280 °C. Množství petroleje představuje 10 až 15 % z destilovaného množství ropy.

Naftová frakce (plynový olej I) obsahuje těžší uhlovodíky asi s jedenácti až dvaceti dvěma různě uspořádanými atomy uhlíku v molekule. Bod varu je do 360 °C; vydestiluje se asi 20 až 25 % z destilovaného množství ropy.

Uhlovodíky s bodem varu vyšším než 260 °C (mazut) se již nedají destilovat při normálním tlaku, a proto se zpracovávají ve vakuových destilačních věžích při nižších tlacích. Výsledkem destilace je **plynový olej II**, jako další složka motorové nafty, dále **lehké a těžké oleje** na výrobu mazacích a jiných olejů a **asfalt**.

Velká spotřeba benzínu způsobená prudkým rozvojem silniční dopravy měla za následek zavedení zdokonalených technologií. Je to např. *krakování*, které umožňuje zvýšit množství vydestilovaného benzínu z ropy.

Další zdokonalení technologií zpracování ropy umožňuje zlepšit motorické vlastnosti benzínů přeměnou jejich uhlovodíků na typy s lepšími antidetonačními vlastnostmi.

Nejdůležitější vlastností motorových benzínů je jejich *odolnost proti detonačnímu spalování*. Detonační spalování se projevuje velmi rychlým (prudkým) shořením směsi ve spalovacím prostoru, které je provázeno tvrdým chodem motoru – klepáním. Odolnost paliva proti detonačnímu spalování závisí na jeho chemickém složení a hodnotí se **oktanovým číslem** – OČ.

Pro stanovení oktanového čísla byly vybrány dva čisté uhlovodíky jako standardy, a to *n*-heptan, který vykazuje velmi malou odolnost proti klepání, má OČ = 0, a izooktan, který má odolnost velkou a jeho OČ = 100. Hodnota OČ vyjadřuje, že dané palivo má stejnou odolnost proti detonačnímu spalování, jako je podíl izooktanu ve směsi s *n*-heptanem (např. pro benzin Natural 95 platí, že má stejnou odolnost proti detonačnímu spalování jako směs, která obsahuje 95 % izooktanu a 5 % *n*-heptanu). Oktanové číslo určitého paliva lze zjistit dvěma způsoby, výzkumnou metodou (RM) a motorovou metodou (MM). Hodnoty OČ paliva zjištěné těmito metodami se mohou lišit o několik jednotek.

Druh používaného paliva je uveden v technickém popisu schváleného vozidla. Palivu předchází zkratka, která určuje slovní popis druhu paliva. Například písmena BA odpovídají názvu *Benzin automobilový*. Za touto zkratkou následuje oktanové číslo benzínu (90, 91, 95), popř. písmeno *B* charakterizující *bezolovnatý benzin* obecně označovaný pojmem *natural*.

Současné zážehové motory pracují s poměrně velkým kompresním poměrem, aby pracovaly s co největší účinností. Vzhledem k tomu však vyžadují paliva s velkou odolností proti detonačnímu spalování (*tab. 2*).

Neupravený benzin z primární destilace z hlediska antidetonačních vlastností nevyhovuje, protože má nízké oktanové číslo – OČ = 45. Ke zvýšení oktanového čísla se neupravený benzin mísí s jinými benziny s vyšším oktanovým číslem a přidává se malé množství chemických látek, *antidetonačtorů*. Nejčastěji používanou látkou byl tetraethyl olova nebo tetramethyl olova, které

podstatně zvyšují oktanové číslo paliva. Nevýhodou je, že při spalování směsi v motoru se olovo nespaluje, ale vychází do ovzduší ve spalinách a působí toxicky (jedovatě) na živé organismy.

U bezolovnatých paliv plní úlohu antidetonátorů nejčastěji látky éterického původu, např.:

- methyltercbutyléter (MTBE) nebo ethyltercbutyléter (ETBE). Jako palivo pro vznětové motory se používá **motorová nafta** (označení NM). Mírou zpoždění vznětu motorové nafty je **cetanové číslo** (CaČ). Čím je cetanové číslo vyšší, tím je zpoždění vznětu kratší a chod motoru měkčí. Příliš vysoké cetanové číslo je však též na závadu, protože směs se nestačí dokonale vytvořit a spálit, přehřívá se vstřikovací tryska.

Číselná hodnota cetanového čísla nafty znamená objemové procento cetanu ve směsi s heptamethylnonanem. Cetanové číslo se může podobně jako u benzínu stanovovat na zkušebním motoru.

Velmi důležité jsou chladivé vlastnosti motorové nafty. Nafta obsahuje složky, které mají při nižších teplotách sklon krystalizovat, což znemožňuje tečení kapaliny. Teplota vylučování parafinů je teplota, kdy se v naftě začínají vylučovat parafíny. Při dalším snižování teploty se podíl vyloučených parafinů zvětšuje a začínají se usazovat na palivovém filtru. Nastává ztráta filtrovatelnosti paliva, dochází totiž k ucpání čističe paliva a zastavení motoru. Bod tuhnutí je teplota, při níž natolik vzroste viskozita díky množství vyloučených parafinů, že palivo přestane téci a motor nelze nastartovat. Nové rozdělení motorové nafty podle těchto parametrů dělí naftu do stupňů označených A a F, na což navazují arktické nafty rozdělené do pěti tříd. Nejvyšší stupeň je do použití až $-44\text{ }^{\circ}\text{C}$. U motorové nafty se požaduje také nízký obsah síry.

Mazání motorů

Třecí plochy pohybujících se součástí motoru se musí mazat, aby mezi nimi nevznikalo suché tření. Suché tření způsobuje zadírávání třecích ploch. Mazáním se mezi třecími plochami vytváří tenká vrstva maziva – *olejový film*. Mazání spalovacích motorů plní i některé další funkce. Olejem se odvádí i část tepla z motoru, hlavně z pístu. Olej se ochlazuje nejčastěji proudem vzduchu, kterému je vystaveno spodní víko motoru, v němž se shromažďuje olej. Někdy se u zatíženějších motorů nebo při práci motoru v nepříznivých podmínkách zařazuje zvláštní *chladič oleje*.

Dalším účelem mazání je chránit součásti motoru před korozí, odvádět nečistoty z mazaných míst a zvyšovat těsnost pístních kroužků, a tím zabránit pronikání plynů ze spalovacích prostorů.

U pístových automobilových spalovacích motorů se nejčastěji používá:

a) **Mazání mastnou směsí** u dvoudobých zážehových motorů. Olej je přimísen do paliva, s nímž se přivádí do motoru.

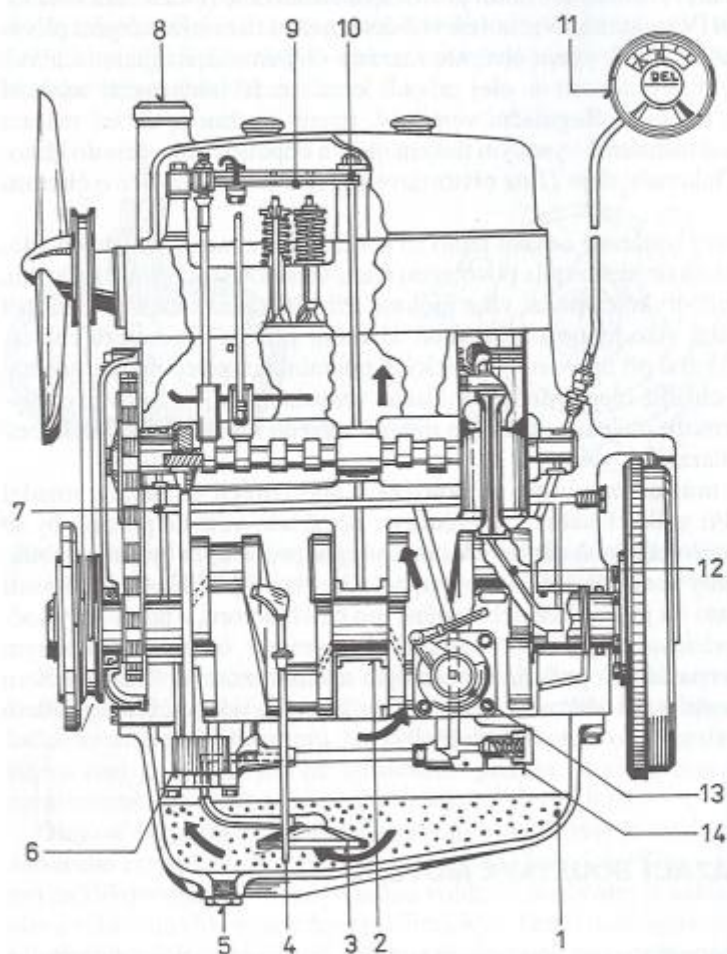
b) **Tlakové mazání**, při němž se motor maže pomocí olejového čerpadla, které čerpá olej z jeho zásobníku a dodává jej na důležitá místa. Olej odstříkující nebo stékající z těchto míst maže místa ostatní a pak se vrací do zásobníku oleje.

Tlakové mazání rozlišujeme dále podle *umístění zásoby oleje* na:

- mazání z klikové skříně, při němž je zásoba oleje ve spodku klikové skříně (ve spodním víku motoru);
- mazání z nádrže, při němž je zásoba oleje v nádrži mimo motor; olej stéká z mazaných míst do spodku klikové skříně, odkud jej odčerpává zvláštní čerpadlo a vrací do olejové nádrže.

Tlakové mazání (obr. 83) ze skříně je v současnosti nejrozšířenější u čtyřdobých zážehových motorů. Zubové olejové čerpadlo 6 je od vačkového hřídele poháněno šroubovými koly. Pár ozubených kol, těsně uzavřených ve skříně čerpadla, nasává olej ze spodního víka motoru 1 přes sítko 3 a v mezerách mezi zuby ho přemísťuje podél stěn skříně. Před vzájemným záběrem zubů je olej vysokým tlakem vytlačován do hlavního olejového kanálu 7. Ještě předtím však všechny olej musí projít čističem oleje. Hlavní olejový

kanál je rovnoběžný s klikovým hřídelem a protéká jím vyčištěný olej k jednotlivým hlavním ložiskům 2. Kanály 12 v klikovém hřídeli je olej veden od hlavních ložisek ke klikovým. U větších motorů je olej veden kanálkem v ojnici (nebo i zvláštním připojeným potrubím) dále k pístnímu čepu.



