

Vysoká škola strojní a textilní v Liberci, nositelka
Řádu práce

Fakulta strojní
obor 23-20-8

Stroje a zařízení pro strojírenskou výrobu

zaměření - stroje a zařízení pro průmyslovou dopravu

katedra strojů průmyslové dopravy

ÚPRAVA MOTORŮ LIAZ ŘADY M PRO PROVOZ NA TĚŽKÉ PALIVO
=====

KSD - 123

J i ř í D a n ě k

Vedoucí práce: Ing. Lubomír Moc
Konzultant: Doc. Ing. Stanislav Beroun, CSc.

Rozsah práce a příloh

počet stran: 59
počet tabulek: 4
počet obrázků: 29

11. května 1987

Střední průmyslová škola strojnická
Liberec

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMELECKÉHO DÍLA, UMELECKÉHO VÝKONU)

pro Jiřího D a ň k a

obor 23-20-8 stroje a zařízení pro strojírenskou výrobu

Vedoucí katedry Vám ve smyslu nařízení vlády ČSSR č. 90/1980 Sb., o státních závěrečných zkouškách a státních rigorózních zkouškách, určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: Úprava motorů LIAZ řady M pro provoz na těžké palivo

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ

Ústřední knihovna

LIBEREC 1, STUDENTSKÁ

PSČ 461 17

Zásady pro vypracování:

- 1) V rešeršní části zpracujte přehled používaných uspořádání a řešení motorů spalujících těžká paliva. Zaměřte se zejména na výkonovou oblast motorů do 300 kW a na řešení palivového systému těchto motorů.
- 2) Proveďte rozbor vlivu složení a vlastností těžkých paliv na provozní parametry motoru, složení výfukových plynů apod.
- 3) Zpracujte základní návrh uspořádání pro motory řady LIAZ, při návrhu vycházejte z dostupných dílů a příslušenství čsl. výroby.
- 4) Proveďte ekonomické posouzení návrhu.

V 62/87 S

Rozsah grafických prací: návrh palivového systému motoru na těžká paliva

Rozsah průvodní zprávy: cca 30 stran

Seznam odborné literatury: odborné časopisy (Expres informace, MTZ, apod.)
dokumentace motorů a.p. ČKD Praha

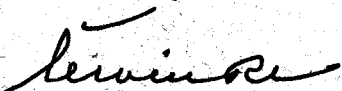
Vedoucí diplomové práce: Ing. Lubomír Moc

Konzultant: Ing. Stanislav Beroun, CSc.

Datum zadání diplomové práce: 29. listopadu 1985

Termín odevzdání diplomové práce: dle harmonogramu




Doc. Ing. Oldřich Červinka, CSc.
Vedoucí katedry


Doc. Ing. Ján Alaxin, CSc.
Děkan

v Liberci dne 29. listopadu 1985

P r o h l á š e n í

Mistopřísežně prohlašuji, že jsem předloženou diplomovou prací vypracoval samostatně, za pomoci uvedené literatury.


J i ř í D a n ě k

V Liberci dne 11. května 1987

O B S A H

	Str.	
1.	Úvod	2
2.	Typy těžkých paliv	4
2.1	Zahraniční těžká paliva	4
2.2	Československá těžká paliva	9
3.	Přehled používaných motorů spalujících těžká paliva	11
3.1	Motory SULZER	11
3.2	Motory MWM TB D 511 firmy MWM	21
3.3	Československý motor ZJ 275 PV	23
3.4	Československý motor 6 - 27,5 B8	32
4.	Vliv složení těžkých paliv na provozní parametry motoru	36
4.1	Vliv složení paliva na provoz motoru	36
4.2	Vliv teploty ohřevu paliva na provoz motoru	38
5.	Návrh palivového systému motorů LIAZ M 634	43
5.1	Činnost palivového systému	44
5.2	Rozběh a doběh motoru	45
5.3	Návrh základních prvků palivového systému	46
6.	Ekonomické posouzení	58
7.	Závěr	59

Seznam uvedených zkratk

m_{pe} /g/kWh/	měrná spotřeba paliva
M /kg/	denní spotřeba paliva
P_e /kW/	jmenovitý výkon motoru
t /s/	čas
V /m ³ /	objem
m /kg/	hmotnost
ρ /kg/m ³ /	hustota
Q /J/	teplo
c /J/kg K/	měrné teplo
Δt /K/	teplotní spád
m_p /kg/s/	průtočné množství
Q_p /J/s/	teplo předané proudící kapalině
t_1 /K/	teplota nafty
t_2 /K/	teplota mazutu
Q_G /l/min/	průtok
s_p /MPa/	tlakový spád
η	účinnost
P_{HG} /w/	příkon čerpadla
S_M /mm ² /	průřez otvorů vstříkovací trysky pro mazut
S_N /mm ² /	průřez otvorů vstříkovací trysky pro naftu
H_N /kJ/kg/	výhřevnost nafty
H_M /kJ/kg/	výhřevnost mazutu
k	průtočný součinitel
η_T	tepelná účinnost
i	počet vstříkovacích otvorů
d /mm/	průměr
V_M /m ³ /	objem nádrže na mazut
V_N /m ³ /	objem nádrže na naftu
R	elektrický odpor
U /V/	napětí
I /A/	proud

1. ÚVOD

Pohonné jednotky spalující ropné produkty se staly základní součástí dopravy a přes veškerou snahu vyvinout jiný druh pohonu budou ještě dlouhou dobu převládajícím druhem pohonu, převážně pro mobilní použití.

Celosvětové zásoby ropy, která je jednou z nejdůležitějších surovin, se odhadují na 330 miliard tun, z čehož 140 miliard tun tvoří zásoby uložené v zemích OPEC a 55 miliard tun je uloženo v polárních oblastech a pod mořským dnem. Při předpokládaném dalším růstu spotřeby o 3 % ročně v průměru by celosvětové zásoby ropy měly lidstvu vydržet asi 65 let. Ale soudobou těžební technikou lze ropná ložiska vytěžit průměrně jen ze 35 % a procento vytěžitelnosti zavádění nových technologií stoupá velmi pomalu.

