

Ing. Vladimír P a t e r a , VÚHU
Karel H a v e l , VÚHU

Posouzení vlivu pohonných směsí na opotřebení pracovních
elementů vstřikovacího čerpadla

1. Úvod

Podmínky, ve kterých pracují veškeré mechanismy na povrchových dolech koncernu Severočeské hnědouhelné doly, jsou ve-lice těžké. Za zvlášť obtížnou je nutno považovat službu všech strojů z pomocné mechanizace. Patří sem rýpadla na kolových a housenicových podvozcích, nákladní automobily, nakladače, do-zery apod.

Stroje, které tvoří jádro prostředků pomocné mechanizace, jsou vybaveny vznětovými motory. Vznětové motory vzhledem ke svému obecně vysokému měrnému výkonu, nízké měrné spotřebě a vý-hodnému průběhu točivého momentu ukázaly v průběhu svého vývo-je, že jsou předurčeny k nasazení v podmínkách na povrchových dolech zcela běžných. Máme na mysli častý chod s maximálním výkonem motoru, pohyb po neupravených cestách, překonávání vel-kých stoupání apod.

Samostatnou kapitolou pak je jejich parkování venku za každého počasí a běžná údržba prováděná v polních podmínkách. Je proto samozřejmé, že zejména zimní měsíce se stanou důklad-nou prověrkou technického stavu nejen hnacích motorů, ale i ji-mi hnaných strojů.

Obecně lze říci, že palivová soustava vznětových motorů je jedním z uzlů, kde se klimatické vlivy projevují zvlášť intenzívně. Proto také vznětové motory neužívají palivo s kon-stantními chemicko-fyzikálními vlastnostmi. Hlavní vztažný bod pro určení těchto vlastností je atmosférická teplota. Prá-vě tato veličina výrazně ovlivňuje vlastnosti vznětových moto-rů při spouštění. O šíři problému dá v rámci těžebních podniků

koncernu přehled následující tabulka.

Tabulka č. 1

Evidenční stavy některých mechanizačních prostředků se vzně-
tovými motory
(těžební podniky)

Stroj	Počet	Poznámka
Dozery	547	I pro výkon nad 200 kW
Nakladače	128	
Rýpadla pásová	79	Do objemu lopaty 2,5 m ³
Rýpadla kolová	28	
Autojeřáby	126	
Truboklady	21	
Dokončovací zemní stroje	68	
Jiné zemní stroje	112	Scraper, Grader, Dumper

2. V současné době vyrábí a distribuje Benzina n.p. 3 druhy motorové nafty: letní nafta NM - 4, zimní nafta NM - 22 a pro zvlášť vysoké mrazy NM - 35. Z těchto tří druhů jsou běžně do-
dávány NM - 4 (letní) a NM - 22 (zimní). Tyto druhy nafty se
v podstatě od sebe liší množstvím parafínu, který je v nich
obsažen. Tím jsou dány i teploty vylučování parafínu, filtro-
vatelnost a bod tuhnutí pro jednotlivé druhy nafty.

Tabulka č. 2

Vlastnosti motorové nafty vzhledem k teplotě

	NM - 4	NM - 22	NM - 35
Teplota vylučování parafínu (°C)	+ 3.	- 10	- 25
Filtrovatelnost (°C)	-	- 15	- 30
Bod tuhnutí (°C)	- 4	- 22	- 35

Z toho je zřejmé, že se čerpatelnost nafty v palivovém systému motoru při nízkých teplotách zhoršuje. Vylučováním parafínu dojde ke změně hydraulických poměrů v palivové soustavě motoru. Podstatné zhoršení se projeví v čističích paliva, které vyvrcholí až jejich neprůchodností. Odtud tedy plynou potíže se startováním i s udržením strojů a zařízení v chodu při velmi nízkých provozních teplotách.

