



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

LOKOMOTIVNÍ MOTORY ČKD ŘADY K 12 V 170 DR

LOKOMOTIVE ENGINES ČKD CLASS K 12 V 170 DR

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ondřej Machálek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Martin Zubík

BRNO 2017



Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **Ondřej Machálek**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Martin Zubík**
Akademický rok: 2016/17

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:

Lokomotivní motory ČKD řady K 12 V 170 DR

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Rešeršní práce zabývající se technickým popisem přeplňovaných motorů ČKD řady 170 DR, která bude doplněna jejich provozní charakteristikou a postupnými konstrukčními úpravami v praxi.

Cíle bakalářské práce:

Technický popis jednotlivých sérií motoru K 12 V 170 DR a jejich rozdíly.

Přehled technických úprav realizovaných v průběhu jejich provozu a jejich vliv na provozní aspekty (spolehlivost, dílenská náročnost na údržbu).

Závěrečné zhodnocení.

Seznam literatury:

Kolektiv VÚNM A ČKD. Naftové motory čtyřdobé. 2. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1964.

MÜLLER, J., P. HELDES a J. VENTRUBA. Naftové motory řady 170 kolejových motorových vozidel. 2., přeprac. a rozš. vyd. Praha: Nadas, 1970.

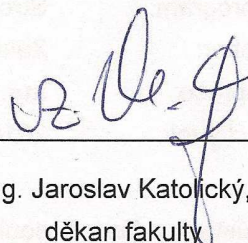
KONOPÍK, J. Přenosy výkonů I-V. Dráha. Praha: Nadatur, 2007-2011. ISSN 1211-1260.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17.

V Brně, dne 16. 11. 2016



prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.
ředitel ústavu



doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty



ABSTRAKT

Práce je zaměřena na konstrukční řešení přeplňovaných vznětových motorů třetí až páté série společnosti ČKD značených K(S) 12 V 170 DR a přehled jejich konstrukčních změn provedených v průběhu jejich provozu. Věnuje se také konstrukčním aspektům a zmiňuje spolehlivost těchto typů motorů v praxi.

KLÍČOVÁ SLOVA

Motor ČKD, vznětový motor, turbodmychadlo, lokomotivní motor

ABSTRACT

This thesis is focused on construction of turbocharged diesel engines of the third to fifth version of ČKD company marked as K(S) 12 V 170 DR and contains an overview of construction changes which were made during their uses. There is also mentioned construction aspects which influenced reliability of these engines in practise.

KEYWORDS

ČKD engine, diesel-engine, turbocharger, locomotive engine



BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

MACHÁLEK, O. *Lokomotivní motory ČKD řady K 12 V 170 DR*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 53 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Martin Zubík.



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 26. května 2017

.....

Ondřej Machálek



PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat svým blízkým, především rodině a přítelkyni za podporu během studia. Dále bych chtěl poděkovat svému vedoucímu Ing. Martinu Zubíkovi za rady a věcné připomínky potřebné k vypracování této práce.



OBSAH

Úvod	10
1 Lokomotivní spalovací motory - úvod	11
1.1 Dělení lokomotivních spalovacích motorů	12
1.2 Rozdíl lokomotivních motorů oproti automobilním	14
1.3 Emisní problematika	14
1.3.1 Rozdělení spalovacích motorů drážních vozidel do kategorií	15
2 Motor ČKD K 12 V 170 DR	17
2.1 Konstrukce motoru třetí série ČKD K 12 V 170 DR	18
2.1.1 Motorová skříň	19
2.1.2 Bloky válců	20
2.1.3 Hlava válce	21
2.1.4 Písty	21
2.1.5 Ojnice	22
2.1.6 Zalomený hřídel	23
2.1.7 Rozvodový mechanismus, diagram polárního typu	24
2.1.8 Vstřikovací čerpadla	26
2.1.9 Přepřehování motoru	27
2.1.10 Mazací systém motoru	28
2.1.11 Chladicí systém motoru	30
2.1.12 Regulační systém	32
3 Konstrukční rozdíly mezi 4. a 5. sérií motoru K 12 V 170 DR	34
3.1 Úvod do kapitoly	34
3.2 Konstrukční rozdíly 4. a 5. série motoru ČKD K (S) 12 V 170 DR	36
3.2.1 Zalomený hřídel	36
3.2.2 Kliková skříň	37
3.2.3 Písty a ojnice	37
3.2.4 Olejová vana	37
3.2.5 Olejové čerpadlo	37
3.2.6 Skříň pohonů	38
3.2.7 Vstřikovací čerpadla	39
3.2.8 Plnicí turbodmychadla	39
3.2.9 Chladič vzduchu	39
3.2.10 Odstředivý čistič RH 03 b	39
3.2.11 Ostatní konstrukční změny na motoru páté série	41
4 Spolehlivost motorů typu K 12 V 170 DR společnosti ČKD	42



4.1	Úvod do kapitoly	42
4.2	Prohlídky a opravy motoru K(S) 12 V 170 DR předepsané výrobcem	42
4.3	Problémy motorů řady 170 DR.....	43
4.3.1	Pátá série KS 12 V 170 DR	44
4.4	Problematika motorů řady 170 DR související s provozem	45
4.5	Remotorizace motorových vozů řady 854	48
	Závěr.....	51
	Použité informační zdroje.....	52
	Seznam použitých zkratk a symbolů	53



ÚVOD

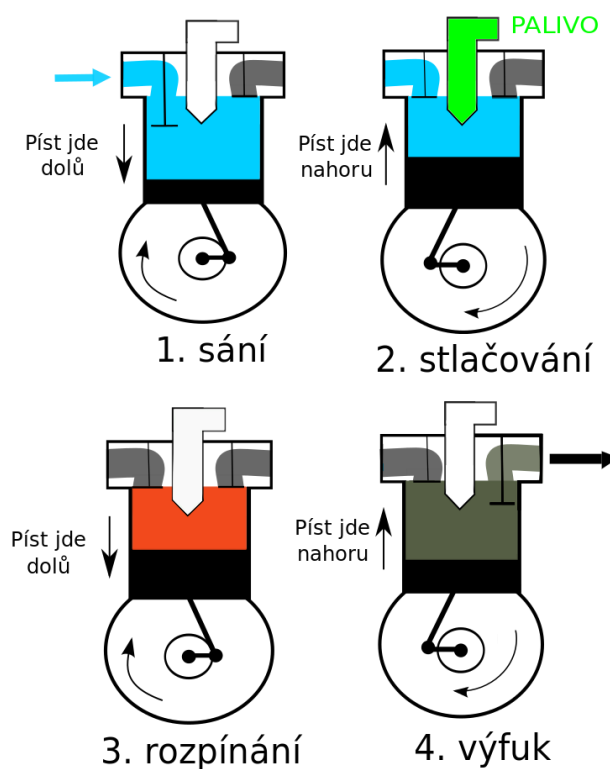
V poválečném období, kdy ještě nebyla elektrifikovaná značná část území Československa, chyběl v železničním odvětví výkonný spalovací motor, kterým by bylo možné osadit tehdejší motorové vozy a lokomotivy. Do té doby byly do železničních vozidel dosazovány automobilní motory značek TATRA či LIAZ, jejichž výkony nebyly pro rostoucí segment železniční dopravy uspokojující. Škodovými závody i závodem ČKD byly dodány moderní typy parních lokomotiv pro mnoho způsobu využití, ovšem pro lehkou, pružnou a rychlou osobní dopravu nebyly k dispozici motorové vozy v potřebném počtu kusů. V podstatě neexistoval vhodný motor, kterým by bylo možné nové motorové vozy osazovat. Práce se tedy zaměřuje na čtyřdobý přeplňovaný dvanáctiválec značený K 12 V 170 DR, který byl odvozen z původního atmosférického dvanáctiválce, vyrobeném již v roce 1947. Celkově bylo vyvinuto pět sérií tohoto motoru.

Práce zahrnuje podrobný konstrukční popis třetí série K 12 V 170 DR, na který navazuje popis konstrukčních rozdílů mezi čtvrtou a nejvíce pozměněnou pátou sérií značenou KS 12 V 170 DR. Poslední část práce je zaměřena na spolehlivost a úspěch této řady dvanáctiválcových motorů s vrtáním válce 170 mm, která bohužel pro svoji nespolehlivost vedla až k remotorizaci vozů řady 852 a 853.



1 LOKOMOTIVNÍ SPALOVACÍ MOTORY - ÚVOD

Spalovací motor je tepelný mechanický stroj, u kterého dochází k přeměně chemické energie obsažené v palivu na mechanickou práci. Tepelná energie se uvolňuje při spálení paliva s přiměřeným množstvím kyslíku odebíraného z atmosferického vzduchu. Při hoření směsi vznikají plynné zplodiny, které se ve válci rozpínají. Tyto zplodiny pak působí na píst a jeho přímočarý pohyb se pomocí klikového hřídele mění na rotační (otáčivý). Spalovací motory lze dělit na motory dvoudobé a čtyřdobé, dále pak na zážehové a vznětové. U zážehových motorů dochází k zapálení směsi pomocí zapalovací svíčky, kdežto u vznětových motorů dochází k samovznícení paliva v komprimovaném vzduchu. Také podle velikosti střední pístové rychlosti dělíme motory na rychloběžné a pomaloběžné. [1], [9]



Obr. 1 Princip čtyřdobého vznětového motoru [10]

Pokud se zaměříme na motory lokomotivní, jedná se vesměs o motory čtyřdobé vznětové. Je to způsobeno především vyšší termickou účinností, kterou vznětový motor disponuje. Vznětové motory dosahují účinností od 30 do 42 %, zatímco motory zážehové pouze od 20 do 33 %. Zohledníme-li navíc použití levnějšího paliva v kombinaci s nižší měrnou spotřebou, pro drážní průmysl je použití vznětového motoru jasnou volbou. Jeho konstrukce je sice oproti zážehovému motoru značně složitější, ovšem vznětový motor je také schopný zvládat podstatně větší porce kilometrů než motor zážehový. To je dáno především nižšími pracovními otáčkami. Čím menší jsou provozní otáčky, tím k menšímu opotřebení všech dílů motoru dochází. [1], [4], [11]



1.1 DĚLENÍ LOKOMOTIVNÍCH SPALOVACÍCH MOTORŮ

Všechny spalovací motory používané v železničním průmyslu lze dělit pomocí následujících kritérií: [4]

Podle uspořádání motoru

a) *Stojaté neboli vertikální motory.*

Zabírají podstatně velkou část prostoru strojovny.

b) *Ležaté neboli horizontální motory*

Vhodné zejména pro podlažní vestavbu, čímž šetří místo ve strojovně.

Podle počtu válců

a) *Šestiválcové motory*

Vhodné zejména pro menší motorové vozy, které jsou převážně konstruované jako řadové (6 válců v jedné řadě). Jedná se převážně o motory typu K 6 S 310 DR nebo motory z nákladních automobilů LIAZ typu M 1.2.C.

b) *Dvanáctiválcové motory*

Konstruovány jako vidlicové. Dvě řady válců konstruované tak, že jejich úhel sevření připomíná v příčném řezu tiskací písmeno „V“. Typickým zástupcem této řady je motor typu K 12 V 170 DR, na který je práce zaměřena.

Podle počtu pracovních dob

a) *Dvoudobý motor*

Typ motoru, který se v železniční dopravě příliš neuchytil. Je to způsobeno především jeho nevyrovnaným chodem. Tyto motory jsou známé především z ruských „Sergejů“ - lokomotiv řady 781 z Vorošilovgradské lokomotivky.

b) *Čtyřdobý motor*

Motor konstrukčně složitější, ale za to charakteristický svojí pravidelností chodu. Tento typ motoru dokáže zvládat mnohem větší porce kilometrů než motor dvoudobý, u kterého dochází k většímu opotřebení.

Podle způsobu vstřiku paliva

a) *Motory s přímým vstřikem paliva.*

Dochází zde ke vstřiku paliva přímo do válce. Tímto způsobem jsou opatřeny všechny dnes provozované lokomotivy.



b) *Motory s nepřímým vstřikem paliva*

Jednalo se především o agregáty společnosti Pielstick. Těmito agregáty byly opatřeny lokomotivy řady 735.

Podle otáček

a) *Pomaloběžné motory*

Rozhodnutí, zda se jedná o motor pomaloběžný či rychloběžný, se odvíjí od velikosti střední pístové rychlosti. Motory se střední pístovou rychlostí menší než $6,5 \text{ m.s}^{-1}$ jsou označovány jako pomaloběžné a motory s vyšší hodnotou jako rychloběžné. V praxi se ovšem spíše orientujeme podle otáček klikového hřídele za minutu. Motory s otáčkami do 1000 ot/min označíme jako motory pomaloběžné a motory s otáčkami nad tuto hodnotu jako rychloběžné. Příklad pomaloběžného motoru od společnosti ČKD je např. K 6 S 230 DR.

b) *Rychloběžné motory*

Rychloběžné motory mají položeny maximální otáčky podstatně výše, než motory pomaloběžné. Příkladem rychloběžného motoru je v této práci rozebíraný motor K 12 V 170 DR, nebo veškeré automobilní motory, které byly použity v železničním průmyslu jako pohonné jednotky.

Podle způsobu plnění válce vzduchem

a) *Nepřepřňované*

Jedná se o motory bez turbodmyhadla, u nichž je do válce nasáván vzduch o atmosferickém tlaku.

b) *Přepřňované*

Motory, u nichž je do válce nasáván vzduch o tlaku vyšším, než je tlak atmosferický. Toto plnění probíhá za pomoci turbodmyhadla, které je poháněno energií výfukových plynů. Přepřňované motory dosahují znatelně vyšších výkonů.

Podle chladícího média

a) *Vzduchem chlazené*

Jednoduchý systém chlazení. Motor je ochlazován náporovým vzduchem od vlastního pohybu vozidla či vlakové soupravy. Vzduchem chlazené motory se v železničním průmyslu příliš neobjevují. Jednalo se především o pohonné jednotky z nákladních automobilů značky TATRA.



b) Vodou chlazené

Složitější, ale účinnější systém chlazení. Chladicí voda prochází kanálky v bloku hlavy motoru a odebírá značné množství tepla. Poté je voda protlačena přes chladič, v němž je následně ochlazená. O cirkulaci kapaliny v celém systému se starají vodní čerpadla poháněná od klikového hřídele. Dříve byl nevýhodou tohoto typu chlazení především problém se zamrznáním chladicí kapaliny v zimním období, jelikož se v té době ještě běžně nepoužívalo nemrznoucích směsí tzv. fridexů.