U nás musíme více jak 95 % ropy a zemního plynu dovážet. Za posledních 20 roků se spotřeba ropy u nás více jak zčtyřnásobila a ceny na světovém trhu stouply desetkrát.

V hlavních směrech hospodářského a sociálního rozvoje na léta 1986 - 1990 se pokládá za nezbytné dosáhnout v národním hospodářství minimálně 2 % průměrných ročních úspor paliv a energie.

Velké úsilí má být věnováno hospodárnému využití a úsporám ropy a zemního plynu. Mimořádná pozornost se má v souladu se státním plánem a cílovým programem racionalizace a spotřeby paliv a energie věnovat též využití nových, netradičních druhotných paliv a energetických zdrojů. Využívání těchto zdrojů je výslovně a přednostně zařazeno mezi úkoly vědeckotechnického rozvoje, na které mají být zaměřeny výzkumové a vývojové práce.

Jako jedna možnost úspory motorové nafty se ukazuje přestavba palivové soustavy vznětového motoru na spalování těžkých paliv. Tato metoda se již plně uplatňuje u pomaloběžných vysoce výkonných motorů, určených pro pohon lodí. Po roce 1955 bylo téměř výjimkou, když loď nebyla vybavena zařízením na úpravu těžkého paliva, určeného ke spalování v hlavním motoru.

Ve Výzkumném ústavu ČKD byla problematice spalování těžkých paliv věnována pozornost od počátku šedesátých let. Nejdříve byl proveden výzkum podmínek pro provoz motorů středního vrtání - motorové řady 160, později pro provoz přeplňovaných motorů řady 275 III na československé méně kvalitní palivo "Slovnaft" a lehký topný olej L s kinematickou viskozitou cca $16 \text{ mm}^2/\text{s}$ při 50° C . V letech 1972 až 1975 výzkumný ústav aktivně spolupracoval se závodem ČKD Hradec Králové při aplikaci motorů řady 525 a 380 na sovětské palivo DT.

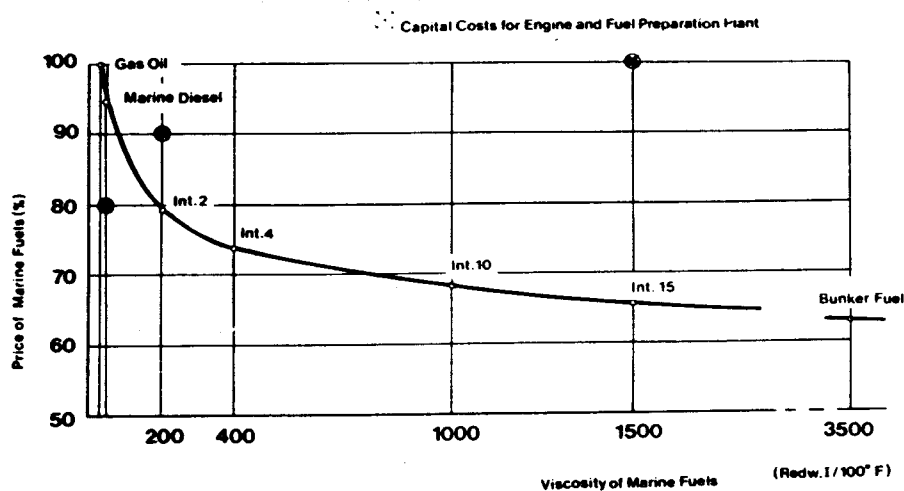
Řešením přestavby palivové soustavy motorů pro provoz na těžké palivo se zabývá i moje diplomová práce. Cílem práce je návrh palivové soustavy pro motory Liaz řady M.

2. TYPY TĚŽKÝCH PALIV

2.1 Zahraniční těžká paliva

Těžká paliva jsou zbytkové produkty při destilaci ropy, jejich použití na motorech je opodstatněno především ekonomickým hlediskem, sníženými náklady na palivo. Používaná těžká paliva jsou typická vysokou hodnotou kinematické viskozity, zvýšeným obsahem příměsí síry, vanadu, sodíku, mechanických nečistot a vody.

Na obrázku 1 je uveden dobře známý vztah mezi viskozitou paliva a jeho cenou. Značný rozdíl mezi cenou lehkého a těžkého paliva vysvětluje, proč je u většiny lodních motorů a motorů velkých výkonů u stacionárních jednotek používáno těžké palivo.



Obr. 1 Závislost viskozity a ceny typických paliv používaných v lodním provozu
Price ... = cena paliva
Capital Costs ... = investiční náklady na motor a zařízení pro úpravu paliva

Obr. 1 Závislost viskozity a ceny typických paliv používaných v lodním provozu

V minulosti byla používána hlavně střední paliva viskozity 200 - 600 s Red I, ale okolo roku 1976 nastoupil silný trend ve prospěch paliv viskozity 1000 - 1500 s Red I.

S ohledem na ekonomii provozu na těžké palivo musí být porovnána cena potřebného zařízení, náklady na údržbu a generální opravy s nižší cenou paliva. Ve srovnání s lodní motorovou naftou lze dosti přesně určit zvláštní vydání na motor a na zařízení pro úpravu paliva. Jsou to převážně:

+ 10 % pro střední palivo 200 - 400 s Red I

+ 20 % pro střední palivo 1000 - 1500 s Red I

Provozní náklady na údržbu a generální opravy lze určit obtížněji. Závisí na konstrukci motoru, převážně na palivovém systému. Kvalita těžkých paliv značně kolísá a závisí zejména na jejich původu. Určitou představu o palivech, která jsou používána v lodním provozu a jsou na světovém trhu, lze získat z dále uvedeného přehledu.

