

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

VZNĚTOVÉ MOTORY PRO ARMÁDNÍ ÚČELY

CI-ENGINES FOR ARMY PURPOSES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

RADEK ŠEBESTA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. RADIM DUNDÁLEK, Ph.D.

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Radek Šebesta

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

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

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

Vznětové motory pro armádní účely

v anglickém jazyce:

CI-engines for Army Purposes

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Osvojení základních pojmů zadané problematiky. Zamyšlení nad perspektivou vývoje.

Cíle bakalářské práce:

Uvedení přehledu zvláštností a specifických vlastností motorů určených pro armádní účely.

Seznam odborné literatury:

- [1] BRAUN, Pavel, VALA, Miroslav: Vojenská kolová vozidla, základy konstrukce. U – 1221/1. Vojenská akademie, Brno, 1996.
- [2] VALA, Miroslav, BRAUN, Pavel: Vojenská kolová vozidla, díl II. - Teorie pohybu vozidel. Učebnice U-1221/2. VA Brno, 1998.
- [3] BRAUN, Pavel, VALA, Miroslav: Vojenská kolová vozidla, díl III.- Konstrukce vozidel. Učebnice U-1221/3. VA Brno, 2000.
- [4] BRAUN, Pavel, VALA, Miroslav: Bojová a speciální vozidla I. Skripta, UO Brno, 2005.
- [5] ŽALUD, Zdeněk, DERMEK, František: Bojová a speciální vozidla II. Skripta, UO Brno, 2005.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Radim Dundálek, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/2009.

V Brně, dne 21.10.2008

L.S.

prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

Anotace bakalářské práce

Bakalářská práce se zabývá využitím vznětových motorů v armádních využitích, zejména tedy ve vojenských vozidlech. Je zaměřena na motory bojových a speciálních vozidel, jako jsou obrněné transportéry nebo tanky. Podává přehled o vlastnostech těchto motorů a nárocích, kladených při použití ve specifických podmínkách.

Charakterizuje problematiku provozu a údržby vznětových motorů a negativních vlivů, jenž jsou při bojových podmínkách vystaveny. Informuje o způsobech ošetřování jednotlivých částí motorů a soustav zajišťujících jeho chod. Uvádí příklady odlišností od běžných motorů, používaných v civilních vozidlech. Vytváří náhled na problematiku umístění motoru a konstrukční řešení celkového uspořádání poháněcí soustavy. Vysvětluje základní pojmy z oblasti paliv používaných armádou a požadavků, které by měly splňovat. Cílem práce je poskytnutí přehledu specifických vlastností a požadavků kladených na vznětové motory.

Klíčová slova

motor, vznícení, bojové vozidlo, speciální požadavky, vzduchové spouštění, provoz, nafta, chladicí soustava, filtrace vzduchu, palivová soustava

Annotation of bachelor's thesis

The bachelor's thesis deals with utilization of compression-ignition engine in army purposes, especially in army vehicles. It aims to motors of military and special vehicles as are armoured vehicles or tanks and gives view of features about motors and exigencies which must fullfil usage in specific conditions.

Thesis describes problematics of operating and maintainance CI - engines and negative effects which appear in battle contidionts. It gives notice about curing methods each parts of engine and about systems which supports engine working and classifies exemplifications of differences distinct from ordinary motors, common uses in civil cars. Creates view on problematics of positioning and constructional solution of motor space inside vehicle. It brings basic informations about oil fuels used in army and its requierements. Objective of this thesis is disclosure of information about specific features and standards of motors intended for army purposes.

Key words

Engine, ignition, military vehicle, specific requirements, pneumatic starting, operating, oil fuel, cooling systém, air filtration, fuel system

Poděkování

Tímto chci poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Radimu Dundálkovi, Ph.D. za připomínky a rady při tvorbě této práce a také za vstřícný přístup při konzultacích.

Prohlášení autora o původnosti práce:

Místopřísežně prohlašuji, že jsem byl seznámen s předpisy pro vypracování bakalářské práce a že jsem celou bakalářskou práci vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, využití v mé práci jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Při vypracování bakalářské práce jsem respektoval ustanovení předpisů pro bakalářské práce a jsem si vědom toho, že v případě jejich nedodržení nebude moje bakalářská práce vedoucím bakalářské práce přijata.

V Brně dne 18.5.2009

.....
podpis

Obsah

1.	Úvod	2
2.	Požadavky kladené na vznětové motory	2
3.	Důvody použití vznětových motorů	3
4.	Výhody vznětového motoru oproti benzínovému.....	3
5.	Provoz a údržba motorů bojových speciálních vozidel.....	4
5.1.	Zvláštnosti v používání a provozu motorů vojenských vozidel v zimním období.....	4
6.	Faktory působící na provoz motorů vojenských vozidel v zimním období.....	5
6.1.	Nízká teplota vzduchu.....	5
6.2.	Pasivní odpor motoru.....	5
6.3.	Snížený výkon elektrického spouštěcího zařízení.....	6
6.4.	Nízký tlak a teplota na konci komprese.....	6
6.5.	Metody a prostředky zaměřené na omezení negativních vlivů nízké teploty.....	7
6.6.	Omezení poklesu akumulátorových baterií.....	8
6.7.	Snížení viskozity motorových olejů.....	8
6.8.	Zlepšení podmínek pro zapálení směsi ve válci motoru při startování za snížených teplot.....	9
6.9.	Zásady pro spouštění motorů vojenské techniky za snížených teplot.....	9
6.10.	Zvýšená vlhkost vzduchu.....	10
7.	Podmínky a požadavky na motory bojových speciálních vozidel v zimním období.....	11
7.1.	Vysoká teplota vzduchu.....	11
7.2.	Odpařování kapaliny z chladicí soustavy motoru.....	12
7.3.	Předcházení nepříznivým podmínkám při vysokých teplotách.....	14
7.4.	Vliv prašnosti vzduchu na použití vznětových motorů.....	14
8.	Paliva vznětových motorů pro vojenská vozidla.....	15
8.1.	Motorová nafta.....	15
8.2.	Specifika více-palivových vznětových motorů.....	17
8.3.	Srovnání jednotného paliva JP/F-34 a MN F-54.....	17
9.	Výkonové parametry motorů vojenských vozidel.....	18
9.1.	Vyhodnocení výkonů motorů.....	21
10.	Motory kolových obrněných vozidel a jejich vlastnosti.....	21
10.1.	Kolová obrněná vozidla 4x4.....	21
10.2.	Kolová obrněná vozidla 6x6.....	22
10.3.	Kolová obrněná vozidla 8x8.....	22
11.	Umístění vznětových motorů ve vojenských vozidlech.....	23
12.	Motor-převodové prostory bojových speciálních vozidel.....	25
12.1.	Kritéria správného řešení motor-převodového prostoru.....	25
13.	Příklad využití vznětového motoru v bojových vozidlech.....	26
14.	Přehled zvláštností a specifických vlastností motorů určených pro armádní účely.....	34
15.	Zamyšlení nad perspektivou vývoje.....	35
16.	Závěr.....	36
17.	Seznam použitých zdrojů.....	37

1. Úvod

Vojenské automobily a obrněná vozidla byla vždy vůči civilním prostředkům o krok napřed, co se týče moderního vybavení - přímý vstřik paliva, radiokomunikace a navigace nebo použití speciálních prvků - schopnost hlubokého brodění, plavby, spouštění a předehtování motoru při nízkých teplotách, apod. Schopnost ovládnutí armády a ochrany státu vyžaduje také použití velké, ať už obranné či útočné síly v případech bojového stavu, nebo v případech napadení nepřítelem. Vojenská vozidla, jako i osobní automobily, obrněné transportéry či tanky jsou pro tento účel vhodná a také požadavek na jejich zdokonalování byl značný. V dnešní době jsou také do celkového vývoje investovány obrovské finanční prostředky. Například Spojené státy americké už v roce 2004 získaly za export zbraní přes 18 miliard amerických dolarů.

Význam tanků a obrněných vozidel, obzvláště v dnešní době zavádění nukleárních zbraní roste. Použití vznětových motorů v těchto vozidlech je tedy přímo zásadní. Požadavek velkého výkonu (500-800 k) a širokého akčního rádiu značně ovlivňuje spotřeba paliva. Je tedy snaha vyrábět motory lehké a ekonomické, ovšem svými vlastnostmi se dostávají téměř do oblasti motorů leteckých. Z těchto důvodů pramení využití přímého vstřikování paliva a použití turbodmychadel pro přepřehování motorů a zvýšení jejich výkonů. Ke zvýšení akčního poloměru se například u tanků, podobně jako u letadel, používají přídavné nádrže, umístěné vně, které se po spotřebování pohonných hmot odpojí. Kromě jiných vlastností je od obrněných vozidel také požadována:

- vysoká bojová pohotovost
- vyšší průchodivost v různém terénu
- vysoké dynamické vlastnosti

2. Požadavky kladené na vznětové motory

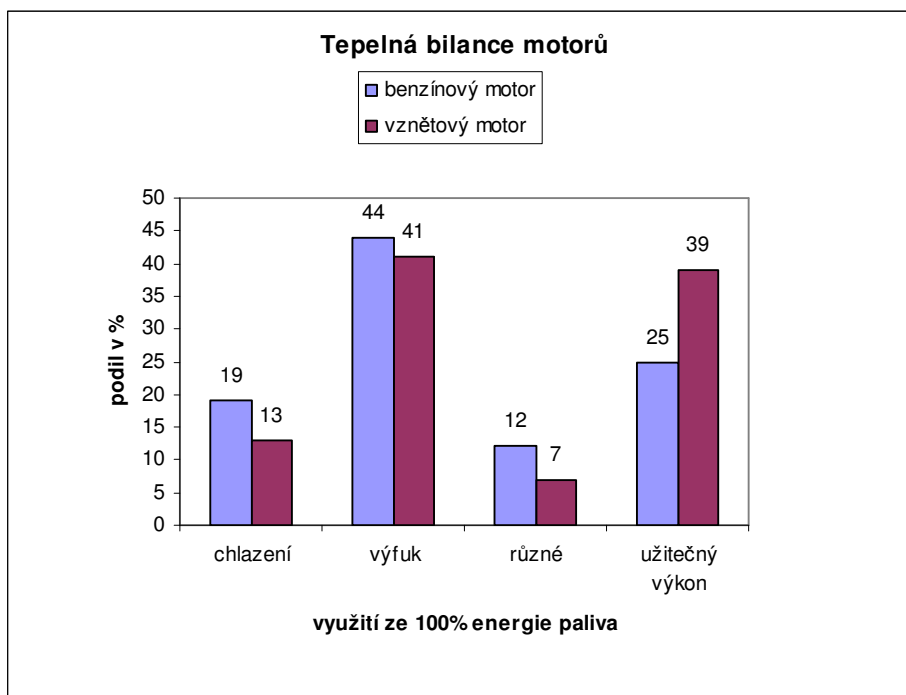
Jde především o široký rozsah regulace otáček, chod motoru ve velkém rozmezí otáček, bez oblasti kritických otáček a hlavně výhodný průběh charakteristiky výkonu, tzv. „buvolí“ charakteristika, která má mít obzvláště velký kroutící moment v oblasti nízkých otáček. Vliv průběhu kroutícího momentu má podstatný vliv na vlastnosti vozidla v terénu - členitost, střídání tvrdého a měkkého podkladu, jízda pískem, či sněhem, ale také na pružnost jízdy. Čím větší je procentuální vzestup kroutícího momentu při klesajících otáčkách motoru, tím se snižuje počet rychlostních stupňů se kterými lze vystačit. Dalším aspektem je chlazení motoru. S nároky použití bojového vozidla musí vyhovovat provozu v extrémních klimatických podmínkách a dát se dobře regulovat. Je to velmi těžký úkol, bereme-li v úvahu kolik vyprodukovaného tepla se musí odvést z tak výkonného motoru, který je doslova obklopen pancéřovou korbou vozidla. Průchod vzduchu, ať už nasávání či výfuk, je značně omezen průduchy umístěnými nahoře, a navíc bržděn neprůstřednými mřížemi, kvůli ochraně v boji. Celý chladicí systém musí být tvořen jako odsávací, aby byl kolem motoru podtlak, který odsává plyny, takže nemohou vnikat do prostoru pro posádku. Motor by měl být také hospodárný, aby i s menšími nádržemi měl velký akční rádius, a malé požadavky na zastavěný prostor. Nezvětší se tak rozměry pancéřového vozidla a tím i jeho hmotnost, která se musí využít spíše na pancéřování a výzbroj.

3. Důvody použití vznětových motorů

Porovnání motorů vznětových a benzínových vzhledem k použití v bojových vozidlech vede zejména na výkonové parametry. Aby se dosáhlo stejného užitečného výkonu, musí se u benzínového motoru přivést o 56% více tepelné energie. Při převádění na stejný užitečný výkon zjistíme, že je výhodnější chladit motory vznětové, kde je energie k chlazení téměř o polovinu menší. Tato okolnost má tedy zásadní význam na ztrátu výkonu potřebného pro pohon chladících větráků, na potřebný prostor pro chladicí soustavu a tím také na celkovou hmotnost. Výfukem je také u vznětového motoru odvedeno menší množství tepla. Teplota výfukových plynů je přibližně 550-600 °C, oproti 800°C u motorů benzínových. Lze tedy využít turbodmychadel

k přepřínování motoru a tím zlepšit průběh kroutícího momentu motoru. Nevýhodou vznětových motorů pro bojová vozidla je především jejich obtížnější spouštění.

Obr.1:
Porovnání
tepelných bilancí
motorů. [2]



4. Výhody vznětového motoru oproti benzínovému

- menší spotřeba paliva, zvláště při částečném zatížení, a tím zvětšení jízdního dosahu, při stejném zastavěném prostoru a hmotnosti
- menší chladicí zařízení, a tím další snížení spotřeby a zmenšení prostoru potřebného pro chlazení
- větší rozsah provozních otáček a okamžitý rozběh motoru i při nejnižších otáčkách, z důvodu použití vstřikovacího čerpadla oproti karburátoru
- stoupající průběh kroutícího momentu s poklesem otáček, dosažený korektorem vstřiku, a tím výhodnější řazení a nižší počet převodových stupňů
- menší nebezpečí požáru vlivem těžko zápalné a netěkavé nafty, nižší teplota výfukového potrubí
- snazší konstrukce čističe vzduchu vlivem kvalitativní regulace vznětového motoru, poměr nasávaného vzduchu je vznětového motoru asi 1:5, oproti 1:30 u motoru benzínového
- úplná necitlivost na polohu motoru
- možnost zvýšení výkonu a kroutícího momentu použitím turbodmychadla
- nedochází k rušení radiofonie

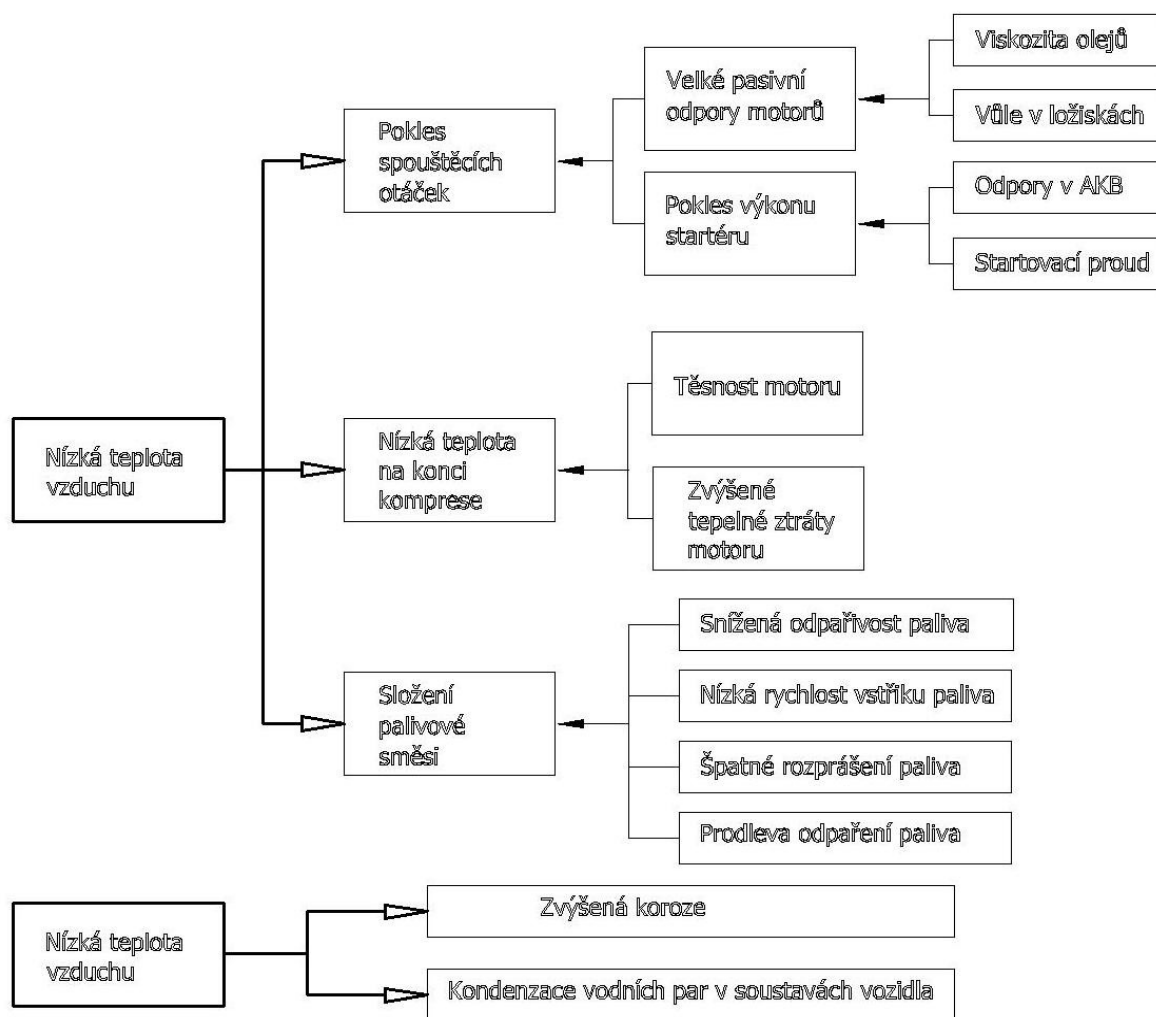
5. Provoz a údržba motorů bojových a speciálních vozidel

Provozování bojových a speciálních vozidel ovlivňuje velkou měrou období, ve kterém jsou používány. Počasí a klimatické podmínky jsou zásadními faktory, jenž vedou k změně v provozu BSV. Na tyto změny musí provoz vojenských vozidel tak, aby byly maximální mírou zajištěny spolehlivost, bezpečnost a hospodárnost používaných vozidel.