Obr. 83. Mazací soustava tlakového mazání

1 - spodní viko motoru s olejem, 2 - hlavní ložiska klikového hřídele, 3 - sítko, 4 - měrka oleje, 5 - vypouštěcí šroub, 6 - zubové olejové čerpadlo, 7 - hlavní mazací kanál, 8 - uzávěrka nalévacího hrdla, 9 - přívod oleje k vahadlům a vodítkům ventilů, 10 - olejový kanál, 11 - tlakoměr, 12 - kanálky v klikovém hřídeli, 13 - čistič oleje s lamelovou filtrační vložkou, 14 - regulační ventil

Olej rozstříkovaný klikovým mechanismem maže stěny válců a další ložiska, vedení zdvihátek atd. U některých motorů se používají pro rozstřík oleje mazací trysky, nasměrované na mazaná místa. Vačkový hřídel se maže podle toho, kde je umístěn. U motorů OHC se mazací olej přivádí olejovým kanálem do hlavy válce, kde maže jak ložiska vačkového hřídele, tak i vačky. U motorů OHV se ložiska vačkového hřídele mažou tlakovým olejem přiváděným kanálem, vačky jsou obvykle mazány olejem skapávajícím z hlavy motoru. Do hlavy motoru se olej přivádí kanálem 10, aby mazal součásti ventilového rozvodu. Regulační ventil 14, řízený pružinou, chrání mazací soustavu před nadměrně vysokým tlakem oleje a odpouští část oleje do klikové skříně. Tlakoměr oleje 11 na přístrojové desce informuje řidiče o činnosti soustavy.

Protože olej současně odvádí teplo ze součástek motoru, musí se chladit, aby jeho teplota nepřestoupila povolenou mez. Většinou stačí proud vzduchu, který při jízdě ofukuje spodní víko motoru. Při větších nárocích na chlazení oleje je spodní víko motoru žebrované. U velmi zatížených motorů chlazených vodou, nebo při provozu v tropických podmínkách se do mazací soustavy zařazuje chladič oleje. Motory chlazené vzduchem mají téměř vždy chladič oleje, protože olejem se u těchto motorů odvede mnohem více tepla než u motorů chlazených vodou.

Tlakové mazání z nádrže se používá u speciálních terénních vozidel a traktorů. Při velkých sklonech terénu, na němž tato vozidla pracují, by se olej v poměrně velkém spodním víku motoru přeléval a bylo by velice obtížné zajistit, aby sací koš olejového čerpadla byl stále pod hladinou. Nasátí vzduchu místo oleje je velice nebezpečné pro chod motoru, a proto je výhodnější shromažďovat olej v olejové nádrži mimo motor, odkud se výtlačným olejovým čerpadlem dopravuje k mazaným místům motoru. Olej v motoru stéká do spodní části klikové skříně, kde je nasáván odsávacím čerpadlem a přemísťován zpět do olejové nádrže.

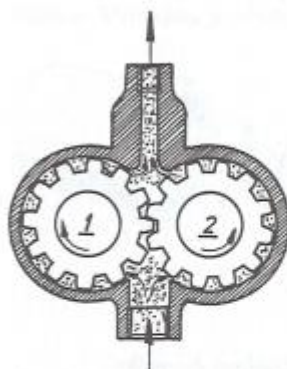
Mazací soustava motoru

Hlavní součásti mazací soustavy jsou hrubý čistič oleje, olejové čerpadlo, regulační ventil, čistič oleje, pojistný ventil a chladič oleje.

Hrubý čistič oleje se montuje u větších motorů. Bývá často umístěn v sacím koši čerpadla a zachytává jen hrubé nečistoty.

Potřebné množství oleje do mazací soustavy dopravuje olejové čerpadlo. Nejčastěji se používá **zubové olejové čerpadlo** (obr. 84). Skládá se ze skříně, v níž jsou uložena dvě stejná čelní ozubená kola, která do sebe zabírají.

Skříň čerpadla uzavírá víko se sacím a výtlačným otvorem. Ozubená kola mají ve skříni minimální vůli, která ještě umožní, aby se mohla volně otáčet. Hnací kolo je poháněno od vačkového hřídele, hnací kolo se volně otáčí na svém čepu. Při otáčení kol vzniká za místem záběru v mezerách mezi roztupujícími se zuby podtlak. Zde je umístěno vyústění sacího potrubí. Olej se nasává do zubních mezer a po obvodě kol se přemísťuje před místo záběru kol. Zuby padají do zubních mezer, zmenšují jejich prostor, a tím vytlačují olej do výtlačného potrubí.



Obr. 84. Zubové olejové čerpadlo
1 – hnací kola, 2 – hnané kolo



Obr. 85. Rotační olejové čerpadlo
1 – vnější rotor, 2 – vnitřní rotor

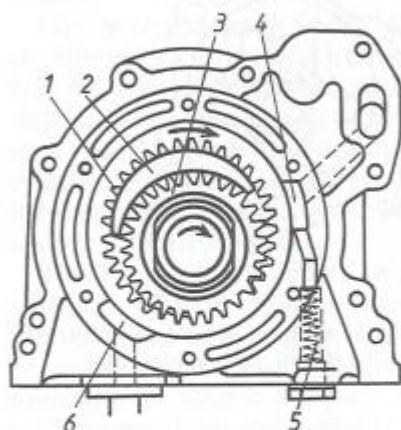
Rotační olejové čerpadlo je objemové čerpadlo s vnějším a vnitřním ozubením (obr. 85). Ozubení vnitřního rotoru je tvarováno tak, aby se dotýkalo každého zubu vnějšího rotoru. Na výtlačné straně se prostor mezi rotory zmenšuje a olej je vytlačován do výtlačného potrubí. Rotační čerpadlo pracuje rovnoměrně a je schopno vytvořit vysoký výtlačný tlak.

Olejové čerpadlo s vnitřním ozubením (srpkové) je modernější formou zubového čerpadla (obr. 86). Vnitřní ozubené kolo je většinou umístěno přímo na klikovém hřídeli. Vnější kolo s vnitřním ozubením je vzhledem k vnitřnímu kolu umístěno výstředně (excentricky). Tímto uspořádáním vzniká sací a výtlačný tlak. Vzájemně je odděluje těleso tvaru srpku. Olej je dopravován v mezerách mezi zuby podél obou stran srpku. Výhodou srpkového čerpadla je větší dopravní výkon, zvláště při nízkých otáčkách motoru. Podle geometrie vnitřního prostoru má čerpadlo též název *trochoidní*. Bývá použito i v samočinných převodovkách.

Přímo na olejovém čerpadle bývá umístěn **regulační ventil**. Skládá se z kuličky nebo pístku, pružiny a stavitelného šroubu, kterým se mění předpětí

pružiny. Regulační ventil se nastavuje ve výrobním závodě a toto nastavení se nesmí měnit, protože by mohlo způsobit vážnou poruchu mazání. Regulační ventil reguluje přetlak oleje, aby nepřestoupil určenou mez, která je obvykle 0,34 až 0,49 MPa. Při větším tlaku se přemůže předpětí pružiny a ventil se otevře. Olej proteče prepouštěcím ventilem zpět do klikové skříně. Takto se mazací soustava chrání před nadměrným tlakem oleje, který by ji mohl poškodit.

Čistič oleje má za úkol zbavit olej nečistot, které se do něho dostávají při provozu motoru. Je to především kovový otěr, zbytky spáleného paliva a oleje a prach, který se se vzduchem nasál do válce.



Obr. 86. Olejové čerpadlo s vnitřním ozubením (srpkové)
 1 – vnější ozubené kolo, 2 – srpek,
 3 – vnitřní ozubené kolo, 4 – výtlačná strana, 5 – redukční ventil, 6 – sací strana

Čističe oleje jsou:

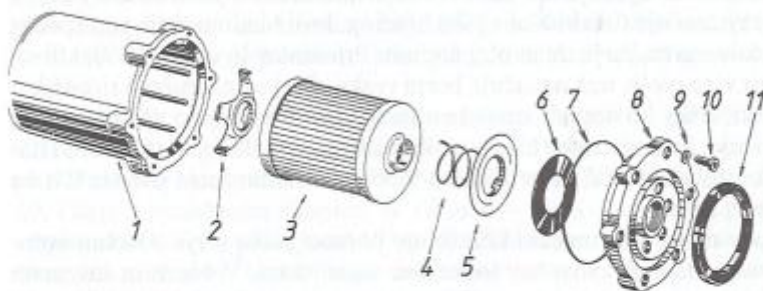
- plnoprůtokové,
- obtokové.

Plnoprůtokovými čističi (obr. 87) proteče všechen olej a pokračuje dále přímo k mazaným místům. Tyto čističe bývaly hrubé a zachycovaly hrubší nečistoty velikosti 0,03 až 0,04 mm. Jemné čističe se montovaly jako **obtokové** a procházelo jimi 10 až 20 % celkového průtoku oleje. Všechny oleje jimi proto prošel až po několika obězích. Dnes se však u moderních motorů i jemné čističe zařazují jako plnoprůtokové.

Čističe s papírovou filtrační vložkou jsou velmi účinné, zachycují i ty nejmenší nečistoty, a proto se v poslední době nejvíce používají. Pro dosažení velké čistící plochy je filtrační papír vějířovitě složen a uložen v děrovaném pouzdru z lepenky. Celá tato filtrační vložka je v kovové komoře čističe.

Olej vstupuje do komory čističe a prochází papírovou filtrační vložkou z vnější strany. Vložky se nedají čistit, a proto se při výměně oleje v motoru musí vyměnit i vložka. Moderní čističe s papírovou filtrační vložkou se vyrábějí vcelku s kovovou komorou lisovanou z plechu. Tyto čističe jsou nerozebíratelné a vyměňují se celé; do mazací soustavy motoru se zařazují převážně jako plnoprůtokové čističe.

Odstředivé čističe využívají k oddělení nečistot odstředivou sílu. Olej se přivádí do otáčejícího se tělesa čističe. Působením odstředivé síly se všechny nečistoty z oleje usazují na stěnách čističe. Očištěný olej se odvádí středem čističe. Výhodou je velká filtrační schopnost, která se nezmenšuje ani při za-



Obr. 87. Rozebíratelný čistič oleje Ekvita

1 – těleso čističe, 2 – pružná miska, 3 – filtrační vložka, 4 – pružina, 5 – přítlačný talířek, 6 – membrána, 7 – kroužek, 8 – víko čističe, 9 – podložka, 10 – šroub, 11 – těsnicí kroužek

nesení čističe. Tyto čističe se do mazací soustavy motoru zařazují jako plnoprůtokové i jako obtokové čističe.

Pojistný ventil mazání je většinou v jednom celku s čističem oleje. Jeho úkolem je zabezpečit mazání motoru v případě, kdy čističem oleje neprotéká potřebné množství oleje. To se může stát ze dvou důvodů, buď když je čistič ucpaný, nebo v zimě, když je olej ztuhlý a nestačil se ještě v motoru ohřát. Pojistný ventil pracuje stejným způsobem jako regulační ventil. Zvýšeným tlakem oleje se otevře kuličkový ventil a olej jím protéká do mazací soustavy motoru, aniž projde čističem oleje. Pro motor je vždy příznivější, je-li mazán i nevyčištěným olejem, než kdyby nebyl mazán vůbec.