Na k.p. DVIL Komořany byla pro pohon dozerů DET 250 ke zlepšení startovatelnosti použita směs motorové nafty s leteckým petrolejem (směs uhlovodíků vroucích při 135° - 275°C), což jsou teploty nižší než u nafty (150° - 360°C). Zkušebně byla stanovena hranice poměru jednotlivých složek do maximálně 20 objemových procent leteckého petroleje PL-6.

Úkolem VÚHU, k.ú.o. bylo posoudit vliv pohonné směsi tvořené 80 % motorové nafty a 20 % leteckého petroleje na opotřebení pracovních agregátů palivového okruhu. Toto opotřebení se porovnávalo s opotřebením, které vzniklo při použití "klasické" pohonné směsi - 100 % motorové nafty.

3. Provedení zkoušky

Zkouška opotřebení byla provedena na dvou vstřikovacích čerpadlech typu NS 327 - 00 - 4, určených pro motor dozeru DET 250. Čerpadla byla dodána ze skladu nová - nepoužitá. Jako hlavní uzly opotřebení byly stanoveny plovoucí písty. Z konstrukčního provedení vstřikovacích elementů vyplývá, že jde o čerpadlo s plovoucími písty. To znamená, že mezi pracovním povrchem válců a pístů se udržuje tenká vrstva čerpaného média. Tato skutečnost vylučuje opotřebení povrchu válců a pístů účinkem adheze. Proto bylo k vyřešení úkolu použito několika metod:

1. Metoda měření změn délkových rozměrů
2. Metoda měření úbytku hmotnosti
3. Metoda měření změn povrchu

Všechny tři metody použily jako výchozí hodnotu skutečný stav pístů na nových čerpadlech. Konečný stav byl získán reálným měřením pístů po ukončení laboratorních zkoušek. Měření pístů bylo realizováno ve spolupráci s měrovým střediskem SHD v KSK k.p. na délkoměru ZEISS. Vážení pístů bylo provedeno v laboratorních váhách Chirana P 3 - 200.

Vlastní zkouška čerpadel byla provedena na zkušební stolici v laboratoři opotřebení VÚHU. Pohon čerpadel a kontrola jejich provozního režimu byly zajištěny zařízením Tribotestor (obr. 1). Průběžně byly kontrolovány otáčky čerpadel, teplota okolí a teplota povrchu čerpadel. Dávkování paliva bylo nastaveno u obou čerpadel na maximální množství. Otáčky pro průběh zkoušky byly stanoveny na $n = 500 \text{ min.}^{-1}$. Náplň v uzavřeném palivovém okruhu byla 100 % motorové nafty pro čerpadlo 1 a 80 % motorové nafty + 20 % leteckého petroleje pro čerpadlo 2. Obě čerpadla byla naplněna olejem M 6 ADV. Celková doba průběhu zkoušky byla 201 hodina chodu.

Po ukončení zkušebního cyklu byly odebrány vzorky pohonných směsí a vzorky mazacích náplní z obou čerpadel.