V podmínkách armády je provoz techniky organizován v závislosti na teplotě vzduchu okolního prostředí. Charakteristika provozu letního a zimního období je dána teplotou $+5^{\circ}\text{C}$, klesnou-li dlouhodobě teploty pod $+5^{\circ}\text{C}$, jde provoz v zimním období. Naopak po delším udržení teploty nad $+5^{\circ}\text{C}$ se jedná o provoz v letním období.

5.1. Zvláštnosti v používání a provozu motorů vojenských vozidel v zimním období

V zimním období působí na provoz vojenských vozidel a zvláště na jejich motory řada negativních vlivů, které jak je výše zmíněno, jsou způsobeny změnou povětrnostních podmínek a také počasím. Hlavním problémem je zhoršené spouštění motorů.



Obr. 2: Faktory zimního období a jejich vliv na provoz motorů. [3]

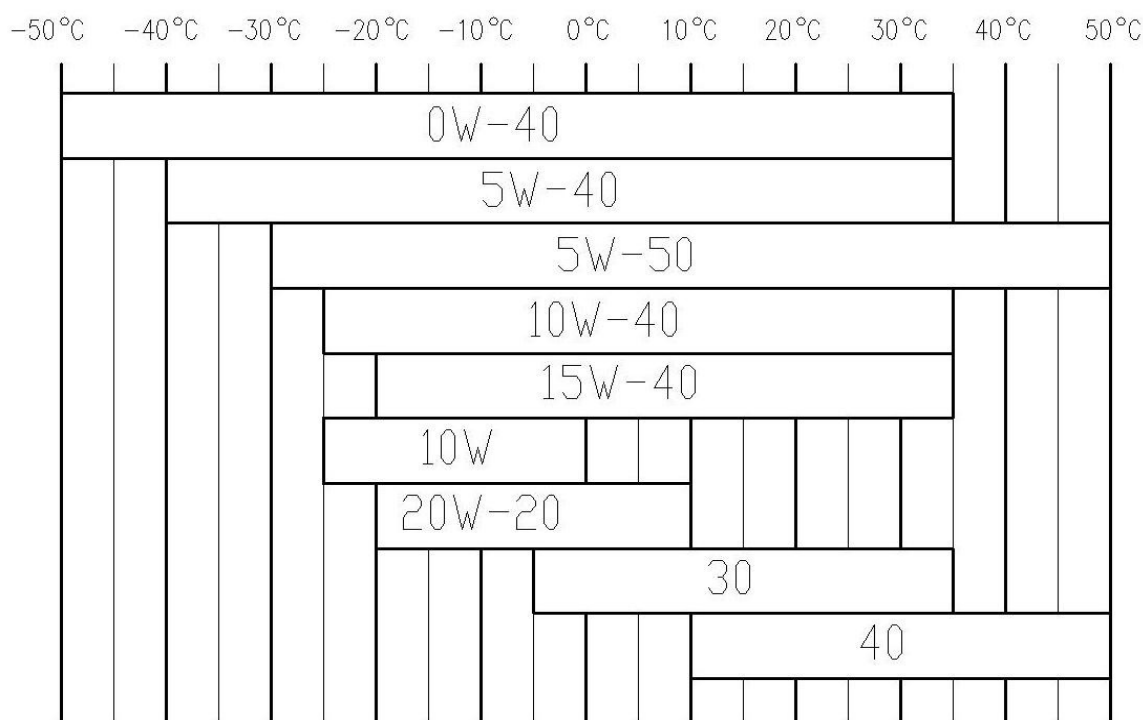
6. Faktory působící na provoz motorů vojenských vozidel v zimním období

6.1. Nízká teplota vzduchu

Nízká teplota vzduchu je tím faktorem, který ovlivňuje používání motoru v zimním období nejvíce, působí totiž na změny fyzikálních vlastností pohonných hmot, maziv a provozních hmot, např. chladicí kapaliny, na teplotní stav motorů, na stupeň opotřebení pohyblivých částí motoru, vlivem různé tepelné roztažnosti jednotlivých materiálů, ale také na výkon elektrického spouštěcího zařízení. Vlivem nízké teploty také klesají spouštěcí otáčky motoru, snižuje se tlak a teplota na konci komprese, tvoří se chudá palivová směs, důsledkem jsou nepříznivé podmínky pro tvorbu směsi a její vlastní vznícení a hoření ve válcích.

6.2. Pasivní odpor motoru

Pasivní odpor motoru je tvořen momenty sil, které musí spouštěcí zařízení překonat při protočení motoru. Velikost odporu je závislá zejména na kinematické viskozitě motorového oleje, počtu válců a různých součinitelích tepelné roztažnosti materiálů (např. u ložisek). Jednoznačně největší podíl na zvýšení odporu má kinematická viskozita motorového oleje, ta se zvyšuje s klesající teplotou. Prakticky to znamená, že kluzné části, jako písty, vačky, ložiska, apod., jenž jsou za normálních podmínek velmi pohyblivé, se budou se zvýšením viskozity motorového oleje pohybovat jen se zvýšeným úsilím. Proto se v současné době používají u vojenských vozidel prakticky výhradně tzv. vícestupňové motorové oleje, které zaručují mazání motoru při celoročním použití a zajišťují bezpečné mazání motoru. Označují se kombinací letní a zimní třídy, typické jsou např.: 0W-40, 5W-40, nebo 5W-50.



Obr. 3: Doporučené viskozitní třídy SAE motorových olejů podle vnějších teplot [°C]. [3]

Dalším činitelem, který ovlivňuje zvýšení pasivního odporu motoru je zmenšení vůlí u dvojic s přímočarým (ventil - vedení ventilu) či rotačním pohybem (čep - ložisko). Např. u kluzných ložisek má materiál pánví větší součinitel tepelné roztažnosti a při jeho ochlazení se zmenšuje vzájemná vůle. Při větší viskozitě oleje tak může dojít k odtržení olejového filmu, který je vytlačen z místa styku a dojít k suchému tření, které je nežádoucí. Podobně je tomu i u ostatních částí motoru s rotačním či přímočarým pohybem. Překonávání těchto odporů znamená zvýšení výkonu spouštěcího zařízení. To znamená zabezpečit maximální předepsaný tlak u vzduchového spouštěcího zařízení a také zajištění dostačujícího příkonu elektrického spouštěče.

6.3. Snížený výkon elektrického spouštěcího zařízení

Nejnižší výkon spouštěcího zařízení, který musí vynaložit na spuštění motoru je určen nejnižšími otáčkami pro samotné spuštění a také na velikost odporového momentu při nejnižší přepokládané teplotě. Nejnižší otáčky jsou takové, při nichž dojde ke vznícení paliva ve válcích motoru. K dosažení protočení klikové hřídele těmito otáčkami musí být momenty spouštěcího zařízení při záběru z klidu do spouštěcích otáček větší než momenty odporujících sil. Minimální otáčky pro spuštění u vznětových motorů:

- tanků50 min⁻¹
- pásových obrněných transportérů..... 50-60 min⁻¹
- kolových obrněných transportérů.....70-80 min⁻¹
- automobilů.....80-90 min⁻¹

Vnitřní odpor akumulátoru je proměnlivá veličina, závisící nejvíce na hustotě a teplotě elektrolytu. V zimním období je proto nutné udržet akumulátorovou baterii nabitou na co největší kapacitu, při vybíjení totiž dochází ke snižování hustoty elektrolytu a hrozí následné zamrznutí a roztržení nádoby akumulátoru. Nabitá baterie vydrží i velmi nízké teploty okolo - 50 °C, elektrolyt vybité baterie zamrzá už při teplotách okolo -10 °C. Obtížnější je ale také dobíjení elektrolytu, ten při teplotě nižší než 0 °C nepřijímá skoro žádnou elektrickou energii k dobíjení, nejprve se dodaná energie přemění v teplo a až poté se se začne dobíjet. Nebezpečí při kratší jízdě tedy znamená nedobití akumulátoru a ohrožení správné funkce zdrojové soustavy vozidla.

6.4. Nízký tlak a teplota na konci komprese

Dalším významným faktorem ovlivňujícím startovatelnost vznětových motorů v zimním období je teplota a tlak na konci komprese. Aby mohlo dojít na konci kompresního zdvihu ke vznícení paliva, je třeba dosáhnout požadovaného tlaku a teploty vzduchu, v časovém intervalu od vstřiku paliva po dosažení horní úvratě pístu. Tento interval činí u většiny motorů 15-30° otočení klikového hřídele motoru. Když bereme v úvahu, že nejnižší otáčky většiny motorů jsou kolem 60 min⁻¹, činí tento interval u pootočení klikové hřídele o 30° asi 0,08-0,1s.

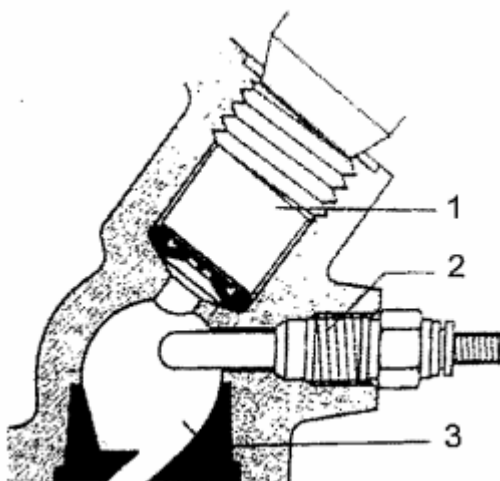
Ovšem, když ke vznícení paliva nedojde v době do 0,1 sekundy, tlak a teplota ve válci začne rychle klesat a palivo se nevznítí. Dalším faktorem, jenž ovlivňuje spuštění vznětového motoru za nízkých teplot je zpoždění vznětu paliva, které se zvětšuje se snížením kompresního tlaku. Aby došlo ke spuštění motoru, musí být např. při tlaku na konci komprese $p=1,96$ MPa vzduch ve válci ohřátý stlačením na teplotu min. 350°C. Tuto teplotu výrazně ovlivňují chladné stěny válců motoru, které rychle odvádí vzniklé teplo. Tlak také uniká mezi válcem a pístem do klikové skříně v důsledku různé tepelné roztažnosti materiálů (např.: ocel a hliníkové slitiny). I tato skutečnost se projevuje poklesem spouštěcích otáček motoru.

Pro snadné a spolehlivé spouštění moderních vznětových motorů, zejména s nepřímým vstřikováním paliva se používá systém tzv. žhavení. U moderních provedení se žhavení provádí ve 3 fázích:

- předžhavení (doba: 3-7 sekund)
- startování
- dožhavení běžícího motoru (doba cca 6 minut, významné pro redukci škodlivin ve výfukových plynech)

[Popis obr.3:]

- 1- vstřikovací tryska
- 2- žhavicí svíčka
- 3- vířiví komůrka



Obr. 4: Žhavení vznětového motoru. [3]

Spouštění motoru za nízkých teplot ovlivňuje také kvalita palivové směsi, tvořené ve spalovacím prostoru motoru. Ta je podmíněna těmito faktory:

- rychlostí vstřiku paliva (ta je asi 25krát nižší než při optimální teplotě motoru)
- odpařováním paliva (je vlivem nízké teploty zpožděno)
- kvalitou rozprašení paliva (je horší, tvoří se větší kapky)

Tyto okolnosti vytvářejí podmínky, vedoucí ke tvorbě chudé směsi, které vede spolu se sníženými otáčkami ke zhoršení spouštění vznětových motorů za nízkých teplot.

6.5. Metody a prostředky zaměřené na omezení negativních vlivů nízké teploty

V zimním období je nejpodstatnější spouštění motorů a následně doba jejich adaptace na tyto podmínky, aby vozidla byla schopna provozu. V praxi lze využít řadu možností a prostředků ke zlepšení spouštění motoru. Spouštění motoru bez pomocných prostředků při minimální teplotě vyjadřuje tzv. mez spouštění motoru. U vojenských vozidel je mez spouštění v rozmezí teplot:

- tanky..... - 5 až - 7° C
- obrněné transportéry.....-5 až - 7° C
- bojová vozidla pěchoty - 5 až - 7° C
- automobily se vznětovým motorem.....- 10° C

Prochlazení motorů vojenské techniky na tyto teploty závisí na teplotě okolního prostředí, způsobu a kvalitě zakrytování motoru apod. Vozidlo, které je na volném prostranství vyrovná

svou teplotu na teplotu okolního prostředí u automobilové techniky za 4 až 12 hodin, u tankové techniky za 1-3 dny. Spouštění techniky při teplotě nižší než je mez spouštění, není bez použití pomocného zařízení vhodné. Vlivem dlouhého spouštění dochází k velkému snížení tlaku ve vzduchových lahvích a akumulátorových bateriích, což může vést k jejich zničení.

6.6. Omezení poklesu kapacity akumulátorech baterií

Elektrické spouštěcí zařízení vyžaduje při spouštění motoru v oblasti nízkých teplot správný technický stav akumulátorových baterií. Hodnota hustoty elektrolytu plně nabitě akumulátorové baterie by měla být $1,28 \text{ g.cm}^{-3}$, a napětí na článku 2,1 V při předepsané výšce hladiny elektrolytu. Pro spouštění motorů vojenských vozidel se v zimním období používají vnější paralelně připojené zdroje stejnosměrného proudu, které posilují akumulátorové baterie vozidla. Vnější zdroj může být buď akumulátor jiného vozidla nebo univerzální napájecí zdroj (APS-55M, popř.: APS-72).

Univerzální napájecí zdroj APS-55M se používá pro spouštění napětím 12/24 V. Zdroj APS-72 se používá pro spouštění tanků řady T-72, napětím 48 V. Akumulátor jiného vozidla musí být stejného typu (shodná kapacita, napětí a ukostření ve vozidle), většinou se používá, kde není rozvod střídavého proudu nebo v bojových podmínkách.



Obr. 5: Univerzální napájecí zdroj APS-72. [3]

6.7. Snížení viskozity motorových olejů

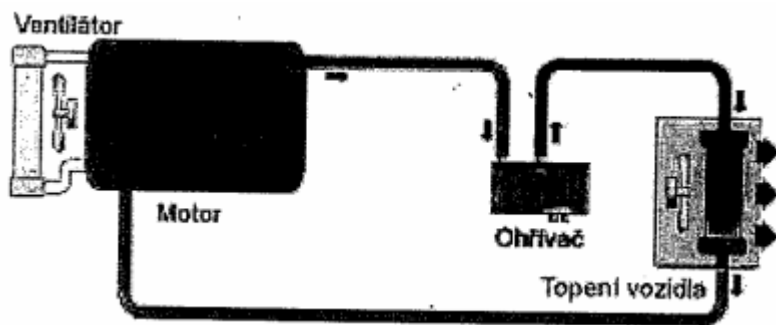
Nejpoužívanější metodou ke snížení viskozity motorového oleje, a tím snížení pasivního odporu motoru je jeho ohřev, ten je závislý na konstrukci motoru, způsobu jeho chlazení a umístění zásoby oleje. Způsob ohřevu oleje před spuštěním motoru:

- u vzduchem chlazených motorů současně s ohříváním celého motoru teplým vzduchem
- u kapalinou chlazených motorů prostřednictvím ohřáté chladicí kapaliny v chladicí soustavě motoru

Vojenská vozidla jsou k ohřevu motorů a jejich mazacích a chladících soustav vybavena ohříváči vzduchu, jako automobily a kolové obrněné transportéry nebo ohříváči kapalin, jako bojová pásová vozidla. Ohříváč pracuje na principu spalování rozprášeného paliva ve směsi se vzduchem v kotli ohříváče, jehož pláštěm prochází:

- vzduch dopravovaný dmychadlem, proudící vzduchovodem do prostoru ohřevu, u vzduchem chlazených motorů, např. u motorů Tatra.
- kapalina, ohřívá od kotle ohříváče prochází chladicí soustavou a ohřívá motor, a druhou větví proudí přes ohřívací spirálu, která je umístěna pláští klikové skříně a olejové nádrži a prohřívá olej mazací soustavy.

Systém ohřevu motoru a vozidla je na obr. 6.



Obr. 6: Schéma systému ohřevu motoru a vozidla. [3]

6.8. Zlepšení podmínek pro zapálení směsi ve válci motoru při spouštění v zimním období

U vznětových motorů vojenské techniky se využívá předhřevu nasávaného vzduchu, což snižuje dolní mez otáček nutných pro spuštění a celkovou dobu startování. Teplo, dodávané vzduchu ho musí ohřát a tím zajistit, aby kompresní křivka vstřiku paliva byla výše než mez vznícení paliva. Je-li teplota nedostačující, je pak i předehřívání neúčinné. Je-li teplota vyšší, dostává se do válce menší množství vzduchu, zvýší se výkon spalovacího procesu a urychlí se rozběh. Z praxe vyplývá, že např. při teplotě vzduchu $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ klesne kompresní teplota z asi $420\text{ }^{\circ}\text{C}$ na $200\text{ }^{\circ}\text{C}$, což teplota nižší než bod vznícení nafty, motor tedy nelze spustit.

Zdrojem ohřevu vzduchu bývá většinou nezávislý ohřivač, který se používá při běžném provozu pro prohřívání řidičského prostoru. Ohřátý vzduch musí být přiveden až za čistič vzduchu. Nasávání předehřívaného vzduchu do válců motoru je účinné pouze při teplotách do $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, při dalším snížení teploty na $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ je nutné předehřívání samotné sací potrubí po dobu min. 10 min.

Výhodou předehřívání vzduchu při spouštění motoru je okamžitý měkký chod motoru ve všech válcích ihned po vznícení paliva. U vzduchem chlazených motorů je také ohříváno žebroví válců a hlavy válců.