Podobný pojistný ventil, který se používá u čističe oleje, bývá i u chladiče oleje, aby ho chránil před zvýšeným tlakem při studeném startu motoru.

Chladič oleje se používá u vysoce zatížených motorů chlazených vodou a především u motorů chlazených vzduchem, speciálních a vojenských vozidel. Chladič oleje je konstrukčně podobný chladiči vody. Musí však odolávat většímu přetlaku, a proto je jeho výroba náročnější. Z činnosti se dá vyřadit

ruční pákou, když není potřeba olej chladit, tj. hlavně v zimě a při studených startech.

Kontrola mazání je nutná, aby nevznikla vážná porucha motoru. Kontrolou mazání se zjišťuje stav oleje, a to:

- množství - podle typu motoru,
- tlak - optimální je okolo 0,4 MPa při 800 a 1 000 ot.min⁻¹,
- teplota - optimální je okolo 80 °C (nesmí překročit 135 °C).

Množství oleje se kontroluje výškou jeho hladiny. Měří se tyčovou měrkou oleje, která je vsunuta do klikové skříně motoru. Na spodním konci tyčky jsou dva kontrolní zářezy. Spodní označuje minimální výšku hladiny oleje, horní zárez označuje maximální výšku hladiny. Je-li hladina oleje pod spodní ryskou, znamená to, že je třeba olej doplnit. Pro motor je však také škodlivé, je-li v něm více oleje, než označuje horní ryska. Olej se nadměrně rozstříkuje, stírací kroužky ho nestačí stírat ze stěn válců a proniká do válců motoru, kde se spaluje. Proto je třeba hladinu oleje udržovat stále mezi ryskami. Hladina se kontroluje denně při studeném motoru, vozidlo musí ovšem stát na vodorovném místě.

Při chodu motoru se mazání kontroluje pomocí *tlaku oleje*. Osobní automobily jsou většinou vybaveny světelnou signalizací. V hlavním mazacím kanálu v bloku motoru je umístěn olejový tlakový spínač. Tlakem oleje se ve spínači prohne membrána a sepne kontakty. Kontrolní žárovka mazání je obvykle červená a při správném tlaku oleje nesvítí. Nedostatečný tlak oleje je řídicí signalizován rozsvícením žárovky.

U nákladních automobilů, speciálních vozidel a u některých osobních automobilů je namontován tlakoměr oleje, umístěný na přístrojové desce.

Teplota oleje se kontroluje dálkovým teploměrem oleje. Jeho čidlo je v nádrži oleje a ručičkový ukazatel je na přístrojové desce. Rozsah správných provozních teplot oleje je obvykle na stupnici teploměru vyznačen.

Maziva pro automobily

Maziva pro automobily se dělí na:

a) **Motorové oleje.** Automobilové motorové oleje se rafinují z ropy a pro zlepšení jejich vlastností se k nim přidávají četné přísady. Mezi hlavní druhy přísad patří:

- *zvyšovače viskozitního indexu*, které snižují rozdíl viskozity teplého a studeného oleje,
- *antioxidanty*, které zpomalují stárnutí oleje,

- *detergenty*, které zabraňují usazování produktů stárnutí a nečistot v motoru,
- *disperzanty*, které zabraňují vzniku studených kalů,
- *antikoroďanty*, které chrání součásti motoru před korozi,
- *přísady proti pění oleje*.

Třídění motorových olejů podle SAE, API a ACEA

Podle klasifikace motorových olejů SAE (*Society of Automotive Engineers*) se oleje řadí do skupin podle viskozity, přičemž k jiným vlastnostem se nepřihlíží. Viskozita (vazkost, vnitřní tření) je odpor, jímž tekutina působí proti silám, které se snaží posunout její nejmenší části. Vlivem teploty a tlaku se může viskozita oleje měnit. Míru této závislosti vyjadřuje viskozitní index.

Při klasifikaci se posuzuje viskozita dynamická a kinematická. Běžně používané oleje se podle SAE rozdělují do 11 tříd nebo stupňů a do dvou skupin. Třídy olejů jsou označeny 0W, 5W, 10W, 15W, 20W, 25W, 30, 40, 50, 60. Oleje s označením skupiny W (*Winter* - zima) mají určeny maximální přípustné viskozity při teplotě -17,8 °C. Charakterizují vlastnosti olejů používaných v zimním období nebo celoročně na územích s chladným podnebím. Oleje druhé skupiny bez označení W mají předepsané rozmezí viskozity při 100 °C a předepisují vlastnosti olejů používaných v létě nebo na územích s vyššími stálými teplotami.

Použití zvyšovačů viskozitního indexu umožnilo splnit jedním olejem požadavek na oleje dvou nebo více tříd SAE. Tak vzniká olej, který má potřebné vlastnosti při nízkých i vysokých teplotách, a proto je vhodný k celoročnímu použití. Příklad označení takového oleje je např. 10W/40.

Pro naše klimatické podmínky se používají v zimě oleje třídy SAE 10W a 20W, v létě oleje třídy SAE 30, 40 a 50.

Podle třídění SAE jsou oleje buď *jednostupňové*, např. SAE 20, SAE 30 - používané v jednom ročním období, nebo *vícetupňové*, např. SAE 10W/30, SAE 10W/40, SAE 10W/50, které jsou určeny pro celoroční použití. Oleje s nižším viskozitním rozpětím, např. 10W/30, se označují jako *Special* a oleje s vyšším rozpětím, např. 10W/40, jako *Super*. Na olej s označením *Super* se kladou ještě další podmínky, které musí splňovat, aby vyhověl náročnějším požadavkům, např. na tvorbu úsad v motoru.

Klasifikace olejů pro čtyřdobé motory podle API

Klasifikace API posuzuje úroveň užitečných vlastností oleje (tzv. výkonnostní charakteristika), což jsou jeho mazací schopnosti, termooxidační stálost, odolnost proti tvorbě úsad a karbonu a také protikorozi vlastnosti (USA).

Uvádíme některé příklady značení.

1. *Oleje pro benzinové motory*, označené písmenem S (*Service*) a výkonností:

- SF - minerální oleje do motorů vyrobených od roku 1980, obsahující přísady zajišťující větší oxidační stabilitu (např. Mogul Super Stabil M7ADX);
- SG - minerální oleje do motorů vyrobených od roku 1989. Tyto oleje vyhovují přísnějším požadavkům na čistotu spalovacích prostorů a na obsah látek, které by mohly poškodit katalyzátor (např. Mogul Forte GX, Castrol GTX3);
- SH - syntetické a polosyntetické oleje (např. Mogul Forte Racing, Mogul Forte GX, Castrol GTX3).

2. *Oleje pro naftové motory*, označené písmenem C (*Commercial*) a výkonností:

- CD - minerální oleje pro nepřepřítňované motory, vyrobené v letech 1970 až 1979 (např. Mogul Forte GX);
- CE - minerální oleje do přepřítňovaných a vysoce přepřítňovaných motorů, vyrobené po roce 1983 (např. Trysk Super M7 ADS III);
- CF-4 - minerální a polosyntetické oleje pro velkoobjemové vznětové motory od roku 1990 (např. Trysk Super Turbo M7 ADS IV).

Označení API SG/CD znamená, že tento olej je určen pro zážehové i vznětové motory.

Klasifikace olejů pro čtyřdobé motory podle ACEA

Evropské klasifikace ACEA (dříve CCMC) také posuzuje vlastnosti olejů podle užitných a provozních vlastností (ACEA je Asociace evropských konstruktérů automobilů, evropská norma rok 1991).

Rozdělila je do skupin:

- oleje pro benzinové motory, označené písmenem G (*Gasoline*), kategorie A1, A2, A3,
- oleje pro vznětové motory osobních vozidel PD (*Passenger Diesel*), kategorie B1, B2, B3, B4,
- oleje pro vznětové motory, označené písmenem D (*Diesel*), kategorie E1, E2, E3, E4.

Číselné označení kategorie rozlišuje oleje v rámci třídy podle nároků na provozní podmínky, ve kterých mají automobily pracovat.

Všichni výrobci automobilů do svých vozidel předepisují olej určité kvality. Někteří výrobci používají pouze výše uvedené specifikace, někteří si vy-

tvářejí vlastní hodnotící postupy a dávají jim formu vlastních specifikací (např. Specifikace Mercedes-Benz, VW, Volvo, MAN, LIAZ).

b) **Převodové oleje.** Poněkud odlišné požadavky jsou kladeny na převodové oleje.

Funkce převodových olejů: mazání, ochrana proti opotřebení, ochrana proti korozi, chlazení, přenos sil, regulace (u samočinných převodovek).

Požadavky na převodové oleje: odolnost vůči stárnutí, potlačení pěnovosti, třecí vlastnosti, stabilita viskozity u vícestupňových olejů.

Převodový olej nepřichází do styku s produkty hoření paliva, ani s teplými částmi jako motorový olej. Přesto i převodový olej dosahuje poměrně vysoké provozní teploty přes 100 °C. Proto je velký rozdíl mezi viskozitami studeného oleje a oleje ohřátého na provozní teplotu. Zvláštní požadavky jsou kladeny na oleje pro rozvodovky s hypoidními převody, kde se již nevystačí s běžnými převodovými oleji s přísadami pro velké tlaky a je nutno použít oleje s vyššími parametry.

Rozdělení převodových olejů. Podle normy SAE se převodové oleje rozdělují do tříd 75W, 80W, 85W, 90, 140, 250. Nejčastěji se používají oleje třídy SAE 80 a SAE 90. Třída SAE 80 má předepsanou maximální viskozitu při -18 °C, a proto je obzvláště vhodná pro zimní provoz. U oleje třídy SAE 90 tato vlastnost není zaručena, a proto je nutno při jeho použití v zimě počítat s určitými potížemi při řazení, způsobenými větší viskozitou oleje. Po ohřátí oleje při provozu tyto obtíže zmizí.

Převodové oleje domácí výroby pro osobní automobily jsou PP-80, PP-90 a PP-90H (pro hypoidní převody, kde osa pastorku je mimo osu talířového kola).

Výkonnostní třídy a specifikace převodovek (API):

- GL1 - málo zatížené převodovky,
- GL2 - šnekové převody,
- GL3 - normálně zatížené převodovky,
- GL4 - vysoce zatížené převodovky,
- GL5 - maximálně zatížené převodovky, speciálně určené pro hypoidní převody.

Kapaliny pro samočinné převodovky

Zcela zvláštní požadavky jsou kladeny na kapaliny pro samočinné převodovky. Kromě toho, že se touto kapalinou mažou třecí plochy zpravidla planetových převodů, v této kapalině pracují i lamelové třecí spojky a pásové brzdy a jsou touto kapalinou i ovládány. Touto kapalinou je naplněn i hydrodynamický měnič nebo kapalinová spojka, které jsou spojeny s vlastní převo-

dovkou ve společné skříní. Pro všechny samočinné převodovky se používají tzv. *Automatic Transmission Fluids* (ATF), což jsou kapaliny podle předpisu výrobce.