1.2 ROZDÍL LOKOMOTIVNÍCH MOTORŮ OPROTI AUTOMOBILNÍM

Spalovací motory používané u motorových vozů či lokomotiv jsou principiálně shodné s automobilními motory nákladních vozidel. Svědčí o tom fakt, že spalovací motory automobilky značky LIAZ byly použity u lokomotiv a motorových vozů typu 714, 842, 843. Pokud ovšem budeme srovnávat spalovací motory drážních vozidel s motory osobních automobilů, nastane zde pár rozdílů. Jedním z nich je zatěžovací režim, který je zcela odlišný. [4], [10]

Na vznětový motor lokomotivy se klade požadavek na podání plného nominálního výkonu po většinu doby jeho provozu, ve zbytku provozního cyklu pak nastává volnoběh. Při denních nájezdech motorových vozů na hranici 600-700 kilometrů za den si uděláme jistě obraz toho, jak je spalovací motor drážních vozidel namáhán. U osobního auta tato situace většinou nenastane ani v dálničním provozu. Většinou řidič využívá odhadem asi polovinu výkonu motoru. Samozřejmě zaleží na zdvihovém objemu a výkonu daného motoru. [1], [12]

Ovšem zde nastává situace, zda krátké a poměrně časté studené starty vznětového motoru osobního automobilu, ke kterým dochází při jízdě po městě, nejsou z hlediska zatížení a opotřebení motoru ještě horší. Při každém studeném startu totiž dochází k tření součástí motoru bez přístupu maziva, které souvisí s vyšším namáháním součástí motoru a má tedy vliv na celkovou životnost agregátu. [1]

1.3 EMISNÍ PROBLEMATIKA

Výfukové plyny jsou produkty vnitřního spalování paliva ve spalovacích motorech. Produktem spalování jsou emise škodlivin, které jsou obsaženy ve výfukových plynech, a které jsou pro lidi a životní prostředí nežádoucí. Látky obsažené ve výfukových plynech, můžeme rozdělit na látky limitované, na které se vztahují emisní normy a látky nelimitované, na které se normy nevztahují a nejsou nijak zákonem regulovány. Mezi limitované škodliviny patří: [7], [14]

- oxid uhelnatý (CO)
- oxidy dusíku souhrnně označované jako (NO_x)
- uhlovodíky (HC - hydrocarbon)
- pevné částice (PM - Particulate matter)



Při spalování vzniká také velké množství látek, které limitovány nejsou, ale jsou to mnohdy látky karcinogenní nebo mutagenní. Ty mohou mít větší dopad na lidské zdraví, než látky limitované. Do této skupiny patří například polyaromatické uhlovodíky (PAH), fenyly, ketony, dehet, benzen, toluen, xyleny (BTX) a mnoho dalších. Dále vzniká množství tzv. skleníkových plynů. Mezi ně patří např. oxid uhličitý, metan nebo oxid dusný. [7]

1.3.1 ROZDĚLENÍ SPALOVACÍCH MOTORŮ DRÁŽNÍCH VOZIDEL DO KATEGORIÍ

Kategorie motorů drážních vozidel můžeme dělit dle míry emisních vlastností a dle výkonu motoru do níže uvedených kategorií: [7]

- I. Motory motorových vozů s výkonem větším než 130 kW, které mají stupeň emisních vlastností III A, patří do skupiny RC A.
- II. Motory motorových vozů s výkonem větším než 130 kW, které mají stupeň emisních vlastností III B, patří do skupiny RC B.
- III. Motory lokomotiv s výkonem větším než 130 kW, které mají stupeň emisních vlastností III B, patří do skupiny R B.
- IV. Motory lokomotiv s výkonem větším nebo rovným 130 kW a menším nebo rovným 560 kW, které mají stupeň emisních vlastností III A, patří do skupiny RL A.
- V. Motory lokomotiv s výkonem větším než 560 kW, které mají stupeň emisních vlastností III A, patří do skupiny RH A.

Hnací motor drážního vozidla nesmí překročit mezní hodnoty limit příslušného emisního stupně uvedených v tabulkách 1 a 2: [7], [14]

Tab. 1 Stupeň emisních vlastností III.A motoru drážního vozidla [7], [14]

Motory určené k pohonu lokomotiv:

Kategorie: netto výkon (P) (kW)	Oxid uhelnatý (CO) (g/kWh)	Součet uhlovodíků a oxidů dusíku (HC + NO _x) (g/kWh)		Částice (PT) (g/kWh)
RL A: $130 \leq P \leq 560$	3,5	4,0		0,2
	Oxid uhelnatý (CO) (g/kWh)	Uhlovodíky (HC) (g/kWh)	Oxidy dusíku (NO _x) (g/kWh)	Částice (PT) (g/kWh)
RH A: $P > 560$	3,5	0,5	6,0	0,2
RH A: motory s $P > 2\,000$ kW a objemem válce > 5000 cm ³ /válec	3,5	0,4	7,4	0,2



Motory určené pro pohon motorových vozů:

Kategorie: netto výkon (P) (kW)	Oxid uhelnatý (CO) (g/kWh)	Součet uhlovodíků a oxidů dusíku (HC + NO _x) (g/kWh)	Částice (PT) (g/kWh)
RC A: 130 < P	3,5	4,0	0,2

Tab. 2 Stupeň emisních vlastností III.B motoru drážního vozidla [7], [14]

Motory určené k pohonu lokomotiv:

Kategorie: netto výkon (P) (kW)	Oxid uhelnatý (CO) (g/kWh)	Uhlovodíky (HC) (g/kWh)	Oxidy dusíku (NO _x) (g/kWh)	Částice (PT) (g/kWh)
RC B: 130 < P	3,5	0,19	2,0	0,025

Motory určené pro pohon motorových vozů:

Kategorie: netto výkon (P) (kW)	Oxid uhelnatý (CO) (g/kWh)	Součet uhlovodíků a oxidů dusíku (HC + NO _x) (g/kWh)	Částice (PT) (g/kWh)
R B: 130 < P	3,5	4,0	0,025



2 MOTOR ČKD K 12 V 170 DR

Po druhé světové válce docházelo k značnému vzrůstu přepravovaných osob oproti předválečnému období. S tím souvisely požadavky na rychlost a kulturu cestování, které následně vedly k rozšiřování motorové trakce na železnici. Do kolejových vozidel byly dosazovány automobilové motory Tatra např. v motorových vozech typu M 131.1 nebo M 240.0. Automobilní motory však nesplňovaly výkonnostní kritéria, proto uplatnilo ministerstvo dopravy u československého průmyslu požadavek na konstrukci nového lehkého výkonného motoru. Tento motor měl být použit pro motorové vozy řady M 262.0. Proto byl ve společnosti ČKD Sokolovo vyvinut vznětový čtyřdobý přeplňovaný dvanáctiválec vodou chlazený označovaný jako (K) 12 V 170 DR. [2], [9]

K – motor přeplňovaný turbodmychadlem

12 – číslice 12 značí počet válců

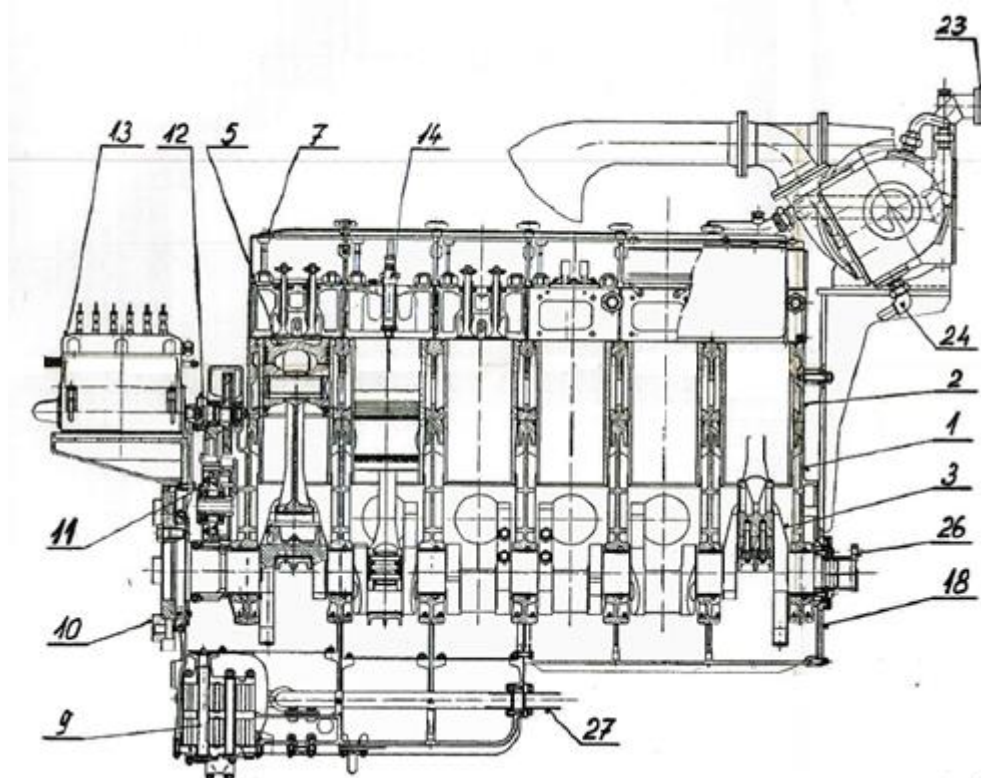
V – písmeno V značí vidlicový motor s uspořádáním válců do V

170 – je vrtání válce v milimetrech

Písmeno K tedy označuje, že se jedná o motor přeplňovaný turbodmychadlem. Tento typ motoru vychází z původního nepřeplňovaného (atmosferického) motoru. Společnost ČKD vyvinula celkově 2 série atmosferické a 3 série přeplňované verze tohoto typu dvanáctiválcového motoru. První atmosferická verze disponovala výkonem 410 koní při 1360 otáčkách za minutu. To ovšem není nijak závratné číslo, jelikož hmotnost celé jízdní soupravy dosahuje několika desítek tun. Proto společnost později přišla s motorem přeplňovaným, který umožnil poměrně vysoké zvýšení výkonu. Přeplňováním se dosáhlo výkonu 700 koní v případě čtvrté série motoru při 1400 ot/min. S příchodem páté série byla provedena spousta konstrukčních změn, které vedly k dosažení výkonu 800 koňských sil při 1470 ot/min. [2], [11]



Obr. 2 Logo společnosti ČKD [8]



Obr. 3 Řez přeplňovaným motorem K 12 V 170 DR [2]

2.1 KONSTRUKCE MOTORU TŘETÍ SÉRIE ČKD K 12 V 170 DR

Tab. 3 Základní technické parametry třetí série motoru ČKD K 12 V 170 DR [2]

Přehled technických parametrů motoru K 12 V 170 DR	
Počet válců	12 do V
Jmenovitý výkon motoru N_j	700 k při 1400 ot/min
Pracovní otáčky motoru	650-1400 ot/min
Vrtání válce	170 mm
Celkový zdvihový objem motoru	52,62 l
Kompresní poměr	13,4 : 1
Hmotnost motoru	3200kg
Litrový výkon motoru	13,3 k/l
Směr točení motoru	Pravotočivý

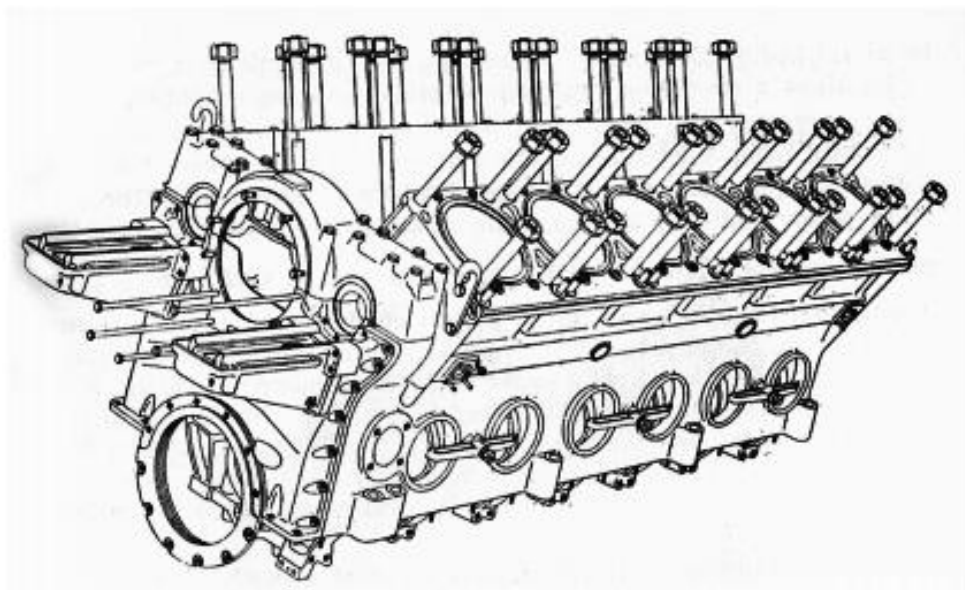


Motor K 12 V 170 DR je rychloběžný naftový přeplňovaný čtyřdobý motor vodou chlazený s přímým vstříkem paliva. Válce jsou uspořádány ve dvou řadách do V s úhlem rozevření 50° po šesti válcích v každé řadě uzavřené konstrukce. Přeplňování bylo dosaženo pomocí dvou turbodmychadel. Motor je uložen na patkách vytvořených na bocích motorové skříně. Na zadní straně motoru je k přírubě klikového hřídele připevněn setrvačnický, který tvoří část spojky. Na předním konci klikového hřídele je nasazena řemenice pro odběr částečného výkonu k pohonu hydromotorů, které slouží k chlazení vodního okruhu. Vstřikovací čerpadla jsou umístěna na konzolách na zadním víku skříně. Tato čerpadla jsou poháněna ozubenými převody od náhonu vačkového hřídele. Odstředivé čerpadlo pro chladící vodu je umístěno na levém boku motoru. Dvojitě zubové čerpadlo je uloženo vertikálně v zadní olejové skříně. Horní část čerpadla je určena pro chladící okruh a spodní část pumpuje ochlazený olej do mazacího okruhu motoru.

Turbodmychadla se poprvé objevila až u třetí série motoru. Při konstrukci prvního přeplňovaného motoru K 12 V 170 DR se využívala zásada ponechat většinu komponent atmosferického provedení motoru 12 V 170 DR s výjimkou úprav, které jsou vázány na použití plnicích turbodmychadel. Teprve během zkoušek prototypových motorů se postupně zpřesňovalo provedení jednotlivých hlavních funkčních detailů a skupin. Během zkušebního provozu byly změněny a upraveny tvary pístů, vstřikovací zařízení, hlavy válců, vodní chlazení a především výfukové potrubí. [2], [11]

2.1.1 MOTOROVÁ SKŘÍŇ

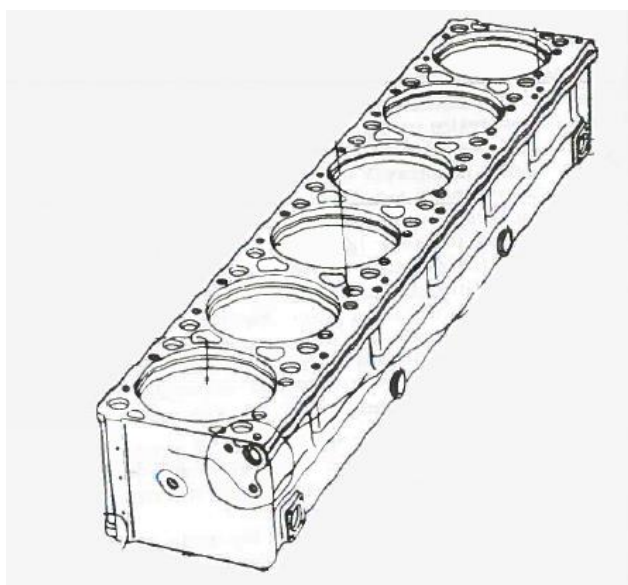
Skříň motoru K 12 V 170 DR se podobá nerovnostrannému šestiúhelníku, který je souměrný podle svislé osy. To je dáno především vidlicovým uspořádáním motoru s úhlem rozevření válců 50° a rozvodovým mechanismem OHV s jediným rozvodovým hřídelem. Ten je uložený mezi bloky válců. Konstrukce je provedena tak, aby tvořila souhrn uložení pro zalomený a rozvodový hřídel, zejména pak stavební jádro motoru, k němuž jsou připojeny další části. Jedná se především o válce sdružené v blocích s uzavřenými hlavami, vedení zvedáků rozvodového mechanismu, olejová a vodní čerpadla, regulátor, vstřikovací čerpadla a tachoalternátor. O pohon čerpadel se starají ozubené převody uložené ve skříně pohonů, které spolu se skříní tvoří nerozebíratelný celek. Část skříně, v níž jsou uloženy pohony, je zezadu uzavřena zadním víkem. Shora je zakončena víkem náhonů vstřikovacích čerpadel a zespodu je společně s motorovou skříní uzavřena dvojdílnou olejovou vanou. Pro připevnění motoru k vozidlu jsou zespod skříně umístěné patky. [2], [9]



Obr. 4 Motorová skříň s nasazenými bloky válců, zadním víkem, konzolami vstříkovacích čerpadel, víkem náhonů vstříkovacích čerpadel a stíračem oleje [9]

2.1.2 BLOKY VÁLCŮ

Protože se jedná o spalovací motor vodou chlazený, musí být kolem válců vytvořen určitý prostor, nímž bude proudit chladicí kapalina. U motoru K 12 V 170 DR jsou válce vytvořeny jako válcová pouzdra a zpravidla několik pouzder je vloženo do jednoho bloku tvořícího současně vnější plášť vodního prostoru. Tento motor má dva zcela shodné bloky. Každý blok je tvořen šesti pouzdry. Chladicí kapalina koluje kanálem vedeným po celé vnější boční stěně bloku. Celý blok je rozdělen přepážkami na šest sekcí, do kterých jsou následně vsunuty pouzdra válců. V oddělovacích přepážkách jsou umístěny otvory pro průtok vody, které umožňují vyrovnání teploty chladicí vody ve všech sekcích. [2], [9]

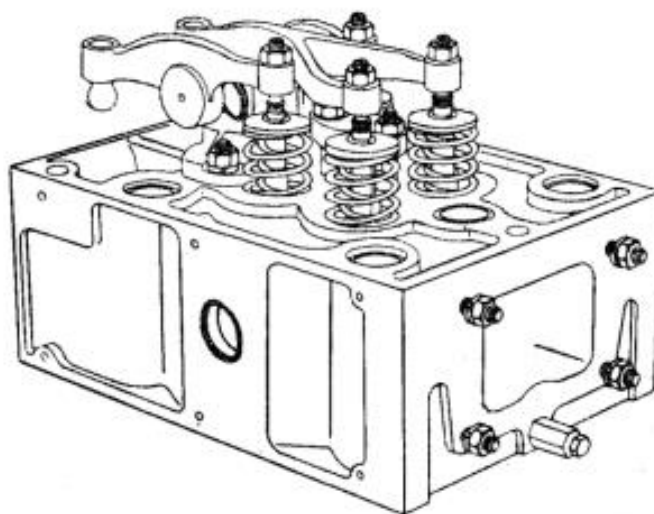


Obr. 5 Blok válců [2]



2.1.3 HLAVA VÁLCE

Hlava válce je odlita z šedé litiny a poté je následně žíhána při teplotě 520°C k odstranění vnitřních pnutí. Hlava má přibližně tvar čtyřbokého hranolu. V geometrickém středu nákrážku je ústí válcového otvoru, do kterého je zaválcovaná měděná trubka o tloušťce stěny 2 mm. Uvnitř této trubky je uložen vstříkovač, který se převlečnou maticí opírá o osazení v dolním otvoru. Těsnost vstříkovače je zajištěna pomocí měděné podložky. Tloušťka měděné podložky je volena tak, aby špička vstříkovače vyčnívala $2,5 \pm 0,1$ mm do spalovacího prostoru. Tato hodnota byla ověřena a stanovena na základě praktických zkoušek pro správný rozstřík paliva do válce.