6.9. Zásady pro spouštění motorů vojenské techniky za nízkých teplot

Základním způsobem startování motorů tanků, bojových speciálních vozidel a pásových obrněných transportérů při běžných podmínkách je stlačený vzduch. Dále je možno motory spouštět elektrickým spouštěčem. V případě nutnosti a při teplotách nižších než $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, se motor spouští kombinací těchto způsobů.

1) Činnost při přípravě bojového vozidla (T,BVP,OT) ke garážování

a) ve stálém parku pozemní vojenské techniky po provedené údržbě:

- uzavřít žaluzie motoru a ty přikrýt zateplovací dečkou
- zkontrolovat stav akumulátorových baterií
- zkontrolovat tlak ve vzduchových lahvích (min. hodnota je $1,2\text{ MPa}$)
- připravit soupravu propojovacích kabelů pro spuštění motoru vnějším zdrojem

b) v polním parku (bojové podmínky) pozemní vojenské techniky

- provádět ohřev motoru pomocí ohřivače vozidla
- uzavřít všechny příklopy a žaluzie, ty zakrýt zateplovací dečkou
- motorový i převodový prostor se zakryje zateplovací dečkou
- pravidelně kontrolovat teplotu chladicí kapaliny, při poklesu na $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ znova prohřát kapalinu na teplotu $80\text{ až }90\text{ }^{\circ}\text{C}$

2) Příprava motoru bojového vozidla ke spuštění

- otevřít palivový kohout a odvzdušnit palivovou soustavu
- otevřít ventily vzduchových lahví a zkontrolovat jejich tlak
- připravit propojovací kabely pro usnadnění spouštění vnějším zdrojem

3) Spouštění motoru

- normálních podmínek se spouští motor stlačeným vzduchem
- před spuštěním motoru je nutno předmazat ložiska motoru elektrickým předmazávacím olejovým čerpadlem
- při teplotě pod $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ použít kombinovaný způsob spouštění motoru

4) Prohřívání motoru

- další ohřev jízdou vozidla, počínaje rozjezdem a postupným řazením rychlostních stupňů
- po dosažení provozní teploty je možno sundat zateplování dečky na motorovém prostoru

Rychlostní stupeň	Ujetá dráha (T, BVP)	Otáčky motoru - tanky [min^{-1}]	Otáčky motoru - BVP [min^{-1}]
1.	150 m	800-1200	800-1200
2.	200 m	800-1200	800-1400
3.	200m	1000-1500	1000-1600
4.	není omezeno	provozní otáčky	provozní otáčky

Tab. 1: Postup prohřívání motoru bojových vozidel jízdou. [3]

5) Automobily

- v zimním období výhradně použít pomoci univerzálního napájecího zdroje (např.:APS-55M)

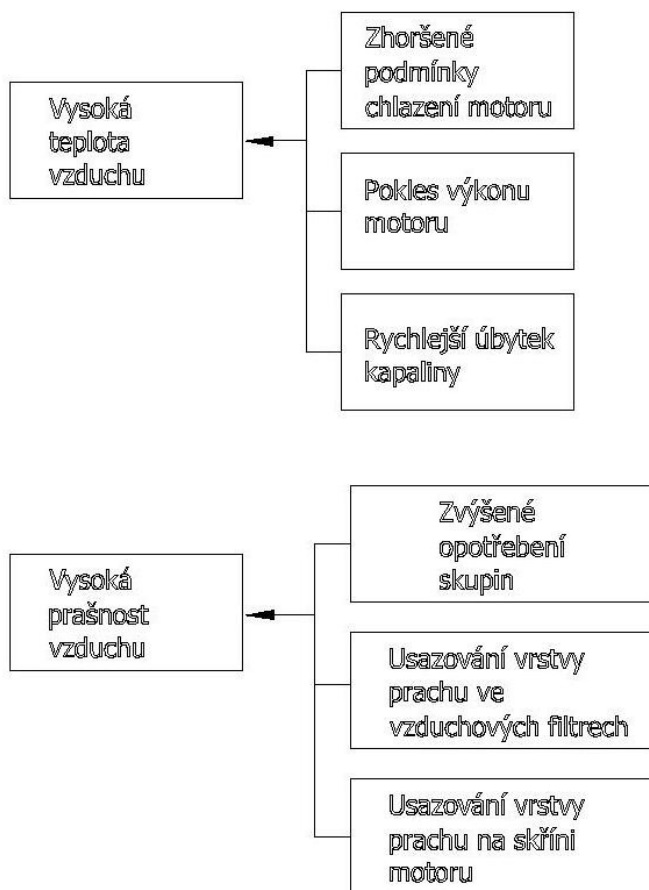
6.10. Zvýšená vlhkost vzduchu

Vlhkost vzduchu se v zimním období projevuje hlavně na jeho začátku a konci, kdy dosahuje hodnoty kolem 80%. Optimální relativní vlhkost vzduchu je ovšem kolem 60%. Vysoký obsah vodních par se projevuje zejména při nasávání vzduchu, a následně jejich kondenzací v jednotlivých částech, např. v odlučovači vody a oleje, ve vzduchojemech, na sítkách čističů...

Kondenzace se vyskytuje také v palivové soustavě motoru, zejména v nádrži, odkud se voda s palivem dostává k jejím dílům. Pokud ovšem není motor v chodu, může dojít k zamrznutí vody v potrubí nebo v palivovém čerpadle. Omezení zamrznutí je možné odkalením palivových nádrží, odlučovačů vody a oleje, pravidelně po jízdě.

7. Podmínky a požadavky na provoz vznětových motorů BSV v letním období

Mezi hlavní podmínky, jenž ovlivňují provoz vznětových motorů pozemní vojenské techniky patří zejména vysoká teplota vzduchu a vysoká prašnost.

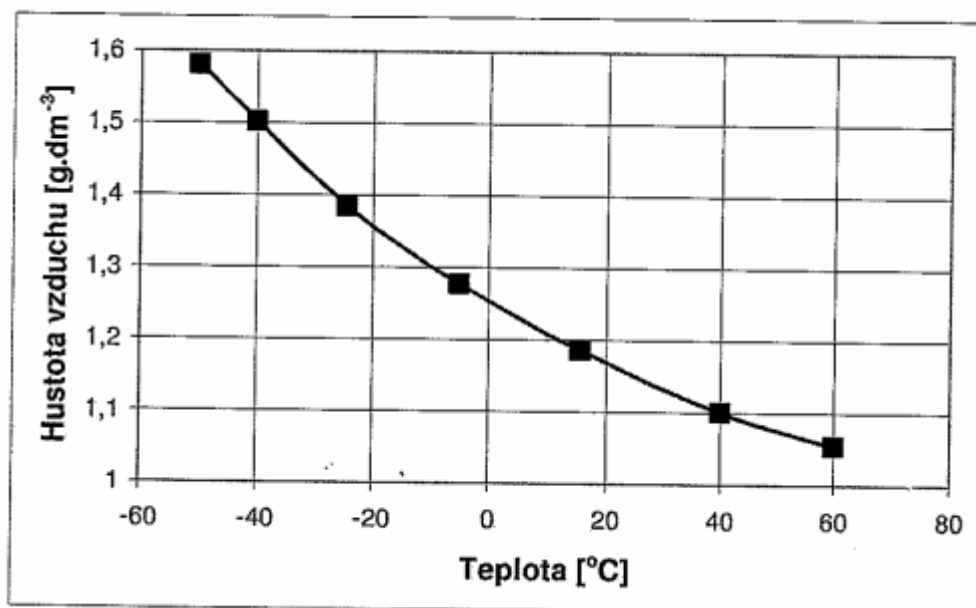


Obr.7: Faktory ovlivňující použití vznětových motorů při letním období [3]

7.1. Vysoká teplota vzduchu

Vysoká teplota vzduchu je hlavním aspektem tepelného ovlivnění provozu motoru. Projevuje se negativním dopadem na chlazení motoru, je zmenšen tepelný spád, jenž se zvyšující teplotou snižuje, tím se snižuje množství tepla odvedeného z chladiče, chlazení motoru je tak ztíženo. Dále se projevuje na rychlejším odpařování vody i provozní kapaliny, tím vzniká nebezpečí přehřátí motoru a jeho poškození.

Při vysoké teplotě vzduchu klesá jeho hustota a do válců motoru je tak nasávána menší hmotnost vzduchu, čímž se obohacuje směs paliva, dochází k jeho nedokonalému spalování a poklesu výkonu motoru.



Obr.8: Závislost hustoty vzduchu na teplotě. [3]

Dále je ovlivněn i stav akumulátorových baterií. Odpařování elektrolytu vede ke snižování hladiny a obnažení horní části elektrod. Tyto části tedy nepracují a sulfatují. Naopak hustota elektrolytu narůstá, dolní ponořené části jsou zatíženy většími nabíjecími a vybíjecími proudy, z důvodu zmenšení pracovních ploch elektrod. To vede ke snížení kapacity akumulátoru. Předcházet tomuto stavu můžeme pravidelnou kontrolou baterie a doplněním destilované vody v jednotlivých člancích.

7.2. Odpařování kapaliny z chladicí soustavy motoru

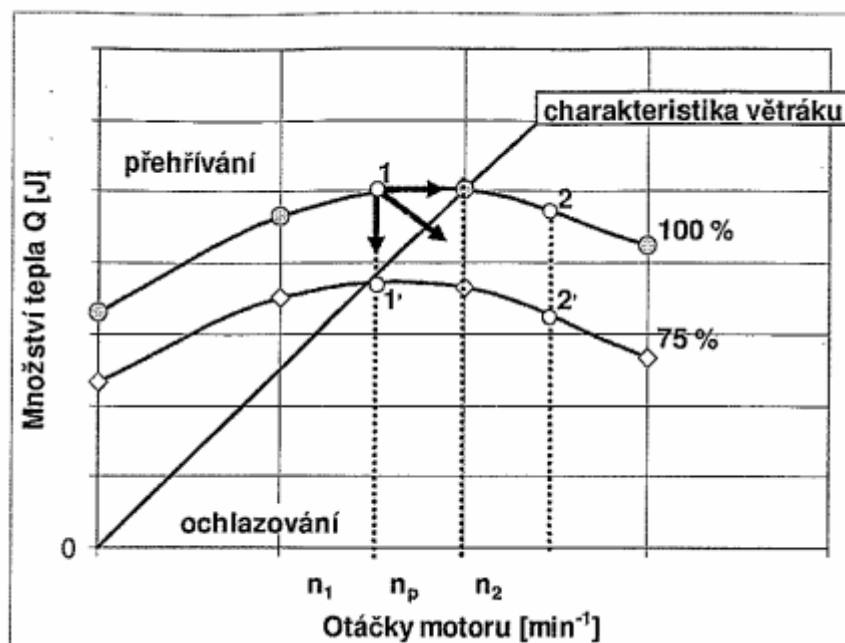
Odpařování chladicí kapaliny souvisí s nastavením přetlakového a podtlakového ventilu. Chladicí soustava je uzavřený systém, z kterého nemůže vznikající pára unikat, tím tlačí na kapalinu a zvyšuje tlak v systému, což je nežádoucí a mohlo by být příčinou poškození nejen chladicí soustavy, ale i celého motoru v důsledku zadření. Nastavení pružiny přetlakového ventilu je na tlak, který je větší než atmosférický. Po otevření ventilu unikne část par do okolního prostředí a sníží se tlak v soustavě. Přítomnost páry je zde nežádoucí, protože vznikají parní polštáře přehřívající motor.

V chladiči dochází k odvádění tepla z kapaliny, její páry kondenzují a tím vzniká v soustavě podtlak. Ten by mohl poškodit chladič, z tohoto důvodu je zde zařazen podtlakový ventil, ten se při nastavené hodnotě podtlaku otevře a tlakem atmosférickým vyrovná i tlak v chladicí soustavě a zamezí jejímu poškození. Je třeba si uvědomit, že v chladicí soustavě je kapalina pro velmi nízké teploty. Její negativní vlastností je snižování objemu při vzrůstající teplotě (na rozdíl od vody), tím vzniká prostor pro tvořící se páru. Vzrůstající tlak je opět snížen přetlakovým ventilem.

Analýzou stavů chladících soustav tankových motorů při jejich generálních opravách bylo zjištěno, že používáním tvrdé vody k chlazení dochází k enormní tvorbě vodního kamene. Hmotnost usazenin činila až 3 kilogramy, jednalo se o usazeniny vápenaté, ale také tvrdé, křemičité. Ty snižují koeficient přestupu tepla až 80x. Účinnost chlazení tedy výrazně klesá.

Ve vojenských vozidlech se nyní používá celoročně nízko-tuhnoucí kapalina, která snižuje tvorbu usazenin, ale obsahuje také antikoroziční příměsi.

Provoz motoru se 100% zatížením(obr.3) je v ustáleném provozním stavu dán provozním otáčkami n_p . Jakmile se motor dostane do nižších otáček než provozních (n_1), je přehříván.



Obr.9: Vztah mezi přivedeným a odvedeným teplem v závislosti na otáčkách motoru. [3]

Když jsou otáčky vyšší než provozní (n_2), motor je podchlazován. Oblast přehřátí a podchlazení je dána charakteristikou větráku, která ukazuje jaké maximální množství tepla je schopen větrák odvést v závislosti na otáčkách motoru. Při částečném, 75% zatížení motoru je pro celou oblast otáček motoru zajištěno efektivní chlazení a odvod tepla.

Teplotní režim vznětových motorů tankové techniky:

- provozní teplota chladicí kapaliny 70 - 90°C
- krátkodobá přípustná teplota max. 105°C
- teplota chladicí kapaliny při zastaveném motoru max. 70°C
- provozní teplota oleje 70 - 100°C
- krátkodobá teplota oleje max. 110°C

Hodnoty nastavení ventilů pro bojová vozidla jsou v následující tabulce.

Typ techniky	Přetlakový ventil [kPa]	Podtlakový ventil [kPa]
T-72	200 - 220	5-15
BVP 1,2	200 - 220	2 - 10

Tab. 2.: Předepsané hodnoty přetlakových a podtlakových ventilů chladicí soustavy. [3]

7.3. Předcházení nepříznivých podmínek při vysokých teplotách

Prevenici přehřátí motorů vojenské techniky v provozu při vysokých teplotách zajistíme častější kontrolou stavu chladicí kapaliny a zajištěním správného průchodu chladicího vzduchu. Důraz je kladen zejména na:

- vnější čistotu chladiče jak chladicí kapaliny, tak i motorového oleje
- čistotu povrchu motoru u vzduchového chlazení, odstranění prachu a mastných usazenin kvůli lepšímu přestupu tepla
- kontrolu funkce žaluzií a krytů žaluzií u pasové techniky
- kontrolu funkce větráku u tanků řady T-72 - seřízení prokluzu spojky na přepsanou hodnotu-popřípadě na vyšší hodnotu při extrémních podmínkách
- upevnění a těsnost krytu motorové přepážky u tanků - netěsnost způsobí podsávání vzduchu větrákem a snížení účinnosti chlazení
- u tankové techniky zajistit těsnost soustavy vyvozením přetlaku přes plnicí otvor

7.4. Vliv prašnosti vzduchu na použití vznětových motorů

Provoz vojenských motorových vozidel je specifický svými náročnými podmínkami, kdy musí motor bezproblémově pracovat a plnit spolehlivě svoji funkci. BSV operují nejen po pozemních komunikacích, ale hlavně po prašných polních cestách a v terénu vojenských výcvikových prostorů. Tyto podmínky napovídají, že zatížení vznětových motorů vyplývá hlavně z vysokého obsahu prachu ve vzduchu. Tento obsah je dán tzv. prašností vzduchu, která udává hmotnost prachu v jednom krychlovém metru vzduchu [g.m^{-3}].

Orientační hodnoty prašnosti v daném prostředí:

- zelený porost: 0,001 až 0,05 g.m^{-3}
- cesty s upraveným povrchem 0,15 až 1,5 g.m^{-3}
- cesty s prašným povrchem až 3 g.m^{-3}
- polní cesty a terén až 6 g.m^{-3}

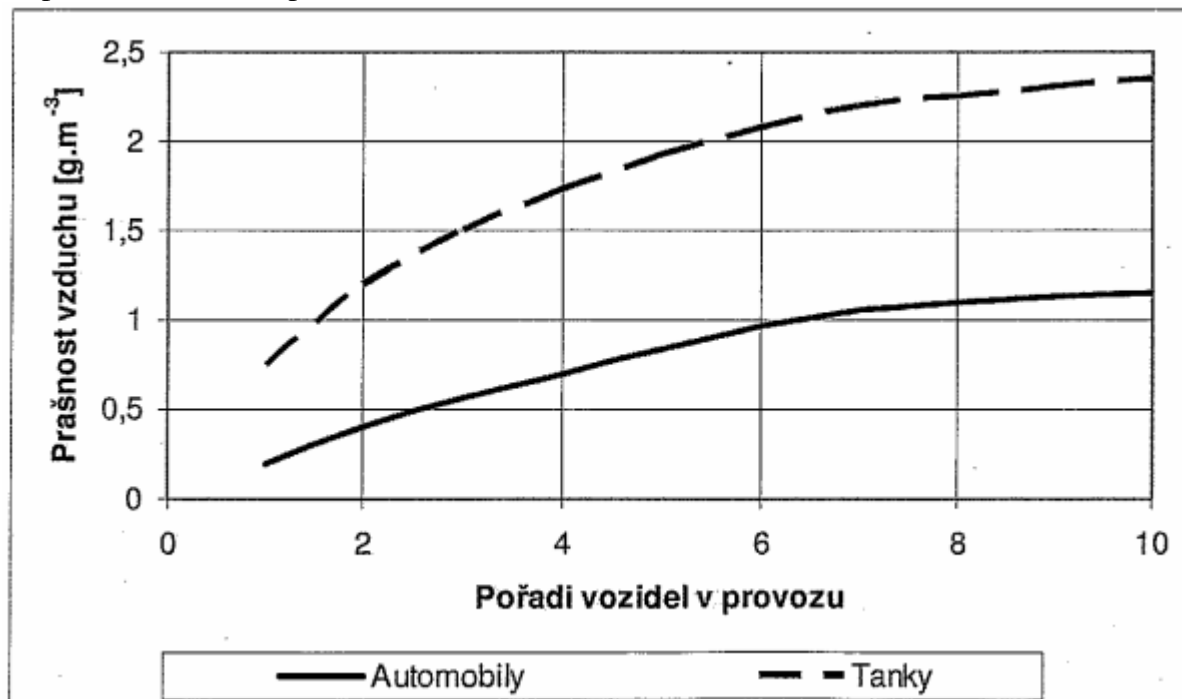
Tyto prachové částice způsobují opotřebení motoru, zejména vstřikovacích čerpadel, vstřikovacích trysek, na stěnách válců, atd. V kombinaci s olejem pak intenzivní opotřebení pístních kroužků a kluzných ložisek.