Z uvedeného souboru funkcí vyplývají požadavky na vlastnosti kapaliny. Mimořádně důležité jsou protiotěrové vlastnosti, požadované rozmezí viskozity kapaliny se musí dodržet v rozsahu teplot od -30 až do 150 °C. Při řazení může povrchová teplota lamel dosáhnout teploty až 300 °C, která nesmí způsobit znehodnocení oleje. Kapalina proto musí mít mimořádnou teplotní a oxidační stálost. Další přísady musí zajišťovat odolnost proti pění. Kapalina musí obsahovat i disperzní přísady, které brání usazování jemných nečistot na důležitých místech, jako na ventilech hydraulického obvodu řízení převodovky atd. Obsah příměsí pro zamezení koroze a agresivního působení na různé nekovové materiály použité v převodovce je samozřejmý.

U nás se pro hydraulické převody autobusů vyrábí olej OT-H3.

Oleje pro tlumiče pérování

V tlumičích pérování se používají převážně minerální oleje s malou viskozitou. Důležitá je malá závislost viskozity na teplotě. Konstantní viskozity oleje nelze dosáhnout, a proto jsou v zimě po stání automobilu tlumiče vždy tvrdé. Odpořem při škrncení průtoku oleje se vyvine velké množství tepla a olejová náplň se rychle ohřívá. Maximální pracovní teplota oleje může dosáhnout 70 °C. Požaduje se dlouhá životnost oleje, a proto se přidává antioxidantní příravek kombinovaný s přísadou omezující korozi.

Plastická maziva

Plastická maziva se běžně nazývají mazací tuky. Jsou připravovány uměle z minerálního oleje, zhušťovačů a někdy i aditivů. Jako zhušťovač obsahuje většina mazacích tuků mýdla mastných kyselin.

Mazací tuky se používají k mazání míst, která nelze mazat olejem (např. ložiska s přerušovaným pohybem), nebo míst, odkud by olej vytekl. Mazací tuk se používá i k těsnění různých ložisek a k jejich ochraně před vnikáním nečistoty. Vlastnosti mazacích tuků jsou dány jednak olejem, z něhož jsou vyrobeny, a jednak druhem mýdla, kterým byl tuk zahuštěn. Důležitou vlastností mazacích tuků je odolnost proti vodě a velikost bodu skápnutí, který omezuje použití tuků v místech majících vyšší teplotu.

Příklad použití a značení domácích automobilových tuků:

NH2 - ložiska kol, vodní čerpadlo,

A00 - místa podvozku,

LV2 - závěsy, lanovody, mechanismy dveří a oken.

Chlazení motorů

Chlazením motoru se odvádí část tepla, které vzniká spalováním paliva v motoru, aby se snížila teplota stěn spalovacích prostorů a jiných částí motoru na přípustnou hranici.

Chlazení musí splňovat tyto podmínky:

- zabezpečit takovou teplotu motoru, kterou vydrží jeho jednotlivé části;
- zabezpečit, aby motorový olej vytvořil na stěnách válců souvislou vrstvu (olejový film);
- zabezpečit stálé udržování nejvýhodnější a nejehospodárnější pracovní teploty motoru.

Podle *druhu chladicí látky* rozeznáváme chlazení motoru:

- kapalinové,
- vzduchové.

Kapalinové chlazení

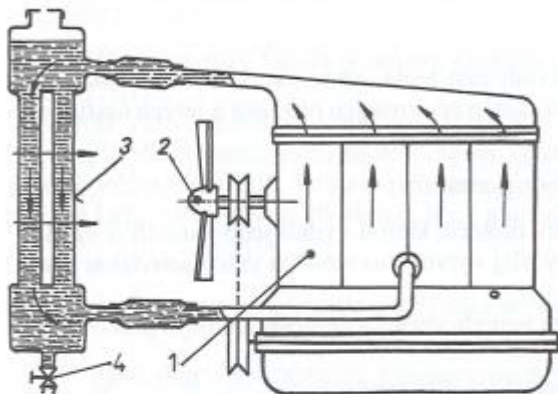
Kapalinové chlazení je chlazení, u něhož se teplo z ochlazovaných ploch odvádí prostřednictvím kapaliny, která proudí okolo stěn spalovacího prostoru motoru. Hlavy válců a válce motoru mají dvojitě stěny, které tvoří plášť vyplněný chladicí kapalinou. Teplo odebírané motoru odvádí kapalina do vzduchu přes chladič, z něhož se ochlazená kapalina vrací zpět do motoru a její oběh se opakuje.

Kapalinové chlazení se *podle prostředků, kterými se udržuje oběh kapaliny*, rozděluje na chlazení:

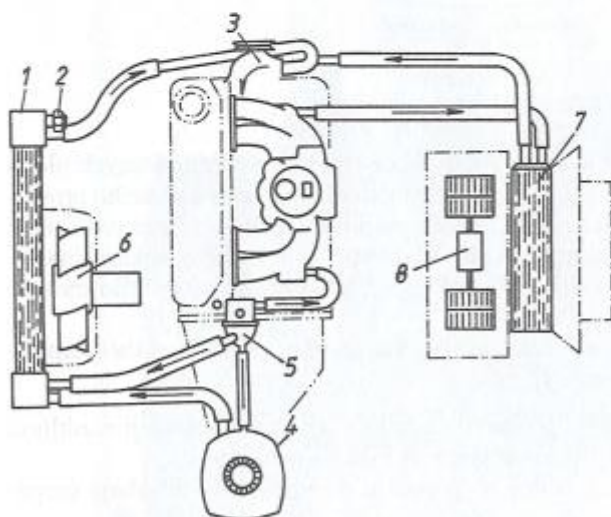
- samooběžné, u něhož je proudění chladicí vody způsobeno její rozdílnou hustotou při různé teplotě v místech ohřívání a ochlazování;
- s nuceným oběhem, u něhož se proudění chladicí vody dosahuje čerpadlem;
- přetlakové, v jehož uzavřeném okruhu se udržuje přetlak umožňující výhodné zvýšení teploty chladicí vody nad 100 °C.

Samooběžné chlazení (*obr. 88*) je nejstarší způsob, který se v současnosti již téměř nepoužívá. Využívá rozdíl hustot teplé a studené vody. Při chodu

motoru se voda v chladicí soustavě při styku s teplými stěnami ohřívá a stoupá do chladicího prostoru hlavy motoru, odkud se hrdlem odvádí do horní komory chladiče. Na výstupu z hlavy motoru má voda teplotu 90 až 95 °C a průtokem v chladiči se ochlazuje asi na 35 až 40 °C a klesá do dolní komory chladiče, odkud se přívodním hrdlem vede zpět do pláště motoru.



Obr. 88. Samooběžné chlazení
1 - plášť motoru, 2 - větrák, 3 - chladič, 4 - vypouštěcí kohout



Obr. 89. Chlazení s nuceným oběhem
1 - příčný chladič, 2 - tepelný spínač ventilátoru chlazení, 3 - vodní čerpadlo, 4 - nádržka chladicí kapaliny, 5 - průtokový termostat, 6 - elektrický ventilátor chladiče, 7 - výměník topení, 8 - elektromotor ventilátoru topení

V chladiči se kapalina ochlazuje proudícím vzduchem. Oběh vody je samočinný, teplá voda přichází k chladiči a ochlazená voda proudí na její místo do motoru. Tento oběh pracuje jen tehdy, když je chladičí okruh uzavřený. Kdyby v chladiči klesla hladina vody pod ústí vstupního hrdla, okruh by se přerušil a voda by se začala ve vodním prostoru motoru vařit, vypařovala by se a její hladina by dále klesala.

Chlazení s nuceným oběhem (obr. 89) má větší účinnost než samooběžné chlazení, protože čerpadlo urychluje oběh kapaliny. Čerpadlo je umístěno mezi dolní komorou chladiče a blok motoru. Používaná čerpadla jsou většinou odstředivá, poháněná od klikového hřídele motoru klínovým řemenem nebo ozubenými koly. Nejčastější je vodní čerpadlo na společném hřídeli s větrákem chladiče. Při běžícím motoru čerpadlo nasává vodu z dolní komory chladiče a vytlačuje je do motoru, odkud se vrací do chladiče. Oběh vody je nucený, bez zřetele k její teplotě.

Konstrukce a druhy chladičů

Chladič, v němž se ochlazuje voda, se skládá z horní a dolní vodní komory a z chladičího bloku. Je vsazen do ocelového rámu, k němuž se připojuje ocelovým pásovým třmenem. Před vložením do rámu se podloží pásem z plsti nebo pryže.

Horní vodní komora má plnicí hrdlo umístěno na nejvyšším místě chladiče, přiváděcí hrdlo, kterým se přivádí teplá voda od motoru, a přeřadovací trubku, kterou odtéká přebytečná voda nebo kterou uniká pára při poruše chlazení. Ve **spodní vodní komoře** je odváděcí hrdlo a vypouštěcí kohout.

Podle *konstrukce chladičího bloku* rozeznáváme chladiče trubkové, lamelové a voštinové.

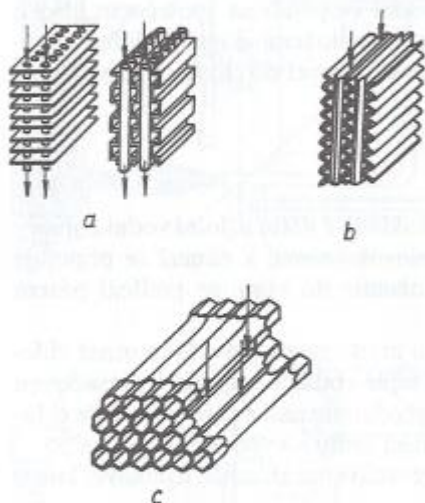
Chladičí trubkový blok (obr. 90a) se skládá z velkého počtu tenkostěnných trubek spojených příčnými plechy, které současně tvoří chladičí žebra a jsou k trubkám připájeny. Konce trubek jsou připájeny k horní a dolní vodní komoře.

Chladičí lamelový blok (obr. 90b) se skládá ze svislých lamel, které jsou vylišovány tak, že tvoří pro chladičí kapalinu průtokové štěrby. Dosedající hrany jsou k sobě připájeny. Konce lamel jsou připájeny i k horní a dolní vodní komoře. Mezi lamely jsou připájeny zvlněné pásy vylišované z plechu, které zvyšují tuhost plechu a chladičí účinek (tím, že zvyšují styčnou plochu se vzduchem). Lamelové chladiče mají větší čelní plochu než trubkové, a proto jsou účinnější a mohou být i menší.

Chladičí voštinový blok (obr. 90c) je zhotoven z velkého počtu vodorovných krátkých trubek zhotovených z tenkého plechu, které jsou na obou koncích rozšířeny do šestihranů (odtud název voštinové). Trubky jsou složeny na sobě a na hranách šestihranů jsou vzájemně spájeny. Mezi nimi vzniknou

šterbiny, kterými protéká voda. Chladicí vzduch proudí trubkami. První a poslední řada trubek je připájena k horní, resp. dolní vodní komoře.