Obr. 6 Hlava válce [9]

Kolem otvoru vstříkovače jsou souměrně uloženy dva sací a dva výfukové ventily. Proto je velice výhodné, že jsou sací i výfukové ventily po geometrické stránce zcela shodné. Zdvojení ventilů umožňuje zvýšení jejich průtočného průřezu a tím lepší vyplachování válce. Do sedel kuželového tvaru s vrcholovým úhlem 90° dosedají talíře ventilů. Pod dosedací plochou talíře se kanály rozšiřují na 120° z důvodu dosažení lepšího proudění plynů při výplachu válce. Je taky velice důležité dodržet těsnost ventilů v sedlech, protože případná netěsnost vede k pronikání horkých spalín, které opalují sedla i talíře ventilů.

Stojánek vahadel je k hlavě připevněn třemi závrtnými šrouby. Poloha stojánku musí být přesná z důvodu mazání čepů ventilových pák. Proto jsou polohy stojánků v hlavě zajištěny kolíkem. [2], [9]

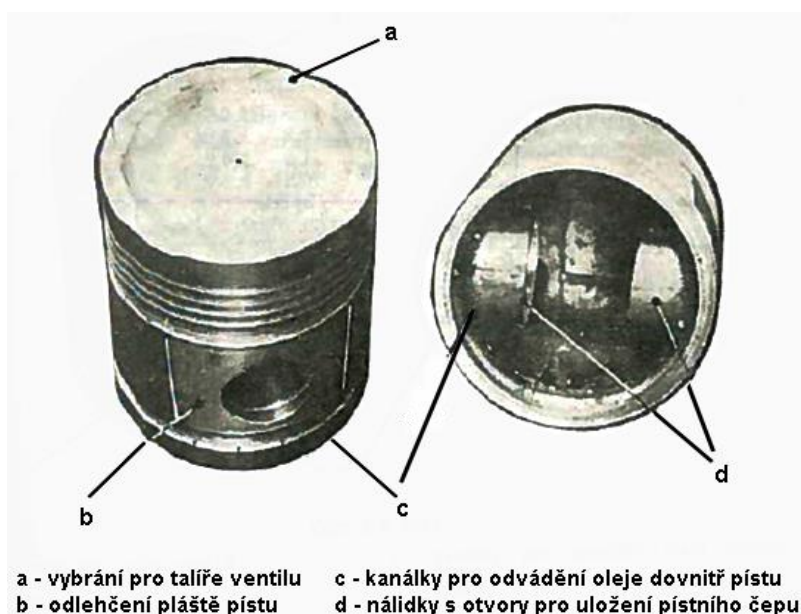
2.1.4 PÍSTY

Tvar pístu je přizpůsoben spoustě faktorů. Písty spalovacího motoru musí plnit hned několik funkcí. Za prvé musí píst do válce nasát čistý vzduch, který následně stlačí před vstříkem paliva. Při pracovním zdvihu musí přenášet sílu tlaku plynů na pístní čep a při výfukovém zdvihu



vytlačovat spaliny z válce. Současně píst tvoří dolní část spalovacího prostoru. Musíme také brát v úvahu, že píst pracuje za poměrně vysokých teplot.

U přeplňovaného motoru třetí série K 12 V 170 DR došlo k snížení kompresního poměru z hodnoty 1:16 (typ motoru s atmosférickým sáním) na hodnotu 1:13,4. Tvar spalovacího prostoru se nazývá Hesselmanův spalovací prostor. Tento pojem značí poměrně mělký a široký spalovací prostor. Proto je do válce vstřikováno palivo osmi otvory o průměru 0,25 mm. Tímto způsobem vstřikování je možné dosáhnout rozprášení a odpaření paliva dříve, než narazí na dno pístu. Pokud by palivo bylo v přímém styku s dnem pístu, docházelo by k jeho přehřívání, což by vedlo k následnému zadření pístu ve válci. [2], [9]



Obr. 7 Píst [2]

Píst u motoru K 12 V 170DR má za studena značně složitý profil. Tento profil je vyroben tvarovým broušením. Pro lidské oko však není od válcového tvaru nijak rozdílný, neboť se jedná o desetiny až setiny milimetru. To je provedeno právě z důvodu teplotního namáhání v provozu, aby měl píst vlivem vysokých teplot válcový tvar.

Drážky pro těsnicí kroužky se nachází v horní části pístu. Je jich celkem 6. Tři z nich mají těsnicí a 3 stírací funkci. Na vnitřních stěnách jsou vyrobeny poměrně masivní nálitky se souosými otvory, jimiž prochází pístní čep. Ten je na obou koncích zajištěn proti vysunutí pružnými pojistkami. [2], [11]

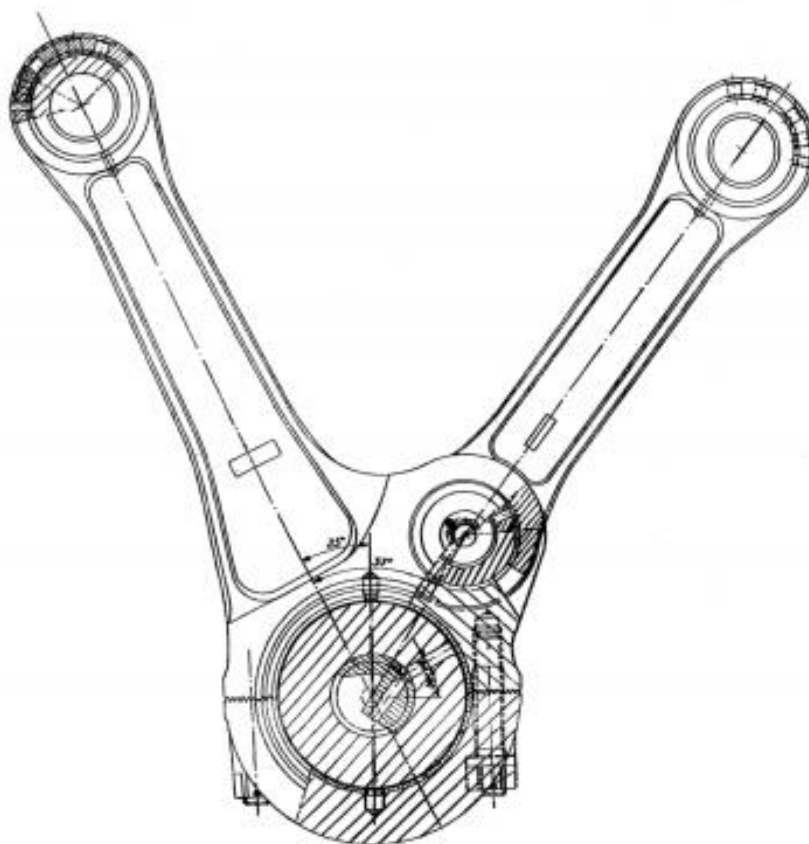
2.1.5 OJNICE

Ojnice slouží k přenosu síly z pístního čepu na zalomený hřídel. V případě motoru K 12 V 170 DR se jedná o systém hlavních a vedlejších ojníc. Hlavní ojnice má trochu složitější tvar, zato vedlejší ojnice je naopak velice jednoduchá. Navíc nevzrůstá šířka čepů oproti konvenčnímu řešení, kdy má každý píst samostatnou ojnicí. Tím došlo k úspoře hmotnosti a hlavně délky celého motoru. Toto uspořádání má ovšem jednu zajímavost a tou je zdvih pístu na vedlejší ojnici. Ten má délku 197 mm oproti hlavní ojnici, jejíž zdvih je 190 mm. Důsledkem je rozdílný obsah válců v řadě napojené na hlavní ojnicí. Tím dochází k nerovnoměrnému



zatěžování, které za provozu často vedlo až k lomu ojnice. Lom nejčastěji vznikal právě v místě napojení vedlejší ojnice na ojnici hlavní.

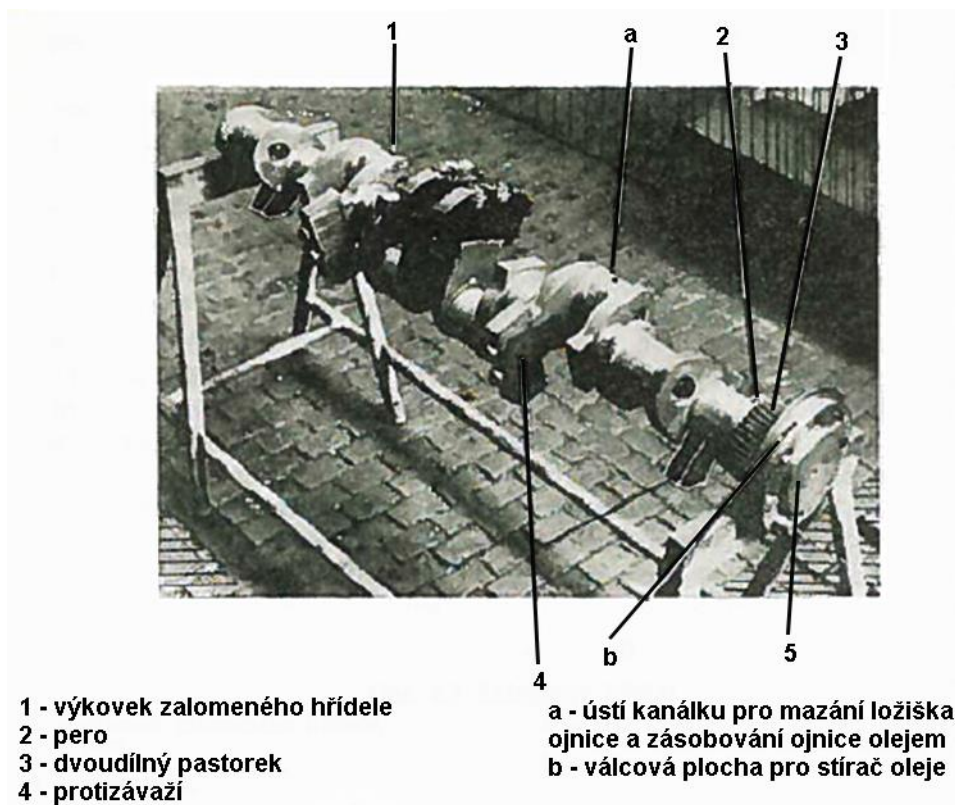
Hlavní ojnice má oko pro pístní čep o tloušťce stěny 7,5 mm. Jelikož se během chodu motoru pístní čep vůči ojničnímu oku pootáčí, do oka ojnice je nalisováno s přesahem ojniční bronzové pouzdro. Pouzdem prochází pístní čep, který je v pouzdra osazen s vůlí. Z důvodu dobrých kluzných vlastností bronzu vůči oceli je právě voleno pouzdro bronzové, které lze po opotřebení poměrně snadno vyměnit za nové. Mazání pouzdra je zajištěno pomocí čtyř kanálek o průměru 8 mm. Průřez dřívku ojnice má tvar písmena I, aby dobře odolával namáhání na vzpěr. Aby bylo možné ojnici nasadit na čep klikového hřídele, hlava ojnice je rozebíratelná. [2], [11]



Obr. 8 Systém hlavních a vedlejších ojnic motoru 12 V 170 DR [2]

2.1.6 ZALOMENÝ HŘÍDEL

Zalomený hřídel je jedna z nejvíce namáhaných součástí celého motoru. Jeho úkolem je přenášet posuvný pohyb pístů na otáčivý pohyb setrvačníku. To celé je realizováno za pomoci ojnic. Ty zprostředkovávají přenos sil od pístních čepů na zalomený hřídel. Ojnice jsou na klikový hřídel vázány pomocí klikových čepů. Tyto čepy jsou uloženy výstředně vůči hlavním čepům zalomeného hřídele. Hlavní čepy jsou souosé s osou otáčení a s klikovými čepy jsou spojeny pomocí ramen.



- 1 - výkovek zalomeného hřídele
- 2 - pero
- 3 - dvoudílný pastorek
- 4 - protizávaží

- a - ústí kanálku pro mazání ložiska ojnice a zásobování ojnice olejem
- b - válcová plocha pro stírač oleje

Obr. 9 Zalomený hřídel [2]

U motoru K 12 V 170 DR je zalomený hřídel konstruován podobně jako u řadového šestiválce. Toto konstrukční řešení je především možné díky systému hlavních a vedlejších ojníc. Na každý klikový čep je vázána ojnice hlavní, na níž je připojena ojnice vedlejší. Proto má zalomený hřídel pouze 6 zalomení místo 12, jak je to u vidlicového dvanáctiválce zvykem. Za dvě otáčky zalomeného hřídele musí proběhnout celkem 12 pracovních zdvihů. Tím pádem mezi dvěma bezprostředně následujícími pracovními zdvihy v téže řadě válců se hřídel pootočí o úhel $720^\circ/6 = 120^\circ$. To je úhel, o který musí být zalomení hřídele vůči sobě natočena. Při této orientaci zalomení musí být vždy dvě zalomení stejně natočeny. Aby bylo dosaženo pokud možno co nejkvalitnějšího chodu motoru, musí být tyto dvojice zalomení souměrně uloženy (1. a 6.; 2. a 5.; 3. a 4. zalomení).