Těžká paliva

Palivo "Bunker C" je vysoce viskózní a skládá se obvykle z destilačních zbytků. Střední palivo je směs z "Bunker C" a lodní motorové nafty /obr. 2/.

Destilovaná paliva

Lodní motorová nafta se skládá z tmavě zabarvených podílů destilace s podílem destilačních zbytků /British Standard - třída B 2/ zatímco motorová nafta je kombinace lehkých podílů destilace neobsahujících destilační zbytky /BS třída B 1/.

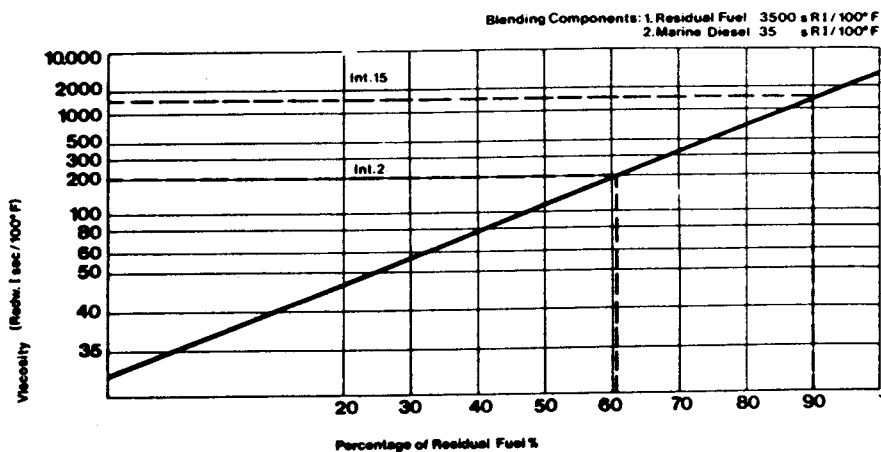
Z tabulky 1 je zřejmé, že nejužívanější jsou střední paliva v rozsahu 1000 - 1500, a to 60 % ze všech používaných paliv. Široký rozsah charakteristik těchto paliv je zřejmý z následující tabulky 2.

Tabulka 1 - Použití různých paliv v procentech

T y p	Viskozita /sR 1/100 ⁰ F/	Použití %
střední palivo	2000 - 3000	10
střední palivo	1500	43
střední palivo	1200	2
střední palivo	1000	19
střední palivo	200-800	8
motorová nafta B 2		17
motorová nafta B 1		1

Tabulka 2 - Charakteristiky středního paliva 1500

	Blízký východ			Severní Amerika	Západní Středozemí	Venezuela
Síra %	2,3	3,8	3,9	0,25	3,--	2,3
Karbon zbytek %	8,4	8,5	9,4	5,7	6,--	9,6
Vanad	170	43	100	2	100	335
Bod tuhnutí °C	16	7	- 4	38	7	- 12



Obr. 2 Diagram ukazující směšovací poměry nafty a zbytkového paliva pro výrobu středních paliv

Percentage = procento zbytkového paliva

Blending Components = složky směsi: 1. zbytkové palivo

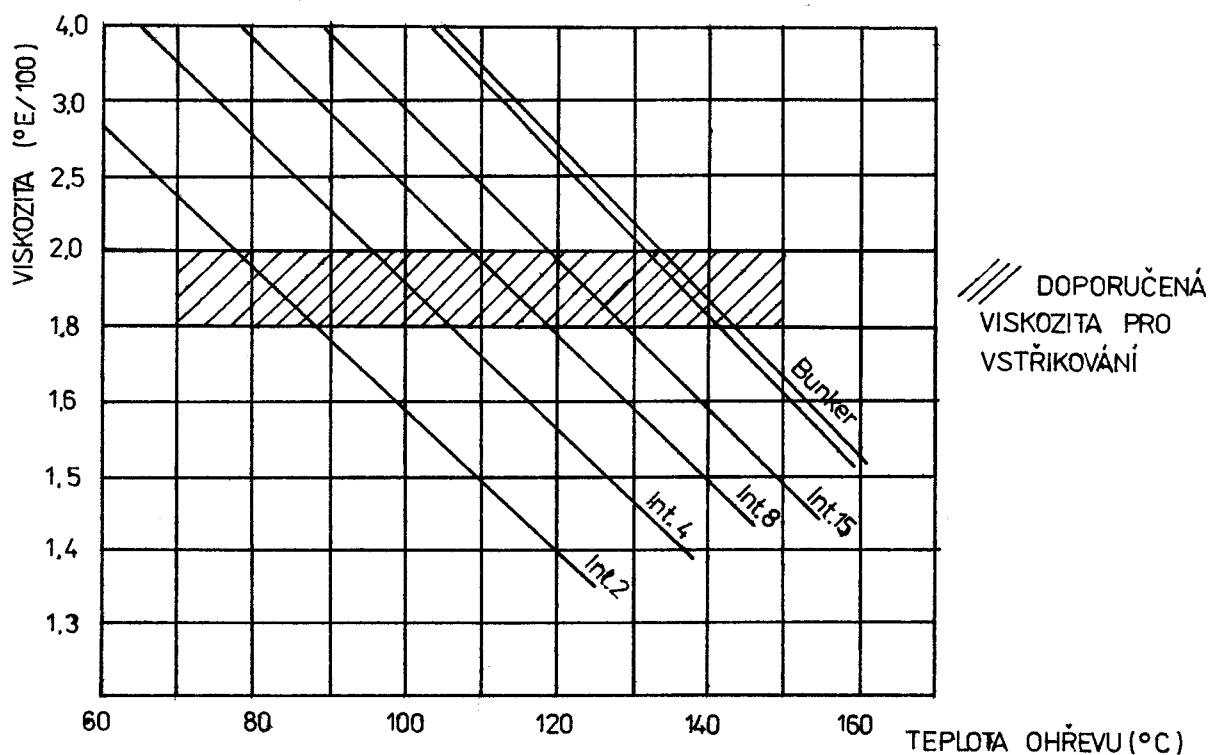
2. nafta 35 s Red I/100 °F

Pro ekonomický provoz motorů se doporučují tyto mezní hodnoty:

hustota	0,97 kg/m ³
karbonizační zbytek	10 % hmot.
síra	3,5 % hmot.
vanad	200 ppm

Analytické údaje použitelné u většiny dosažitelných paliv jsou v rozmezí těchto mezních hodnot.