Obr.10.: Jízda BVP v prašném prostředí [18].

Prach se ale usazuje i na chladičích, ulpívá na skříních motorů, na žebrech a hlavách válců, vytváří tak izolační vrstvu, která brání lepšímu odvodu tepla z motoru. Je tedy nezbytné udržovat stav čistoty motoru na vysoké úrovni, dále je důležité kontrolovat a včas měnit zanesené vzduchové filtry. Nedostatečný proud vzduchu zásobující motor vede k tvoření bohaté směsi a tím k nesprávnému spalování, kouření motoru a tvorbě karbonových usazenin ve výfukových potrubích. U palivové soustavy je nutné při doplňování pohonných hmot použít filtrační vložky a sítě. Dbát na dokonalé očištění okolí plnicího hrdla a vyvarovat se plnění při silném větru v prašném prostředí.

Při jízdě kolony vojenských vozidel v prašném prostředí narůstá možnost vnikání prachu v závislosti počtu vozidel, jejich rychlosti, směru a rychlosti větru a zrnitosti prachu. Při jízdě vozidel v koloně vznikají prachové mraky, které jsou pro motory nežádoucí. Proto velitelé těchto vozidel musí dbát na správné rozmístění vozidel a nejezdit ve stopě předchozího vozidla. V jízdě za sebou mohou následující vozidla pokračovat v rozestupech tak, aby se nedostávaly do prachového mraku předešlého vozidla.



Obr.11: Prašnost vzduchu nad tanky a automobily při jízdě v proudu. [3]

8. Paliva vznětových motorů pro vojenské vozidla

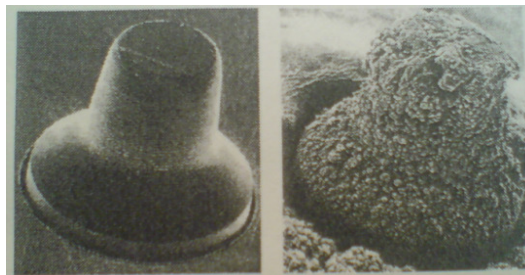
8.1. Motorová nafta

Základním druhem paliva určeným pro vznětové motory je motorová nafta. Motorové nafty se skládají ze směsi kapalných uhlovodíků, ty se získávají destilací a hydrogenační rafinací (hlavní cíl - odstranění síry ze sirných sloučenin) z ropy vroucí při teplotách 150-370°C.

Pro upravení užitečných vlastností se do nafty přidávají aditiva, jako jsou:

- depresanty - látky, snižující teplotu tuhnutí, znesnadňují vylučování parafínu, následně vylučování vodního kondenzátu a zamrzání paliva
- detergenty - látky, bránící tvorbě vysokoteplotních usazenin
- mazivostní přísady
- inhibitory koroze

Aditiva také snižují spotřebu paliva, hlučnost motoru, ovlivňují chemické složení výfukových plynů, čistí ventily a spalovací prostor, zvyšují výkon a životnost motoru, rozpouští karbonové usazeniny apod.



Obr.12: Vlevo ventil bez úsad, vpravo ventil s karbonovými usazeninami. [4]

Prodleva vznětu - u vznětových motorů se palivo zapaluje kompresním teplem, na správný chod motorů má velký vliv prodleva vznětu. Jedná se o dobu od počátku vstříknutí paliva do spalovacího prostoru až do vznícení paliva. Prodloužení prodlevy je ovlivněno destilačními vlastnostmi paliva, chemickým složením, provedením spalovacího prostoru, konstrukcí vstřikovacího zařízení apod.

Cetanové číslo - je vyjádřením prodlevy vznětu. Malé cetanové číslo udává, že doba vznícení paliva je dlouhá, to způsobí, že je ve spalovacím prostoru rozprášeno a částečně i odpařeno velké množství paliva. Důsledek vznícení velkého množství paliva způsobuje rychlý nárůst tlaku ve spalovacím prostoru. Motor je hlučný a vyznačuje se tzv. „tvrdým chodem“. Naopak velké cetanové číslo způsobí krátkou prodlevu vznícení, důsledkem je že palivo začíná hořet velmi blízko trysky-palivo se nedokáže dokonale promísit se vzduchem a tím vznikají saze. Blízkost hoření plamene u trysky způsobuje její zapečení (vznik karbonových úsad, které ucpávají otvůrky trysky).

Podstatný je obsah síry v naftě. Ta způsobuje u palivové nádrže, potrubí a palivového čerpadla korozi za studena. U válců motoru, ventilů a výfukového potrubí způsobuje korozi vyvolanou produkty spalování - oxidy sírovými a siřičitými, které ve styku s kondenzovanou vodní parou tvoří kyseliny a napadají již zmíněné části motoru.

Důležitou provozní vlastností je chování nafty za nízkých teplot. Jakmile klesá teplota k bodu mrazu začnou se vylučovat krystalky parafínu. Při nižších teplotách se parafín vylučuje rychleji a ve větším množství, zanáší palivový filtr a sítko nádrže zamezující vniknutí nečistot. Toto chování ovlivňuje startovatelnost motorů při nízkých teplotách.

Druhy motorové nafty

- dle normy ČSN EN 590 (EN 116) se motorová nafta rozděluje na dva typy:

- motorová nafta pro mírné klima
- motorová nafta pro arktické klimatické podmínky
- Motorovou naftu pro mírné klima rozdělujeme dle teploty ucpání studeného filtru, tzv. teploty filtrovatelnosti (CFPP - Cold Filter Plugging Point) do 6-ti tříd - A, B, C, D, E, a F.

Nafta pro mírné klima	Třída nafty	A	B	C	D	E	F
	CFPP [°C]	+5	0	-5	-10	-15	-20
Nafta pro arktické klima	Třída nafty	0	1	2	3	4	-
	CP [°C]	-10	-16	-22	-28	-34	-
	CFPP [°C]	-20	-26	-32	-38	-44	-

Tab.3: Druhy a vybrané parametry motorové nafty dle ČSN EN 590. [4]

Motorovou naftu pro arktické klima rozdělujeme dle hodnoty CFPP do 5-ti tříd - 0, 1, 2, 3, 4. V Armádě České republiky je zavedena jednotná motorová nafta, označuje se **NM F-54**, je určena pro celoroční provoz.

Poznámka: CP (Cold point) - je teplota zákalu (teplota, při které se začínají vylučovat parafíny).

8.2. Specifika více-palivových vznětových motorů

Potvrzení teorie praxí ukázalo, že výkonové, dynamické a ekonomické parametry vznětových motorů závisejí na kvalitativních vlastnostech použitého paliva. Například použitím nafty NM-54 v létě, při seřízení úhlu předstřiku nastaveného jako pro naftu NM-30 vedlo u tankových motorů k poklesu výkonu, přehřívání a zvýšení spotřeby paliva. Spouštění motoru je horší při použití paliva s nízkým, ale naopak i s vysokým cetanovým číslem.

Použití motoru označeného jako více-palivový je podmíněno jeho seřízením, např. zkrácením prodlevy vznícení, změnou předstřiku paliva, ovlivněním teploty a tlaku na konci komprese, atd. Motor pro použití jednotného paliva, označovaného v členských státech NATO jako **JP/F-34** vyžaduje úpravu palivového ústrojí následujícími způsoby:

- úpravu provozní teploty v nízkotlaké části palivové soustavy, její snížení
- zvýšení cirkulace paliva jemným palivovým čističem, dopravním palivovým čerpadlem i vstřikovacím čerpadlem
- úpravou vedení potrubí od vstřikovacího čerpadla a od vstřikovačů
- použití nezávislého elektrického podávacího čerpadla
- seřízení vstřikovacích ventilů
- systém odvodu palivové soustavy
- zvětšení světlosti potrubí v sací části palivové soustavy

8.3. Srovnání jednotného paliva JP/F-34 a motorové nafty F-54

Armádou České republiky bylo v souladu s standarty NATO úspěšně teoreticky posuzováno a experimentálně zkoušeno, později i přijato jednotné palivo JP/F-34 s ohledem na použití ve vznětových motorech pozemní techniky vojska. JP/F-34 se původně využívalo jako letecké palivo pro spalovací turbíny na bázi petroleje. Rozdíly mezi jakostními vlastnostmi mezi JP/F-34 a F-54 lze hodnotit následovně.

Palivo F-54 má přípustnou teplotu filtrovatelnosti -32°C s hodnocením jako celoroční palivo. JP/F-34 nemá přesně stanovenou hodnotu filtrovatelnosti, ale její přípustná teplota, při níž krystalizuje je -47°C . To znamená, že použití JP/F-34 je při nižších teplotách výhodnější, bez rizika zamrznutí paliva ve filtrech.

Kinematická viskozita u F-54 je v rozmezí $1,5\text{--}4,0\text{ mm}^2\cdot\text{s}^{-1}$ při 40°C , u JP/F-34 je tato hodnota min. $1,4\text{ mm}^2\cdot\text{s}^{-1}$ při 20°C a max. $8\text{ mm}^2\cdot\text{s}^{-1}$ při -20°C . Z toho vyplývá, že při použití JP/F-34 je nebezpečí proniknutí paliva přes pístní kroužky do olejové náplně motoru, což může vést k většímu opotřebování součástí motoru.

Hustota při 15°C je u JP/F-34 v rozmezí $775\text{--}840\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, u F-54 v rozmezí $800\text{--}840\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Cetanové číslo pro F-54 je min. 48, cetanový index min. 46. Cetanový index je u JP/F-34 min. 42, jeho cetanové číslo je min. 43. Tyto hodnoty ukazují, že u JP/F-34 bude proces spalování horší, prodleva vznícení bude větší, motor bude mít tvrdý chod, klene výkon a točivý moment, a vzroste spotřeba, což je nežádoucí. Na druhou stranu z důvodu původního paliva JP/F-34 pro letecké proudové motory jsou požadavky na tvorbu úsad přísnější než pro F-54. Sklon k tvorbě úsad je tedy u JP/F-34 menší. Jakostní specifikace pro JP/F-34 a motorové nafty NM F-54 užívané v Armádě České republiky jsou uvedeny v následující tabulce.

Jakostní ukazatel	Jednotky	JP/F-34	NM F-54
Vzhled	-	světlá, čirá kapalina	světlá, čirá kapalina
Hustota při 20 °C	kg.m ⁻³	793	837
Bod vzplanutí	°C	56	81
Bod tuhnutí	°C	-50	-33
Obsah vody	mg.kg ⁻¹	0	0
Obsah mech. Nečistot	mg. kg ⁻¹	4	11
Destilační zkouška:			
- počátek	°C	134	156
- stř. destilační teplota	°C	191	266
- konec	°C	257	345
- destilační zbytek	% objemu	1	2
Cetanové číslo	-	43	50
Teplota vylučování parafínů	°C	-	-5
Koroze Cu, 70 °C/3h	-	1a	1a

Tab.4: Jakostní specifikace paliv NM F-54 a JP/F-34. [6]:

9. Výkonové parametry motorů vojenských vozidel

Kategorie: Osobní terénní automobily a lehké terénní nákladní automobily

Parametry vozidel:

- celkový hmotnostní výkon: 7,3 až 31,2 kW/t (optimální = 20 kW/t)
- rychlost jízdy: 65 až 122 (optimální = 100 km/h)

Optimální pohonná jednotka je vznětový přeplňovaný motor o výkonu asi 100 kW, umístěný vpředu.

Kategorie: Střední a těžké terénní nákladní automobily

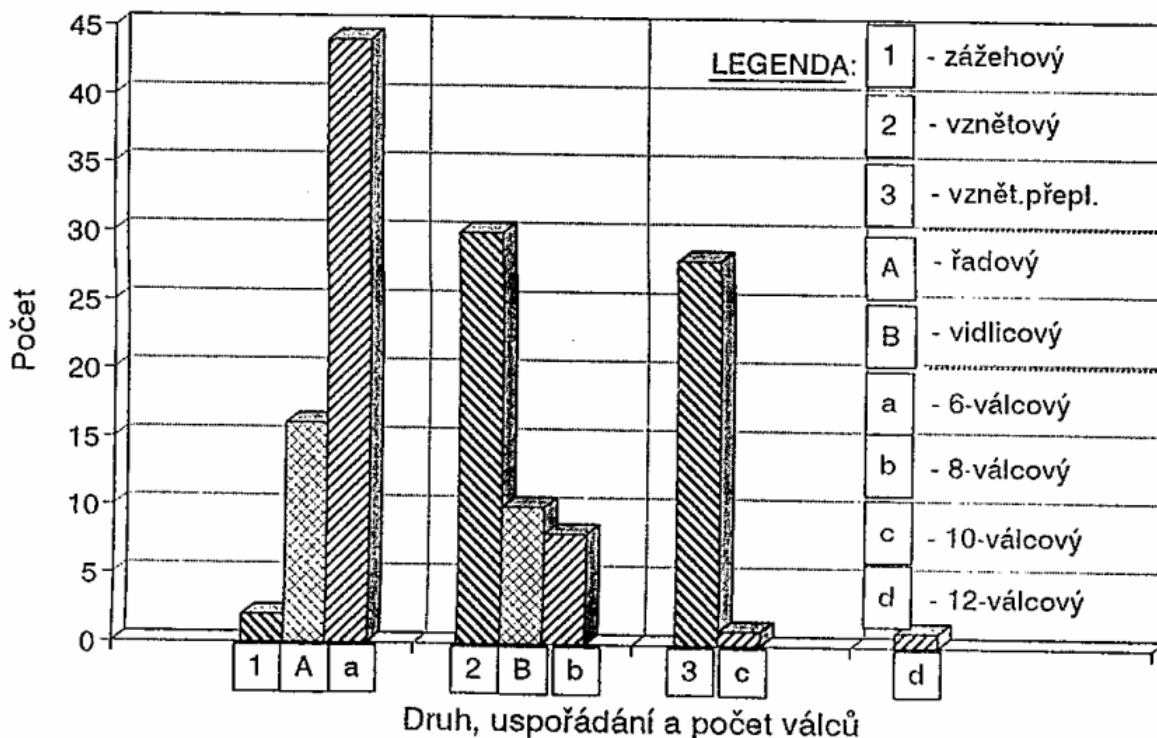
Celkový přehled a zhodnocení výkonových požadavků motorů vojenských středních terénních nákladních automobilů je uveden v tabulce 1.

Vysvětlivky k tabulce 5: motor: VZ - vznětový, VP - vznětový přeplňovaný, Z - zážehový, Ř - řadový, V - vidlicový, číslo udává počet válců

Pořadí č.	Název vozidla	Motor	Výkon [kW]	Pořadí č.	Název vozidla	Motor	Výkon [kW]
1.	Bedford MK	VZ	72	26.	MAN XL 90	VP Ř 6	140
2.	Bedford TM	VP	151,6	27.	Iveco Magirus 90-13	VZ	95,5
3.	Volvo M6	VZ Ř 6	110,4	28.	Iveco Magirus 110-16 AWM 110-17 AM	VP 6	123,5
4.	Leyland	VP 6	106,7	29.	I-M 120-19	VZ 6	141
5.	Bedford MT 12	VZ 6	97	30.	I-M 160-23	VZ 8	171
6.	Praga P-V3S	VZ Ř 6	72	31.	STAR 244	VZ 6	110,5
7.	ROSS R210.12	VP Ř 6	154	32.	STAR 266	VZ 6	110,5
8.	Tatra T - 815	VZ V 12	235	33.	Steyr 10 M14 10 M18	VP 6 VP 6	103 130
9.	Tatra T - 815	VZ V 8	170	34.	Steyr 12 M18 12 M21	VP 6 VP 6	134 158
10.	Sisu SA - 130	VZ Ř 6	132,5	35.	Steyr 14 M14 14 M18	VZ 6 VP 6	100 130
11.	Brimont ETR	VZ 6	97	36.	Steyr 17M29	VP 6	211
12.	Renault TRM	VZ	128	37.	Zil - 131	Z V 8	110,5
13.	Renault TMR 200	VZ	128	38.	Ural - 375	Z V 8	132,5
14.	DAF YA 4442	VP Ř 6	126,5	39.	Ural - 4320-10	VZ V 8	154,5
15.	DAF YA 5441	VP Ř 6	112,5	40.	KamAZ - 5320	VZ V 8	154,5
16.	DAF YA 5444	VP Ř 6	126,5	41.	Pegaso 3046	VZ Ř 6	125
17.	DAF YAV 2300	VP Ř 6	157	42.	Scania P93 MK	VZ	185,5
18.	Iveco 90-17VM	VZ 6	125	43.	Volvo FL 6	VP 6 VP 6 VP 6	132,5 152 169
19.	Astra SM44.30	VZ 6	221	44.	Pegaso 3055	VP Ř 6	162
20.	Csepel D-566	VZ 6	147	45.	Volvo F10	VP	235,5
21.	M-B Unimog U-1550 L	VZ 6	114	46.	Volvo NL10 NL12	VP 6 VP 6	235 298
22.	M-B 1222 A	VZ V 6	159	47.	KrAZ - 235 B	VZ V 8	176,5
23.	M-B 1628 A	VZ V 8	206	48.	Stewart & Stevenson	VP 6	213,5
24.	MAN Catl	VP Ř 6 VZ V 10	185,5 405	49.	M 809	VZ Ř 6	176,5
25.	MAN 14.240	VZ Ř 6	176,5	50.	M 939	VP Ř 6	176,5

Tab 5.: Konstrukční řešení motorů vojenských středních terénních nákladních automobilů. [9]

Přehled motorů těchto vozidel z hlediska typu a výkonu motorů, počtu a uspořádání válců je na obr.13.