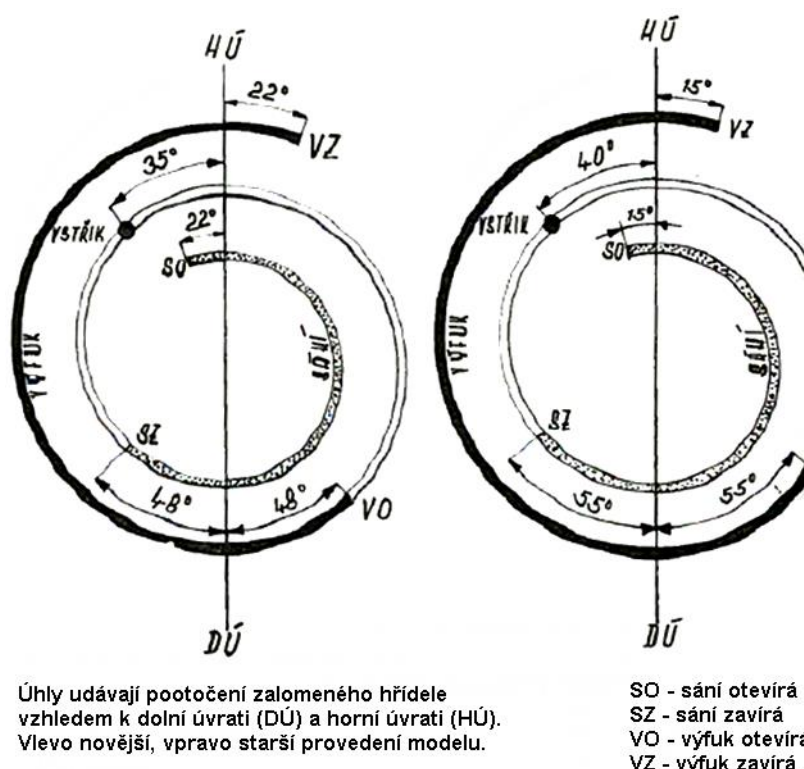
Na ramenech zalomeného hřídele jsou umístěna protizávaží. Ty ovšem neplní vyvažovací funkci, ale slouží jako eliminátory odstředivých sil. Jelikož hlava ojnice na hlavním čepu představuje poměrně velkou hmotu a navíc současně rotuje s čepem, působí na zalomený hřídel poměrně velkou odstředivou silou. Tím by postupně docházelo k deformaci hřídele. Proto umísťujeme do míst, kde působí největší odstředivé síly celkem 6 protizávaží. Tyto závaží téměř vznikající síly vyruší, aniž by došlo ke zhoršení statických, či dynamických vlastností. [2], [9], [11]

2.1.7 ROZVODOVÝ MECHANISMUS, DIAGRAM POLÁRNÍHO TYPU

K správné funkci, hospodárnosti a kultivovanosti je u spalovacích motorů potřeba řídit správné vyplachování válce, které souvisí především s časováním rozvodů. U motoru K 12V 170 DR je použito ventilového systému rozvodů. Pojmem časování rozvodů je myšlena především závislost polohy pístu ve válci v okamžiku otvírání a uzavírání ventilů. Správné časování



ventilů není totožné s úvratními polohami pístů. K správnému časování ventilů sestrojujeme tzv. diagram polárního typu viz obrázek číslo 10.



Obr. 10 Polární rozvodový diagram [2]

Diagram je konstruován tak, že jsou do něj vyneseny body otevírání a zavírání ventilů a také vstříku paliva. Spojnice těchto bodů jsou odchýleny od svislé osy o stejný úhel, jaký opíše zalomený hřídel od otevření ventilu nebo počátku vstříku do úvratí nebo od úvratí do zavření ventilu. U motoru ČKD K 12 V 170 DR třetí série dochází k otevření sacího ventilu již 22° před horní úvratí pístu. To je doba, kdy stále probíhá výfukový zdvih. Po určitou dobu tedy zůstávají oba ventily otevřené. Překrytí ventilů je doba, za kterou zalomený hřídel opíše úhel 44°.

U motoru ČKD K 12 V 170 DR jsou všechny ventily ovládány jediným rozvodovým hřídelem. Ten je uložen v motorové skříni mezi bloky válců. Je zde použito složitějšího rozvodového systému OHV (anglická zkratka „over head valve“) oproti jednoduššímu OHC. Rozvodový systém OHV znamená, že jsou ventily poháněny pomocí vačkového hřídele, který je uložen v klikové skříni.

Pohyb ventilů je odvozen od otáčení vaček. U motoru K 12 V 170 DR jsou pro každý válec určeny dvě vačky. Jedna pro ovládání sacích a druhá výfukových ventilů. Pro co nejlepší vyplachování válce je velice důležitý konstrukční tvar vačky. Je zde použito tzv. harmonických vaček, které působí na ploché zvedáky. Obrys harmonické vačky tvoří dva kruhové oblouky. Tvar sacích i výfukových vaček je shodný a souměrný podle osy spojující střed základní a vrcholové kružnice. Průměr základní kružnice vačky je volen tak, aby u studeného motoru byla mezi stopkou ventilu a ventilovou pákou mezera. Tato mezera představuje důležitou vůli, která je při zahřívání motoru pozvolně vymezena a dojde k správnému dosednutí ventilu do jeho lože. Během pracovního cyklu se každý ventil rozvodového hřídele jednou otevře



a opět zavře. Zatímco zalomený hřídel vykoná dvě otáčky, vačka rozvodového hřídele musí vykonat pouze jednu otáčku. Proto musí mít rozvodový hřídel poloviční otáčky, než hřídel zalomený. [2], [9], [11]

2.1.8 VSTŘIKOVACÍ ČERPADLA

U motoru K 12 V 170 DR jsou použita dvě vstřikovací čerpadla. Ta jsou uložena po stranách regulátoru na konzolách. Je zde použito vstřikovacích čerpadel typu Motorpal PV 6B 10 L 630e a PV 6B 10 P 230c. Obě tato čerpadla jsou si velice podobná. Každé čerpadlo je tvořeno dvoudílnou skříňkou z hliníkové slitiny, která je odlita pod vysokým tlakem. Oba díly jsou proti sobě středěny kolíky. Základní funkční prvek čerpadla tvoří šest vstřikovacích jednotek, které jsou uloženy v horním dílu skříňky. Každá tato jednotka je tvořena pístkem a válečkem o jmenovitém průměru 10 mm. Válečky s pístky jsou lapovány s přesností tisíciny milimetru. To je důvod, proč nejsou pístky s válečky vzájemně vyměnitelné.

Váleček má nahoře osazení, které dosedá spodní základnou na opěrnou plochu v horním dílu skříňky. Prostor ve skříňce kolem osazení je spojen s přívodem paliva a tvoří sací komoru. V osazení je radiální kanálek, jímž vstupuje nafta do válečku. Je v něm také vyfrézovaná podélná drážka pro stavěcí šroub, který zabraňuje pootočení válečku.

Na obrázku číslo 11 můžete vidět přepracované umístění vstřikovacích čerpadel na bočních stranách motoru páté série, které přispělo k zlepšení rovnoměrnosti dávky paliva.



Obr. 11 Vstřikovací čerpadlo na motoru páté série KS 12 V 170 DR [12]

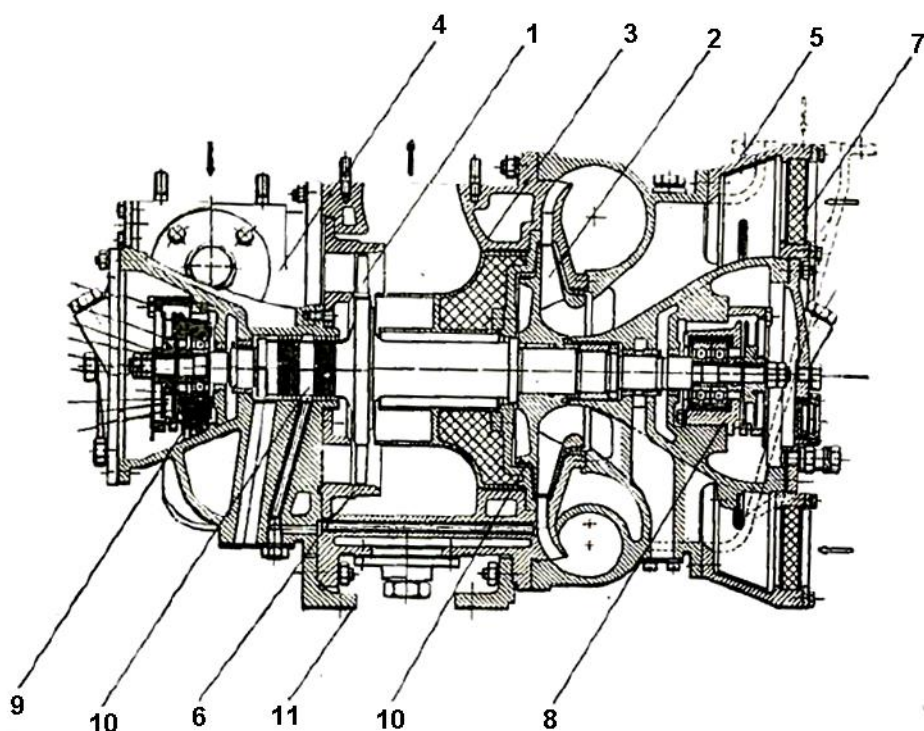
Pohyb pístků je odvozen od pohybu vačkového hřídele vstřikovacího čerpadla. Ten je uložen na dvou kuželíkových ložiscích. Hřídel se při pohledu ze strany pohonu otáčí proti směru pohybu hodinových ručiček. Každý pístek je ovládán pomocí příslušné vačky. Jedná se o vačky



tangenciálního typu. Tyto vačky mají ve spojení s kladičkou největší rychlost zdvihu blíže k úvrati, což umožňuje zkrácení doby vstřiku. [2], [9], [12]

2.1.9 PŘEPLŇOVÁNÍ MOTORU

U motoru K 12V 170 DR bylo zvoleno přeplňování dvěma turbodmychadly připojenými vždy na jednu řadu válců. Z tuzemské výroby byly zvoleny turbodmychadla společnosti IB ZKG. Jelikož účelem bylo ponechat většinu komponent atmosférické verze tohoto motoru, byla z počátku zvolena turbodmychadla nízkotlaká. Po ověření na zkušebně a po upřesnění požadavků na výkonové parametry byla turbodmychadla změněna na středotlaká.



1 - rotor s lopatkami oběžného kola turbíny
 2 - oběžné kolo dmychadla
 3 - skříň turbíny
 4 - výstupní skříň turbíny s uložením ložiskového nosiče turbínové strany
 5 - dmychadlová skříň s uložením ložiskového nosiče dmychadlové strany.

6 - rozváděcí kolo turbíny se zalitými lopatkami
 7 - čistič nasávaného vzduchu
 8 - nosič ložiska dmychadlové strany
 9 - nosič ložiska turbínové strany
 10 - labyrintová ucpávka
 11 - přestavitelné upevňovací patky pro uložení turbodmychadla na konzolu

Obr. 12 Řez turbodmychadlem I.BZKG [2]

Turbodmychadlo se skládá z radiálního odstředivého dmychadla a axiální turbíny umístěných na společné hřídeli. Princip turbodmychadla spočívá ve využití kinetické energie odcházejících plynů ze spalovacího prostoru. Tyto plyny roztáčejí axiální turbínu, která pohání dmychadlo. Plyny jsou prvně vedeny do rozváděcího kola, v němž částečně expandují a vstupují do oběžného kola. V oběžném kole následně dochází ke zpracování zbytku tlakového spádu. Do dmychadla přivádíme vzduch přes čistič. Vzduch proudí z oběžného kola do difuzoru,



kde dochází ke změně kinetické energie proudu na tlakovou. Na výstupu z lopatkového difuzoru se následně stlačený vzduch odvádí spirální skříní do výtlaku turbodmyhadla. Mazání ložisek turbodmyhadla je nezávislé na mazacím okruhu motoru. Je realizováno pomocí dvou kotoučů, ponořených malou částí plochy do oleje v jednotlivých olejových prostorech. S otáčejícím se rotorem dochází k rozstříkávání oleje pomocí kotoučů na ložiska turbodmyhadla.

Dmyhadlová skříně je vyrobena jako odlitek z lehké slitiny z důvodu snížení celkové hmotnosti. Ve skříně je vytvořena nádrž na olej a lože pro nosič ložiska. Oběžné kolo dmyhadla je otevřené, s radiálními lopatkami vyfrézovanými z dmyhadlového kola.



Obr. 13 Turbodmyhadlo na motoru čtvrté série K 12 V 170 DR [12]

Turbína je složena z rozváděcího kola s plechovými lopatkami a z oběžného kola se základním kotoučem vykovaným přímo z jednoho kusu s hřídelem. Tyto lopatky jsou upevněny v turbínové skříně. Turbínová skříně má dva kanály pro vstup výfukových plynů. K výstupu výfukových plynů z turbínové části slouží prostor, kterým jsou plyny odváděny dál do výfukového potrubí. Turbínová skříně je opatřena chladicími prostory, jimiž protéká voda vedená od chladicího systému motoru. [2], [10]

2.1.10 MAZACÍ SYSTÉM MOTORU

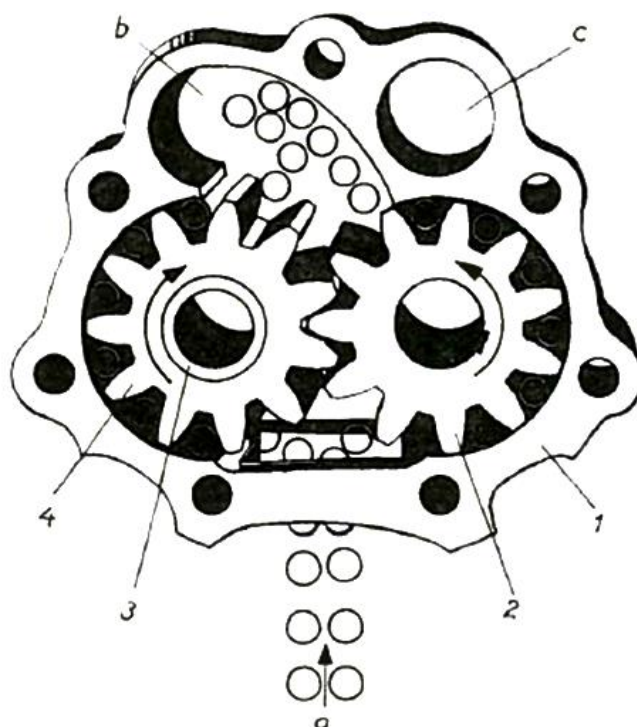
Při vzájemném pohybu součástí, které jsou spolu ve styku vzniká tření. S třením roste teplota a navíc dochází k opotřebení stykových ploch. To má za následek pokles výkonu stroje, který se mění v neužitečné teplo. Proto je velice důležité stykové části mazat. Je také známo, že mazací olej odvádí velké množství tepla, které vzniká jak třením, tak tepelnými procesy



ve spalovacím prostoru. Chladič oleje u motoru K 12 V 170 DR dokáže odebrat až 35 000 kcal tepla za hodinu, což představuje asi 13,5% práce, kterou by motor za tu dobu vykonal. [2]

Olejové čerpadlo

U motoru ČKD K 12 V 170 DR je použito dvoustupňové zubové čerpadlo. První stupeň slouží k protlačení oleje chladičem do sání druhého stupně. Z druhého stupně je ochlazený olej rozváděn k mazaným místům motoru. Každý stupeň čerpadla je řešený jako samostatná oddělená sekce. V každé sekci je jedno kolo hnané a jedno kolo hnací. Obě ozubená kola jsou umístěna na společných hřídelích. Každá sekce je schopna dopravit až 2,75 litru oleje za sekundu při 1100 otáčkách za minutu. Skříň čerpadla je tvořena dvěma shodnými tělesy vyrobenými z hliníkové slitiny. Tělesa jsou od sebe oddělena mezistěnou a jsou uzavřena horním a dolním víkem čerpadla. V tělese se nachází komora pro dvě ozubená kola, jejichž zuby jsou v záběru. V tělese je také vytvořen sací otvor, nímž je do čerpadla nasáván olej. Ten zaplňuje zubní mezery v kolech. Díky otáčení ozubených kol dochází k unášení oleje do výtlačného kanálu, který je zhotovený po celé délce čerpadla. V komoře musí být ozubená kola uložena velmi těsně, jinak by docházelo k vytékání oleje zpět do sání. Určitě však musí být dodržena určitá vůle mezi koly. Kdyby byla kola uložena bez vůle, docházelo by k jejich zadírání. Obě kola mají shodné korigované ozubení, aby mezi zuby byly co největší mezery kvůli protékání oleje. Zuby kol jsou z důvodu vyšší životnosti cementovány, kaleny a broušeny. Čerpadlo je uloženo v olejové vaně. Zasouvá se zesponu a se zřetelem k správnému záběru spojky ve skříni pohonů je jeho přesná poloha zajištěna dvěma válcovými kolíky. [2], [9]