Všechny druhy chladičů mají chladicí blok pevně spojen s komorami, a proto je oprava poškozeného chladiče dosti složitá a pracná. U vozidel, u nichž se dá předpokládat častější poškození chladiče (např. u lesních traktorů a nákladních vozidel), je blok chladiče složen z několika vzájemně spojených chladicích článků. Každý článek se může vyřadit z činnosti a snadno vyměnit.

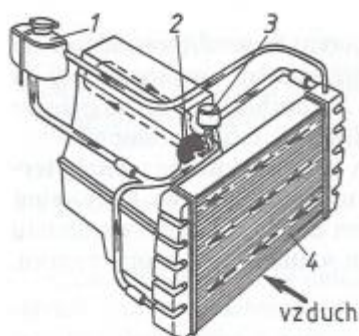


Obr. 90. Druhy chladicích bloků
a) trubkový, b) lamelový, c) voštinový

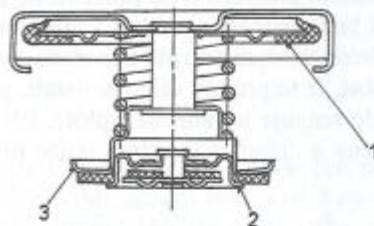
Chladicí kapalina obvykle proudí chladičem shora dolů. Vyskytují se i chladiče, u nichž proudí chladicí kapalina napříč (horizontálně), obr. 91. Výhodou těchto chladičů je jejich nízká stavební výška. Chladicí kapalina proudí buď z jedné strany chladiče na druhou, nebo horní část chladiče z jedné strany na druhou, spodní část chladiče pak zpět. Kapalina musí tedy projít chladičem dvakrát, čímž se zvyšuje její chladicí účinnost.

Chladič se k motoru připojuje pryžovými spojovacími hadicemi. Pružným spojením chladiče s motorem se tlumí přenášení vibrací motoru na citlivou konstrukci chladiče.

Uzávěrka plnicího hrdla (obr. 92) je přetlaková, a proto umožňuje zvýšení tlaku v chladiči o 0,01 až 0,04 MPa. Teplota varu se tím zvýší na 105 °C, přičemž provozní teplota kapaliny dosahuje asi 90 °C. Přetlaková uzavěrka má dva pojistné ventily. Jeden chrání chladicí soustavu před překročením



Obr. 91. Příčný chladič
1 - vyrovnávací nádržka, 2 - vodní čerpadlo, 3 - termostat, 4 - chladič



Obr. 92. Uzávěrka plnicího hrdla
1 - těsnění, 2 - podtlakový ventil, 3 - přetlakový ventil

tlaku nad předepsanou hodnotu. Při vyšším tlaku vypouští z chladicí soustavy páru. Druhý ventil zabraňuje, aby v soustavě vznikl podtlak při ochlazení, a tím i smršťování kapaliny. Při chladnutí motoru se tímto ventilem do chladicí soustavy vpouští vzduch, až se tlaky vyrovnají. Uzávěrka plnicího hrdla a chladiče se nesmí otevírat při teplotě chladicí vody vyšší než 80 °C, protože náhlým poklesem tlaku začne voda vřít a prudce vystupující páry mohou opařit.

Vodní čerpadlo zabezpečuje oběh kapaliny v chladicí soustavě. Je to lopátkové radiální čerpadlo, umístěné ve zvláštním tělese na předním víku bloku motoru. Skříň čerpadla má přívaděcí a odváděcí hrdlo. Na konci hřídele je klínová řemenice, kterou se čerpadlo pohání.

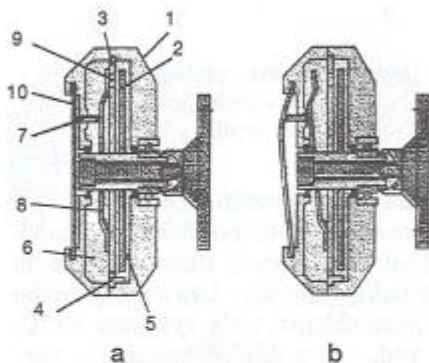
Větrák je umístěn hned za chladičem, zpravidla na společném hřídeli s vodním čerpadlem. Svým otáčením podporu proudění vzduchu chladičem při jízdě a dále v případech, kdy automobil stojí a motor je v chodu. Větrák má dvě až dvanáct křídel. Větrák chladiče potřebuje ke svému pohonu poměrně značný výkon, a proto se používá u moderních motorů elektromagnetická nebo kapalinová spojka.

Elektromagnetická spojka na hřídeli vodního čerpadla je spínaná pomocí termospínače umístěného v okruhu chlazení, většinou ve spodní části chladiče.

Kapalinová (viskózní) spojka (obr. 93). Uvnitř skříně ventilátoru 1 je vnitřní lamela 3, která odděluje pracovní prostor 5 od zásobního prostoru 6. V pracovním prostoru se otáčí hnací lamela 2 spojená s hnacím hřídelem. Přenos točivého momentu je zprostředkován kapalinou určité viskozity. U studeného motoru je ventilový otvor 9 ve vnitřní lamele uzavřen plochým pružným ventilem 8 ovládaným bimetalem 10. V pracovním prostoru je pouze minimální množství kapaliny a spojení mezi hnací lamelou a skříní venti-

látoru 1 je přerušeno. U zahřátého motoru otevře bimetal prostřednictvím ovládacího kolíku 7 ventilový otvor ve vnitřní lamele, kapalina proudí ze zásobního prostoru 6 do pracovního prostoru 5 a dochází k přenosu pohybu mezi hnací lamelou a skříň ventilátoru. Ventilátor se zapíná postupně.

Mezi výstupní potrubí z motoru a přívadecí hrdlo chladiče je umístěn **termostat**. Je to pružný válcový ventil, jeho hlavní částí je vlnovec, který velmi rychle reaguje na změnu teploty. Při studeném motoru je ventil termostatu zavřený a chladicí kapalina může proudit jen v chladicím okruhu motoru.



Obr. 93. Princip činnosti viskózní spojky

a) studený motor, b) teplý motor

1 - skříň ventilátoru, 2 - hnací lamela, 3 - vnitřní lamela, 4 - těleso čerpadla, 5 - pracovní prostor, 6 - zásobní prostor, 7 - ovládací kolík, 8 - plochý pružný ventil, 9 - ventilový otvor, 10 - bimetal

Tento zkrácený okruh urychlí ohřátí kapaliny v motoru na provozní teplotu. Ohříváním kapaliny v motoru se termostat postupně roztahuje a při teplotě 80 °C otevře potrubí k chladiči a ohřátá kapalina se průtokem chladičem začne ochlazovat.

Jako **chladicí kapalina** se dříve používala čistá voda. Její nevýhodou bylo, že při teplotě 0 °C mrazne a přitom zvětšuje svůj objem. Toto zvětšení objemu může mít za následek roztržení chladiče nebo bloku motoru. Proto se voda musí v zimním období, když je automobil mimo provoz, z chladicí soustavy vypouštět. V zimním provozu je proto mnohem výhodnější používat nemrznoucí kapalinu, jak už bylo uvedeno výše. Současné motory mají *uzavřené chladicí soustavy s nuceným oběhem chladicí kapaliny*. Vyrovnávací *expanzní nádrž*, která je připojena k hrdlu chladiče, vyrovnává změny objemu chladicí kapaliny při jejím ohřívání a ochlazování.

Jako další přídavné okruhy jsou na chladicí soustavě napojeny:

- okruh ohřívání tělesa škrticích klapek karburátoru,
- výměník tepla topení.

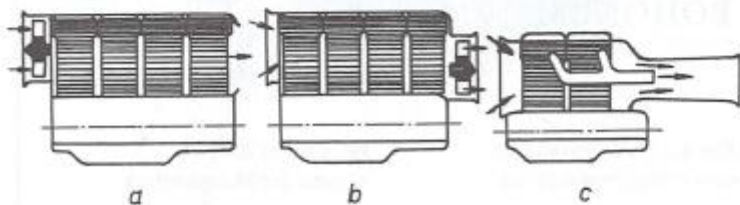
Vzduchové chlazení

Vzduchové chlazení je chlazení, u něhož se teplo z ochlazovaných ploch odvádí přímo vzduchem, bez zprostředkujícího účinku pomocné kapaliny. Aby se chladicí účinek zvětšil, musí mít chlazené části, tj. hlava válce a válec, co největší styčnou plochu se vzduchem. Toho se dosáhne *chladicími žebry*, která jsou pevnou součástí hlavy a válce. Automobilové motory chlazené vzduchem mají speciální plechový chladicí plášť, kterým proudí usměrněný proudění vzduchu. Nuceného proudění vzduchu se dosáhne ventilátorem nebo ejektorem. Výhodou motoru chlazeného vzduchem je malá hmotnost chladicího zařízení a jednodušší a levnější výroba i údržba. Nevýhodou je větší hlučnost.

Vzduchové chlazení se rozděluje podle *způsobu, jakým se dosahuje proudění vzduchu*, na:

- **náporové chlazení** proudem vzduchu, který vzniká při pohybu dopravního prostředku;
- **nucené chlazení**, u něhož proud chladicího vzduchu vyvozuje větrák nebo ventilátor (poháněný motorem nebo s cizím pohonem), popř. ejektor. Dále se dělí na *přetlakové* a *podtlakové*.

Přetlakové chlazení (obr. 94a). Při tomto způsobu chlazení je ventilátor umístěn na vstupu do chladicího pláště. Ventilátor nasává studený vzduch a vytlačuje ho do chladicího pláště, který je vhodně tvarován tak, aby rovnoměrně přiváděl vzduch k jednotlivým válcům.



Obr. 94. Vzduchové chlazení
a) přetlakové, b) podtlakové, c) ejektorové

Podtlakové chlazení (obr. 94b). Při tomto způsobu chlazení je ventilátor umístěn na výstupu proudu vzduchu z chladicího pláště. Ventilátor nasává ohřátý vzduch a vyfukuje ho do atmosféry.

Ejektorové chlazení (obr. 94c) je podtlakové chlazení. Na konci chladicího pláště není ventilátor, ale plášť je ukončen válcovou rourou (ejektorem), na níž ještě může navazovat difuzér. Výfukové potrubí ústí do ejektoru, kde výfukové plyny strhávají s sebou vzduch z chladicího pláště, mísí se s ním a potom tato směs odchází difuzérem do atmosféry. Nevýhodou je velká hlučnost, kterou lze těžko utlumit. Výhodou je malá hmotnost zařízení i to, že nespotebovává pro svou práci užitečnou práci motoru. Proto se toto chlazení používalo hlavně u motorů závodních automobilů.