Obr 13.: Motory vojenských středních terénních nákladních automobilů. [9]

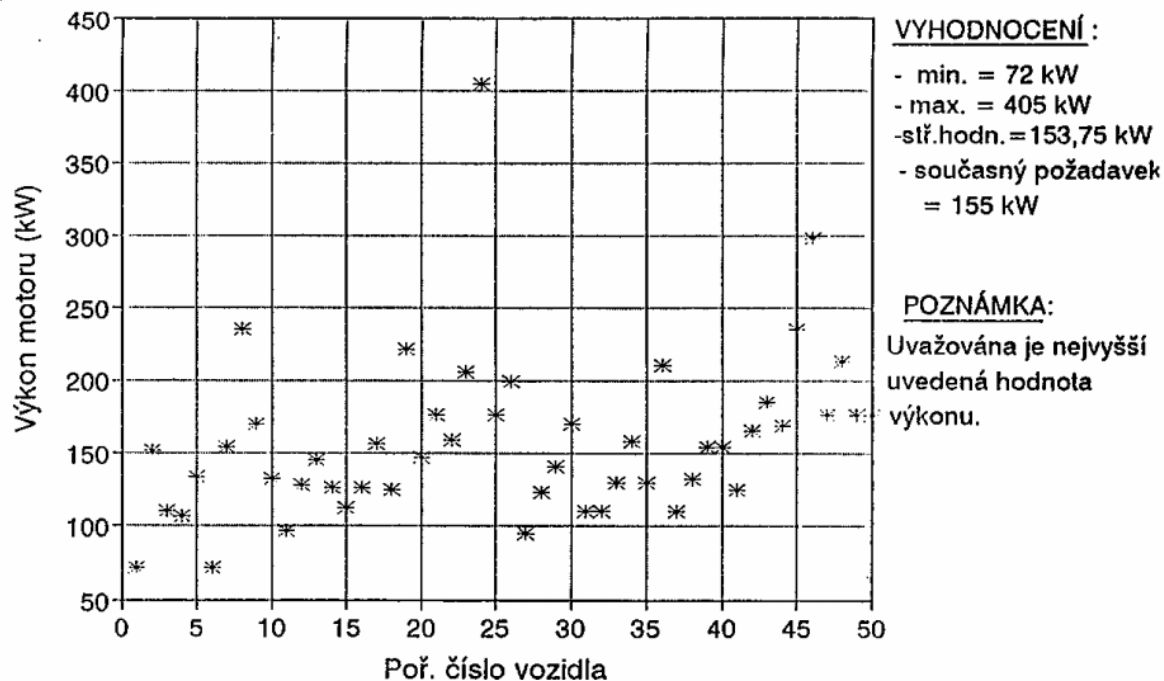
V kategorii středních terénních nákladních automobilů bylo hodnoceno celkem 50 vozidel (63-typů). U těchto vozidel je použito celkem 60 druhů motorů, jejich rozčlenění je uvedeno v následujícím přehledu(tab. 6):

Z hlediska použitého paliva pro motor:	Z hlediska uspořádání válců motoru:	Z hlediska počtu válců motoru:
zážehové: 2 = 3,33%	řadové: 16 = 26,67%	šestiválcový: 44 = 73,33%
vznětové: 30 = 50,0%	vidlicové: 10 = 16,67%	osmiválcový: 8 = 13,33%
vznětové - přeplňované: 28 = 46,67 %	neuveďeno: 34 = 56,67%	desetiválcový: 1 = 1,67%
		dvanáctiválcový: 1 = 1,67%
		neuveďeno: 6 = 10,0%

Tab 6.: Rozčlenění motorů vojenských středních terénních nákladních automobilů. [9]

9.1. Vyhodnocení výkonů motorů

Vyhodnocení výkonů vojenských středních terénních nákladních automobilů je uvedeno na obr.2.



Obr 14.: Vyhodnocení výkonů motorů vojenských středních terénních nákladních automobilů. [9]

Nejmenší hodnota výkonu motoru je 72 kW u vozidla Bedford MK se vznětovým motorem. Naopak největší výkon motoru má vozidlo MAN Catl se vznětovým, vidlicovým, desetiválcovým motorem, tato hodnota výkonu činí 405 kW. Střední výkon všech hodnocených typů motorů je 153,75 kW. Současný požadavek na výkony středních terénních nákladních automobilů je 155 kW.

Pro srovnání: vozidla Zil - 131, Ural - 375 s zážehovými, vidlicovými, osmiválcovými motory disponují výkony 110,5 popř. 132,5 kW. Vozidlo české výroby Tatra T-815 má stejné uspořádání motoru - vidlicový, osmiválcový motor, ovšem ne zážehový, ale vznětový. Výkon tohoto motoru činí 170 kW, je cca o 60 popř. o 38 kW vyšší výkon, což je daleko příznivější z hlediska pohyblivosti vozidla a větší únosnost z hlediska užitečné hmotnosti.

Vývoj pohonných jednotek těchto vozidel je směru výhradně vznětových, popř. přeplňovaných motorů s výkonem kolem 180 až 200 kW.

10. Motory kolových obrněných vozidel a jejich vlastnosti

10.1. Kolová obrněná vozidla (KOV) 4x4:

Uspořádání motoru - u těchto vozidel převládají motory vidlicové, ovšem řadové jsou zde také zastoupeny. Z hlediska využití prostoru ve vozidle jsou výhodnější motory vidlicové.

Počet válců motoru - nejčastěji jsou zastoupeny motory šestiválcové a osmiválcové, je patrné že počet válců bude pro výkon motoru podstatný a rozhodující.

Druh paliva - převažují motory zážehové, z důvodu hodnocení vozidel, které se vyráběly v Anglii a Rusku. V pozdější době, ale i v současnosti již jasně převládají motory vznětové (i přeplňované), to platí i pro Anglii a Rusko.

Chlazení motoru - převažuje chlazení kapalinové, tato převaha jednoznačně vyplývá ze znesnadněného chlazení motoru, který je umístěn pod pancířem.

Maximální výkon motoru - minimální hodnota výkonu je 58,5 kW a maximální hodnota je 176 kW. Střední hodnota výkonu motoru je 105,7 kW.

Vývoj motorů - trend vývoje po roce 2000 směřuje k motorům přeplňovaným, vznětovým, šestiválcovým, s vidlicovým uspořádáním válců, chlazených kapalinou a výkonem až 150 kW.

10.2. Kolová obrněná vozidla (KOV) 6x6:

Uspořádání motoru - u těchto vozidel převládají motory řadové, ovšem vidlicové jsou zde také zastoupeny. Z hlediska využití prostoru ve vozidle jsou výhodnější motory vidlicové.

Počet válců motoru - nejčastěji jsou zastoupeny motory šestiválcové a osmiválcové, je patrné že počet válců bude pro výkon motoru podstatný a rozhodující.

Druh paliva - převažují motory vznětové popř. vznětové přeplňované.

Chlazení motoru - převažuje chlazení kapalinové, tato převaha jednoznačně vyplývá ze znesnadněného chlazení motoru, který je umístěn pod pancířem.

Maximální výkon motoru - minimální hodnota výkonu je 81 kW a maximální hodnota je 342 kW. Střední hodnota výkonu motoru je 176,8 kW.

Vývoj motorů - trend vývoje po roce 2000 směřuje k motorům přeplňovaným, vznětovým, šestiválcovým, s vidlicovým uspořádáním válců, chlazených kapalinou a výkonem až 200 kW.

10.3. Kolová obrněná vozidla (KOV) 8x8:

Uspořádání motoru - u těchto vozidel převládají motory vidlicové, ovšem vidlicové jsou zde také poměrně často zastoupeny. Z hlediska využití prostoru ve vozidle jsou výhodnější motory vidlicové.

Počet válců motoru - nejčastěji jsou zastoupeny motory šestiválcové a osmiválcové, je patrné že počet válců bude pro výkon motoru podstatný a rozhodující.

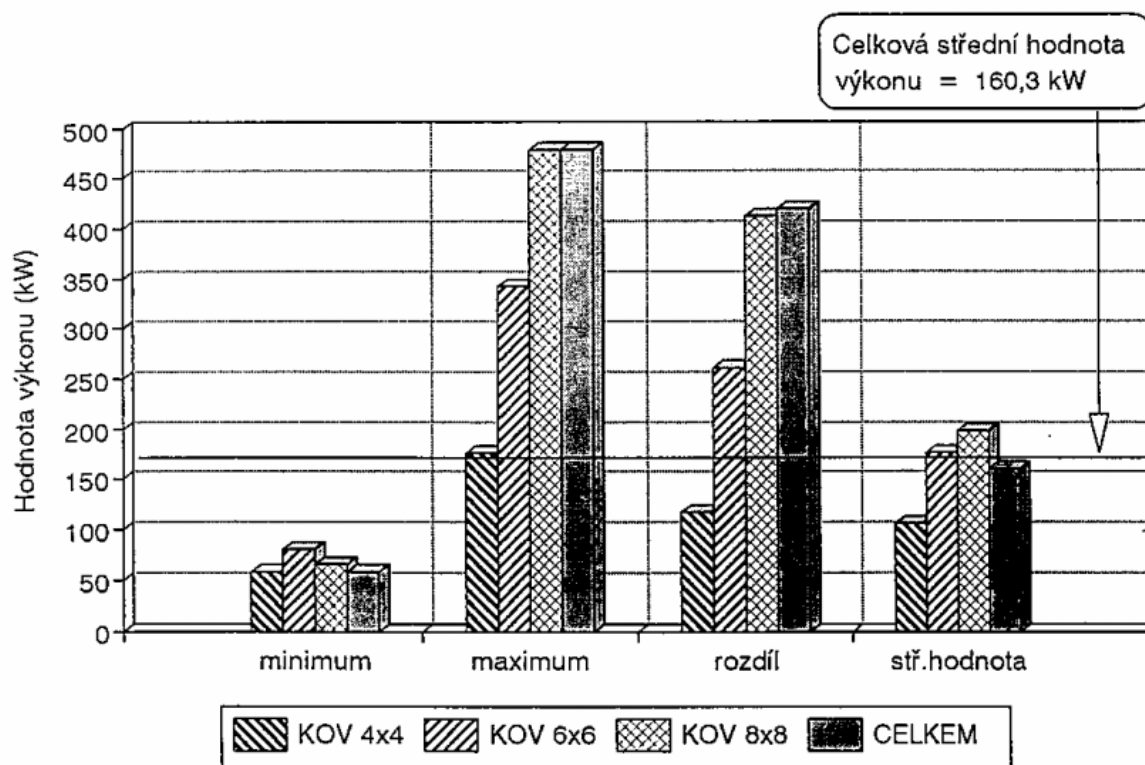
Druh paliva - převažují motory vznětové popř. vznětové přeplňované. Zážehové motory byly používány především v zemích Ruska a Rumunska, později i tyto přešly na motory vznětové.

Chlazení motoru - převažuje chlazení kapalinové, tato převaha jednoznačně vyplývá ze znesnadněného chlazení motoru, který je umístěn pod pancířem. Výjimku tvoří vzduchem chlazené motory Tatra používané ve vozidlech OT-64, jedná se o motor Tatra 928-18, vznětový, vidlicový osmiválec o výkonu 132 kW, dále o motor Tatra 928, používaný v obrněném vozidle Dana, jedná se o přeplňovaný, vznětový, vidlicový, dvanáctiválec s výkonem 254 kW.

Maximální výkon motoru - minimální hodnota výkonu je 66,2 kW a maximální hodnota je 478,4kW. Střední hodnota výkonu motoru je 198,54 kW. Je patrné, že rozdíl mezi min. a max. výkonem je značný, proto je směrodatnějším měřítkem celkový hmotnostní výkon.

Vývoj motorů - trend vývoje po roce 2000 směřuje k motorům přeplňovaným, vznětovým, šestiválcovým nebo osmiválcovým, s vidlicovým uspořádáním válců, chlazených kapalinou a výkonem až 250 až 300 kW.

Výkony kolových obrněných vozidel jsou uvedeny na obr.15.



Obr.15.: Přehled výkonů motorů kolových obrněných vozidel. [7]

11. Umístění vznětových motorů ve vojenských vozidlech

Umístění motoru ve vozidle, představuje splnění nároků, zejména z hlediska zabezpečení funkce přenosu kroutícího momentu a výkonu na hnaná kola a tím zajištění pohon vozidla. Je tedy nutné brát v úvahu rozmístění motoru a převodů ve vnitřní části vozidla s ohledem na zastavěný vnitřní prostor, který by měl být co možná nejmenší. Tím lze následně zvětšit prostor bojový (možnost zvýšení zásob munice, popř.palivových nádrží) nebo prostor pro posádku. Při volbě umístění pohonné jednotky nesmíme opomenout ochranu motorového prostoru v boji, použitím pancéřování, který odolává střelám, ale i tlakovým vlnám, chrání motor a zajišťuje tím jeho funkčnost.

Faktory ovlivňující možné rozmístění poháněcí soustavy:

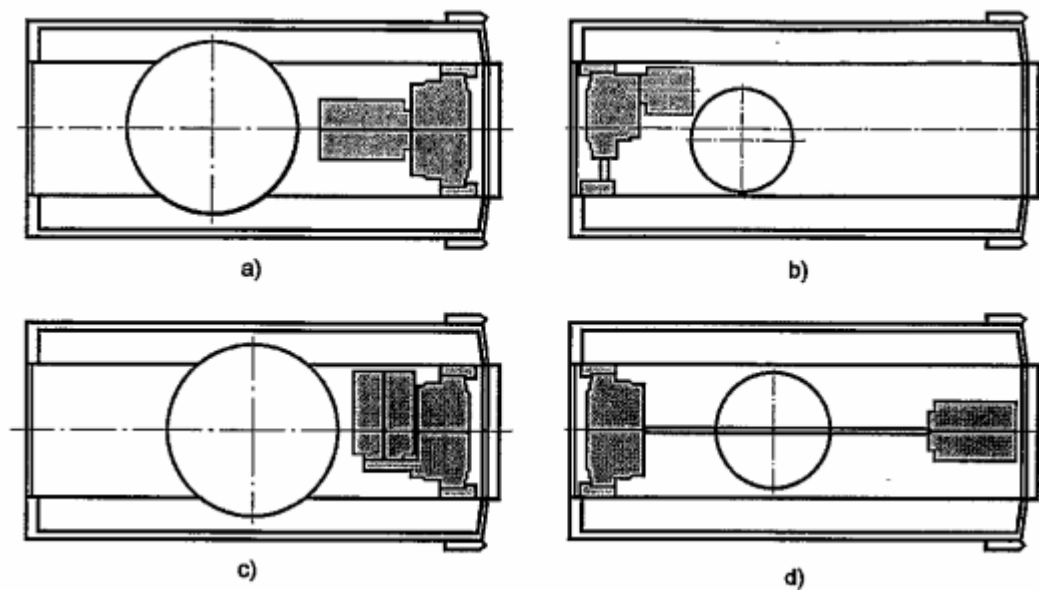
- vliv rozložení hmotnosti na rozmístění poháněcí soustavy
- zabezpečení funkčnosti
- možnost snadného ovládání poháněcí soustavy
- nutnost konstrukce otvorů a krytů zajišťujících správný chod soustav (nasávání vzduchu, větrání, odvod spalin, atd.), jejich montáž a údržbu

Umístění motoru v zadní části vozidla (obr.1a, obr.1c): Toto řešení je výhodné řešením poháněcí soustavy jako jedním montážním celkem (tzv. powerpackem), tím se výrazně sníží zastavěný prostor. Zmenšený zastavěný prostor je na obr. 1b. Výhodou je, že všechny otvory sloužící pro činnost, montáž a ošetřování jsou situovány v zadní části korby vozidla a tím vystaveny menšímu bojovému zatížení a střelám. Dále je třeba podotknout, že výhodné je umístění hnacího kola v zadní části vozidla - je více chráněno útokům nepřítele a tím sníženo

riziko jeho možného poškození. Ovšem velkou nevýhodou tohoto rozmístění je nepříznivé rozložení celkové hmotnosti vozidla. Kompenzace rozložení hmotnosti se řeší umístění jiných strojních skupin do přední části vozidla. S ohledem na skutečnost, že řidič bývá většinou v přední části vozidla, mohou vzniknout problémy s konstrukčním řešením ovládání poháněcí soustavy. Umístění motorů vzadu je typické zejména pro tanky, ale také u některých typů samohybných děl.

Umístění motoru v přední části vozidla (obr. 1b): Taktéž v tomto případě rozmístění je možné řešit soustavu jako jeden montážní celek. Výhodou je snadné ovládání z hlediska blízkosti řidiče. Otvary sloužící pro činnost, montáž a ošetřování, nepříznivě zeslabují pancéřovou ochranu ve střelecky exponované přední části vozidla. Nevýhodou je opět nerovnoměrné celkové rozložení hmotnosti z hlediska umístění motoru v přední části. Takové umístění vyžaduje také umístění poháněcích do přední části, což je nevýhodné zejména z velké pravděpodobnosti jeho poškození v boji a následnou celkovou nehybností vozidla. Z hlediska zastavěného prostoru je posunut bojový prostor směrem dozadu. Toto rozmístění může významně přispět k ochraně osádky, motor plní totiž funkci tzv. představného pancíře. S tímto rozmístěním se můžeme setkat hlavně u obrněných transportérů, bojových vozidel pěchoty a některých samohybných děl. Toto rozmístění je použito netypicky u izraelského tanku Merkava (s přeplňovaným, vzduchem chlazeným motorem: AVDS-1790-9AR, s výkonem: 1200 k/895 kW).

Umístění motoru v přední i zadní části vozidla (obr. 1d): Rozdělení poháněcí soustavy na dvě části - oddělený motor a převodové ústrojí, vede k příznivému rozložení celkové hmotnosti. Výhodné je i zastavění vnitřního prostoru. Je lepší umístit motor dozadu, z důvodu zvětšení pancéřování přední části. Řešení ovládání je kompromisem mezi předešlými variantami. Za velkou nevýhodu lze považovat obtížný přenos výkonu mezi jednotlivými, poměrně vzdálenými částmi poháněcí soustavy. Požadavek spojovací hřídele mezi těmito agregáty zhoršuje podmínky konstrukce střední části vozidla. Zde bývá obvykle zbraňový systém a otočná věž. Dno otočné věže je tedy vysunuto směrem nahoru, nad spojovací hřídel, a tím narůstá celková výška vozidla. Toto rozmístění se v současné době již téměř nepoužívá.