1 - těleso, čerpadla,
2 - ozubené kolo hnací,
3 - ložiskové pouzdro,
4 - ozubené kolo hnané,

a - sání oleje,
b - výtlak oleje,
c - kanál pro výtlak druhé sekce

Obr. 14 Olejové čerpadlo [2]



Olejový chladič

Použitý olej je ochlazován ve výměníku, kde mu teplo odebírá voda. Teplota oleje se udržuje na rovnoměrné výši, proto je tohle řešení velice výhodné. Jelikož je teplota oleje závislá na teplotě chladicí vody, není potřeba regulovat teplotu mazacího oleje. [2]

Olejová vana

Tvoří zásobník oleje. Olej stéká do zadního dílu vany přes děrované plechy, kde se odpěňuje. Ten má u dna vodorovnou přepážku. Horní sekce čerpadla vystupuje nad tuto přepážku a odebírá olej ze zásobníku. Výtlak je umístěn na přírubě čerpadla a vnějším potrubím je spojen s chladičem. Dolní sekce čerpadla, která tvoří druhý pracovní stupeň, má sací otvor v této komoře. Výtlak je opět na přírubě čerpadla připojen dvojitým kolenem na komoru čističů. V komoře jsou čtyři čističe HEFA Z 75. Tyto čističe jsou vloženy čtyřmi otvory z pravé strany vany a ústí do výtlačné komory. [2], [10]

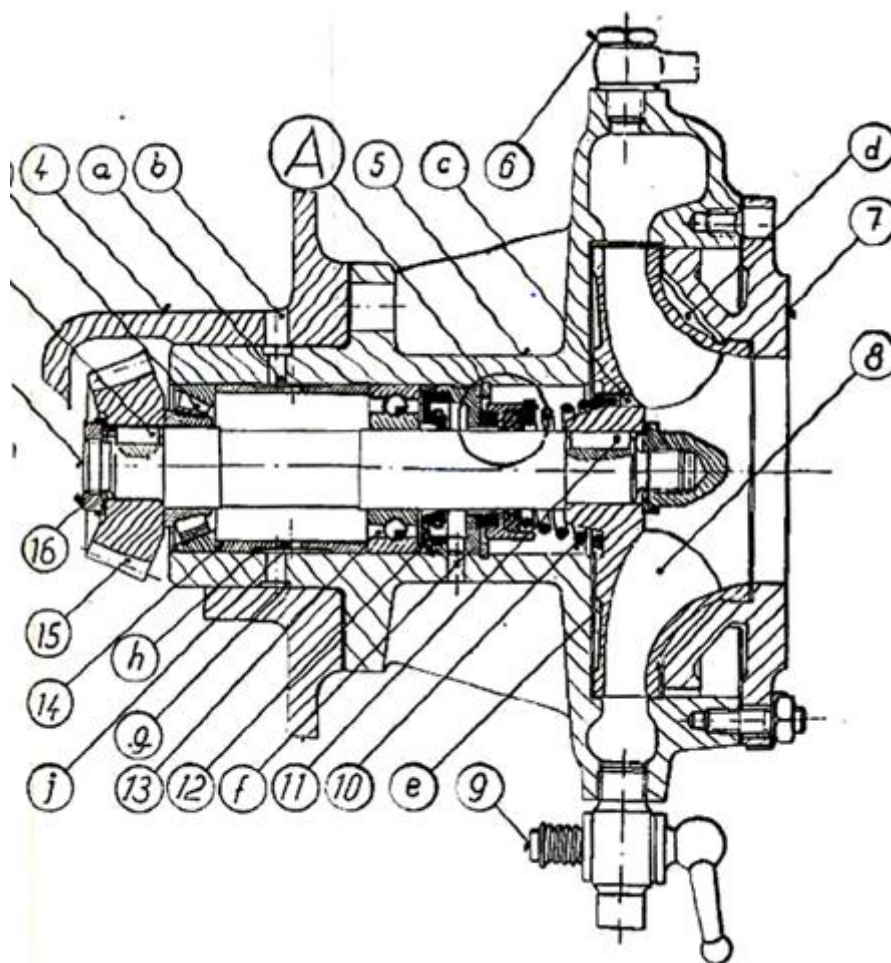
2.1.11 CHLADÍCÍ SYSTÉM MOTORU

Při práci spalovacího motoru dochází k prudkému nárůstu teploty. Ta vlivem výfukových spalin dosahuje vyšší hodnoty než je přípustná hodnota některých součástí a mazacího oleje. U správně seřízeného motoru dosahuje teplota spalin na konci sběrného potrubí při plném výkonu asi 480°C. Ve spalovacím prostoru však teplota dosahuje až 1100°C. Například pístová slitina Lo-Ex se taví již při teplotě 577°C. Ovšem již při teplotě 300°C dochází ke snížení její pevnosti téměř na polovinu. Také teplota vzplanutí mazacích olejů je pouze 210°C. Z toho je patrné, že je velice důležité ze spalovacího motoru během jeho chodu odvádět velké množství tepla.

U motoru K 12 V 170 DR je použito kapalinového chlazení. Chladicí kapalinou je převážně demineralizovaná voda. Ohřátou kapalinu je potřeba ochlazovat v chladiči a následně vracet zpět do chladicího okruhu. To je realizováno pomocí odstředivého vodního čerpadla, které je poháněné od klikového hřídele. Optimální teplota vody na výstupu z motoru by se měla pohybovat v rozmezí 70-90°C. Pokud je teplota vyšší, může dojít k zadření motoru vlivem teplotní roztažnosti materiálů. Pokud je naopak teplota nižší, dochází k poklesu mazacích schopností oleje a tím pádem ke zvýšenému opotřebení motoru. [2], [9], [11]

Vodní čerpadlo

U motoru K 12 V 170 DR je použito odstředivé vodní čerpadlo, které je schopno dodávat 9 litrů vody za sekundu do výšky 12 metrů při otáčkách 2200 ot/min. Tyto otáčky odpovídají jmenovitým otáčkám motoru. Čerpadlo se skládá ze statoru a rotoru. Stator je připevněn ke skříni motoru. Ve statoru je uložena pohyblivá část čerpadla – rotor.



Obr. 15 Řez vodním čerpadlem [9]

Nepohyblivou část čerpadla - stator, tvoří komora čerpadla. Ta má poměrně složitý tvar. Zadní díl má v podstatě tvar trubky, v níž je uložen a utěsněn rotor čerpadla. Vnější část nátrubku přechází v přírubu, která tvoří uložení čerpadla na motorové skříni. Přední díl čerpadla přechází ve spirální sběrnou skříň. Průtočný profil sběrné skříně se zvětšuje ve směru otáčení lopatkového kola čerpadla, aby byl zachován plynulý odtok vody. Na obvodu je pak výstupní nátrubek ve směru tečny. Zepředu je skříň uzavřena víkem, k němuž se připojí přívod vody od chladiče.

Rotor čerpadla je tvořen hřídelem na jehož konci je s přesahem uloženo kuželové ozubené kolo. Na druhém konci hřídele je s přesahem uloženo lopatkové kolo. V tělese kola je vytvořeno šest kanálů oddělených slabými lopatkami. Lopatky jsou zakřiveny proti směru otáčení kola. Lopatkové kolo je odlito z bronzu, aby bylo schopno odolávat agresivním účinkům chladicí kapaliny. Jelikož má poměrně vysoké otáčky, musí být kolo staticky vyváženo. [2], [4], [9]



2.1.12 REGULAČNÍ SYSTÉM

Řízení chodu naftových motorů je realizováno pomocí dvou druhů regulace a to: [2], [1]

A) Kvalitativní

Mění se složení směsi, množství nasávaného vzduchu se nemění. Tím pádem se mění pouze množství vstřikovaného paliva. Výhoda této regulace spočívá v malých ztrátách při regulačním pochodu bez škrcení v sání, což se projevuje poměrně malou změnou v měrné spotřebě paliva.

B) Kvantitativní

Zůstává složení směsi, poměr paliva a vzduchu zůstává prakticky stejný. Mění se pouze množství nasávané směsi podle požadovaného výkonu. Této regulace se používá pouze u motorů na smíšený provoz nebo na dvojí paliva.

Regulační pochod motoru je vyvolán změnou otáček následkem změny zatížení. Nejrozšířenější jsou následující dva druhy regulace: [2], [1]

1. Regulace výkonnostní neboli otáčková:

Aby byly udrženy požadované otáčky, regulátor nastavuje samočinně bez cizího zásahu potřebné množství paliva podle požadovaného odebíraného výkonu.

2. Regulace omezovací:

Nastavuje se pevné, určité množství paliva bez zásahu regulátoru, který se uvádí v činnost pouze při překročení předem stanovených maximálních otáček.

Regulace u motoru K 12 V 170 DR

Pro řízení výkonu motoru K 12 V 170 DR se používá výkonnostní regulace dané mechanickým odstředivým regulátorem s hydraulickým zesilovačem pro překonání všech sil a odporů vznikajících při přestavování vstřikovacích čerpadel. Jedná se tedy o nepřímou regulaci, kdy se pohyb objímky odstředivého regulátoru přenáší pákovou soustavou na šoupátko hydraulického zesilovače, které ovládá přívod hydraulického oleje pod píst zesilovače. Tímto způsobený pohyb pístu se přenáší pákovým převodem s táhly na hřebínky vstřikovacích čerpadel. Následné vrácení celého mechanismu do původní polohy obstarává pružina. Regulátor je poháněn od vačkového hřídele pomocí ozubeného převodu do rychla, takže otáčky regulátoru odpovídají otáčkám motoru. Různým výkonovým stupňům odpovídají vždy určité otáčky motoru, pokud možno neproměnné. Při zařazení každého stupně na kontroleru v kolejovém vozidle dojde k nastavení příslušného otáčkového stupně i na regulátoru motoru. Regulátor udržuje tyto otáčky sám s velmi malou nerovnoměrností. [2], [4]



U motoru K 12 V 170 DR a jeho nepřepřínovaném předchůdci byly použity tyto druhy regulátorů: [2], [4], [9]

1. Regulátor se změnou napětí regulační pružiny vzduchovými válečky

Tento typ regulátoru byl použit u motorů první a druhé série v motorových vozech M 262.0.

2. Regulátor se stavěcím šroubem

Impuls potřebný pro změnu napětí pružiny na posuvnou matici stavěcího šroubu dává elektromechanický stavěč otáček přes řetězový převod. Tento systém regulace byl použit u motorových vozů typu M 262.0.

3. Regulátor s volnoběžkovým stavěčem otáček s dálkovým elektrickým ovládním

Použit v podstatě u všech nových lokomotiv, a to T 334.0, T 444.0. V případě motorových vozů: M 286.0, M296.1 nebo M 296.2.



3 KONSTRUKČNÍ ROZDÍLY MEZI 4. A 5. SÉRIÍ MOTORU K 12 V 170 DR

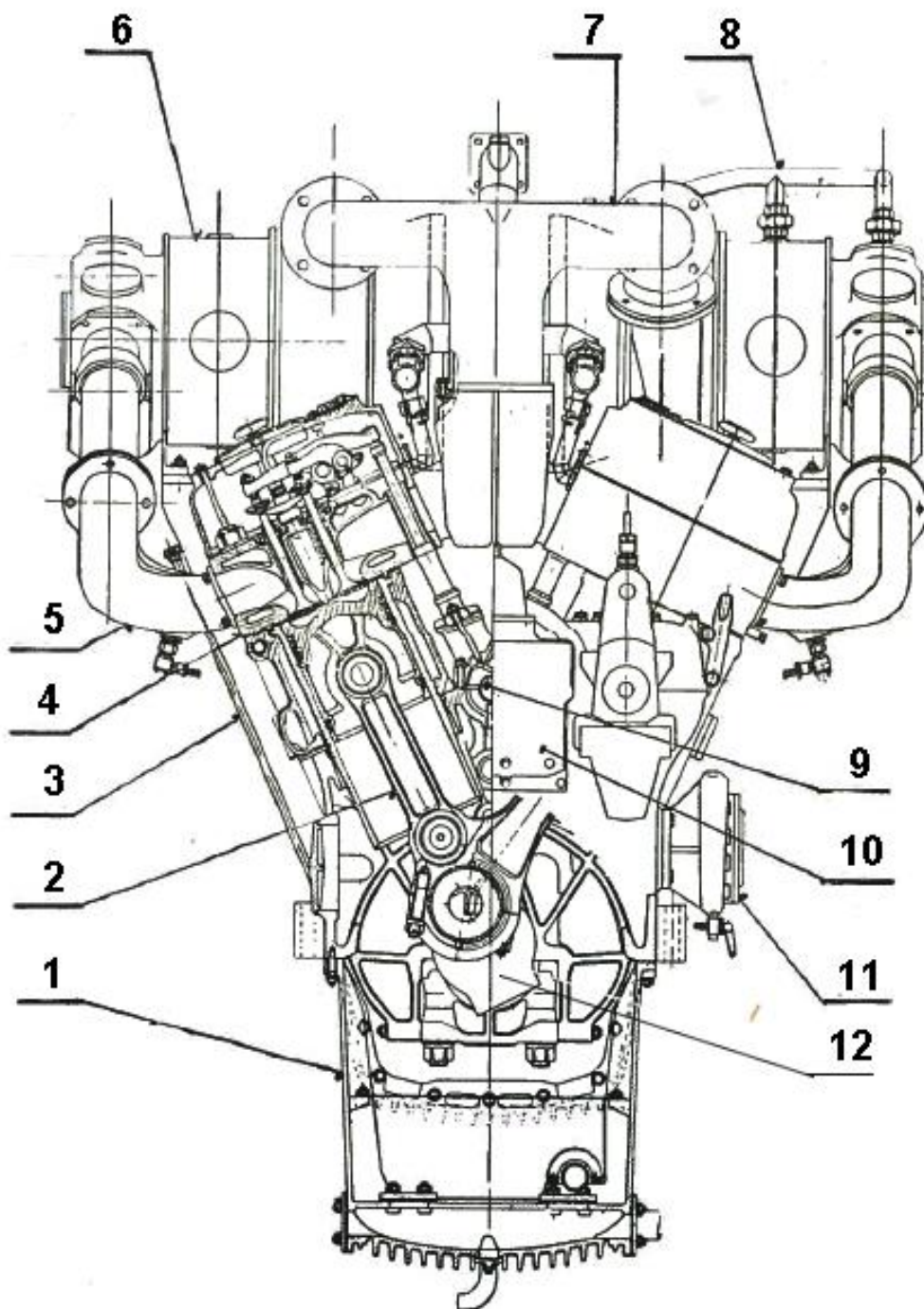
3.1 ÚVOD DO KAPITOLY

Poté co došlo k přesunutí výroby do Turčianských strojírén v Martině se výrobce rozhodl vyvinout již čtvrtou sérii motoru ČKD K 12 V 170 DR. Motor čtvrté série vznikl odstraněním konstrukčních nedostatků předchozích sérií. Tyto nedostatky byly objeveny především během provozu předchozích sérií motorů v praxi. Strojírenský závod v Martině se také rozhodl zvýšit spolehlivost motorů cestou pokud možno co nejmenších konstrukčních úprav. Výkonové parametry však zůstaly nezměněny.