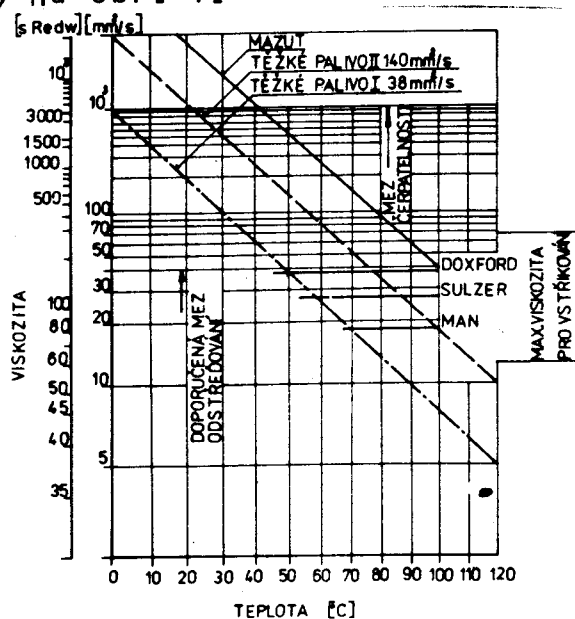
Ke snížení viskozity se používá předehřívání těžkého paliva. Koncový ohřívák musí být dimenzován tak, aby před tryskou bylo dosaženo viskozity 9,6 - 11,8 mm²/s.



Obr. 3 Doporučené teploty ohřevu středních paliv pro získání správné viskozity pro vstřikování

2.2 Československá těžká paliva

Při zajišťování vhodného těžkého paliva pro pohon spalovacího motoru není možné použít žádného domácího produktu, neboť podobná paliva se v ČSSR nevyrábějí. Vzhledem k potřebě malého množství paliva dvou viskozitně značně odlišných stupňů byla za nejreálnější řešení vybrána možnost zředění topného oleje TM, mazutu, odpovídajícími díly motorové nafty. Na základě znalosti viskozitních údajů byla z grafických závislostí odvozena požadovaná zředění mazutu naftou a po laboratorním ověření byla postupně připravena obě směsná paliva. První obsahovalo 30 % objemových nafty, viskozita při 50° C poklesla těsně pod 38 mm²/s, druhé palivo s viskozitou téměř 140 mm²/s bylo získáno přidáním 8 % nafty do mazutu. Směsné palivo I vykázalo srovnatelné vlastnosti se sovětským palivem DT, zatímco druhé palivo II bylo možné zařadit mezi středně těžká paliva, charakteristická hodnotou viskozity 120 - 150 mm²/s při 50° C. Teplotní závislosti obou paliv odpovídaly těžkým palivům používaným ve světě a jsou uvedeny na obr. 4.



Obr. 4 Závislost kinematické viskozity těžkých paliv VÚ ČKD na teplotě

Hodnoty kvalitativních ukazatelů výchozího i obou směsných paliv I a II jsou uvedeny v tabulce 3. Proti mazutu byly dle předpokladů u obou směsných paliv zjištěny příznivější hodnoty, u paliva II logicky zařazené mezi údaje mazutů a směsné palivo I. K určitým odchylkám od podobně jednoznačných závislostí došlo vlivem kolísající kvality dvou různých dodávek mazutu. Použitá těžká paliva byla typická vysokou hodnotou kinematische viskozity a hustoty, zvýšeným obsahem síry, vanadu, sodíku, mechanických nečistot a vody proti motorové naftě. Příměsi mívají nepříznivý vliv na korozi, karbonování a opotřebení funkčně důležitých součástí motorů. Zjištěné hodnoty vlastností použitých těžkých paliv v chemické laboratoři VÚ ČKD a n. p. Benzina byly v souladu se zahraničními palivy.

Tabulka 3

	Palivo I	Palivo II	Topný olej TM
viskozita při 50° C /mm ² /s/	38	140	500
viskozita při 38° C /s Red w/	250	1350	4000
hustota při 20° C /kg/m ³ /	920	946	960
výhřevnost /MJ/kg/	40,5	40,6	41
vanad /ppm/	100	127	103
sodík /ppm/	7	3	7
síra /% hm/	1,6	2,15	2,5 - 2,8
popel /% hm/	0,05	0,055	0,12
karbonizační zbytek /% hm/	5,8	7,39	8,5
voda /% hm/	neudána	1	max 1