Obr. 16: Umístění poháněcí soustavy. [10]

12. Motor-převodové prostory bojových speciálních vozidel

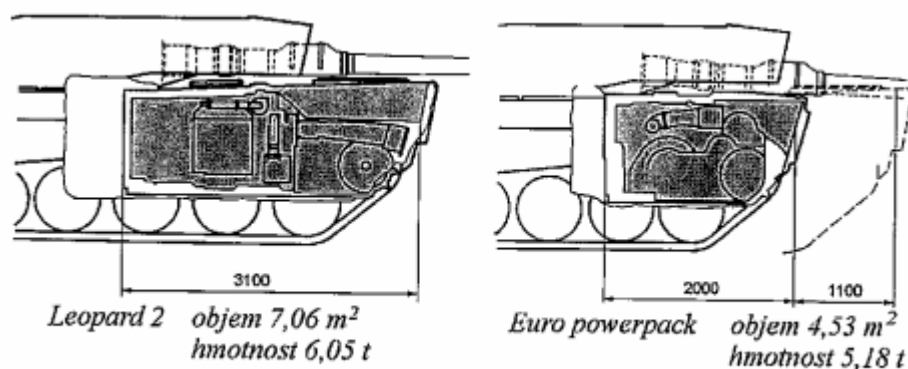
Konstrukční řešení motor-převodového prostoru je ovlivněno celkovým rozmístěním poháněcí soustavy, tj. v přední či zadní části vozidla. Tento prostor umístěný vpředu musí vyhovět požadavku velkého sklonu čelních pancířů a nutnosti jejich celistvosti. Tento fakt má vliv na rozmístění jednotlivých agregátů, ale i jejich konstrukční vyřešení.

12.1. Kritéria správného řešení motor-převodového prostoru:

- vytvoření vhodně tvarovaného a dostatečně velkého prostoru pro umístění strojních skupin
- zabezpečení přívodu vzduchu k chlazení motoru a převodového ústrojí a zajištění odvodu spalin
- zajištění možnosti provádění nezbytných kontrolních a údržbových prací, doplňování provozních hmot
- zabezpečení snadného přístupu k montážím, opravám, a to i v terénu
- zajištění požadovaného stupně ochrany

Převážnou část motor-převodového prostoru zaujímá poháněcí soustava, která je poměrně těžká a klade vysoké požadavky na zastavěný prostor. To se projevuje na celkové velikosti vozidla a tím i na negativně na zvětšování jeho hmotnosti. Vlastní konstrukční řešení tedy významně ovlivňuje celkové rozměry a hmotnost vozidla. Standardním řešením je konstrukce tzv. *powerpacku*. Jedná se o provedení kdy jsou všechny části motorové skupiny a převodového ústrojí začleněny do jednoho celku, v němž jsou zahrnuty i soustavy zajišťující činnost motoru - jedná se hlavně o chladiče, čističe, nádrže, apod.

Vhodné řešení z hlediska zastavěného prostoru je na *obr.2*. Je tu příklad umístění poháněcí soustavy tanku Leopard 2 (jedná se o přeplňovaný dvanáctiválec MUT MB 873 Ka-501). Jeho *powerpack* (levá část *obr.2*.) je umístěn tak, že osa klikového hřídele je rovnoběžná s podélnou osou vozidla, objem zastavěného prostoru činí $7,06 \text{ m}^3$. Použitím tzv. *europowerpacku*, jehož osa klikového hřídele je kolmá k podélné ose vozidla, se zastavěný prostor zmenšil na $4,53 \text{ m}^3$. Klesla i hmotnost z 6,05 t na 5,18 t. U obou vozidel byl ovšem použit motor o stejném výkonu (1100kW), avšak jiné konstrukce. Výhody použití *europowerpacku* jsou patrné. Výhodné konstrukce lze využít například zvětšením bojového prostoru, ale také posunutím věže s kanónem dozadu a prodloužením jeho hlavně.



Obr. 17: Využití zastavěného prostoru pro poháněcí soustavu. [10]

Pro zabezpečení snadné montáže a demontáže jednotlivých agregátů, nacházejících se v motor-převodovém prostoru je zpravidla horní díl korby vozidla opatřený snímatelným pancířem. Je nezbytně nutné, aby byl motor-převodový prostor oddělen od ostatních prostorů přepážkou, která zajistí hermetičnost a omezí nepříznivé vlivy při chodu motoru (hlučnost, vyprodukované teplo, pronikání plynů, vibrace, atd.). Jednotlivé agregáty jsou uchyceny v konzolách, tvarovaných tak, aby plnily funkci výztuh korby, a to zejména u lehčích vozidel, jako jsou obrněné transportéry či bojové vozidla pěchoty.

13. Příklad využití vznětových motorů v bojových vozidlech

Vozidlo: bojové vozidlo pěchoty

Motor:

- čtyřdobý vznětový rychloběžný, s přímým vstřikem paliva, s kapalinovým chlazením, smíšeným oběžným mazáním a suchou klikovou skříní
- značka: UTD 20
- objem válců: 15,9 l
- počet válců: 6
- uspořádání válců: do "V" s úhlem 120°
- rozvod OHC, vstřikovací tlak: $24,525 \pm 0,3$ MPa, úhel předstřiku: $24 \div 27^\circ$
- maximální výkon: 221 kW, maximální točivý moment: 981 Nm
- provozní otáčky: $1800 \div 2400$ min⁻¹, minimální otáčky: 750 min⁻¹, max. otáčky(po dobu 10 min.): 2850 min⁻¹
- hmotnost: 665 kg

Palivová soustava:

- používané palivo: nafta, počet palivových nádrží: 3, celkový obsah 462 l(nádrž uvnitř vozidla: 352 l, nádrže v zadních dveřích: 110 l
- odvzdušňovací palivové čerpadlo: elektrické
- hrubý čistič paliva: síťkový, palivové dopravní čerpadlo: pístové, tlak paliva: $0,147 \div 0,175$ MPa
- jemný čistič paliva: plstěný, s odvzdušňovacím ventilem
- vstřikovací čerpadlo: vysokotlaké, 6-ti pístkové
- vstřikovače: uzavřený typ s hydraulicky řízenou jehlou
- tryska: 9-ti otvorová se štětinovou čistící vložkou

Mazací soustava:

- mazání: smíšené, oběžné
- olejová nádrž: s odpěňovačem a předehtíváním
- obsah mazacího ústrojí: 48 l
- olejové čerpadlo: zubové(2 sací a 1 výtlačná sekce)
- chladič oleje: trubkový
- čističe oleje: hrubý - síťkový, jemný - odstředivý
- předmazávací čerpadlo: zubové s elektromotorem
- tlak oleje: $0,6 \div 1$ MPa, teplota oleje(normální provoz): $80 \div 100^\circ\text{C}$ (krátkodobě až 125°C)

Chladicí soustava:

- druh: kapalinová, uzavřená s nuceným oběhem
- chladicí kapalina: letní období: voda, zimní období: nízko-tuhnoucí směs
- objem chladiva: 50 l
- čerpadlo chladicí kapaliny: odstředivé
- chladič chladicí kapaliny: trubkový
- provozní teplota chladicí kapaliny: $80 \div 100^{\circ}\text{C}$ (minimálně pro provoz: 70°C), maximální dovolená teplota po dobu 10 min: 125°C

Ohřívací ústrojí:

- ohřívání motoru a převodovky: kapalinové s nuceným oběhem, ohřívač: tryskový
- palivo ohřívače: nafta, spotřeba ohřívače: 7 l/h, výkon ohřívače: 43 kW

Spouštění motoru:

- hlavní: stlačený vzduch
- tlak vzduchu při provozu v letním období: min. 4,5 MPa
- tlak vzduchu při teplotě nižší než 5°C : min 8 MPa
- pomocné: elektrický spouštěč

Popis pohyblivých a nepohyblivých částí motoru:

Blok motoru je vyroben z hliníko-křemíkové slitiny, je konstruován tak, že se na něj připojují všechny součástky motoru i jeho příslušenství. Tunelový typ klikové skříně je rozdělen na tři části pro dvojice válců s vytvořenými otvory pro uložení ložisek. Válec je ocelový, s upraveným vnitřním povrchem nitridováním a leštěním, pro zvýšení odolnosti proti korozi a kavitaci.

Hlava válců - vyrobena jako odlitek z hliníkové slitiny, společná pro trojici válců. Prostor mezi hlavou válců a spalovacím prostorem je těsněn měděnými kroužky. Na horní ploše hlavy jsou uloženy vačkové hřídele a rozvody, které jsou zakryty krytem hlavy. Kryt hlavy je z hliníkové slitiny, z horní strany jsou 3 otvory pro přístup ke vstřikovačům, zakrytovány lisovanými ocelovými víčky.

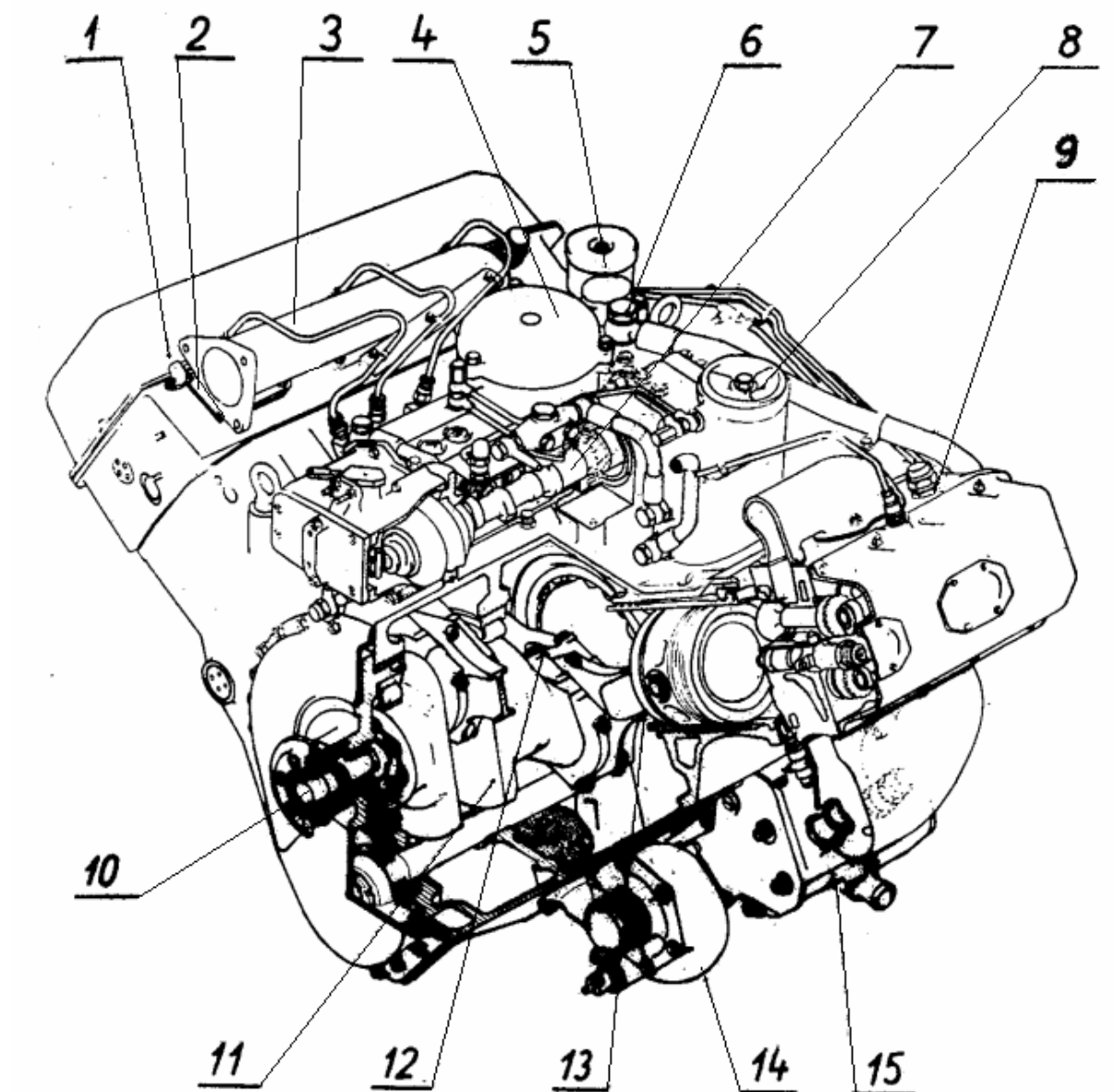
Píst z hliníkové slitiny má tvarované dno, aby tvořil s vybráním v hlavě válců spalovací prostor. Sadu pístních kroužků tvoří 5 kroužků, horní dva kroužky jsou ocelové, lichoběžníkového průřezu, jejich účel je těsnící. Třetí a čtvrtý kroužek jsou vyrobeny z speciální litiny a jsou kombinované. Pátý kroužek je uložen ve spodní části pístu, je vyroben ze speciální litiny a jeho účel je stírací. Pístní čep je dutý, vyroben z oceli, s vnějším cementovaným povrchem. Do pístu se vkládá s přesahem, za studena.

Ojnice, vyrobené z vysocelegované oceli s drážky průřezu I, jsou tři a mají rozvidlenou hlavu. V horním oku každé ojnice je bronzové pouzdro, opatřené šesti otvory pro mazání kontaktu s ojnicím čepem. Dolní část ojnice je rozdělena na dvě části, po montáži pánví ložisek se spojí čtyřmi lícovanými šrouby. Klikový hřídel je vyroben z vysocelegované oceli, tři kliky jsou natočeny v rovinách po 120° . Ojnicní čepy jsou duté, navzájem propojeny šikmými kanály, zajištěné zátkami.

Ventily pro každý válec jsou v provedení dvou sacím a dvou výfukových, průměr hlavy sacího ventilu je větší než u výfukového. Každý ventil je zavírán dvěma pružinami. Vačkové hřídele jsou v každé hlavě válců dva, jeden pro sací a jeden pro výfukové ventily. Hřídele jsou

uloženy přes čtyři ložiskové čepy v dvoudílných ložiskách. Dotyková místa vačky a vačkového hřídele jsou mazány olejem, který je přiváděn přes dutý vačkový hřídel.

Pohledy na motor:

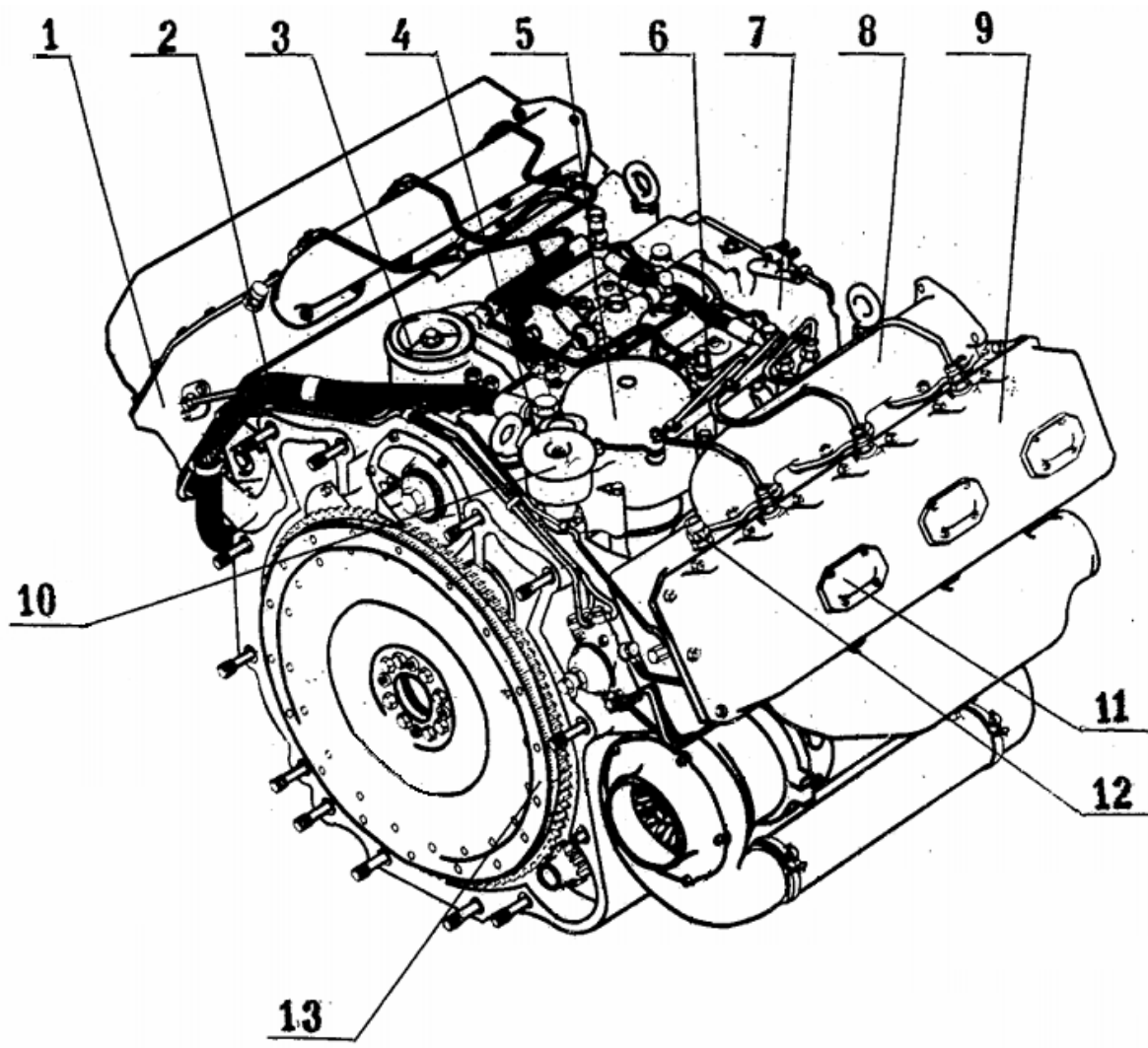


Obr.18.: Pohled na motor ze strany výstupního hřídele.[11]