Souběžně byla vyvinuta podstatně rekonstruovaná verze motoru, která sledovala dosáhnout vyšších výkonových parametrů při zvýšené spolehlivosti motoru. Jednalo se o pátou sérii motoru značenou jako ČKD KS 12 V 170 DR. Tato série byla vyráběna od roku 1968. [2], [6]



Obr. 16 Motorový vůz řady 852.006 osazený motorem KS 12 V 170 DR [6]



Obr. 17 Řez motorem čtvrté série ČKD K 12 V 170 DR [10]

1 - olejová vana; 2 - ojnice; 3 - olejznak; 4 - hlava válce; 5 - výfukové potrubí; 6 - turbodmychadlo; 7 - plnicí potrubí; 8 - odvod chladicí vody z turbodmychadla; 9 - dolní rozvod; 10 - regulátor; 11 - vodní čerpadlo; 12 - klikový hřídel



3.2 KONSTRUKČNÍ ROZDÍLY 4. A 5. SÉRIE MOTORU ČKD K (S) 12 V 170 DR

Tab. 4 Přehled parametrů 4. a 5. série motoru K (S) 12 V 170 DR [2]

Srovnání parametrů 4. a 5. série motoru ČKD K 12 V 170 DR		
Typ motoru	4. série K 12 V 170 DR	5. série KS 12 V 170 DR
Jmenovitý výkon N_j	700 K	800 K
Jmenovité otáčky N_j	1400 ot/min	1470 ot/min
Největší otáčky při chodu na prázdnou	1550 ot/min	1650 ot/min
Otáčky, při nichž zasáhne bezpečnostní zařízení pro zastavení motoru	1580 ot/min	1670 ot/min
Geometrický začátek dodávky paliva	33° před horní úvratí	26° před horní úvratí
Střední pístová rychlost	8,86 m/s	9,31 m/s
Vstříkovací čerpadla	PV 6 Z 14P 230e PV 6 Z 14L 630e	PV 6 ZZ 16P 230 f
Vstříkovací trysky	DO 150S 835 - 99	DO 150 S 935 - 99

3.2.1 ZALOMENÝ HŘÍDEL

Hlavní změnu prodělaly čepy hlavních uložení, které byly zesíleny z původního průměru 110 mm na jmenovitý průměr 120 mm. Vnitřní vývrt má průměr 45 mm a je utěsněn víčky staženými průběžným šroubem. Čepy byly zesíleny tak, že se zmenšil průměr vnitřního vývrtu z $\varnothing 50$ H8 na $\varnothing 40$ H8. To umožnilo zachovat průměr ojnicích čepů. Došlo také k vyosení vývrtu vůči povrchu čepů. Celý otvor byl posunut o 6 mm k vnějšímu poloměru. Na straně zalomeného hřídele, na kterém je umístěn setrvačnick, došlo ke změně v utěsnění výstupu hřídele z motorové skříně. Na hřídeli je s přesahem nasazen odstříkovací kruh, na jehož povrchu je pro odvádění oleje vytvořen čtyřchodý lichoběžníkový závit. Nad kruhem je stírač oleje z hliníkové slitiny. Uložení obou částí je lícováno na $\varnothing 260$ H8/c8. [2], [9], [11]



3.2.2 KLIKOVÁ SKŘÍŇ

Oproti čtvrté sérii je kliková skříň u motoru páté série tvarově i v uspořádání obdobná. Úpravy si vynutila rekonstrukce zalomeného hřídele v jeho uložení v motorové skříni a přemístění olejového čerpadla ve skříni pohonů. Z toho je zřetelné, že tuto skříň nelze použít pro motory třetí a čtvrté série. [2], [10]

3.2.3 PÍSTY A OJNICE

U čtvrté série motoru byl píst zesílen vnitřním vyztužením. Jeho povrch je tvarově broušen a došlo k přemístění drážky pro první pístní kroužek. Přídavným vyztužením došlo k navýšení hmotnosti pístu přibližně o 0,6 kg. První pístní kroužek původního obdélníkového průřezu byl nahrazen kroužkem lichoběžníkového průřezu. Tyto úpravy byly provedeny za účelem eliminace zadírání pístů a zapékání pístních kroužků, ke kterým docházelo u předchozích sérií.

Kromě zesílení pístního čepu změnou vnitřního průměru na 32 mm jsou písty páté série motoru shodné s písty série čtvrté. Ojnice jsou rozměrově stejné s ojnicemi čtvrté série. Jediné rozdíly spočívají v dokonalejším tepelném zpracování. Oka pro pouzdra pístních čepů byla dynamicky zpevněna válečkováním. Ovšem i přesto lze písty páté série aplikovat na sérii čtvrtou. [2], [9]

3.2.4 OLEJOVÁ VANA

Olejová vana byla rekonstruována za účelem změny pohonu a uložení olejového čerpadla. Vana je jednoduchá, odlitá z hliníkové slitiny. V přední části vany se zachycuje odstříknutý olej. Ten se následně odvádí do hlubší, zadní části vany. Uklidnění oleje obstarávají síta. V této části je na pravé straně umístěno olejové čerpadlo. Nachází se zde také vyústění trubky od stírače oleje. [2], [11]

3.2.5 OLEJOVÉ ČERPADLO

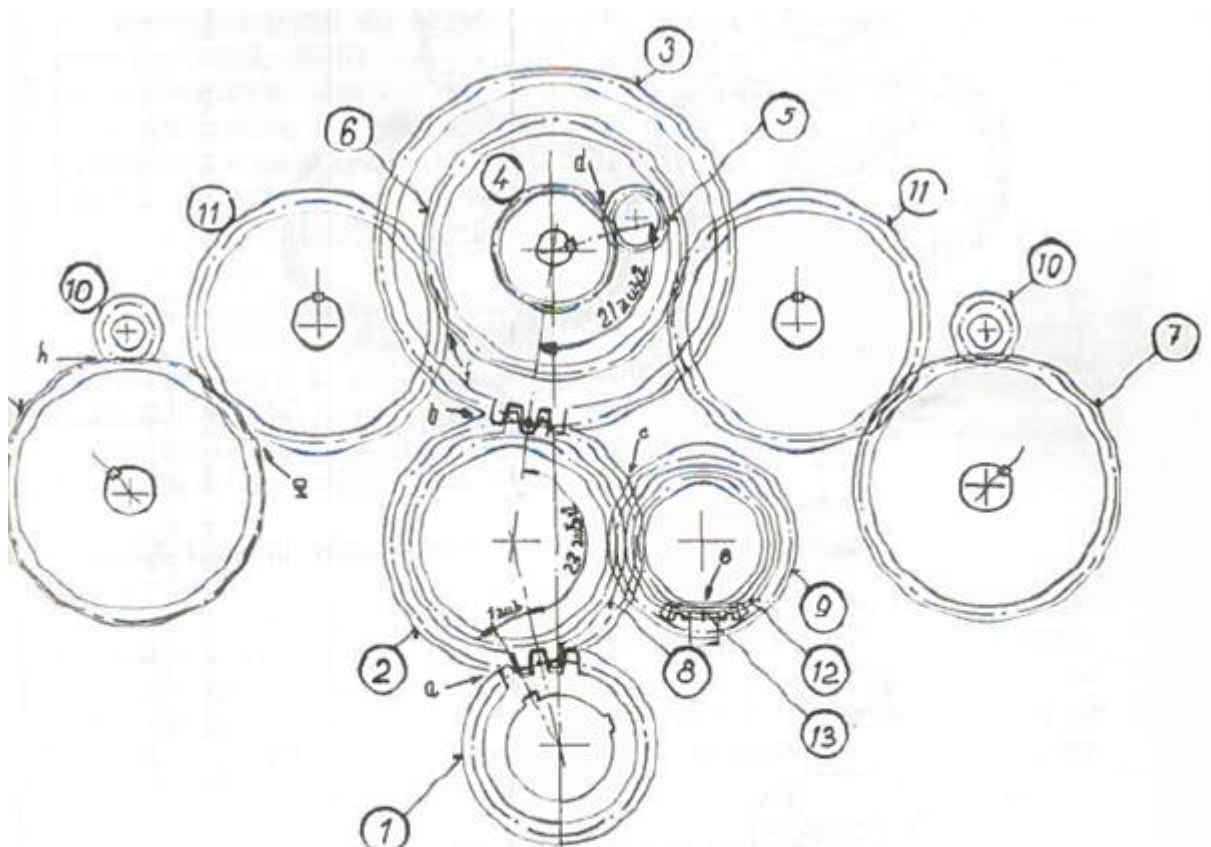
Olejové čerpadlo u páté série je zcela odlišné od předchozích sérií. Skládá se ze dvou sekcí, které jsou uloženy nad sebou. Tyto sekce jsou poháněny přes mezikolo přímo od dvojdílného pastorku zalomeného hřídele. Tím pádem byl odstraněn kuželový převod, který byl nahrazen čelními koly. Horní sekce čerpadla má za úkol odsávat olej z vany, který následně protlačuje přes olejový chladič. Spodní sekce je určena k promazávání motoru.

Obě sekce mají shodná ozubená kola s přímými zuby o modulu 6 mm. Ozubená kola jsou vyrobena jako jeden kus společně s čepem, který umožňuje uložení kol ve skříni čerpadla. To je provedeno pomocí bronzových pouzder. Mazání je zajištěno pomocí kanálků vedených vnitřní stěnou čerpadla do bronzových pouzder. Skříň je složena ze dvou částí. Z vlastního tělesa se všemi potřebnými uloženími pro ozubená kola, kanály, ventily a z víka, které je ke skříni přitaženo deseti šrouby M10 a dvěma šrouby M14. Utěsnění je provedeno pomocí těsnícího papíru o tloušťce 0,1 mm. Sací hrdla jsou překryta rámečky se síty, které mají zabránit vniknutí nečistot a pevných částí. Každá ze sekcí je vybavena přepouštěcím ventilem, který je nastaven na předepsaný tlak. Olejové čerpadlo je schopno dopravit 205 litrů oleje za minutu při nastaveném tlaku, teplotě 80°C a 1400 otáčkách zalomeného hřídele za minutu. [2], [4], [9]



3.2.6 SKŘÍŇ POHONŮ

Již u čtvrté série motoru společností ČKD K 12 V 170 DR došlo k přepracování celé skříně pohonů. Nejzásadnější změny souvisí se změnou umístění vstřikovacích čerpadel a vodního čerpadla. Vstřikovací čerpadla byla přemístěna ze zadní strany motoru na boky motorové skříně. Tím byla provedena rekonstrukce jejich pohonu. U vodního čerpadla nastala stejná situace, jelikož čerpadlo bylo přesunuto z boku motorové skříně na zadní stranu motoru. Na obrázku číslo 18 můžeme vidět finální sestavení soukolí ve skříně pohonů u čtvrté série motoru ČKD K 12 V 170 DR. [2], [9]



1 - dvoudílný pastorek zalomeného hřídele

2 - mezikolo

3 - kolo rozvodového hřídele

4 - kolo náhonu regulátoru

5 - ozubené kolo

6 - kolo přesuvníku vstřiku

7 - kolo náhonu vstřikovacího čerpadla

8 - kolo na mezikole

9 - vložené kolo pro pohon olejového čerpadla

10 - kolo vodního čerpadla

11 - vložené kolo pro pohon vstřikovacího a vodního čerpadla

12 a 13 - kuželové soukolí pohonu olejového čerpadla

a = 0,14-0,24 mm e = 0,10-0,20 mm

b = 0,14-0,24 mm f = 0,13-0,23 mm

c = 0,12-0,22 mm g = 0,13-0,23 mm

d = 0,10-0,20 mm h = 0,12-0,22 mm

Obr. 18 Skříň pohonů motoru KS 12 V 170 DR [2]

Jak již bylo výše popsáno, tak u páté série značené jako KS 12 V 170 DR došlo ke kompletnímu přepracování olejového čerpadla. Tím bylo umožněno odstranit zbývající kuželový převod.



Následně odpadlo kolo na mezikole, vložené kolo a zejména čep vloženého kola, u kterého často docházelo k poruše.

Aby byl dodržen potřebný převod mezi zalomeným hřídelem a olejovým čerpadlem, mezi dvojdílný pastorek zalomeného hřídele a ozubeného kola olejového čerpadla bylo vloženo dvojkolo. Toto dvojkolo je uloženo na čepu, který je zalisován ve skříni. Při následné montáži olejového čerpadla do vany je velice důležité dodržet axiální vůli 1,5–2 mm mezi ozubeným kolem olejového čerpadla a větším kolem dvojkola. Další důležitá změna souvisí s náhonem vstřikovacího čerpadla. Uložení mezikola náhonu, který byl zesílen tím, že obě jeho ložiska jsou stejná 6007 ČSN 02 4633. [2], [9], [4]

3.2.7 VSTŘIKOVACÍ ČERPADLA

U páté série byla použita zcela nová vstřikovací čerpadla s konstantním zdvihem 12 mm a s konstantním počátkem vstřiku od výrobce Motorpal Jihlava. Tato čerpadla nesou označení PV 6 ZZ 16 P. Charakteristickým rysem konstrukce je skříň z jednoho kusu, vyrobená z lehké slitiny. [2], [9]

3.2.8 PLNÍCI TURBODMYCHADLA

Turbodmychadla použitá u páté série jsou vysokotlaká a nesou označení PDH 16 V. U čtvrté série bylo použito turbodmychadel středotlakých. Vysokotlaká turbodmychadla disponují vyššími otáčkami, vyšším plnicím tlakem vzduchu a také větším dodávaným množstvím vzduchu. Díky nárůstu těchto parametrů došlo ke změnám na průtočných částech turbodmychadla. Oběžné kolo dmychadla je dělené, turbínové a rozváděcí kolo má menší průměr. Pozměněna byla také konstrukce skříně dmychadla a difuzoru. Ostatní části zůstaly nezměněny. Konstrukční řešení umístění turbodmychadla na motoru bylo také pozměněno. Klád se důraz, aby dodatečné namáhání od připojených částí bylo co nejmenší. Proto je výfukové potrubí připevněno pomocí dilatačního vlnovce a plnicí potrubí vzduchu má pryžovou přechodku. [2], [4]

3.2.9 CHLADIČ VZDUCHU

K novým vysokotlakým turbodmychadlům u páté série motoru ČKD KS 12 V 170 DR přibyl chladič stlačeného vzduchu. Stlačený vzduch, který vychází z turbodmychadla, má již značnou teplotu. Obecně platí, že čím je vzduch z turbodmychadel chladnější, tím větší hmotnost kyslíku lze dopravit do válce, které následně umožní shoření adekvátně zvýšené dávky paliva.

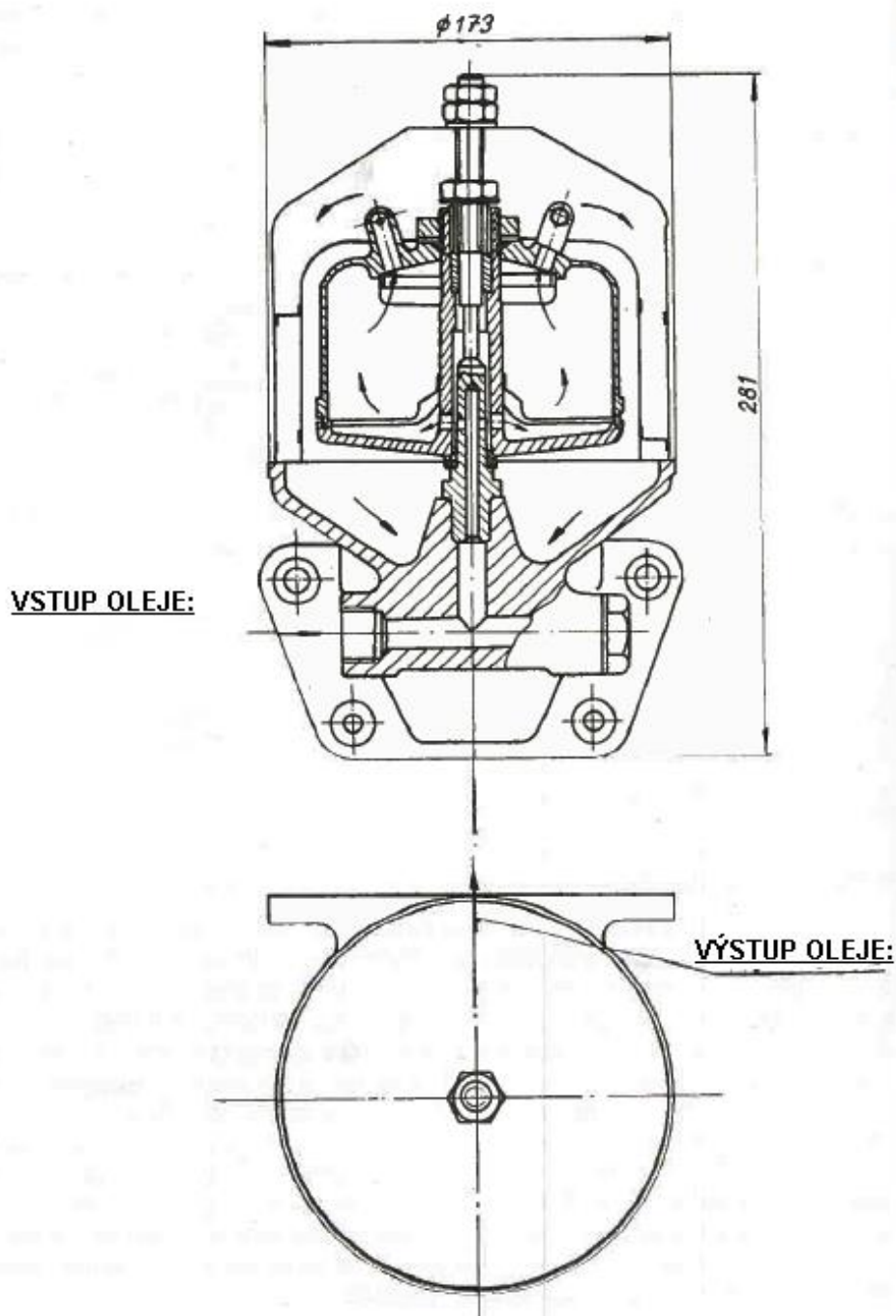
Na motor ČKD KS 12 V 170 DR byl umístěn chladič vzduchu typu HO PDH 35. Má tvar hranolu o rozměrech 300 x 350 x 500 mm. Médium pro chlazení je voda, která má samostatný okruh. Pravé čerpadlo motoru nasává vodu z vodního chladiče a přes chladič ji vrací zpět do chladiče vody. V zimních obdobích se používalo nemrznoucích směsí. Je velice důležité udržovat odvětrání celého systému, aby docházelo k správné cirkulaci vody. Voda v chladiči proudí trubkami, které jsou opatřeny lamelami a jsou zaválcovány v trubkovnici. Na ní jsou přišroubovaná víka s přepážkami pro vodní prostory. Trubkovnice jsou mezi sebou vyztuženy ocelovými rámy, které tvoří připojovací příruby pro vzduchové potrubí. [2], [9]