3. PŘEHLED POUŽÍVANÝCH MOTORŮ SPALUJÍCÍCH TĚŽKÁ PALIVA

3.1 Motory SULZER

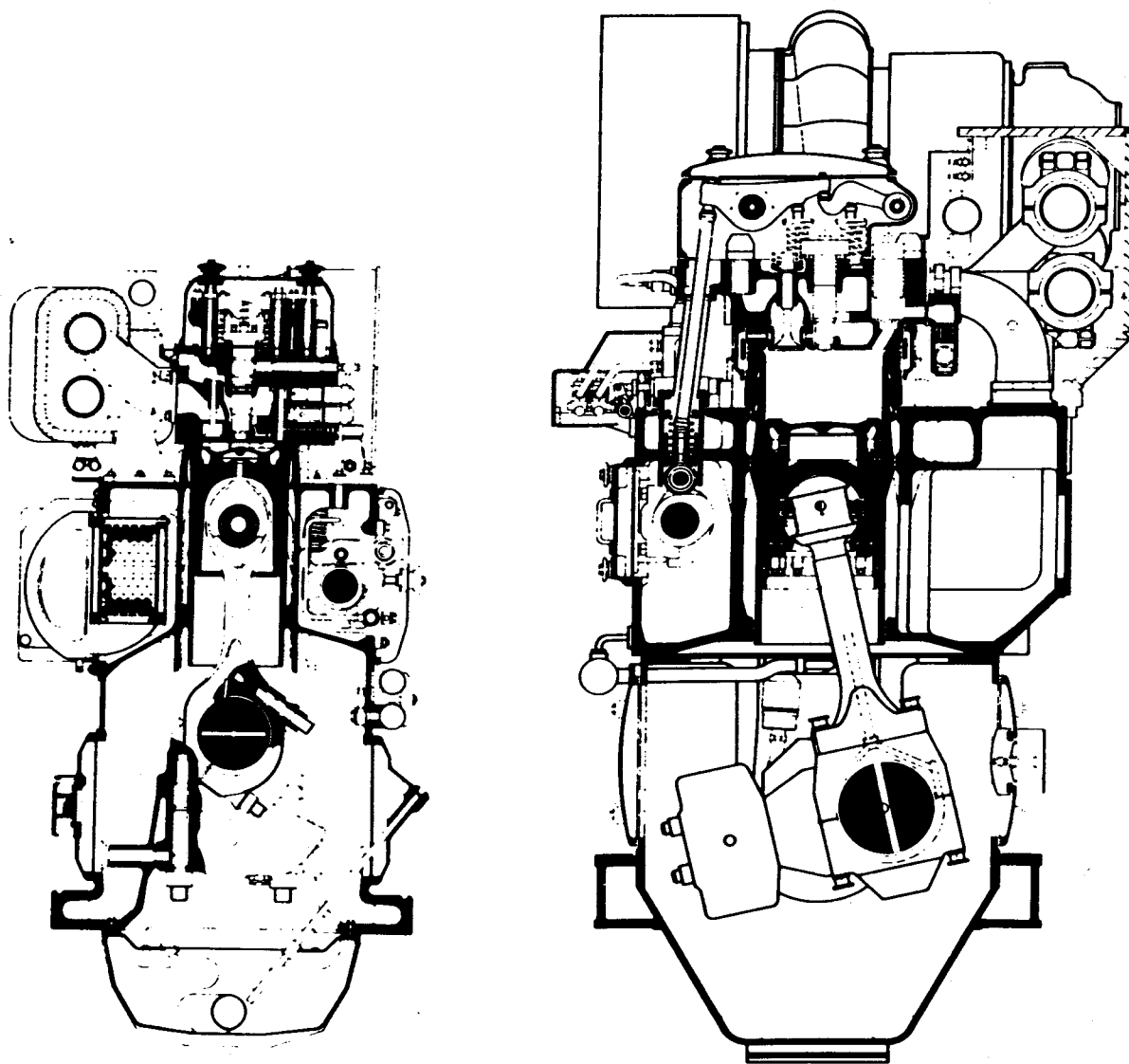
U čtyřdobých naftových motorů firmy SULZER je možno požadavek na vysokou účinnost hodnotit jako souhrn těchto vlastností:

- schopnost spolehlivě spalovat těžké palivo při nízkém opotřebení a za přijatelných nákladů na údržbu. To platí i pro pomocné námořní motory, kde se dnes klade důraz na spalování týchž paliv, jaká jsou použita pro hlavní motory,
- nízká spotřeba paliva v závislosti na stále se zvyšujícím podílu nákladů za palivo, ale také jako důsledek pozitivních výsledků, které byly dosaženy u dvoudobých motorů,
- optimální schopnost využívání odpadního tepla ve spojení s vlastnostmi čtyřdobých motorů.

Výrobní program čtyřdobých naftových motorů firmy SULZER reprezentují dvě typové řady:

- prvním typem je řada A /obr. 5 vlevo/, která v současné době dosahuje maximálního výkonu 200 kW na válec při 1000 otáčkách za minutu. Existují provedení se zvýšeným výkonem 220 kW na válec,
- větší motor typu Z 40 /obr. 5 vpravo/ má nyní výkon 550 kW na válec při 560 nebo 600 otáčkách za minutu a je ho možno řadit za nejúspěšnější světové motory.

Obsáhlé zkušenosti získané s motorem Z 40 potvrdily některé jeho konstrukční přednosti /jako např. princip otočného uložení pístu a robustní konstrukci/.



Obr. 5 Čtyřdobé naftové motory firmy SULZER

Potíže, které mohou vzniknout při spalování těžkých paliv, lze hodnotit takto:

- vyšší tepelné zatížení vlivem zpoždování spalování,
- vznik koroze při vysoké teplotě,
- vznik koroze při nízké teplotě,
- abrazivní opotřebení,
- zanášení motoru a tvoření karbonových úsad, zvláště při částečných zatíženích,
- zhoršení zápalnosti.

3.1.1 Konstrukční opatření pro snížení tepelného zatížení a koroze součástí, způsobené vysokou teplotou

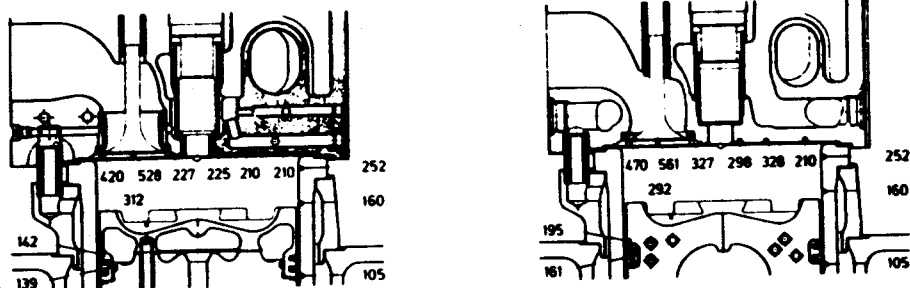
Nejúčinnější opatření jsou spatřována v zajištění účinného chlazení součástí spalovacího prostoru, které jsou při vysokých teplotách vystaveny vlivům tepelného namáhání a koroze.