Popis obr.18:

- | | |
|--|----------------------------|
| 1. levý blok motoru | 8. čistič paliva |
| 2. odvod vodní páry | 9. odvod chladící kapaliny |
| 3. výfukové potrubí | 10. výstupní hřídel motoru |
| 4. odstředivý čistič oleje | 11. klikový hřídel |
| 5. odvodušňovací hrdlo | 12. rozvidlená ojnice |
| 6. hrubý čistič paliva | 13. ojnice |
| 7. vačkový hřídel vstřikovacího čerpadla | 14. vodní čerpadlo |
| | 15. olejové čerpadlo |

Pohledy na motor:

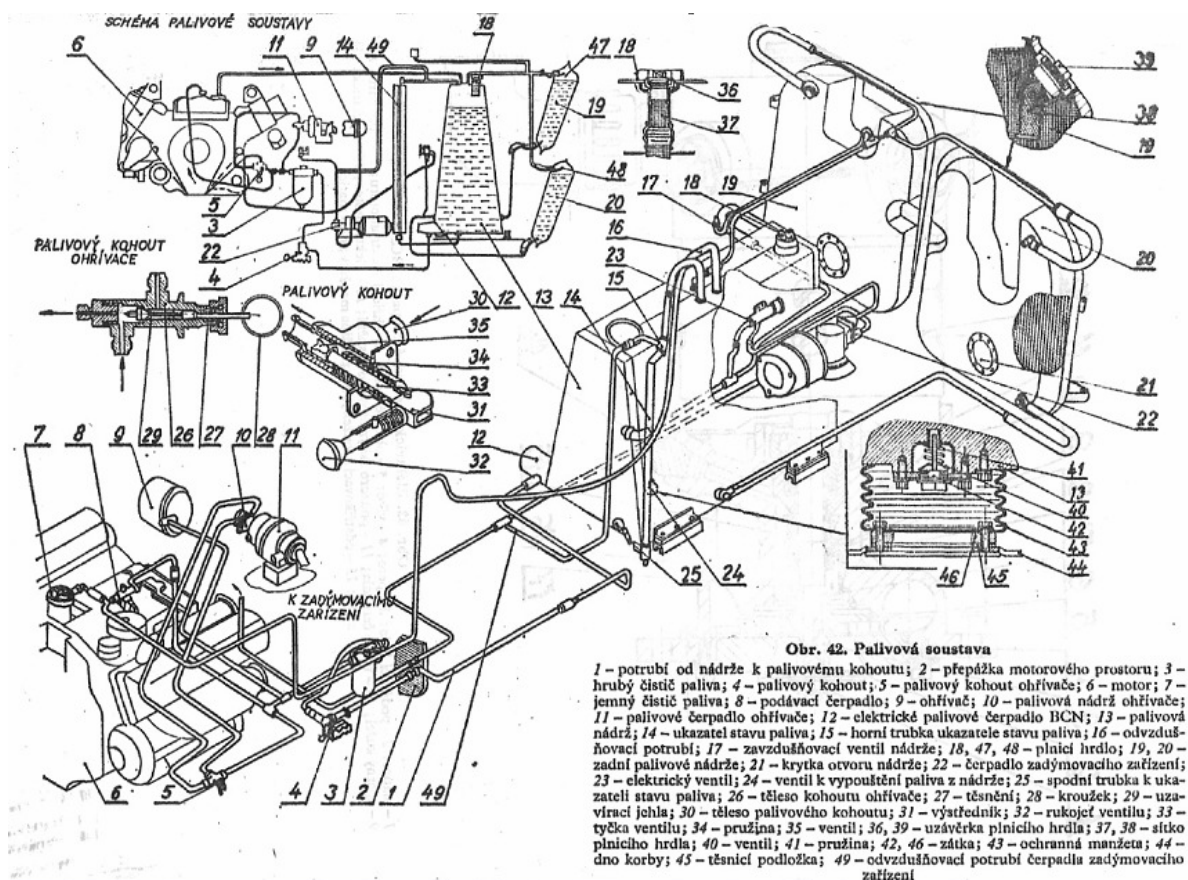


Obr.19.: Pohled na motor ze strany setrvačníku.[11]

Popis obr.19:

- | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| 1. pravý blok motoru | 8. výfuk |
| 2. přívod paliva | 9. levý kryt hlavy válců |
| 3. čistič paliva | 10. odvětrávací hrdlo |
| 4. hrubý čistič oleje | 11. víko vstřikovače |
| 5. odstředivý čistič oleje | 12. odvod chladicí kapaliny |
| 6. regulační ventil | 13. setrvačnick s ozubeným věncem |
| 7. těleso vstřikovacího čerpadla | |

Schéma palivové soustavy motoru:



Obr.20.: Palivová soustava BVP.[11]

Palivová soustava slouží pro zásobování motoru pohonnými hmotami, dále pro činnost tryskového ohříváče a zadýmovacího zařízení.

Palivové nádrže slouží k uchování paliva pro provoz vozidla. Hlavní nádrž (13) se nachází ve střední, vnitřní části vozidla, určeného pro posádku, její objem je 352 litrů a je řešena z části jako opěradlo. Další dvě nádrže (19,20) jsou umístěny v dutinách zadních dveří a objem každé z nich činí 55 litrů. Všechny nádrže jsou společně propojeny potrubími, jejich odvědušnění je řešeno přes společný ventil. Hlavní nádrž má spodní straně vypouštěcí ventil pro vypuštění všech nádrží. Plnění nádrží je prováděno přes nálevní hrdlo v hlavní nádrži (18), nachází se na stopě prostoru pro posádku.

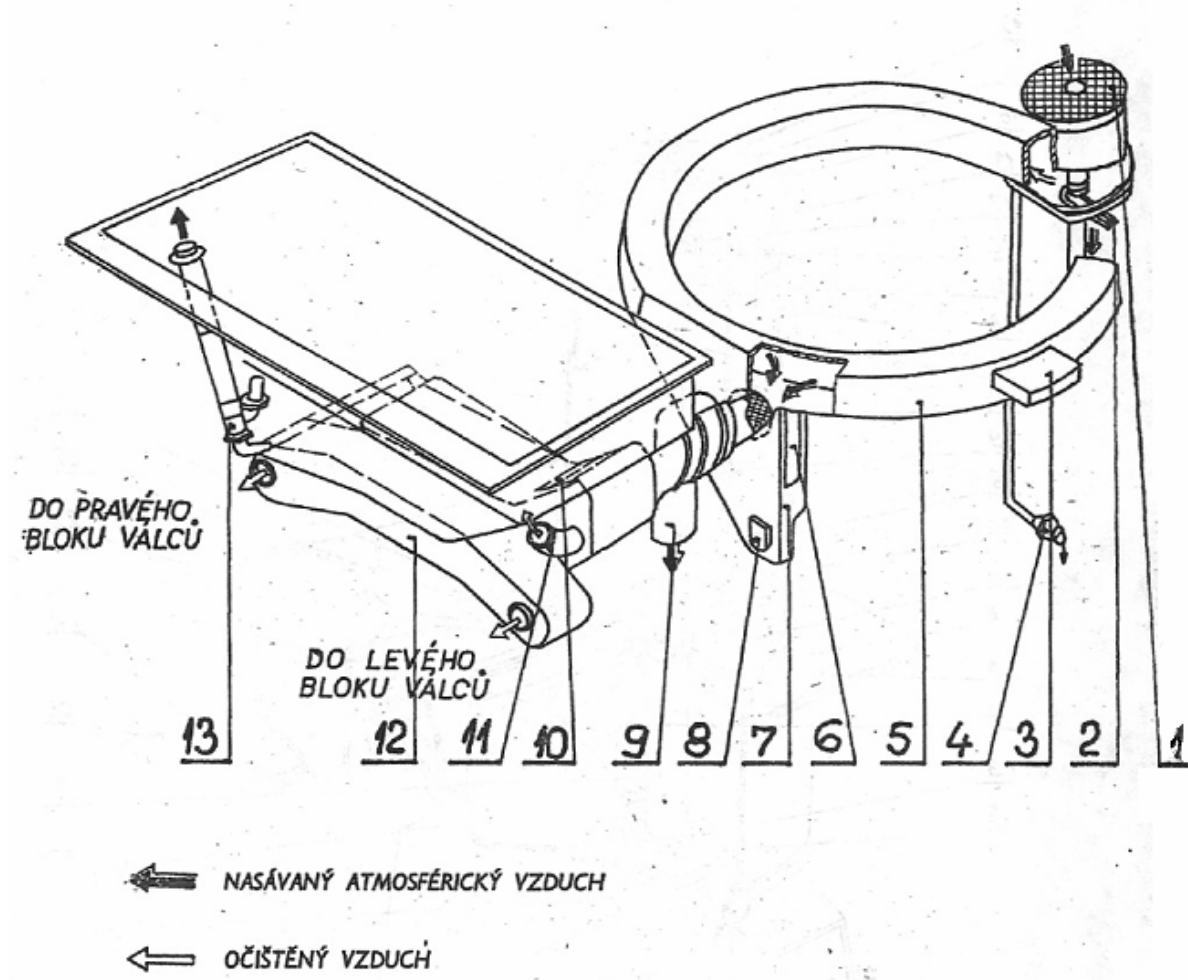
Elektrické palivové čerpadlo zajišťuje zaplnění palivového potrubí před startem motoru, konstrukčně je řešeno jako odstředivé.

Hrubý čistič paliva (3) provádí očištění paliva, je uložen v motor-převodovém prostoru. Palivo se do něj přivádí vstupním šroubením, dostává se na vnější povrch čistící vložky, kde se zachycují nečistoty a odvádí se výstupním šroubením.

Jemný čistič paliva (7) slouží k preciznímu očištění paliva od mechanických nečistot, slouží zároveň jako odvědušnění palivové soustavy. Je umístěn mezi bloky motoru a zařazen mezi palivové podávací a vstřikovací čerpadlo. Filtrační článek se skládá z plstěné čistící

vložky, kovového sítky, hedvábného obalu, vstupní a výstupní rozpěrky. Palivo se dostává přes vstupní rozpěrku, a plstěnou vložku do vnitřní dutiny kovového sítky a dále pokračuje přes výstupní rozpěrku ke vstřikovacímu čerpadlu. Vzduch, který se nachází v palivu je odváděn zpětným ventilem čističe do atmosféry.

Systém přívodu vzduchu do motoru:



Obr.21.: Ústrojí pro přívod vzduchu.[11].

Princip činnosti systému přívodu vzduchu:

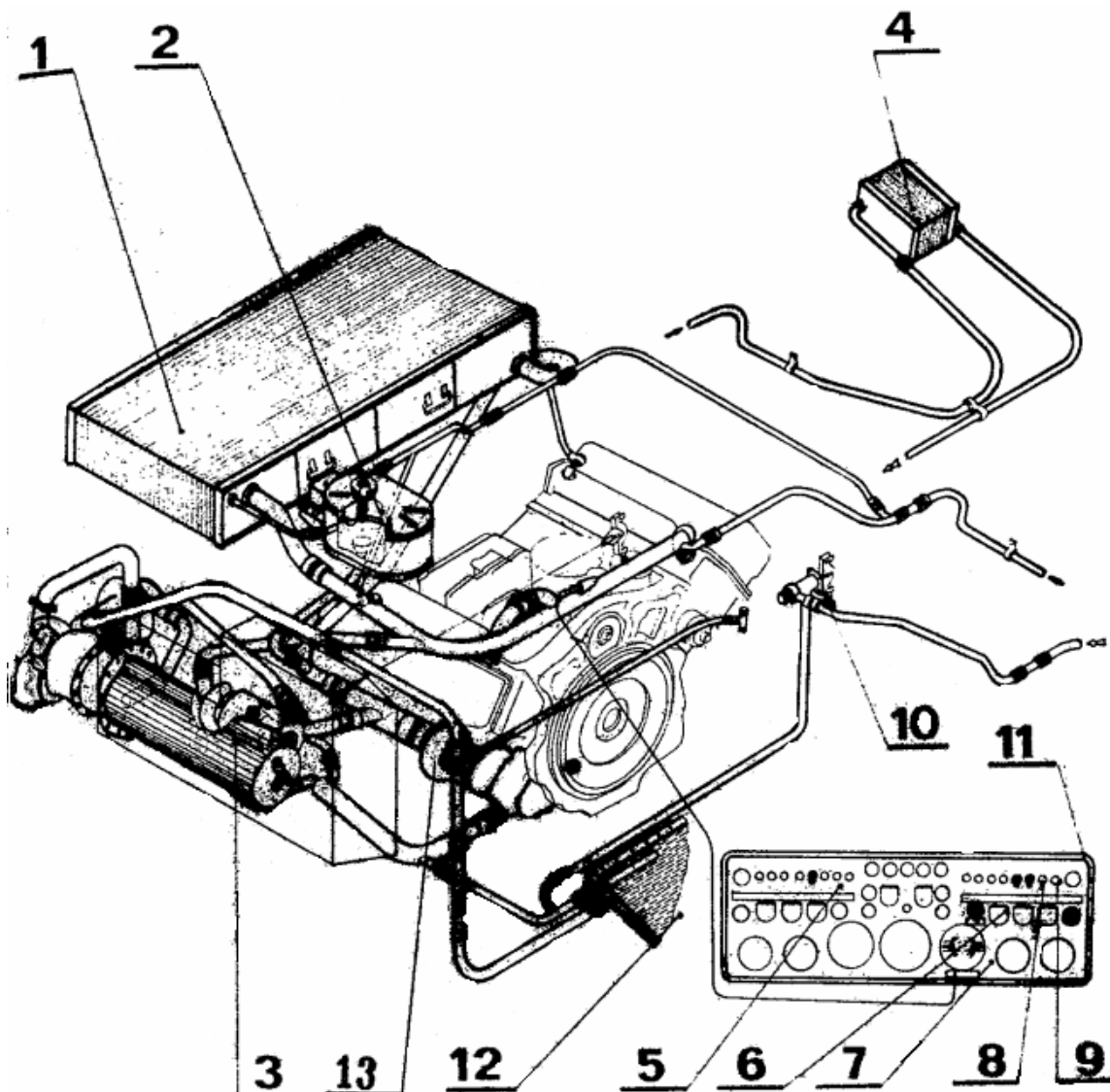
Tato soustava zajišťuje přívod očištěného vzduchu k jednotlivým válcům motoru. Hlavními částmi jsou sací hrdlo (1), prstencové potrubí (5), čistič vzduchu pro odsávání nečistot (3), dále sací a výfukové potrubí.

Sací hrdlo je při běžném provozu za věží na stropu prostoru pro posádku, při plavbě vozidla se pomocí vzduchového válce vysouvá, aby nedošlo k nasátí vody do čističe vzduchu. Je v něm umístěný hrubý čistič vzduchu.

Prstencové potrubí (5) vede vzduch od sacího hrdla k čističi vzduchu. Část prstencového potrubí je rozšířena směrem dolů, toto rozšíření odebírá část vzduchu k chlazení kompresoru (4). Ve spodní části rozšíření je klapka (8,7) pro odtok vody a otvor pro odvod nečistot (6). Přes

pryžovou manžetu (9) je vzduch veden k poslednímu čističi a rozvodu vzduchu (10) a poté k jednotlivým blokům válců.

Chladicí soustava motoru:



Obr.22.: Chladicí soustava.[11].

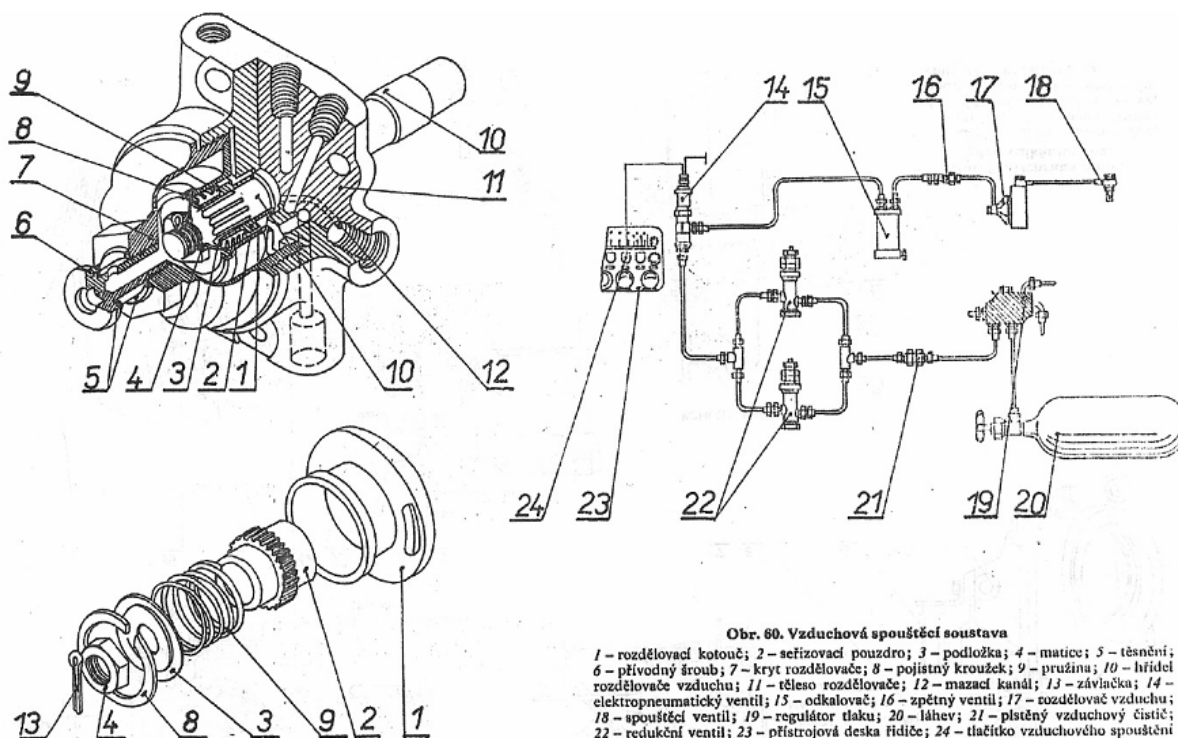
Princip činnosti chladicí soustavy motoru:

Chladicí soustava je prostředkem k odvádění tepla z bloků válců a hlav válců při provozu motoru. Soustava je řešena nuceným oběhem kapaliny s objemem chladiva 50 litrů. Hlavními částmi jsou: chladič (1), vyrovnávací nádržka (2), dochlazovací pomocné čerpadlo (3), vypouštěcí ventil (10), čerpadlo kapaliny (13), vypouštěcí kohout (10), teploměr. Kapalina je nasávána z chladiče, postupuje kanálky klikové skříně, zde se rozděluje na dva proudy k jednotlivým blokům válců, odebírá teplo a vrací se zpět do chladiče.