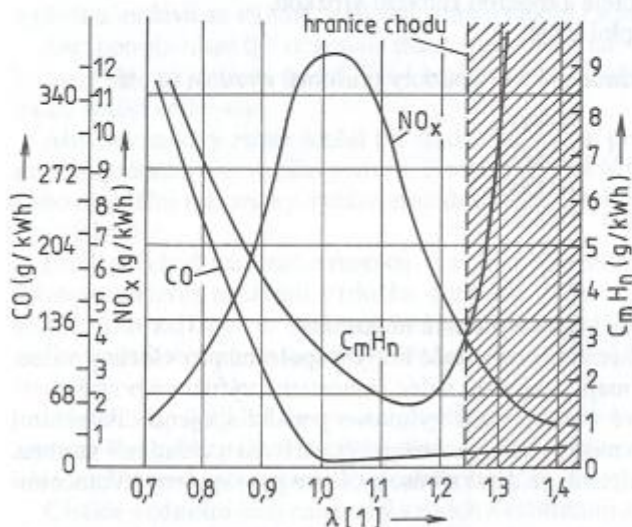
Aby byla zaručena správná provozní teplota motoru, mají motory samočinnou regulaci chlazení, která udržuje teplotu válců na optimální výši.

Výfukový systém

Při spalování v motorech dochází ke vzniku řady škodlivých látek (obr. 99).

a) **Oxid uhelnatý (CO)** vzniká především u zážehových motorů nedokonalým spalováním při nedostatku kyslíku. U vznětových motorů oxiduje CO při vesměs velkých přebytecích vzduchu na CO_2 . Oproti srovnatelnému zážehovému motoru dosahují proto emise CO u vznětových motorů přibližně 10 % hodnoty. Největší emise CO se tvoří u spalovacích systémů s tvorbou směsi při nízkém zatížení a nízkou teplotou stěn válců.

b) **Nespálené uhlovodíky (C_mH_n)** se tvoří při nízké teplotě plamene a pomalé rychlosti hoření vlivem příliš bohaté nebo chudé směsi. Kromě nedokonalého hoření paliva je příčinou obsahu nespálených uhlovodíků i pronikání motorového oleje do spalovacího prostoru netěsnostmi.



Obr. 99. Závislost hlavních škodlivin na součiniteli přebytku vzduchu

c) **Oxidy dusíku (NO_x)** - jejich vznik je do značné míry závislý na vyšší teplotě. K průběhu reakcí, při nichž vznikají, je zapotřebí vysokých teplot (1 900 až 2 000 °C). Tvorba souvisí také s charakterem spalování - výhodnější je postupné hoření a tzv. vrstvení paliva. Závislost emisí oxidů dusíku na hodnotě součinitele přebytku vzduchu je opačná než u CO a C_mH_n . V oblasti přebytku paliva stoupá se stoupající hodnotou λ i hodnota emisí oxidů dusíku, a to především v závislosti na zvyšující se koncentraci kyslíku.

U vznětových motorů je výskyt NO ve srovnání ze zážehovými motory vyšší. Vznětové motory spalují chudou směs.

d) **Emise částic**; částicemi rozumíme jednak pevné částice - saze a popel (v malé míře prach, rez a otěr) a jednak kapalné částice. Saze se tvoří při spalování neodpařených kapek paliva v prostředí s vysokou teplotou. Vyšší podíl emisí částic mají vznětové motory.

Opatření ke snížení škodlivin u zážehových motorů

Množství škodlivin vznikajících u zážehových motorů lze snižovat různými opatřeními:

- a) ovlivněním směšovacího poměru a tvorby směsi (viz palivové soustavy zážehového a vznětového motoru),
- b) vnitřními opatřeními u motoru k ovlivnění průběhu spalování,
- c) dodatečnou redukcí škodlivých emisí za motorem.

U *výfukového systému* lze snižovat škodliviny:

1. **Recirkulací výfukových plynů** - zavedením určitého množství výfukových plynů zpět do sání motoru se může výrazně snížit emise NO_x . Lze použít vnitřní recirkulaci větším úhlem překrytí ventilů (sacího a výfukového) nebo vnější recirkulaci. Používají se systémy pneumatické, mechanické nebo řízené elektronicky. Děj probíhá v závislosti na poloze škrtkové klapky a na tlaku plicního vzduchu proti tlaku ve výfukovém systému.

2. **Katalyzátory** - chemicky je katalyzátor látka, která ovlivňuje průběh reakce, aniž se jí sama zúčastňuje; správný název zařízení je *katalytický konvertor*. Katalyzátor není tedy filtr, který by zachycoval nečistoty. Katalyzátorem jsou vrstvy vzácných kovů (platina, rhodium), které vyvolávají reakci produktů nedokonalého hoření se zbytkovým kyslíkem a oxidy dusíku. Pro urychlení oxidačního procesu se nejčastěji používá platina, redukční proces urychluje rhodium.

Podle *provedení* rozlišujeme katalyzátory:

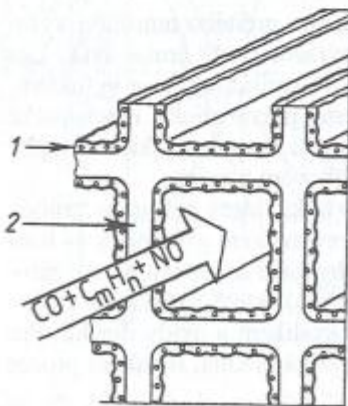
- oxidační (dvojecestné) - snižují CO a $C_m H_n$,
- redukční (jednocestné) - snižují NO_x ,
- kombinované (třícestné) - snižují všechny tři složky škodlivin.

Oxidační katalyzátor pracuje s přebytkem vzduchu a přeměňuje pomocí oxidace (tj. spalování) CO a uhlovodíky na vodní páru CO_2 . Ke snížení oxidů dusíku oxidačními katalyzátory prakticky nedochází. U motorů se vstřikováním se získá kyslík potřebný k oxidaci většinou prostřednictvím chudé směsi s přebytkem vzduchu ($\lambda > 1$). Oxidační katalyzátory byly v důsledku zpřísnujících se limitů emisí škodlivých plynů poprvé použity v roce 1975 v USA.

Redukční katalyzátor se používal u tzv. dvoukomorových katalyzátorů (dva za sebou řazené katalyzátory). Výfukové plyny proudí nejdříve přes redukční katalyzátor pak přes oxidační katalyzátor. Mezi nimi dochází k přefukování plynů. V prvním katalyzátoru jsou přeměněny oxidu dusíku, ve druhém uhlovodíku a CO. Redukce NO_x je u tohoto systému výrazně horší než u jednokomorového třícestného katalyzátoru s regulací lambda.

Kombinovaný (třícestný) katalyzátor výrazně redukuje všechny tři škodlivé složky (CO , $C_m H_n$, NO_x) zároveň. Předpokladem pro jeho činnost je, aby složení směsi přiváděné do válců odpovídalo poměru $\lambda = 1$. Dnes je třícestný katalyzátor ve spojení s regulací lambda (třícestný řízený katalyzátor) nejúčinnějším systémem redukce škodlivých emisí výfukových plynů. Většina dnes sériově vyráběných vozidel je vybavena tímto systémem. (Běžně se užívá výrazu třícestný, ale správné označení je trojúhínný nebo tříložkový katalyzátor.)

Z konstrukčního hlediska se nejvíce používá **keramický monolitický katalyzátor** (obr. 100).



Obr. 100. Kanálky keramického monolitu
1 - aktivní vrstva, 2 - keramický nosič

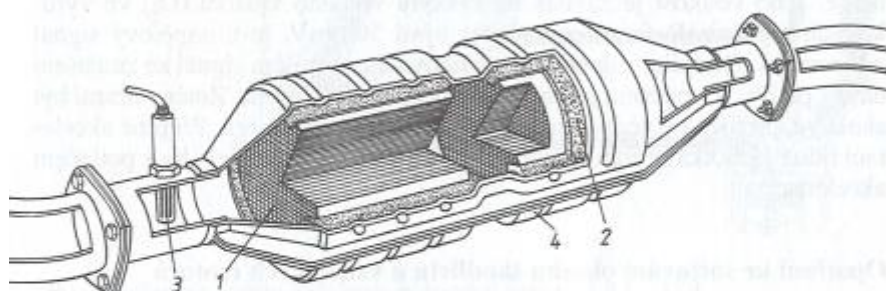
V současné době mají tyto katalyzátory 62 až 65 kanálků na 1 cm². To představuje podle velikosti katalyzátoru okolo 5 000 kanálek v celém příčném průřezu.

Používají se i **katalyzátory kovové** (svinutá kovová fólie).

Druhy katalyzátorů podle řízení:

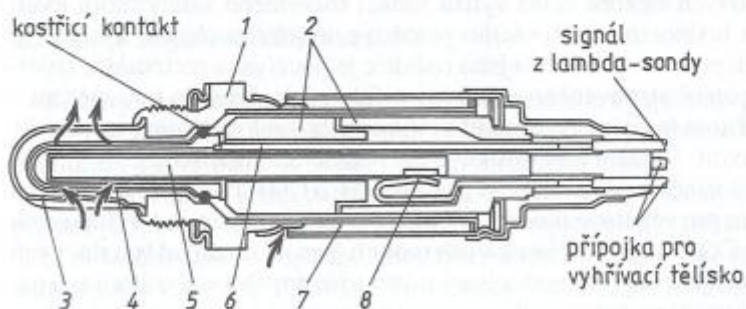
- **neřízený** bez kyslíkové lambda sondy (zážehové motory s klasickým karburátorem),
- **řízený** s kyslíkovou lambda sondou (zážehové motory s elektronicky řízeným karburátorem nebo elektronicky řízeným vstřikováním paliva).

Nejlépe redukuje škodlivé látky ve výfukových plynech řízený katalyzátor (obr. 101). Před vstupem výfukových plynů do katalyzátoru je umístěna kys-



Obr. 101. Katalyzátor s lambda sondou

1 - keramický nosič s aktivní vrstvou, 2 - tepelná izolace, 3 - lambda sonda, 4 - plášť katalyzátoru



Obr. 102. Vyhřívaná lambda sonda

1 - těleso sondy, 2 - keramická trubka, 3 - ochranná trubka s drážkami, 4 - aktivní keramika sondy, 5 - kontaktní část, 6 - ochranné pouzdro, 7 - vyhřívací tělísko, 8 - svorky vyhřívacího tělísko

líková lambda sonda. **Lambda sonda** (L-sonda) pracuje na principu reakce snímacího článku na přítomnost volného kyslíku ve výfukových plynech a předávání elektrických signálů řídicí jednotce. Elektronická řídicí jednotka po analýze vyšle signál pro upravení směšovacího poměru a také předstihu zapalování. Vzhledem k tomu, že kyslíková lambda sonda začíná pracovat až při teplotě 250 °C, mají některé instalováno elektrické vyhřívání, které umožňuje podstatně rychlejší náběh do činnosti již brzy po startu motoru (obr. 102).