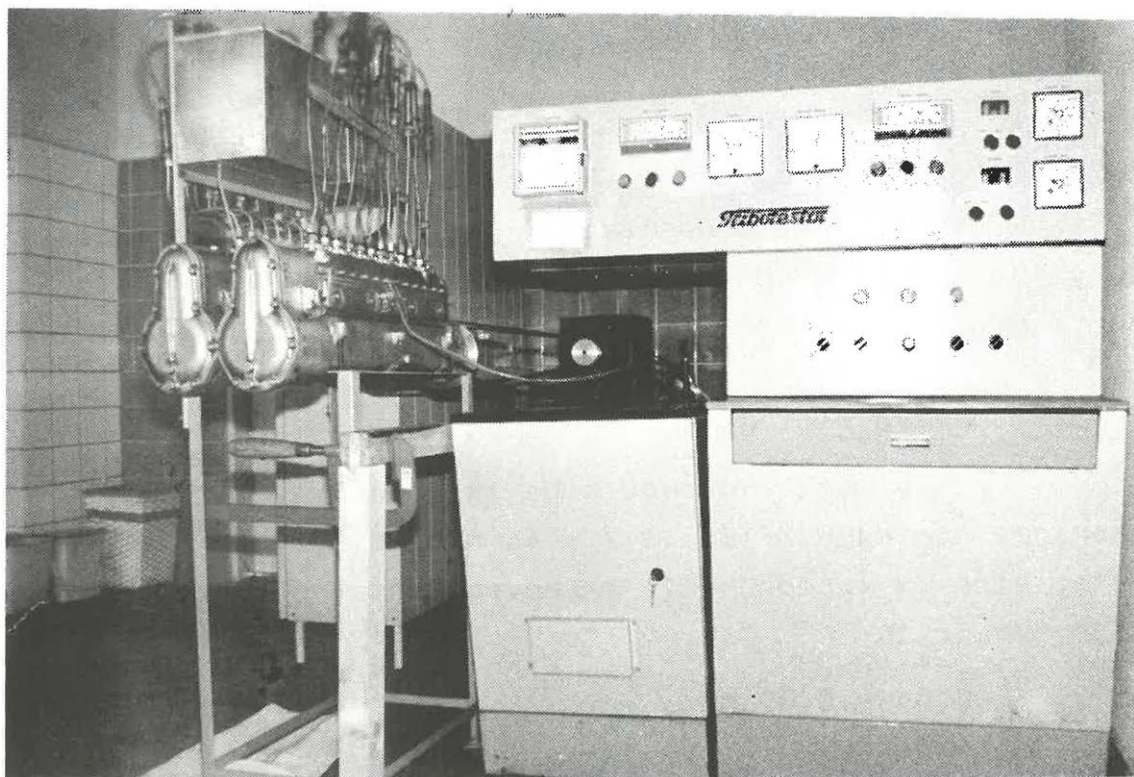
4. Vyhodnocení zkoušky

4.1 Měření úbytků otěrových ploch

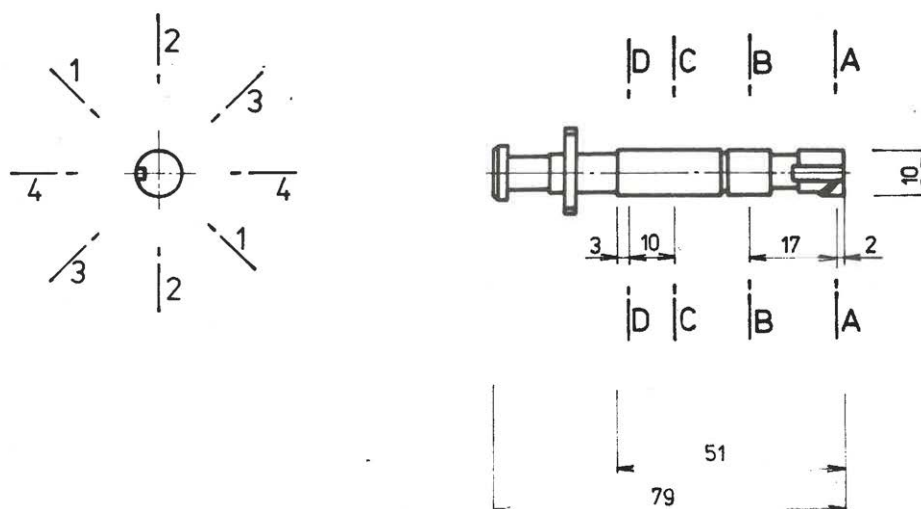
Měření pístů před zkouškou a po zkoušce podle zvoleného systému (obr. 2) bylo získáno 2 x 15 naměřených hodnot pro každý píst. Při vyhodnocování naměřených hodnot se prokázalo, že jednotlivé pracovní elementy jsou vyrobeny s vysokou přesností (10^{-3}). Rozdíly mezi maximálním a minimálním rozměrem jsou malé. Také se neprojeví mezi naměřenými hodnotami žádná závislost (např. ovalita, kuželovitost, atd.). Proto lze soubor naměřených hodnot považovat za statisticky nezávislý. Statistickým vyhodnocením 360 údajů pro každé čerpadlo dostaneme střední úbytky průměrů pístů