Vyrovňovací nádržka plní funkci kompenzátoru - zajišťuje stálý tlak na vstupu do čerpadla chladicí kapaliny. V horní části je nálevka pro doplnění kapaliny a nachází se tam i parovzdušný ventil. Do vyrovnávací nádržky ústí i odpařovací potrubí z hlav válců a z chladiče.

Teplo z chladiče je odváděno proudem vzduchu, vytvořeným ejekčním efektem výfukových plynů.

Vzduchové spouštěcí ústrojí motoru



Obr.23.: Schéma vzduchové spouštěcí soustavy.[11]

Spouštění stlačeným vzduchem je primární způsob spouštění. Tlakový vzduch z láhve (20) je přiváděn přes regulátor tlaku (19) a elektropneumatický ventil (14) do rozdělovače vzduchu (11), odkud poté vede k jednotlivým spouštěcím ventilům (18). Tlak vzduchu v láhvi je předepsán pro letní období min. 4,5 MPa a pro teploty nižší než 5°C je to tlak min. 8 MPa.

Rozdělovač vzduchu (11) zajišťuje přívod tlakového vzduchu k jednotlivým válcům. Rozdělovač je na připevněn na hlavu válců motoru, ze strany setrvačníku. Hřídel rozdělovače (10) je poháněna od rozvodových kol. Těleso rozdělovače je výkovek z hliníkové slitiny. Těleso je upraveno šesti otvory pro připojení potrubí k jednotlivým válcům a jedním otvorem k přívodu mazacího oleje. Rozdělovací kotouč (1) otáčením postupně odkrývá otvory a pouští vzduch k jednotlivým válcům. Spouštěcí ventil (18) je vyveden do hlav válců jako přívod vzduchu, je propojen s rozdělovačem (11). Tlak vzduchu přetlačí pružinu (9), otevře ventil a proudí do válce. Zpětným tlakem se ventil uzavírá a zabraňuje tak unikání tlaku ze spalovacího prostoru.

Speciální vybavení vozidla - zadýmovací zařízení

Zadýmovací zařízení slouží pro vytvoření maskovací dýmové clony v bojových situacích. Je u něj využit princip odpařování nafty, která je vstřikovávána do výfukového potrubí. Zubové čerpadlo, poháněné elektromotorem čerpá naftu z palivové nádrže přes ventil a vede ji k rozprašovacím tryskám. Následně je nafta rozprašena do výfukového potrubí. Nejpriznivější tvorba dýmové clony je při dostatečně zahřátém motoru a při zařazeném 4. rychlostním stupni s otáčkami 2000 až 2400 ot/min. Maximální doba zadýmování je 5 minut, následující tvorba clony je možná až po 3 minutách.

14. Přehled zvláštností a specifických vlastností motorů určených pro armádní účely

Motory, určené pro provoz ve vojenských vozidlech jsou vystaveny vysokému zatížení ať už z pohledu zajištění pohonu vozidla, nebo ztíženými či bojovými podmínkami, ve kterých musí pracovat. Jejich používání je ovlivněno mnoha faktory jako například extrémními mrazy nebo naopak jejich nasazení při pouštních operacích. Práce v bojovém prostředí a dlouhodobé zatížení, bezporuchový chod a vysoká spolehlivost jsou hlavní aspekty, jež musí tyto motory splňovat. Odlišnosti od normálního provozu motorů v civilních vozidlech a konstrukce nám udává následující přehled:

- startovatelnost - motor musí být schopen startu při teplotách -40°C
- ohřívače pro předehřívání motoru při nízkých teplotách - hlavně za účelem snížení viskozity oleje v mazací soustavě a převodech
- startování stlačeným vzduchem - požadavek spolehlivého spouštění - z tlakových lahví, při chodu motoru je tlak zpětně dodáván do lahví
- použití univerzálního paliva s odolností proti zamrznutí, popř. v boji při nedostatku motorové nafty musí být motor schopen provozu i na jiná paliva (např. letecká paliva)
- odolnost proti zbraním hromadného ničení - při zavření žaluzií a klapek motoru nesmí žádné látky vniknout k motoru - zajištění maximální těsnosti
- úplná těsnost motorového prostoru - oddělení motor-převodového prostoru od prostoru posádky, případné poškození výfukového systému a pronikání škodlivých plynů by mohlo ohrozit posádku vozidla
- u některých konstrukcí motorů je využito chlazení proudem vzduchu z ejektoru (spaliny strhávají vzduch z chladicího pláště a odvádějí ho difuzorem do ovzduší) jako doprovodné chlazení kapalinového systému
- konstrukční úpravy pro plavbu vozidel - nasávání vzduchu a vyústění odvodu výfukových plynů musí být opatřeno nátrubky, které zajišťují, že jejich úroveň sání a výfuku bude nad čarou ponoru vozidla
- využití vodních čerpadel ve spodní části motoru pro odčerpávání vody z důvodu jejího pronikání do motorového prostoru (motor by měl být bez problému schopen provozu po odčerpání vody i když jej zcela zaplavila)
- hasící zařízení motoru - termočláňkové senzory hlídají teplotu motoru, při jeho poškození v boji a při náhlém zvýšení teploty aktivují hasící přístroje, jež vyplní motorový prostor hasící směsí
- pro maskování vozidla je použito zadýmovací zařízení - do výfukového porubí je rozprašováno palivo tryskou a jeho nedokonalé spálení vede k vytvoření dýmové clony bílé až šedobílé barvy - to má za následek enormní snížení viditelnosti a případný únik při přesile nepřítele
- systém filtrace vzduchu a dokonalé separování nečistot - použití např. prstencového potrubí na principu odstředivého oddělení těžších částic, hlavně v oblastech s vysokou prašností při bojových operacích v pouštních oblastech
- z hlediska úspory místa ve vnitřním prostoru jsou palivové nádrže tvarovány jako součásti opěradel či umístěny v pancéřovaných dveřích (využití u BVP), ke zvýšení akčního poloměru mohou být použity nádrže přídavné, které se po spotřebování pohonných hmot odmontují
- klikové ústrojí (kliková hřídel, ojnice, písty), rozvody, ložiska, vstřikovací soustava a čerpadla jsou principiálně stejná s rozdílem využitím kvalitnějších materiálů - lehké

hliníkové a hořčíkové slitiny, korozivzdorné oceli s vysokou jakostí. Zkoušení vnitřních vad materiálů v těchto součástech mají velmi přísné normy a jsou přísně dodržovány z důvodu zabezpečení požadavku vysoké spolehlivosti, bezporuchovosti a životnosti těchto materiálů

- způsob rozmístění válců(řadové či vidlicové provedení) a tvar bloku motoru - je dán samotným tvarem prostoru motoru vozidla tak, aby ideálně vyplnil tyto tvary s ohledem na přístupnost při opravách jednotlivých agregátů motoru
- v některých konstrukčních uspořádáních je motor umístěn v přední části vozidla a je při zasažení vozidla nepřátelskou střelou schopen chránit posádku vozidla

15. Zamyšlení nad perspektivou vývoje

Válečné konflikty, první a zejména druhé světové války byly ve znamení rychlého a progresivního vývoje pohonných jednotek vojenských vozidel v tajných závodech Sovětského svazu a Německa. Soupeření těchto mocností tak dávalo jednoznačný impuls k neustálému zlepšování zbraní a ukázalo na nezbytnost dalšího vývoje.

Stále rostoucí a přísnější nároky, které klade specifický způsob použití, na tyto motory vedou k neustálému vylepšování a zdokonalování jednotlivých ústrojí i motoru jako celku. Současné trendy používání výpočetní techniky a CAD systémů urychlují práci na prototypu a případných vylepšujících prvcích. Poskytují totiž dostatečný náhled na řešenou problematiku. Modely jsou vyráběny rychleji a s menšími finančními nároky, které jsou jedním z nejpodstatnějších faktorů ovlivňují celkový vývoj. Požadavek na zdokonalování vojenské techniky a schopnost udržení síly, jež vojenství poskytuje, je vypisován v rámci státních zakázek a jednotlivé firmy nabízejí komplexní řešení vývoje a případné realizace a zkoušení prototypů. V této oblasti vývoje vznětových motorů je snaha vyrábět lehké, velmi výkonné a spolehlivé motory s využitím přímého vstřikování paliva a zvyšování výkonu turbodmychadly. Vývoj zcela nového a revolučního motoru je dle mého názoru nepříliš prakticky realizovatelný a pravděpodobný. Jeho hlavním negativem by zřejmě byly nesmírně vysoké náklady a navržení konceptu zcela nové, dosud nepoužité konstrukce. V dnešní době se tedy vývojářské firmy zaměřují na zlepšování již osvědčených technologií. V České republice bych uvedl jako příklad VOP-026 Šternberk, s.p., což je státní podnik založený Ministerstvem obrany ČR, zabývající se modernizací bojových vozidel, včetně vývoje jejich motorů.

Směr ve vývoji dán také nacházením nových materiálů a jejich kombinací k zajištění požadovaných vlastností jednotlivých dílů motoru. Pro úsporu hmotnosti je snaha využívat lehkých hliníkových a hořčíkových slitin jako odlitků pro skříně, nebo jako materiál pístů, jakožto snížení setrvačné hmoty pístní skupiny. Pro ojnice či klikové hřídele použití vysocelegovaných korozivzdorných ocelí s vysokou životností. Předpokladem pro možný směr uplatnění jistě budou mít v budoucnosti i plastické materiály. Poměrně nízká cena, dobrá zpracovatelnost a zlepšující se výrobní technologie jistě promluví i do vývoje motorů, i když je to v dnešní době poměrně obtížné si tuto variantu představit.

Moderní konstrukce pohonné jednotky jako celku je řešena v nových typech tanků a bojových vozidel jako tzv. powerpack. Jedná se o montážní celek motoru i se všemi soustavami, které jsou pro jeho funkci nezbytné. Při případné poruše se odmontuje horní pancíř, chránící před střepinami a střelami, a celý komplet se po uvolnění vyjme (např. jeřábem). Do vozidla je nainstalován nový powerpack, výměna je poměrně rychlá a dá se použít i v bojových podmínkách, takže je vozidlo po krátké výměně opět připraveno k boji.

16. Závěr

Problematika vznětových motorů, které se používají za účelem vojenských aplikací s sebou přináší řešení specifických problémů, spojených s jejich neobvyklými vlastnostmi a určitými požadavky, jež musí zabezpečovat. Podmínky, ve kterých tyto motory musí pracovat jsou zcela odlišné od běžného civilního provozu. Při jejich konstrukci a zajištění schopnosti, plnění činnosti je třeba brát v úvahu, zda-li bude vozidlo vystaveno bojovým podmínkám, nebo jen průzkumným, či ženijním účelům. Zda je potřeba zajištění plavby či brodění vozidla. Ohled je třeba brát také na klimatické podmínky, zda má být vozidlo schopno provozu v arktických podmínkách, či v extrémně vysokých teplotách nebo v oblasti tropických, které se vyznačují téměř 95% vlhkostí.

Výhody vznětových motorů oproti benzínovým, tak dávají možnost jejich plnému uplatnění v této oblasti. Jedná se především o nižší spotřebu paliva a tím zvětšení dojezdu vozidla, dále o nižší teploty vzniklé spalováním a tím možnost využití turbodmychadel ke zvýšením výkonu motoru a zlepšení momentové charakteristiky. Je požadován velký kroutící moment při nižších otáčkách a jejich snadná regulace. Důvodem je také vyšší účinnost vznětových motorů. Velkou nevýhodou představuje startovatelnost studeného motoru při nízkých teplotách a možnost zamrzání paliva. Obě tyto nevýhody jsou již posunuty o krok dále, použitím univerzálního paliva a při startování se využívá stlačeného vzduchu, s případnou kombinací elektrického startéru.

Konstrukční provedení je odlišné zejména způsoby filtrace a přívodu vzduchu, odvodu spalin, úpravami pro plavbu vozidla atd. Přívody vzduchu a odvod výfukových plynů je možný pouze průduchy v horní části korby vozidla, jež jsou navíc opatřeny žaluziemi. Tyto chrání motor před případným poškozením střelami či střepinami. Je požadována dokonalá filtrace vzduchu, s využitím prstencových potrubí a separaci nečistot a případné vlhkosti. Při provozu motoru ve snížených teplotách je nutné předhřívání oleje a dodržení přesného, osvědčeného postupu následného spouštění. Provoz je charakterizován předcházením závad častými kontrolami a udržováním motoru ve výborném stavu, od kterého se odvíjí celá jeho funkce.

Tato práce měla nastínit základní informace a přehled v odlišných a unikátních vlastnostech vojenských motorů. Nastínit danou problematiku v provozu motorů ve ztížených podmínkách, uvést příklady v odlišnostech od běžných motorů a jistě zamýšlení při zlepšování a možném směru vývoje. Myslím si, že časem prověřené a vyzkoušené technologie v této konstrukční oblasti patří vůbec ke špičce strojírenské výroby a jistě i patřit budou. Oblast armády byla vždy finančně dobře podporována a tak její rozvoj jistě bude i v budoucnu perspektivní. Vznětové motory v ní jistě najdou své nezbytné zastoupení, tak jako v současnosti. Z hlediska funkčnosti a plnění daných požadavků jsou již na vysoké úrovni a myslím si, že zlepšení způsobu např. filtrace či nové poznatky z oblasti tribologie, vylepšení vstřikovacích jednotek, nalezení či vývoj nového paliva a konstrukčních materiálů by mohly posunout opět tu oblast dopředu.

17. Seznam použitých zdrojů

- [1] RICHTER, Miroslav, HEJL, Zdeněk. *Automobil v armádě*. Vyd. 1. Praha: Naše vojsko, 1980. 88 s.
- [2] KOLEKTIV PRACOVNÍKŮ VÚNM a ČKD, n.p. *Naftové motory čtyřdobé III*. Vyd 1. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, n.p., 1955. 304 s.
- [3] ČORNÁK, Štefan, STODOLA, Jiří, BALÍK Roman, BARTÁK, Jiří, Šťastný, Jiří. *Provoz a údržba bojových a speciálních vozidel II*. Vyd. 1. Brno: Univerzita obrany, 2007. 148 s.
- [4] ČORNÁK, Štefan, BALÍK, Roman, BARTÁK, Jiří. *Provoz a údržba bojových a speciálních vozidel I*. Vyd. 1. Univerzita obrany Brno, 2007. 140 s. ISBN: 978-80-7231-288-7.
- [5] STODOLA, Jiří, MACHALÍKOVÁ, Jaroslava. *Provozní hmoty a materiály pro MVT*. Vyd. 1. Skripta Univerzity obrany Brno, 2006. 132 s.
- [6] GENERÁLNÍ ŠTÁB AČR. *Vojenské jakostní specifikace pohonných hmot, maziv a provozních kapalin*. ČSN EN 590, 2005. 7s
- [7] BRAUN, Pavel, VALA, Miroslav, ŠAFR, Gustav, ČECH, Oldřich. *Přehled současných vojenských automobilů v armádách Evropy a USA a zhodnocení jejich vlastností*. Vyd. 1. Brno: Univerzita obrany, 1997. 284s.
- [8] BRAUN, Pavel, BARTÁK, Jiří, VALA, Miroslav. *Přehled současných vojenských automobilů v armádách Evropy a USA a zhodnocení jejich vlastností - 1.díl*. Vyd. 1. Brno: Univerzita obrany, 1997. 258s.
- [9] BRAUN, Pavel, BARTÁK, Jiří, VALA, Miroslav. *Přehled současných vojenských automobilů v armádách Evropy a USA a zhodnocení jejich vlastností - 2.díl*. Vyd. 1. Brno: Univerzita obrany, 1998. 235s.
- [10] ŽALUD, Zdeněk. *Bojová a speciální vozidla II*. Vyd. 1. Univerzita obrany Brno, 2008. 100 s. ISBN: 978-80-7231-600-7.
- [11] Kolektiv K 201. *Bojové vozidlo pěchoty - obrazová část*. Vyd. 1. Brno: Univerzita obrany, 1975.
- [12] Kolektiv K 201. *Bojové vozidlo pěchoty - textová část*. Vyd. 1. Brno: Univerzita obrany, 1975. 72s.
- [13] BRAUN, Pavel, VALA, Miroslav: *Vojenská kolová vozidla, základy konstrukce*. U – 1221/1. Vojenská akademie, Brno, 1996.
- [14] VALA, Miroslav, BRAUN, Pavel: *Vojenská kolová vozidla, díl II. - Teorie pohybu vozidel*. Učebnice U-1221/2. VA Brno, 1998.
- [15] BRAUN, Pavel, VALA, Miroslav: *Vojenská kolová vozidla, díl III.- Konstrukce vozidel*. Učebnice U-1221/3. VA Brno, 2000.

[16] BRAUN, Pavel, VALA, Miroslav: Bojová a speciální vozidla I. Skripta, UO Brno, 2005.

[17] ŽALUD, Zdeněk, DERMEK, František: Bojová a speciální vozidla II. Skripta, UO Brno, 2005.

Internetové zdroje:

[18] POLÁKOVÁ, Pavla. *Prach až do morku kostí* [online]. Vydáno 21.8.2007, [citováno 2009-05-10]. Dostupné z: <<http://www.army.cz/scripts/detail.php?id=9764>>

[20] www.valka.cz

[21] www.army.cz