Motory typu AS 25

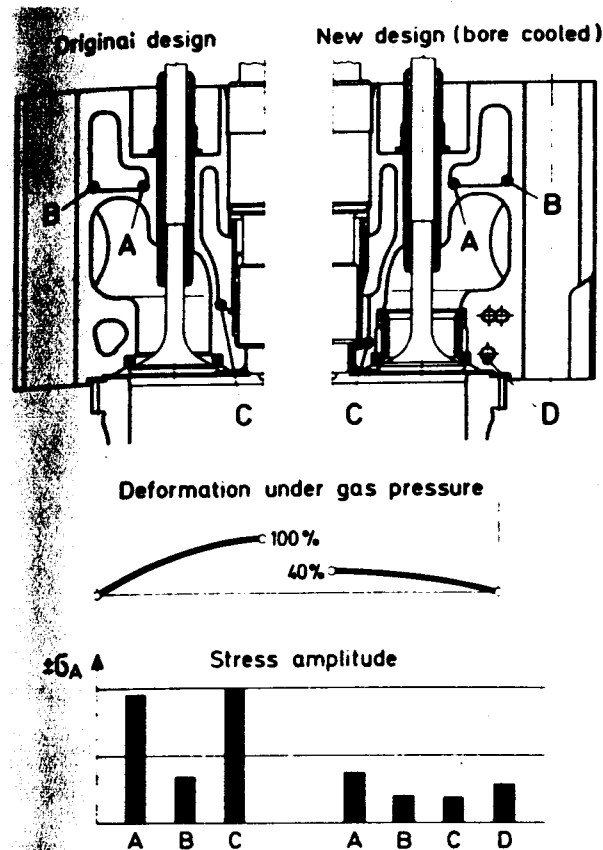
Zkušenost ukázala, že pro motory, které spalují méně hodnotná paliva, je pro zajištění jejich přijatelné provozní spolehlivosti nutno zavést řadu konstrukčních úprav. To je dokumentováno příkladně na obr. 6, kde je schematicky porovnán spalovací prostor původního a rekonstruovaného provedení. Na základě obsáhlých zkoušek na zkušebně v závodě, jakož i po více jak 7000 provozních hodinách u stacionárního motoru spalujícího těžká paliva, byl sériově zaveden nový typ hlavy válce s vrtanými chladicími prostory. Tím byly teploty středu dna hlavy sníženy asi o 100°C a maximální teplota vloženého, vodou chlazeného sedla ventilu, klesla asi o 70°C . Současně s tím, vlivem dokonalejšího rozložení teplot, jejich rozvedení a vyšší tuhosti hlavy samostatně, obr. 7, se podstatně zlepšily jak těsnicí vlastnosti sedla, tak i přestup tepla ze sedla do hlavy.

New design

Original design



Obr. 6 Motor typu AS 25: Úprava spalovacího prostoru z hlediska použití těžkých paliv



Obr. 7 Motor typu AS 25: Porovnání deformací a namáhání hlavy válce

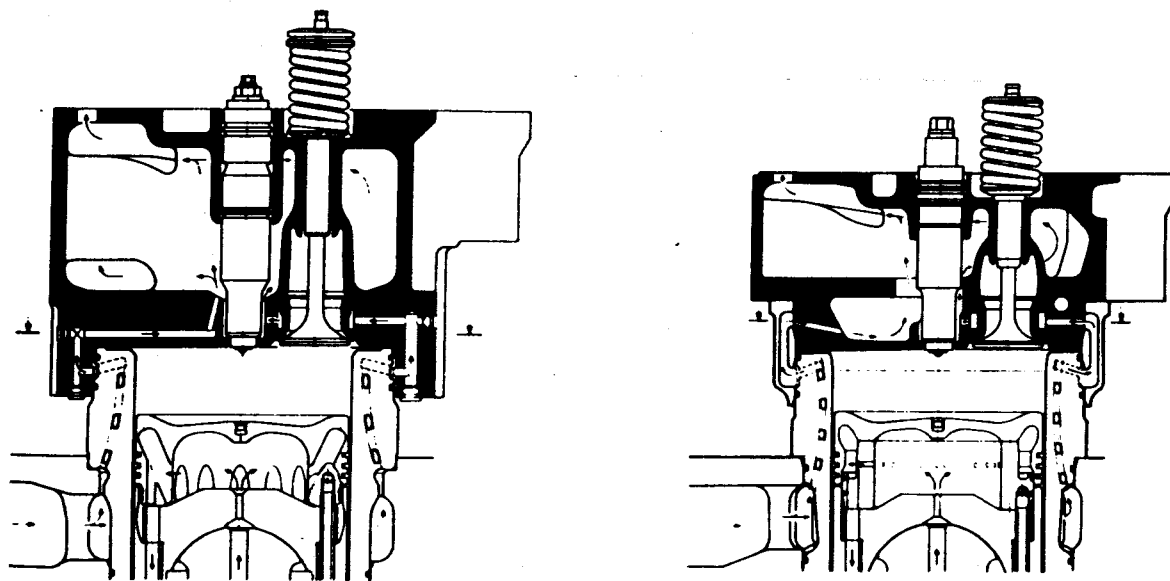
Dále se ve srovnání s hodnotami u konstrukčního provedení hlavy s dvojitým dnem podařilo 2,5 až 3 x snížit maximální amplitudy napětí v hlavě od tlaku plynu. Tak se také podstatně zvýšila provozní bezpečnost jednoho z nejkritičtějších dílů čtyřdobého motoru.