3.2.10 Odstředivý čistič RH 03 B

Ke zvýšení životnosti motoru byly u páté série KS 12 V 170 DR instalovány dva olejové odstředivé čističe. Z důvodu zhoršení mazacích schopností při nízkém tlaku byla u páté série provedena následující úprava. Část oleje dodávaného do motoru prochází přepouštěcím



ventilem. Ten je seřízen na jmenovitý tlak 2,5 atmosfér. Pokud nastane vyšší tlak než jmenovitý, přes tento přepouštěcí ventil prochází olej do odstředivých čističů. Čistič není poháněn od motoru, nýbrž účinkem tangenciálního výtoku oleje. Odstředivá síla od rotace má za úkol unášet těžší nečistoty, které se následně usazují na stěnách čističe. Přefiltrovaný olej se následně vrací do olejové vany. Tyto odstředivé čističe byly zpětně montovány i na některé motory čtvrté série. [2], [5]



Obr. 19 Odstředivý čistič oleje RH 03 b [2]



Odstředivý čistič má hned několik výhod:

- velice jednoduchá konstrukce
- čištění je velice snadné
- životnost filtru není omezena

Tab. 5 Technické parametry čističe RH 03b [2]

Hlavní technické parametry odstředivého čističe RH 03 b	
Jmenovité množství oleje při tlaku 5 atp, teplotě 80°C (typ oleje M 9 A)	873 KPa
Otáčky při jmenovitém množství	6975 ot/min
Pracovní tlak oleje	294-588 KPa
Nejvyšší pracovní teplota	120°C
Nejvyšší přípustný tlak po dobu 1 minuty	8 atp
Filtrační schopnost	2-4 μ

3.2.11 OSTATNÍ KONSTRUKČNÍ ZMĚNY NA MOTORU PÁTÉ SÉRIE

Za účelem zvýšení spolehlivosti motoru na základě poznatků z provozu předchozích sérií byly provedeny tyto úpravy: [2], [9]

- pro nový vstřikovač byla provedena nová centráž
- nové šrouby pro upevnění vstřikovací trysky
- sedla ventilů jsou z nového materiálu a jsou nově vložená
- jiné vrtání ve stojánku vahadel pro přívod mazacího oleje
- nový kryt hlavy motoru – je nově dělený pro každou hlavu zvlášť
- v náhonu vstřikovacích čerpadel je použito tlustších šroubů
- vložky válců jsou dole těsněny dalším pryžovým těsněním kruhového tvaru
- značné změny v olejovém, vodním a palivovém systému
- motor ve vozidlech nově uložen na silentblocích
- sání je opatřeno účinnými čističi

Uvedené úpravy měly dávat předpoklady pro vyšší životnost a spolehlivost motorů, o kterých bude pojednávat následující kapitola.



4 SPOLEHLIVOST MOTORŮ TYPU K 12 V 170 DR SPOLEČNOSTI ČKD

4.1 ÚVOD DO KAPITOLY

V poslední kapitole bude pojednáno o provozní spolehlivosti dvou posledních sérií přeplňovaného motoru K(S) 12 V 170 DR. Kapitola bude zaměřena na konstrukční nedostatky, které nebylo možné analyzovat na motorových zkušebnách, ale byly objeveny až po určitém kilometrovém nájezdu daného typu motoru v provozu. Je zde popsáno, jak byly tyto nedostatky řešeny. Na konci bude zmíněna i remotorizace motorových vozů řady 854, u kterých docházelo k náhradě motorů typu KS 12 V 170 DR za modernější, spolehlivější motory typu 3412 E DI - TA od společnosti CATERPILLAR.



Obr. 20 Motorový vůz typu 850.006 osazený motorem čtvrté série K 12 V 170 DR [5]

4.2 PROHLÍDKY A OPRAVY MOTORU K(S) 12 V 170 DR PŘEDEPSANÉ VÝROBCEM

Spalovací motor, jakožto hnací energetický stroj, je velice složité a choulostivé zařízení. Pro správnou funkci, spolehlivost či hospodárnost je potřeba, aby byl pravidelně servisován. Aby se předešlo poruchám jednotlivých částí, je nutné jim preventivně předcházet, a to především dodržováním servisních intervalů předepsaných výrobcem. U motorů řady 170 DR společnost ČKD zavedla následující servisní intervaly. (viz tabulka číslo 6) [1], [9]



Tab. 6 Přehled servisních intervalů předepsaných výrobcem pro motory řady 170 DR [9]

Značení servisního intervalu	Délka intervalu
R1	preventivní prohlídka po ujetí 2500-3500 km nebo po 125 hodinách provozní práce
R2	malá periodická oprava po 5000-7000 km nebo po 250 hodinách provozní práce
R3	velká periodická oprava po cca 30 000 km nebo 1500 hodinách provozní práce
R4	Vyvazovací oprava po 80 000-120 000 km nebo 3000-3500 hodinách provozní práce

Při opravě R4 uvedené v tabulce číslo 6 dojde ke kompletnímu rozebrání motoru. Dosadí se nová ložiska, vymění se písty s pístními kroužky, dojde k výměně vstříkovací jednotky, hlavy se osadí novými tryskami. Poté následuje pečlivá defektoskopická prohlídka nejvíce namáhaných částí jako je zalomený hřídel, ojnice, pístní a ojnicí čepy, rozvodový hřídel, ventily, zvedáky a ventilové páky. Vymění se nadměrně opotřebovaná ozubená kola, odstraní se následky korozivního působení chladicí kapaliny a udělá se výbrus válců. [2], [6], [9]

I přes výrobcem vypsané servisní intervaly v praxi docházelo k jejím drobným úpravám skrz poměrně časté poruchy motorů. Z mého pohledu kilometrový interval pro vyvazovací opravu R4 je poměrně nízký. Dnešní moderní motory jsou schopny zvládat mnohem větší porce kilometrů. Dá se to přiřadit nedokonalosti v té době používaných materiálů, či konstrukčním nedostatkům motorů řady 170 DR.

4.3 PROBLÉMY MOTORŮ ŘADY 170 DR

Motory řady 170 DR nepatřily rozhodně k nejspolehlivějším motorům společnosti ČKD. I přesto, že se konstruktéři snažili tyto nedostatky odstranit vyvíjením dalších sérií, ty nejzásadnější konstrukční aspekty se pro motor staly ve výsledku fatální. Příkladem byl určitě systém hlavních a vedlejších ojnic. Z prvního pohledu se jednalo o dobrou myšlenku, jak zmenšit délku a snížit hmotnost mohutného vidlicového dvanáctiválce. Tento systém uložení ojnic měl účelně zmenšit délkový rozměr motoru, jelikož jsou ojnice z obou řad válců uloženy na klikový hřídel pouze pomocí jednoho ojnicího oka. V případě konvenčního řešení, kdy má každý píst svou vlastní ojnicí je potřebné zdvojnásobit délku čepu klikového hřídele. Tím samozřejmě vzroste délka a hmotnost motoru.

Problém se systémem hlavních a vedlejších ojnic spočíval v rozdílné délce zdvihu pístu v každé z řad válců. V řadě válců napojených na hlavní ojnice zdvih nabýval hodnoty 190 mm, v protější řadě válců 197 mm. Rozdíl mezi těmito hodnotami činí asi 3,5 %. To není zanedbatelné. S rozdílnou hodnotou zdvihů souvisí i odlišný objem válců v každé z dvou řad. V řadě s napojením na vedlejší ojnicí tak docházelo k většímu namáhání součástí motoru, které často vedlo k lomu ojnice právě v místě napojení na ojnicí hlavní. Fakt, že toto konstrukční řešení nebylo příliš šťastné, dokazuje návrat zpět ke konvenčnímu řešení u novějšího dvanáctiválce K 12 V 230 DR. [2], [5]



4.3.1 PÁTÁ SÉRIE KS 12 V 170 DR

Jak již bylo v práci zmíněno, motor společnosti ČKD KS 12 V 170 DR páté série vychází z první série nepřepřítňované verze motoru značené jako 12 V 170 DR. Ten byl dosazován již v roce 1949 do motorových vozů řady 830. Postupným vývojem spojeným hlavně s přepřítňováním motoru a umístění mezichladiče stlačeného vzduchu se podařilo výkon téměř zdvojnásobit z původní hodnoty 301 kW v případě první série motoru na hodnotu 588 kW. Toto zvýšení výkonu si však vybralo svou daň v podobě zhoršení spolehlivosti a životnosti agregátu. Poměrně brzy začalo docházet k haváriím. K nejčastějším příčinám patřilo praskání klikových hřídelí a havárie hlavních uložení. Takovou havárii můžete vidět na obrázku číslo 21, kdy příčinou bylo pouze uklepané vahadlo ventilů. To způsobilo jejich uzavření a tím pádem nemožnost plnění válce vzduchem. Do válce bylo tedy stále vstříkováno palivo, které bez přísunu vzduchu nemělo jak hořet. Neshořelé palivo následně začalo smývat olejový film. Důsledkem ztráty mazacího filmu došlo k zadření příslušného válce a většinou k prasknutí ojnice v nejslabším místě napojení vedlejší ojnice na hlavní. Koncem 70. let se situace stala téměř neudržitelná. Na základě rozboru příčin havárií došlo k rozhodnutí snížení jmenovitého výkonu na hodnotu 515 kW, které bylo realizováno pomocí elektronického odstavení nejvyššího rychlostního stupně. To mělo za následek zhoršení trakčních vlastností, snížení normy hmotnosti a prodloužení jízdních dob. [6], [8], [12]



Obr. 21 Havárie motoru KS 12 V 170 DR [12]

Po roce 2000 docházelo k výměnám měděných síťových filtrů za plnopřítňové papírové vložky s diametrálně odlišnou filtrovací schopností. Tímto krokem byla razantně zvýšena životnost uložení, kdy motor byl schopen zvládat téměř dvojnásobné kilometrové nájezdy do jeho generální opravy. Poznatky z provozu hovoří, že se životnost motoru zvýšila z nějakých 120 000 km na 250 000 km. Z toho je patrné, jak je čistota oleje pro spalovací motor důležitým faktorem. [12], [8]



4.4 PROBLEMATIKA MOTORŮ ŘADY 170 DR SOUVISEJÍCÍ S PROVOZEM

START PO DELŠÍM ODSTAVENÍ MOTORU

Jelikož je spalovací motor motorového vozu v provozu každý den již od brzkého rána až do pozdního večera bez zastavení, delším odstavením máme na mysli i pouhé 4 hodiny. Po každém odstavení, které trvá 4 hodiny a více je před dalším startem potřeba provést kontrolu, zda se v některém válci nenachází voda. Motory řady 170 DR totiž trpěly na praskání vložek válců a hlavy. Při takto vzniklé prasklině se do válce dostane chladicí kapalina, která může mít při startu fatální následky. Při startování motoru může dojít k vyražení hlavy. Proto je před uvedením motoru do provozu vhodné protočit motor startérem.

Mělo by stačit pouhé dvojí otočení motoru potřebné ke zjištění, zda se v některém z válců nachází voda. V případě, že ve válci voda opravdu je, motor se tzv. „kousne“. Následně je nutné zjistit, v kterém z válců se voda nachází. To se provádí pomocí povolování a následného vymontování šroubů pod přírubou výfukového potrubí tzv. „syčáků“. Šroub u válce, v kterém se nachází voda necháme vyšroubovaný a následně nastartujeme. Tím dojde k vytlačení kapaliny pístem ven z válce. Poté šroub vrátíme zpět a s motorem lze nouzově dojet. Po dojetí do depa se však musí defektoskopicky překontrolovat vložky válců, či hlava motoru a závadu odstranit. [12], [8]

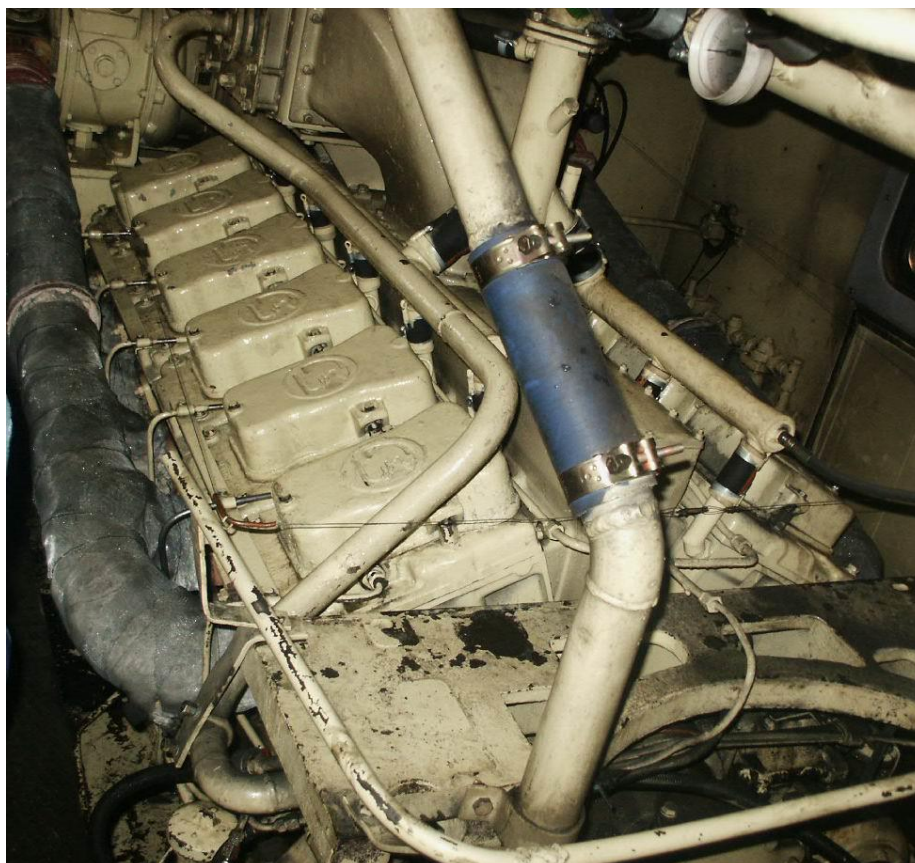


Obr. 22 Šrouby pod přírubou výfukového potrubí tzv. "syčáky" (šipkami označené) [12]



KONTROLA PROVOZNÍCH KAPALIN A PŘÍPADNÝCH NETĚSNOSTÍ

Mezi další úkony, které je nutné před uvedením motoru do provozu vykonat patří kontrola množství oleje, vody. Je nutné překontrolovat veškeré možnosti úniku provozních kapalin. Motory řady 170 DR také trápil problém s praskajícími vstřikovacími trubkami. To se projevilo především únikem nafty do mazacího oleje. Pokud tedy nedochází k úbytku oleje, je patrné, že jde právě o netěsnost v dopravě paliva. [12]