Činnost lambda sondy

Jak už jsme uvedli – sonda dodává napěťový signál elektronické řídicí jednotce. Jeho velikost je závislá na výskytu volného kyslíku (O_2) ve výfukových plynech. Referenční hodnota bývá 500 mV. Je-li napěťový signál z L-sondy větší, řídicí jednotka dá vstřikovacím ventilům signál ke zmenšení dávky paliva. V opačném případě je dávka paliva zvětšena. Změny nesmí být skokové, protože by vedly k nepravidelnému chodu motoru. Při plné akceleraci řídicí jednotka se signálem z L-sondy nepočítá (docházelo by k potlačení akcelerace).

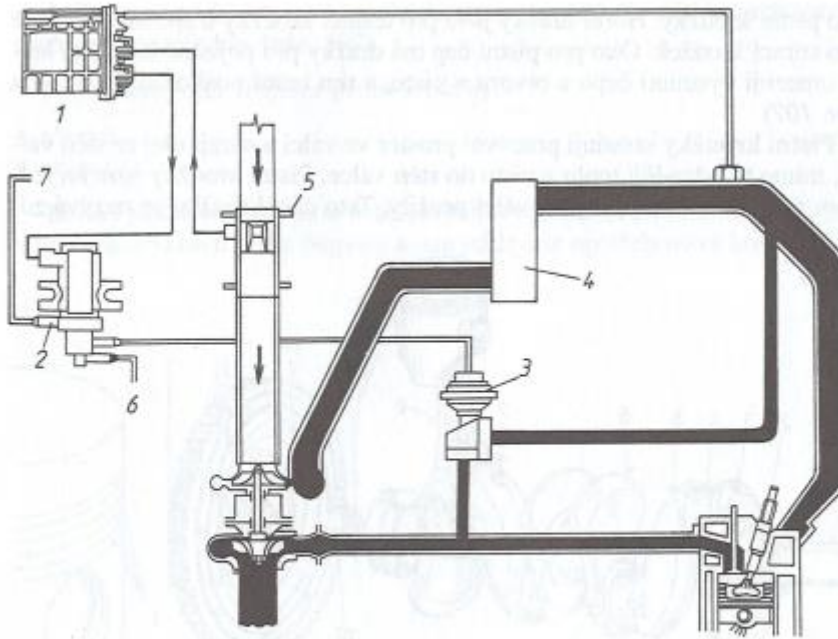
Opatření ke snižování obsahu škodlivin u vznětových motorů

Podíl škodlivin ve výfukových plynech je u vznětových motorů nižší než u benzinových. Pouze podíl NO_x , které vznikají především při vysokých spalovacích teplotách, je u tradičních dieselových motorů o něco vyšší než u motorů benzinových s třicestným řízeným katalyzátorem.

U vznětových motorů nelze využít funkci třicestného katalyzátoru kvůli kolísajícím hodnotám směšovacího poměru a vysokého obsahu kyslíku ve výfukových plynech. Z důvodu jeho redukce je používána *recirkulace* (zpětný přívod přesně stanoveného množství výfukových plynů do sání motoru – obr. 103). Tímto řešením klesá podíl kyslíku a jeho teplota zůstane na potřebné nižší úrovni. Vznik oxidů dusíku je tak účinně minimalizován.

U nových vznětových motorů se zbytky C_mH_n a CO likvidují ve speciálním katalyzátoru pro vznětové motory. V něm se mění škodliviny ve výfukových plynech na CO_2 a vodu. U dieselových motorů jsou na rozdíl od benzinových motorů použity oxidační katalyzátory místo třicestných katalyzátorů se speciální vložkou, která má povrch nasycený platinou.

Byly zkoušeny také speciální filtry pro snížení nespálených zbytků paliva ve výfukovém potrubí, které se však neujaly. S rozvojem nových vstřikovacích zařízení a vstupem elektroniky do řízení motoru se podíl nespálených zbytků paliva výrazně snížil.



Obr. 103. Zpětné vedení výfukových plynů u motoru 1,8 I - TDI
 1 - řídicí jednotka EDC, 2 - řídicí ventil pro zpětné vedení výfukových plynů,
 3 - ventil, 4 - chladič vzduchu pro přeplňování, 5 - senzor pro měření množství
 vzduchu G70, 6 - vstup podtlaku, 7 - atmosférický tlak

Výfukové potrubí je většinou z šedé litiny a společné pro všechny válce. Závodní automobily mají pro každý válec samostatné výfukové potrubí.

Víceválcové řadové motory mají výfukové potrubí spojeno dilatačními spojkami, které vyrovnávají délkové změny při ohřívání a chladnutí motoru. Potrubí je potom rozděleno na dva i tři úseky, které jsou spojeny dilatačními spojkami.

Zvlášť důležité je *výfukové potrubí u dvoudobých motorů*. Velikost průtokového odporu ve výfuku umožňuje u nich ovlivnit dokonalost vypláchnutí

válců. Při příliš malém odporu uniká velké množství čerstvé směsi při vyplachování do výfuku a při příliš velkém odporu je zase vypláchnutí nedokonalé a ve válci zůstává velké množství spalin.

Tlumiče výfuku tlumí hluk tím, že zmenšují energii výfukových plynů jejich expanzí, odrazem (akustické tlumiče), absorpcí neboli pohlcením apod. Většina tlumičů využívá několik způsobů současně. Tlumiče výfuku se vyrábějí svařováním z ocelového plechu.

Jednostopá motorová vozidla a čtyřkolky

Druhy motocyklů

Motocykl – MT (kategorie L₃) – je vozidlo pro dopravu jedné nebo dvou osob sedících za sebou s oporou pro kolena řidiče, bez šlapadel (*obr. 1*).



Obr. 1. Motocykl

Motocykl – TS pro sportovní (soutěžní) účely (kategorie L₁ nebo L₃).

Motokolo – ML – jízdní kolo opatřené trvale připojeným hnacím motorem.

Silniční sportovní



Naháč



Cestovní a turistické



Chopper a cruiser



Enduro a kros





Obr. 2. Skútr

Skútr – S (kategorie L₁ a L₃) – je vozidlo pro dopravu jedné nebo dvou osob sedících za sebou bez opory pro kolena řidiče při jízdě a s prostorem pro jeho nohy v nosné části vozidla bez šlapadel. Má obvykle zepředu ochranu dopravovaných osob (obr. 2).

Mokik – MK (kategorie L₁) – dříve též malý motocykl. Jeho nejvyšší konstrukční rychlost není větší než 50 km.h⁻¹. Je-li poháněn spalovacím motorem, nesmí být jeho zdvihový nebo jemu srovnatelný objem větší než 50 cm³. Má stupačky a nožní spuštění motoru.

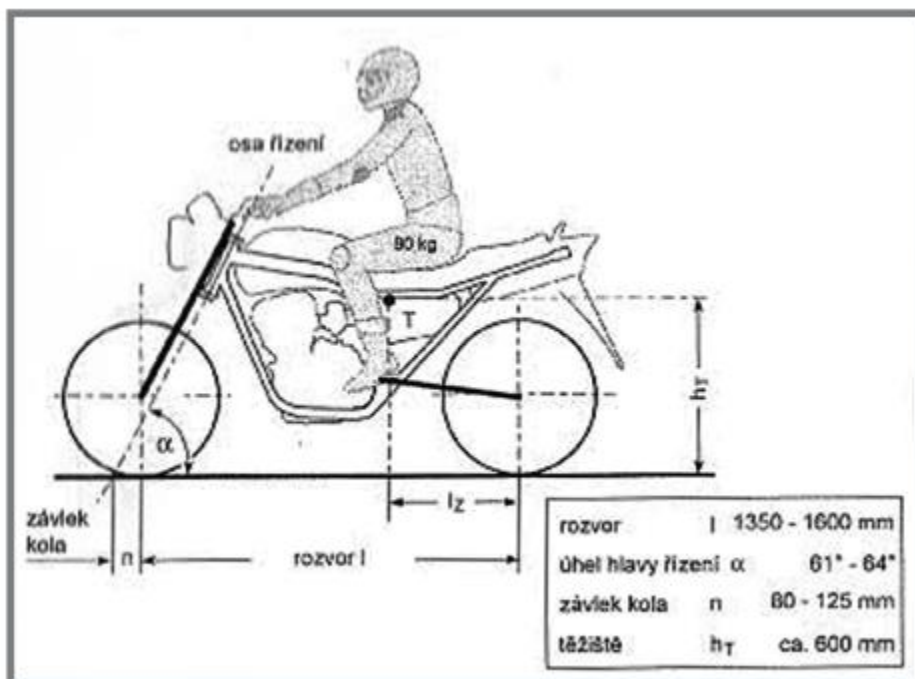
Moped – MP (kategorie L₁) – jeho nejvyšší konstrukční rychlost není větší než 50 km.h⁻¹. Je-li poháněn spalovacím motorem, nesmí být jeho zdvihový nebo jemu rovnocenný objem větší než 50 cm³. Je pro dopravu jedné osoby. Má šlapadla pro spuštění motoru, která zároveň slouží jako opora nohou (obr. 3).



Obr. 3. Moped

Hlavní části a uspořádání motocyklu

Rozměry a geometrie Důležitými rozměry rozumíme ty, jež určují geometrii řízení a značnou měrou se podílí na výsledné ovladatelnosti motocyklu a jízdním projevu. Nejdůležitějšími parametry jsou: rozvor kol, závlek předního kola, úhel sklonu osy řízení [15].



Obr. Základní geometrie motocyklu [15]

Podvozek

Podvozek je jednou z hlavních a nejvýznamnějších komponent motocyklu. Konstrukce podvozku je úzce spjata s pohonným ústrojím a motocyklem jako celkem. Hlavní úlohou je zajištění snadného řízení, jízdní stability a tlumení nárazů vzniklých nerovnostmi na vozovce. Správná funkce se také odvíjí od rozměrů a geometrie.

Základní části motocyklového podvozku jsou: rám, zavěšení a odpružení kol, a také brzdový systém

Rám

Nosný rám je hlavním stavebním a pevnostním prvkem motocyklu. Nese pohonné ústrojí, drží hlavu řízení a je na něj uchycena vidlice zadního kola, sedačka a další komponenty. Nejčastějšími druhy motocyklových rámců jsou trubkové, lisované, lité a kombinované, v menší míře jsou zastoupeny rámy z kompozitních materiálů. Rámy elektrických motorek se odlišují od konvenčních především z důvodu potřeby uložení značně velkého bloku baterií.