$$\Delta D_1 \text{ stř.} = 0,0010 \pm 0,0022 \text{ mm}$$

$$\Delta D_2 \text{ stř.} = - 0,0003 \pm 0,0019 \text{ mm}$$



Obr. 1 Tribotestor - zkušební stolice



Obr. 2 Roviny pro měření průměrů

Polohy tolerančních polí pro střední úbytky průměrů pístů obou čerpadel jsou na obr. 3.

Při porovnání průniku tolerančních polí k tolerančnímu poli čerpadla 2 v procentech dostaneme ~ 74 %. Z toho lze usuzovat, že výsledná hodnota opotřebení leží v tomto průniku tolerančních polí a že je pro oba případy s nejméně 74 % pravděpodobností stejná. Opotřebení leží v rozmezí 0 - 0,0016 mm.

4.2 Měření úbytků hmotností

Vážením pístů před zkouškou a po zkoušce byly získány 2 x 4 hodnoty pro každý píst. Z 2 x 48 hodnot byl pro obě čerpadla statistickým vyhodnocením stanoven shodný průměrný hmotnostní úbytek pístů

$$\Delta M_{\text{stř.}} = 0,03 \pm 0,05 \text{ g}$$

Z uvedeného vyplývá, že průměrné úbytky hmotností se pohybují v rozmezí 0 + 0,08 g.

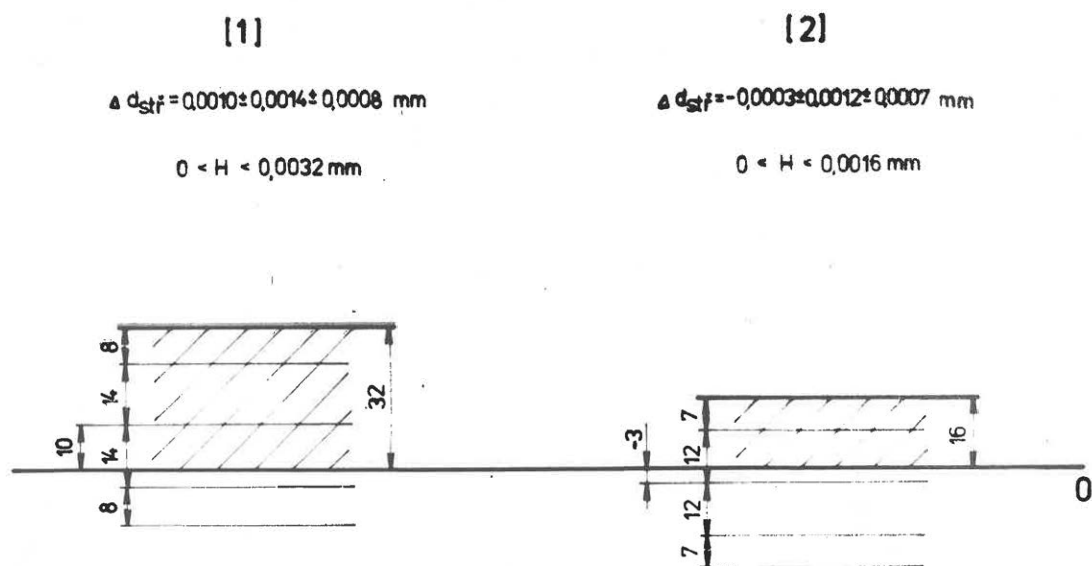
4.3. Rozbory olejů a pohonných směsí

Odebrané vzorky z čerpadel 1 a 2 byly porovnány se vzorkem nepoužitého oleje a pohonné směsi.