Obr. 23 Potřebná kontrola všech spojů, u kterých může dojít k netěsnosti na motoru KS 12 V 170 DR [12]

KONTROLA DIFERENCE TLAKU OLEJOVÉHO ČISTIČE

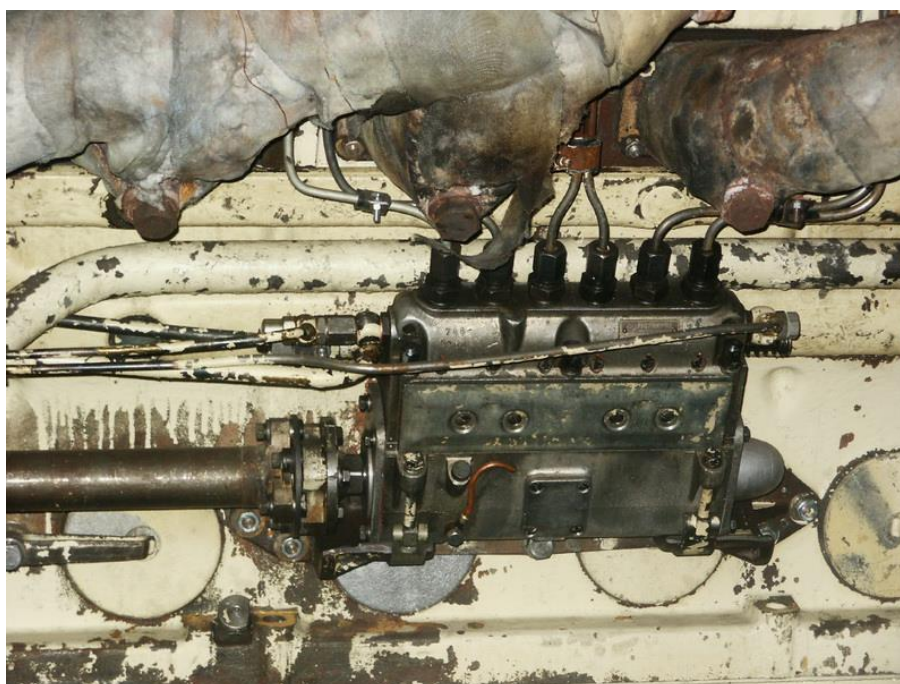
Mezi další část údržby patří rozhodně kontrola tlakových rozdílů mezi vstupem a výstupem olejového čističe. Pokud je rozdíl tlaků vysoký, je potřeba vyměnit výše zmíněnou papírovou filtrační vložku. Zanesená filtrační vložka má za následek pokles tlaku mazací soustavy provázený nízkým průtokem oleje za olejovým čističem. [12]



Obr. 24 Kontrola difference tlaku čističe oleje [12]

VSTŘIKOVACÍ ČERPADLA

Další poměrně častá závada souvisí se vstřikovacími čerpadly, u nichž docházelo k praskání trubek v těsné blízkosti víčka (pertl). Jelikož se čerpadlo nachází přímo pod výfukovým potrubím, následovalo stříkání nafty na rozpálené potrubí, které mohlo vést k následnému požáru. Proto je potřeba být ve střehu a v případě této závady jednat bleskově a stříkající naftu od potrubí odstínit. Při vhodné příležitosti je potřeba trubku vyměnit.



Obr. 25 Vstřikovací čerpadlo, u kterého docházelo k lomům vstřikovacích trubek [12]



Jakost zpracování vstřikovacích čerpadel, kterými byly motory řady 170 DR opatřeny, nebyla příliš vysoká. Pístky čerpadel se vyrábí vysoce přesným broušením. Stávalo se tedy, že tolerance předepsaná konstruktérem nebyla u všech pístků přesně dodržena. Vlivem nepřesného obrobení pístků docházelo k nerovnoměrné dávce paliva. Ta způsobila nepravidelný chod motoru, který je provázen nerovnoměrným zatížením součástí motoru. Čerpadla u páté série motoru KS 12 V 170 DR na tom byla již o trochu lépe, popsané problémy však zcela odstraněny nebyly. [12], [10]

4.5 REMOTORIZACE MOTOROVÝCH VOZŮ ŘADY 854

Špatný technický stav motorových vozů řady 850-853 donutil Československé dráhy přemýšlet o řešení dané situace. Po následných haváriích motorů KS 12 V 170 DR byla zvažována náhrada za motory 12 V 150 PV vyvinutých ve VÚ ČKD. Tyto motory se však do sériové výroby nikdy nedostaly a rekonstrukce se tím pádem nekonala. Byla tu také myšlenka rekonstrukce motorových vozů řad 852 a 853 na dvouagregátové provedení s dieselelektrickým přenosem výkonu. Hnací ústrojí měly tvořit dva shodné agregáty 6 Z 135 T s trakčními alternátory TA 611 z lokomotiv řady 704. I přesto, že toto řešení užívalo v té době dostupné agregáty, bylo příliš technicky i finančně náročné a zůstalo pouze na úrovni studie. [8], [6]



Obr. 26 Motorový vůz řady 854.212 [6]

S dalším projektem přišla společnost Škoda Dopravní technika Plzeň. Ta nabídla rekonstrukci motorových řad 852 a 853 ve stylu elektrifikace. Jednalo se o pohon jedním asynchronním trakčním elektromotorem. Toto řešení se ukázalo jako vhodné, jelikož by se vyřešil jak problém



pohonu těchto motorových vozů, tak doprava lehkých osobních vlaků na některých elektrizovaných tratích, pro které nemají ČD pro tyto výkony vhodná trakční vozidla. Z důvodu následného nezájmu výrobce však k této rekonstrukci nakonec nedošlo.

Situaci měl také řešit nástup nové řady motorových vozů 843, která měla nahradit problematické řady 850-853 a zastaralé vozy řady 830 a 831. Problém spočíval v tom, že nových motorových vozů řady 843 bylo vyrobeno pouze 31 kusů. Větší počet vozů si ČD nemohly z finančního hlediska dovolit. [6]

V rámci omezení finančního rozpočtu se ČD v listopadu 1996, po ujištění se o dostatku náhradních dílů k hydrodynamické převodovce H 750 M, rozhodly o nalezení ekvivalentní náhrady za spalovací motor KS 12 V 170 DR. [3] Jelikož se ČD rozhodly ponechat původní hydrodynamickou převodovku, muselo se jednat o agregát o stejném výkonu 588 kW se stejnými jmenovitými vstupními otáčkami 1470 ot./min převodovky. K dispozici byly pouze motory zahraničních výrobců, jelikož se v ČR žádný motor podobného výkonu a hmotnosti nevyrábí. Těmto požadavkům odpovídaly pouze dva motory. První motor americké společnosti CATERPILLAR 3412 E DI-TA a motor společnosti MTU s motorem typu 8 V 396.

Nakonec byl ke zkušební remotorizaci vybrán motor CATERPILLAR 3412 E DI-TA, protože umožňoval zástavbu bez úprav rámu vozu. K samotnému výběru přispělo i evropské zastoupení firmy Caterpillar firmou Phoenix – Zeppelin sídlící v Československu již od roku 1969. Tím odpadla nutnost skladového držení spousty náhradních dílů. [8], [6], [4]



Obr. 27 Motor Caterpillar 3412 E DI-TA připravený k zástavbě do motorového vozu řady 854 [13]



Tab. 7 Základní technické parametry motoru Caterpillar 3412 E DI-TA [4]

Základní technické parametry motoru Caterpillar 3412 E DI-TA	
Uspořádání	12 V
Jmenovitý výkon	588 KW při 1470 ot./min
Točivý moment	3892 Nm
Vrtání válce	137 mm
Zdvih pístu	152 mm
Objem motoru	27 l
Volnoběžné otáčky	600 ot./min

TECHNICKÝ POPIS

Jedná se o vznětový, vodou chlazený a dvěma turbodmychadly přepínaný vidlicový dvanáctiválec o vrtání 137 mm a zdvihu 152 mm. Motor disponuje výkonem 588 kW při 1470 ot./min. Jde o motor s přímým vstřikováním paliva s elektrohydraulickou jednotkou HEUI. Tato jednotka je řízena pomocí elektronického modulu ECM jímž je motor vybaven. Motor je kompaktní samostatné zařízení, které je vybaveno chladičem oleje, regulací a ochranami motoru.

Skříň motoru je odlitá a tvoří společně celek s blokem válců. Do skříně jsou vyvrtané otvory pro uložení klikové, vačkové hřídele a vložek válců. Šestkrát zalomený klikový hřídel je kovaný s povrchově kalenými čepy. Hřídel je uložen na sedmi kluzných ložiscích. Písty motoru jsou vyrobeny jako výkovky slitiny hliníku. Jsou opatřeny komůrkou ve dně pístu. Písty mají tři pístní kroužky, z nichž dva mají stírací funkci a jeden funkci těsnící. Ozubená soukolí pohonu vačkového hřídele, vodního, olejového a vysokotlakého čerpadla jsou kryta víkem na straně torzního tlumiče. Na spodní straně motoru je umístěno víko s olejovou vanou. [8], [6]

Hlavní cíl remotorizace byl tedy ve finále splněn. Motor společnosti Caterpillar se svou spolehlivostí opravdu osvědčil. Novější motor je navíc úspornější a šetrnější vůči životnímu prostředí. Hodnota měrné spotřeby paliva klesla z původních 237g/kWh na 196 g/kWh v případě motoru Caterpillar 3412 E DI-TA. Také došlo k výraznému zlepšení trakčních vlastností a celkové kultury cestování. [6], [13]



ZÁVĚR

Práce byla zaměřena na poslední tři již přepřítňované série a seznamuje s poměrně podrobným konstrukčním popisem třetí série značené K 12 V 170 DR, která vychází z prvních dvou atmosferických sérií tohoto dvanáctiválcového motoru. Použitím turbodmychadel došlo k výraznému navýšení výkonu a tím došlo k zlepšení trakčních vlastností. Následně byly srovnány dvě nejvíce konstrukčně odlišné přepřítňované série. Jednalo se o předposlední čtvrtou sérii a nejvíce přepracovanou pátou sérii značenou KS 12 V 170 DR. Každá série vznikla redukcí konstrukčních nedostatků, které byly zjištěny v průběhu provozu předchozích sérií motorů. U páté série došlo ke kompletnímu přepracování skříně pohonů, jednu z největších úprav také prodělalo olejové čerpadlo. Byly zde nově instalovány dva odstředivé olejové čističe, které zaručily lepší čistotu oleje a s ním související lepší mazací schopnosti. Plnicí turbodmychadla byla vyměněna za vysokotlaká, došlo zde poprvé k instalaci chladiče stlačeného vzduchu. Byla zde také použita zcela nová vstřikovací čerpadla, jejichž jakost byla relativně vyšší než u předchozích sérií, každopádně se stále jednalo o jednu z nejvíce problematických částí celého motoru.

V poslední části práce je pojednáno o spolehlivosti motorů řady 170 DR a jejich údržbě. Je zde uveden popis různých konstrukčních aspektů motorů řady 170 DR, jako je například systém hlavních a vedlejších ojníc. Jak již bylo v práci zmíněno, jednalo se o poměrně dobrou myšlenku jak snížit hmotnost a rozměr celého motoru. Ovšem v případě, kdy došlo k přidělení některého z válců, bylo právě místo napojení ojnice vedlejší na ojnici hlavní nejvíce náchylné k lomu. Tohoto systému bylo použito právě z důvodu maximální limity hmotnosti a rozměru motoru pro zástavbu do motorových vozů. Z kapitoly je zřejmé, že spolehlivost motorů řady 170 DR je ovlivněna hlavně vstřikovacími čerpadly a mazacím systémem motoru. U vstřikovacích čerpadel tuzemské výroby docházelo k proměnlivé jakosti obrábění pístků, což mělo za následek nerovnoměrnost dávky paliva do každé z řad válců. V důsledku nepravidelnosti chodu motoru docházelo k odlišnému namáhání součástí. U motorů řady 170 DR také docházelo k poškození vstřikovacích trysek. Pokud tryska přestala rovnoměrně rozprašovat palivo, docházelo k jeho nedokonalému spalování či stékání po stěnách válců, což mělo za následek smývání olejového mazacího filmu. Takto vzniklá závada se nedala okamžitě rozpoznat, a pokud byl motor nadále v provozu, většinou došlo k zadření příslušného válce. To se opět většinou projevovalo havárií na uložení.

Po téměř zdvojnásobení výkonu motoru v případě páté série KS 12 V 170 DR oproti první atmosferické sérii 12 V 170 DR, došlo k zlepšení trakčních vlastností. V případě zachování většiny konstrukčních částí, jako u první série motoru, tohle zvýšení výkonu vedlo k snížení spolehlivosti agregátu. Po stále narůstajícím počtu havárií pátých sérií motorů bylo finančně nevýhodné stále motory opravovat. Také z důvodu nedostatku financí na nákup dostatku nových motorových vozů řady 843, byly již v té době ČD nuceny hledat náhradní řešení. Finálně zvolená remotorizace motorových vozů řad 852 a 853 za účelem zvýšení spolehlivosti, kdy docházelo k výměnám původních motorů KS 12 V 170 DR za americké motory společnosti Caterpillar typu 3412 E DI-TA, byla splněna. Nové motory společnosti Caterpillar se ukázaly jako spolehlivé a navíc šetrné vůči životnímu prostředí.



POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] Kolektiv VÚNM A ČKD. Naftové motory čtyřdobé. 2. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1964.
- [2] MÜLLER, J., P. HELDES a J. VENTRUBA. Naftové motory řady 170 kolejových motorových vozidel. 2., přeprac. a rozš. vyd. Praha: Nadas, 1970.
- [3] KONOPIK, J. Přenosy výkonů I-V. Dráha. Praha: Nadatur, 2007-2011. ISSN 1211-1260.
- [4] Motorové vozy. *Atlas lokomotiv* [online]. c2004-2017 [cit. 2017-04-17]. Dostupné z: <http://www.atlaslokomotiv.net/list-mv.html>
- [5] Řada 850 ČD A ŽSSK. *Stránky o prototypch a lokomotivních unikátech v ČR a SR* [online]. 2001 [cit. 2017-04-17]. Dostupné z: <http://www.prototypy.cz/?rada=850>
- [6] *Motorové vozy 852, 853, 854 a řídicí vozy 954* [online]. 2005 [cit. 2017-04-17]. Dostupné z: <http://www.854foto.net>
- [7] Kapitola VI. Ekologické aspekty železniční dopravy (ČÁST 1). *Projekt150.havel.cz* [online]. c2009 [cit. 2017-04-17]. Dostupné z: <http://projekt150.ha-vel.cz/node/143>
- [8] BITTNER, Jaromír. Motorové vozy aneb od Hurvínka po Regionovu. 1. vyd. Praha: Gradis Bohemia, 2003, 232 s., ISBN: 978-80-86925-01-3
- [9] VENTRUBA, Jan. Naftové motory řady 170 kolejových motorových vozidel. 1. vyd. Praha: NADAS, 1964, 200 s.
- [10] Motory drážních vozidel. *Atlas lokomotiv* [online]. c2004-2017 [cit. 2017-04-23]. Dostupné z: <http://www.atlaslokomotiv.net/page-motory.html>
- [11] Motor 12V 170DR. *Klub přátel zeleného sergeje* [online]. [cit. 2017-04-23]. Dostupné z: <http://kpzs.logout.cz/t334/popis/motor.html>
- [12] MARTÍNEK, Zdeněk. *Příručka pro strojvedoucí*. Brno, 2004.
- [13] Pětistý lokomotivní motor Caterpillar předán. *Zelpage.cz* [online]. [cit. 2017-04-24]. Dostupné z: <http://www.zelpage.cz/zpravy/8174>
- [14] Spalovací motory Caterpillar pro platné emisní limity Stage IIIA. *Railvolution.net* [online]. Česká Třebová: Jiří Štěpánek, 2009 [cit. 2017-05-03]. Dostupné z: <http://www.railvolution.net/czechraildays/2009/seminare/kv09.pdf>



SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

ČKD	Českomoravská-Kolben-Daněk
ČD	České dráhy
VÚ	Výzkumný ústav
OHC	„Over head camshaft“
OHV	„Over head valve“