Odpružení a tlumení kol Odpružení a tlumení mírní přenos kmitavých pohybů náprav na části podvozku a rám. Chrání posádku před nežádoucími otřesy a zaručuje jí tím jízdní komfort, čímž snižuje tělesnou únavu jezdce. Další důležitou úlohou je zajištění stálého styku pneumatiky s povrchem vozovky, čímž je umožněn přenos hnacích a brzdících sil. Ztráta kontaktu by měla značně negativně vliv na říditelnost a ovladatelnost vozidla

Zavěšení předního kola Jak přední, tak i zadní vidlice zprostředkovává spojení kola s rámem motocyklu. Rozlišujeme několik různých typů zavěšení předního kola, příkladem: teleskopická vidlice, obrácená teleskopická vidlice, vahadlová vidlice, teleskopická páková vidlice a další.

Teleskopická vidlice je nejběžnějším způsobem zavěšení předního kola. Skládá se z dvojice dutých trubek spojených spodním a horním nosníkem vidlice. Po těchto nosných trubkách jezdí kluzáky, ke kterým je na jejich spodní straně uchyceno kolo. V nosných trubkách jsou vinuté pružiny kombinované s hydraulickými tlumiči, jenž zajišťují tlumení nerovností.

Zavěšení zadního kola Stejně jako u předního zavěšení, máme i u zadního zavěšení několik různých typů. Dvouramenná vidlice sestává z dvojice ramen, jež jsou odpruženy šikmo uchycenými tlumiči spojenými s rámem. Negativem tohoto typu zavěšení je nedostatečná stabilita, kterou se výrobci snaží eliminovat použitím silně dimenzovaných skříňových konstrukcí.

Kola a pneumatiky

Kolo s pneumatikou je spojovacím článkem mezi vozidlem a vozovkou. Motocyklová kola nesou veškerou hmotnost vozidla, také přenášejí hnací a brzdné momenty. Dále jsou důležitým činitelem v pružící soustavě vozidla z hlediska zvětšení jízdního pohodlí a bezpečnosti jízdy.

Brzdový systém: Brzdy fungují na principu přeměny kinetické energie na energii tepelnou a to třením pohyblivých a nepohyblivých součástí. U brzd se setkáme se dvěma hlavními druhy a těmi jsou brzdy bubnové a kotoučové.

Motor

Rozdělení dle zápalné směsi

Zážehový a vznětový motor využívají jako palivo frakce ropy získané destilací a dalšími úpravami pro dosažení požadovaných vlastností paliva. Nejčastějším palivem dnešních zážehových motorů je směs uhlovodíků s teplotou varu do cca 210°C s obecným názvem benzín. Palivem pro vznětové motory se používají těžší frakce (vyšší bod varu) známé jako nafta. Oba motory mají hodně společného, avšak tepelné oběhy se poněkud liší. Vznětové motory se v motocyklech objevují jen velmi zřídka.

Výkonnostní rozsah vyráběných motorů je od jednotek kW až po desítky MW.

Dle pracovního cyklu

V každém motoru je zapotřebí dostat do válce palivo (sání), které po stlačení (komprese) zapálíme a dojde k nárůstu tlaku (expanze), následně odejdou spaliny ze spalovacího prostoru (výfuk). Tento cyklus se neustále opakuje, a pokud každá fáze cyklu je na jeden zdvih jedná se o motor čtyřdobý, pokud ne, jedná se o motor dvoudobý.

Převody: Motor uložený v motocyklu musí být nějakým způsobem spřažen se zadním kolem, aby se motocykl mohl pohybovat. Nejčastější koncepce je využití několika převodů, z nichž některé jsou proměnné. Od klikové hřídele je přenos síly pomocí primárního převodu na spojkový koš (spojka bude vysvětlena v dalším příspěvku), dále na převodovku, která má běžně 3-7 rychlostních stupňů a na zadní kolo postupuje krouticí moment přes sekundární převod. Můžeme se ovšem setkat i s jinými variantami, které budou objasněny dále – skútr, minibike, atd.) V článku motor bylo vysvětleno, kde vzniká síla a opakování matka moudrosti, takže... Při hoření expandující směs tlačí na píst, který přes ojnici otáčí klikovou hřídel. Síla přenášená ojnici krát rameno kliky (krát sinus sevřeného úhlu), nám dává krouticí moment motoru. Moment je tedy síla na rameni.

Prodej a údržba motocyklů

Prodej motocyklů se uskutečňuje nejčastěji u autorizovaných prodejců jednotlivých značek motocyklových výrobců.

Údržba

Pneumatiky: Tlak v pneumatikách měříme ve studeném stavu a hustíme na tlak předepsaný výrobcem. Při zahřátí tlak vzroste zhruba o 10%. Hodnoty u silničních moto jsou přibližně 2,3baru v přední pneumatice a 2,5baru v zadní pneumatice (1 bar = 100kPa = 0,1MPa). Správnou hodnotu je nutno zjistit na daný typ. Kromě tlaku je nutné kontrolovat i vzhled pláště (trhliny, praskliny, naražení, porušení kostry) a hloubku dezénu, která má být minimálně 1,6mm.

Brzdy: Jsou jedním z hlavních bezpečnostních prvků. Základním principem brzd u motocyklů je užití třecí síly a proto je nutné udržovat styčné plochy v čistotě a uchránit je především před mastnotou. Bubnové brzdy jsou v dnešní době užity jen na lehčích a pomalejších strojích a jejich výhodou je lepší ochrana proti vodě a nečistotám. Opotřebením obložení zpravidla indikuje ukazatel na páce brzdy.

Seřízení se provádí dotažením lanka, případně táhla na páce, přičemž zkusíme, jestli se kolo při povolené brzdě volně otáčí. Lanka a čepy mažeme plastickým mazivem. Mnohem rozšířenější jsou brzdy kotoučové s hydraulickými písty. Průběžně kontrolujeme stav kapaliny v nádobkách – její hladinu a čistotu. Nádobka přední brzdy je u brzdové páky na řídítku, nádobka zadní brzdy nad pákou zadní brzdy nebo pod sedlovým plastem. Výměna kapaliny se provádí po dvou letech. Brzdové kotouče mají určenu minimální tloušťku (zpravidla vyraženo na kotouči) a nesmí mít velké vrypy, které ovlivňují brzdný účinek a životnost brzdových destiček. Brzdové destičky je nutno vyměnit pokud tloušťka obložení je menší jak 1mm. Obložení lze většinou kontrolovat i při namontovaném brzdiči.

Motor: Kontrola oleje. V případě dvoudobých motorů je stálá náplň převodovky a motorový olej je přidáván do paliva, buď před nalitím do nádrže nebo pomocí olejového čerpadla. V případě odděleného mazání je nutné kontrolovat hladinu nejen benzínu, ale i oleje. U čtyřdobých motorů je ve většině případů použit olej pro motor i převodovku společně a množství kontrolujeme olejoznakem (okýnkem v motoru) nebo pomocí měrky, jejíž správné měření je nutné si ověřit. Kontrola oleje se provádí při studeném motoru, případně po několikaminutovém odstavení na rovné ploše na hlavním stojanu. Hladina by měla být mezi dolní a horní hranicí okénka, případně měrky (značeno Full – Low). Motorový olej měníme nejčastěji v intervalu 6000 km, u motocyklů s malým obsahem olejové náplně už i po 1000 km. Olejový filtr se mění ob jednu případně i ob dvě výměny tj. 12-18 tis km. Ventilové vůle čtyřdobých motorů se seřizují v intervalu 6 000 – 40 000 km dle typu motoru, u motorů s hydraulickými podpěrami se mění v případě problémů “hydroštos” (životnost obvykle 100 tis km a více).

Elektrické zařízení: Obsahuje jednak spotřebiče elektrické energie a také zdroje. Z jednoduchých spotřebičů jsou to především žárovky, které jsou i v povinné výbavě motocyklu a to po jednom kusu od každé použité v motorce. Žárovka je specifická svou patičkou, napájecím napětím (u moto 6V nebo častěji 12V) a příkonem ve Watech. Měníme vždy za předepsaný typ a pokud možno nechytáme za skleněnou část. Zapalovací svíčky je dobré kontrolovat po 6000 km, životnost je kolem 12000 km. Za občasnou kontrolu stojí u akumulátorů s tekutým elektrolytem kontrola hladiny, která musí být mezi ryskami LOWER-UPPER, případně tak, aby byly zatopeny olověné desky a to cca 10mm pod hladinou. Při poklesu hladiny doléváme destilovanou vodou. Při nadměrné ztrátě elektrolytu zkontrolujeme stav dobíjení, které by mělo být v celém rozsahu otáček 13,5-14,2 V. Pojistky elektrického systému jsou sdruženy do pojistkové skříně, kde jsou popsány hodnoty v Ampérech a větev jištění (zapalování, světla, kontrolky atd.). Nejčastěji je užito nožových pojistek a náhradní pojistka od každé hodnoty je v povinné výbavě.

SEKUNDÁRNÍ PŘEVOD: Nejrozšířenější je převod řetězem, který vyžaduje pravidelné mazání. Při zvýšení tření v čepech řetězu dochází k vydírání a následnému prodlužování řetězu, což negativně ovlivňuje nejen životnost samotného řetězu, ale i ozubených kol. Znečištěný řetěz čistíme čističem na řetězy. Kontrolujeme správné napnutí řetězu, které je závislé na zdvihu pérování zadního kola. Největší rozkmit řetězu u silničních moto je běžně kolem 3cm.

Chlazení: Odvádí přebytečné teplo při chodu motoru. U vzduchem chlazeného motoru je nutné dodržovat čistotu chladících žeborů pro lepší přestup tepla do vzduchu. Jiné běžné kontroly nejsou třeba. Vodní chlazení vyžaduje kontrolu stavu chladicí kapaliny v expanzní nádobce. Doléváme destilovanou vodou a výměnu kapaliny provádíme dle druhu 2-5 let. Žebra chladiče musí být též udržovány v čistotě a v případě ohnutí lamel mezi žebry je potřeba je narovnat do původního stavu. U olejových chladičů kontrolujeme stav lamel jako u chladičů vodních. U obou systémů koluje chladičem kapalina pod tlakem a je nutné hlídat těsnost vedení případně samotného chladiče.

PALIVOVÝ OKRUH: Seřizujeme volnoběžné otáčky na hodnotu dle výrobce (1000-1500 ot/min). Nízké volnoběžné otáčky zatěžují části motoru, naopak vysoké zamezují správné řazení. U víceválcových motorů je nutné seřizovat vzájemnou polohu škrticích klapek přibližně s intervalem 12000 km. Spolu se synchronizací je vhodné provést kontrolu těsnosti a správné další nastavení. Hladina paliva v plovákové komoře (jen u karburátorů), volnoběžná směs (jen u karburátorů), snímač polohy škrticí klapky. U vzduchového filtru kontrolujeme znečištění v intervalu dle prostředí, v kterém je motocykl používán. U silničních moto je prohlídka po 6000 km, kdy provedeme profouknutí (u některých výrobců není čištění tlakovým vzduchem dovoleno), po 18000 se provede výměna za nový. Interval výměny určíme dle stupně znečištění. U molitanových filtrů se provádí čištění a následné mazání speciálním olejem na vzduchové filtry.