Použití méně hodnotných paliv si vyžádalo rovněž potřebu zlepšení chlazení koruny pístu, kde původní jednoduchý píst z hliníkové slitiny byl nahrazen novým typem dvoudílného provedení /obr. 6/ s tenkostěnnou ocelovou korunou. To přineslo zvláště v oblasti horních pístních kroužků podstatné snížení teplot pístu.

Motory typu Z 40 a ZA 40

Oblast spalovacího motoru typu Z 40 byla konstrukčně navržena hned od počáteční fáze pro perspektivy užití těžkých paliv /obr. 8 vpravo/. Toto řešení zahrnovalo vodou chlazená sedla ventilů, dvojité dno hlavy válce s tenkým dobře chlazeným dnem, vložku válce s chlazením vrtanými otvory a olejem chlazenou korunu pístu.

V případě motoru typu ZA 40 bylo cílem vývoje dosažení takového motoru, který by byl schopen spolehlivě snášet vyšší spalovací tlaky a vyšší tepelná zatížení při stejném nebo případně nižším mechanickém namáhání a teplotách součástí v oblasti spalovacího prostoru. Konstrukční řešení vrtaných chladicích prostorů přineslo nejlepší kompromis mezi vysokou tuhostí s ohledem na vzrůst tlaku plynů a účinností chlazení potřebného pro zvýšená tepelná namáhání. Motory typu ZA 40 mají již všechny díly spalovacího prostoru chlazené vrtanými kanály /obr. 8 vlevo/.



Obr. 8 Porovnání spalovacích prostorů u motoru ZA 40 a Z 40

Při řešení problému vzniku koroze při vysokých teplotách bylo nutno zabývat se zvláště otázkou stavu sedel výfukových ventilů. V tomto případě může být možnosti korozivního napadení zabráněno pouze tehdy, je-li teplota sedla pod hranicí teploty tavení kysličníků vanadu a sodíku. Dále bylo dosaženo intenzivního chlazení ventilových sedel optimalizací spalovacího procesu vhodným nasměrováním prsku vstřikovaného paliva a zvýšenou účinností chladiče plnicího vzduchu.

3.1.2 Konstrukční opatření k zabránění vzniku koroze při nízkých teplotách

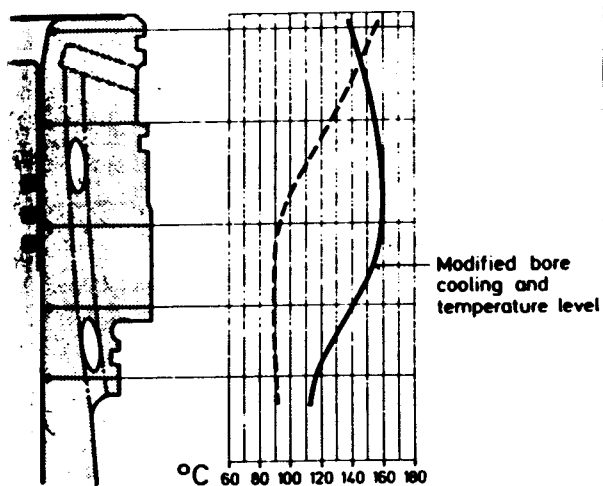
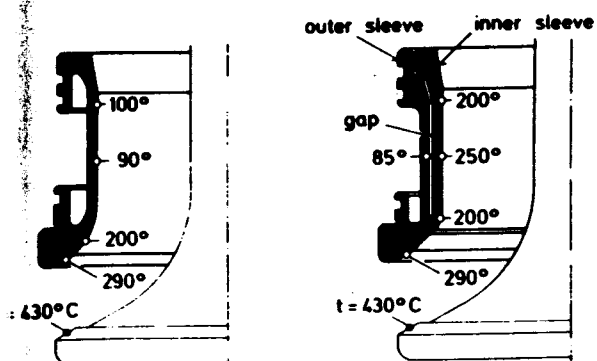
Příliš intenzivní chlazení může být také škodlivé. Povrchová teplota nesmí dosáhnout hodnoty, při níž dochází ke kondenzaci kyseliny sírové, která se tvoří jako produkt spalovacího procesu v motoru. Typický příklad zmíněného problému je patrný na obr. 9, kde se opotřebení korozi při nízkých teplotách vyskytovalo při provozu na těžká paliva s obsahem síry od 2,5 do 3,0 %.

Korozi na povrchu uloženého ventilového sedla lze zabránit pomocí navlečeného pouzdra, které vytvoří mezi tělesem sedla a pouzdrem tenkou izolační vzduchovou mezeru. Korozivní opotřebení povrchu vložky válce lze eliminovat zavedením vhodné modifikace způsobu vývrtu chladičích kanálů.

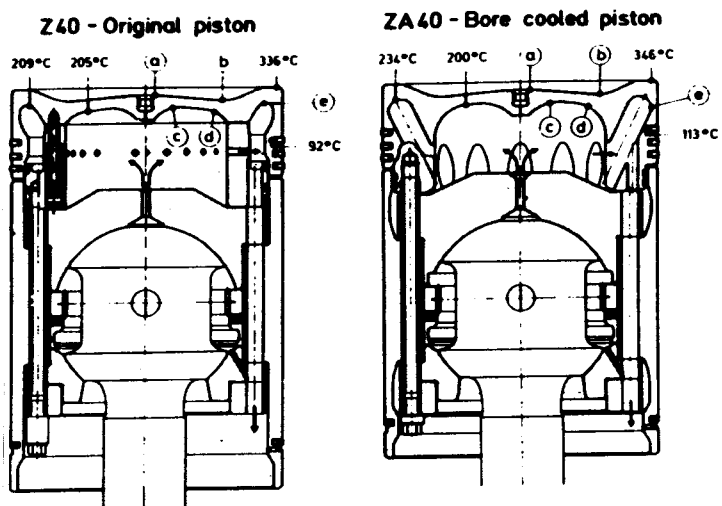
3.1.3 Konstrukční opatření pro snížení opotřebení součástí