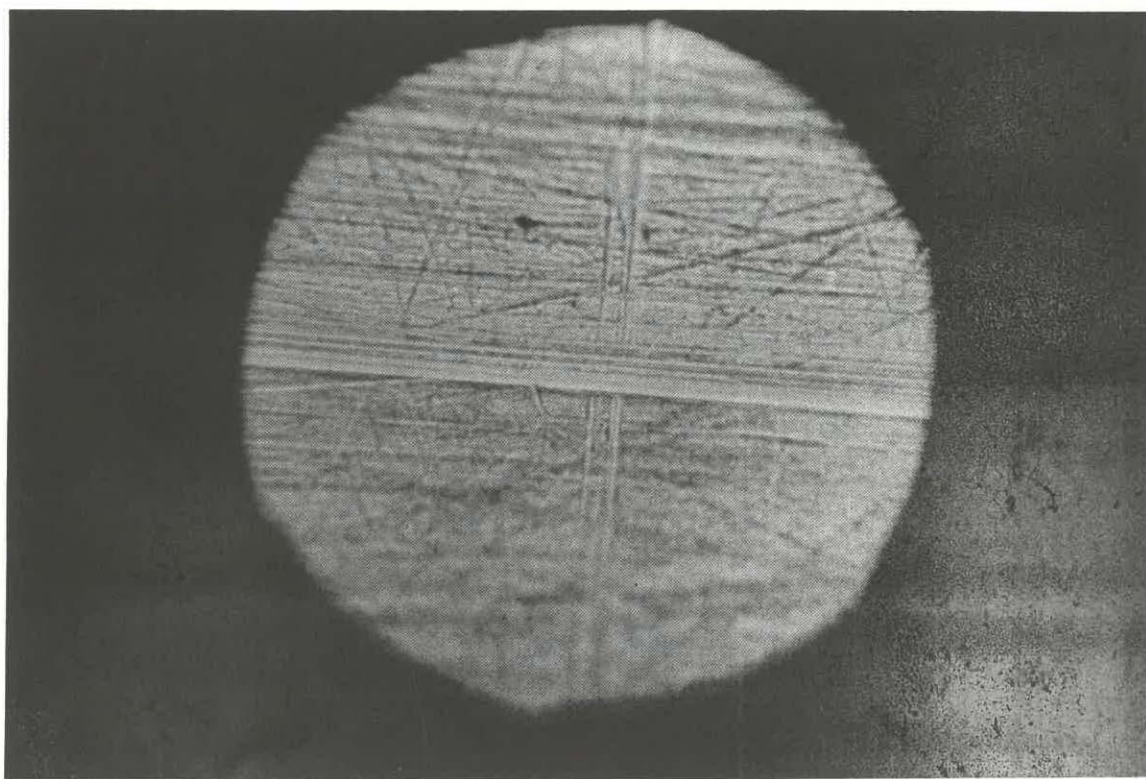
Při vzájemném porovnání má nepoužitý olej tyto podstatné parametry: 0 % vody, 0 mg otěrových kovů. Olej po zkoušce z čerpadla 1 má 0 % vody, otěrové kovy: 14 mg/kg Fe a 2,7 mg/kg Cu. Olej z čerpadla 2 má 0 % vody, otěrové kovy: 17,7 mg/kg Fe a 1,6 mg/kg Cu.

Přítomnost Cu lze vysvětlit opotřebením ochranných vrstev pružin při montáži i při vlastním pracovním cyklu čerpadel. Je zřejmé, že opotřebení součástí, které se dostávají do styku s olejem, je přibližně stejné u obou čerpadel.

Při porovnání vzorků pohonných směsí lze konstatovat, že ani u nové nafty, ani u směsí od čerpadel 1 a 2, se v rozboru neobjevila voda ani otěrové materiály. Zjištěné mechanické nečistoty jsou u všech vzorků stejné, a to 0,001 %.