Známa opatření, jimiž je možno snížit hodnoty opotřebení, na přijatelnou mez bez přehnané spotřeby mazacího oleje, jsou tato:

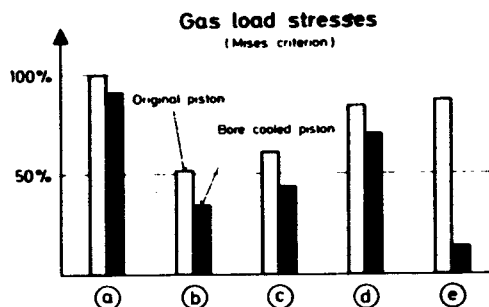
- eliminace korozivního opotřebení na vložce válce zmíněného již v předchozích statích, které v kombinaci s abrazivním působením nečistot obsažených v palivu, jsou prakticky jedním z nejdestruktivnějších činitelů.



Obr. 9 Opatření pro zabránění vzniku koroze při nízkých teplotách



Obr. 10 Porovnání konstrukce otáčivého pístu pro motor Z 40 a motor ZA 40



- dokonalé mazání kluzného povrchu vložky válce,
- vhodná volba materiálu.

V případě motorů AS 25 je vložka válce mazána rozstříkáním oleje na jejím povrchu. Opotřebení vložky se pohybuje mezi 0,007 a 0,02 mm na 1000 hodin chodu motoru. Nejdelší doba provozu kontrolovaného motoru byla 10 000 hodin. Spotřeba mazacího oleje od 0,1 do 1,5 g/kWh - může však případně vzrůst vlivem postupného opotřebení.

U motorů typu Z 40 byl kladen důraz na dobré mazání vložky válce při minimálním množství přiváděného oleje. To se podařilo dosáhnout pomocí známého principu otáčivého pístu, který vlivem rotačního pohybu roztírá mazací olej po pracovní ploše. Po provozu motoru na těžké palivo déle než 20 000 hodin bylo opotřebení válce pod 0,02 mm na 1000 hodin a spotřeba oleje nižší než 1,3 g/kWh.

Podobně i u motoru typu ZA 40 byl použit princip otáčivého pístu /obr. 10/.

U těchto motorů byly úspěšně používány chromované kroužky. Avšak v důsledku zhoršující se kvality paliva byl u firmy SULZER vyvinut nový typ kroužku s plasmatickým povlakem, který prokázal podstatně nižší opotřebení v porovnání s kroužky chromovanými.

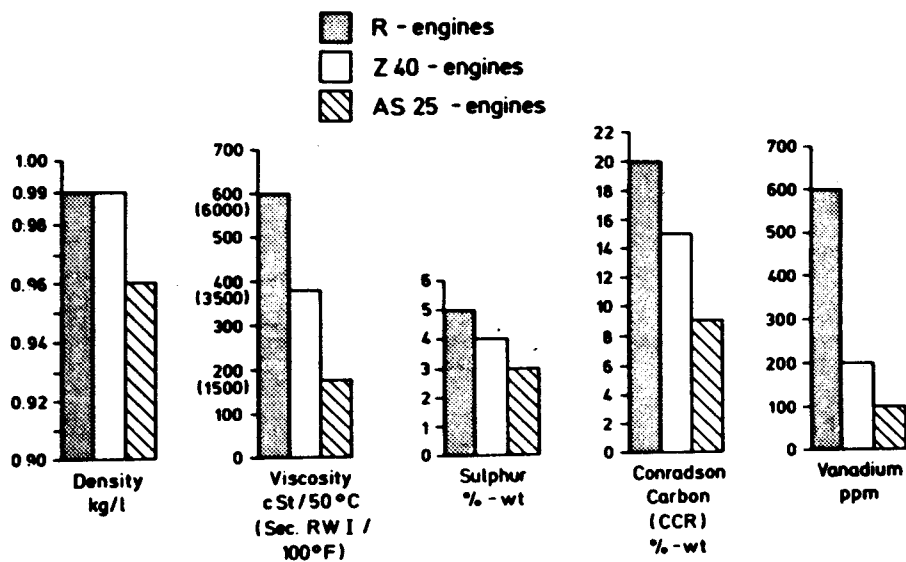
3.1.4 Doplnující opatření k zajištění dobré celkové účinnosti při provozu na těžká paliva

Celkovou účinnost při provozu na těžká paliva neurčuje pouze samotná konstrukce motoru. Některá doplňující opatření, jakož i návrh vhodné instalace, tvoří v tomto směru nezbytné podmínky pro její plné dosažení.

Vhodné určení těžkých paliv:

Pro každý případ zvlášť je nutno vzít v úvahu vzájemné vazby mezi kvalitou paliva, rozsahem opotřebení, náklady na údržbu a vlastní konstrukcí motoru. Proto je třeba pro

menší, rychloběžné motory, jako je třeba typ AS 25, určit přísnější limity v otázce kvality paliva než pro středně rychloběžné motory typu Z 40, nebo i pro pomaloběžné /obr. 11/.



Obr. 11 Specifikace firmy SULZER na kvalitu těžkých paliv pro různé typy motorů

Opatření pro provoz při nízkém zatížení:

Špatné zápalné vlastnosti těžkého paliva při chodu v částečném zatížení mohou vést k silnému zanášení motoru, není-li včas při zatížení 25 až 30 % přepojen na motorovou naftu.

Nápravou podle šetření firmy SULZER může být ohřívání plnicího vzduchu v mezichladiči, jak je patrné z obr. 12. Tím se dosáhne zkrácení doby zapálení paliva a čistšího spalování, což také pomáhá snižovat úsady ve spalovacím prostoru a turbině.