Obr. 3 Toleranční pole středních úbytků průměrů

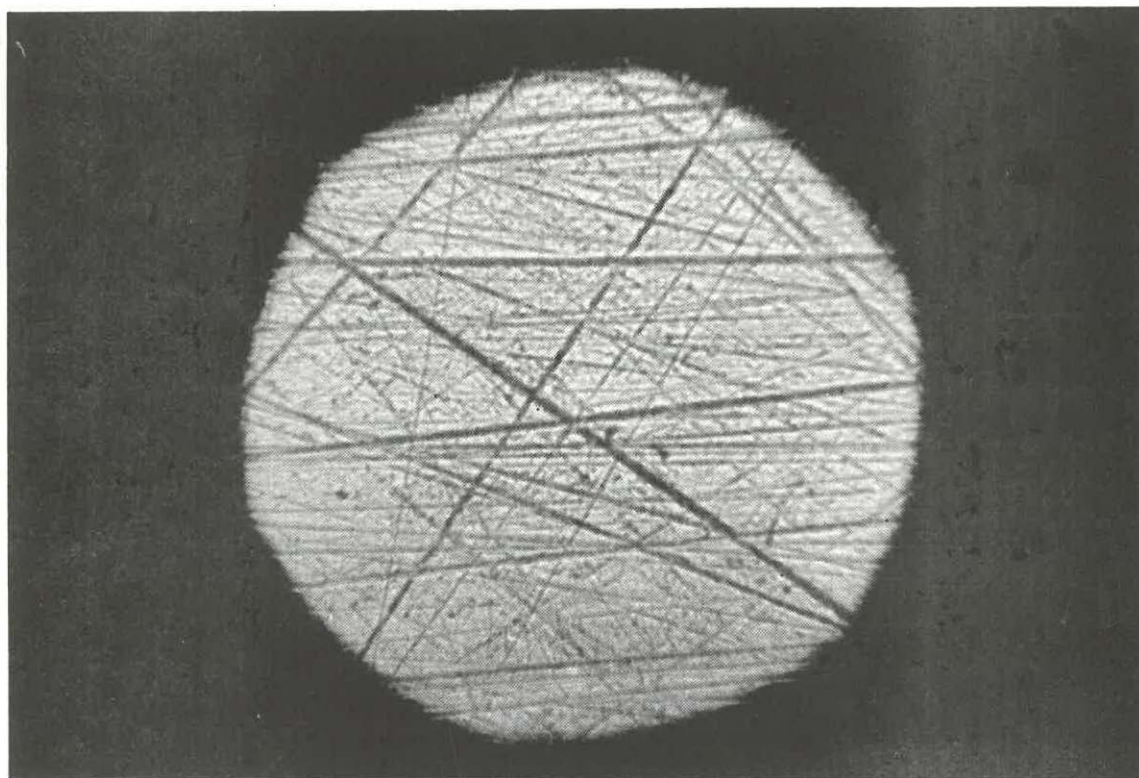


Obr. 4 Píst 6/1 - otěr zvětšeno 250 x

Z toho vyplývá, že opotřebení pístů v místech, kde dochází ke styku s naftou, je velmi malé, neboť se neprojevalo vzrůstem otěrových kovů ve vzorcích pohonné směsi.

4.4 Posouzení velikosti otěru z mikrosnímků

Po demontáži čerpadel byly všechny písty na pracovních válcových plochách zkontrolovány pod mikroskopem při 250 násobném zvětšení. Z toho byly vybrány ty písty, na kterých byly viditelné otěry maximální, a v těchto místech byly fotografovány pod mikroskopem. Jsou to písty 6/1 (obr. 4) z čerpadla 1 a 12/2 (obr. 5) z čerpadla 2. Obrázky jsou 250krát zvětšeny. Tyto záznamy dokazují, že proti původnímu povrchu pístu, který je tvořen lapováním (jemné křížové čáry), již vznikají na povrchu příčné a podélné čáry - vrypy, které jsou důsledkem průběhu opotřebení.



Obr. 5 Píst 12/2 - otěr zvětšeno 250 x

Protože nejširší rýha je na obr. 4, zvolíme ji pro určení maximální změny průměru pístu. Předpokládejme, že stejná rýha se nachází i na druhé straně vzorku. Pak lze určit změnu průměru pístu vztahem

$$\Delta d = d / 1 - (1 - \frac{1^2}{d^2})^{\frac{1}{2}} /$$

kde l = šířka rýhy (mm)

d = průměr pístu (mm)

Při 250násobném zvětšení vychází na obr. 4 největší šířka rýhy $l = 3$ mm. Z toho vyplývá:

$$l = \frac{3}{250} = 0,012 \text{ mm}$$

Pak změna průměru pístu Δd

$$\Delta d = 10 / 1 - (1 - \frac{0,012^2}{10^2})^{\frac{1}{2}} / = 7,2 \cdot 10^{-6} \text{ mm}$$

Tato hodnota je velmi malá, řádově 10^{-5} mm.

5. Shrnutí výsledků

Určeme souvislosti mezi jednotlivými způsoby a metodami měření pro obě čerpadla.

Z měření úbytků otěrových ploch je patrné, že s pravděpodobností 74 % je opotřebení stejné a že leží v rozmezí $0 \div 0,0016$ mm. Pokud výsledky této metody srovnáme s velikostí otěru z mikrosnímků, je prokazatelné, že změna Δd , způsobená vrypem, nemohla být metodou měření zaregistrována. Přesnost měřicího zařízení je 100krát menší než hodnota Δd . To nasvědčuje tomu, že skutečné opotřebení pístů se bude blížit nule. Protože na mikrosnímcích je velmi dobře zřetelná původní struktura povrchu součástí, na které jsou místní vrypy, došlo k opotřebení pouze v těchto místech. A tato metoda dává nej-

přesnější výsledky. To souhlasí i s rozbořem pohonných směsí, ve kterých nebyly žádné otěrové materiály objeveny.

Metoda měření úbytku hmotností však dává výsledky, které jsou v rozporu s tímto tvrzením. Výsledky této metody však lze vysvětlit tím, že opotřebení pístů mohlo být způsobeno na jiném místě, konkrétně na dříku v místě upevnění tlačné pružiny a v místě styku se zdvihátkem. To souhlasí se vzrůstem množství otěrových kovů v olejové náplni. Tím všechny způsoby a metody měření opotřebení dávají ucelený obraz o charakteru opotřebení.

6. Závěr

Ani jedna metoda jednoznačně neupřednostňuje použití nafty nebo směsi nafty s leteckým petrolejem při vlivu na opotřebení aktivních pracovních elementů vstřikovacího čerpadla. Lze říci, že použití směsi 80 % nafty a 20 % leteckého petroleje nezpůsobilo ve vstřikovacím čerpadle zvýšené opotřebení.

S přihlédnutím k dobrým provozním zkušenostem při spouštění vznětových motorů v zimních měsících, lze směs motorové nafty a leteckého petroleje doporučit.

Za vhodný poměr mísení ověřený laboratorně i provozně považujeme 80 objemových procent motorové nafty a 20 objemových procent leteckého petroleje.

S h r n u t í

Posouzení vlivu pohonných směsí na opotřebení pracovních elementů vstřikovacího čerpadla

Autoři se zabývají vlivem pohonných směsí na opotřebení pracovních elementů vstřikovacího čerpadla. Pro možnost tohoto posouzení byly stanoveny dva druhy pohonných směsí, které byly při stejných pracovních podmínkách vstřikovacích čerpadel odzkoušeny. Vyhodnocením zjištěných hodnot před zkouškou a po zkoušce byly stanoveny změny parametrů měřených hodnot a z toho stanovena závislost opotřebení.