

Vysoká škola strojní a textilní
nositelka Řádu práce

Fakulta strojní

Obor 23-20-8

stroje a zařízení pro strojírenskou výrobu

zaměření

KSD - 023/82

Katedra strojů průmyslové dopravy

BEZDEMONTÁŽNÍ DIAGNOSTIKA VZNĚTOVÝCH MOTORŮ.

Machytka Josef

Vedoucí práce: Ing. Bořivoj Rutkovský, VŠST Liberec
Konzultant: Ing. Lubomír Moc, VŠST Liberec

Rozsah práce:

Počet stran:	71
Počet tabulek:	4
Počet obrázků:	82
Počet výkresů:	0
Počet grafů:	0
Počet modelů:	0

DT.621.43

4.června 1982

Vysoká škola: **VŠST Liberec**

Katedra: **strojů průmyslové dopravy**

Fakulta: **strojní**

Školní rok: **1981/82**

DIPLOMOVÝ ÚKOL

pro **Josef Machytka**
obor **23-20-8 stroje a zařízení pro strojírenskou výrobu**

Protože jste splnil..... požadavky učebního plánu, zadává Vám vedoucí katedry ve smyslu směrnic ministerstva školství a kultury o státních závěrečných zkouškách tento diplomový úkol:

Název tématu: **Bezdotyková diagnostika vznětových motorů**

Pokyny pro vypracování:

Zpracujte přehled možných způsobů ověřování technických parametrů vznětových motorů metodami bezdotykové diagnostiky. S přihlédnutím k požadavku aplikace v provozních podmínkách bez úprav motoru navrhnete způsoby vhodné pro použití v podmínkách Státní zkušebny 232 a zaměřte se především na parametry používané při povinném hodnocení. Ověřte některé z navržených metod a proveďte jejich zhodnocení.

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 8
PSČ 461 17

Autorské právo se řídí směrnici
MŠK pro státní záv. zkoušky č.j. 31
727/62-III/2 ze dne 13. srpna
1962-Věstník MŠK XVII, část 24 ze
dne 31. 8. 1962 č.j. 115/53 Sb.

V 189/82 S

110/200

Rozsah grafických prací:

Rozsah průvodní zprávy: 35 - 45 listů

Seznam odborné literatury: Kožoušek, J.: Teorie spalovacích motorů,
SNTL 1971

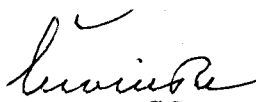
Časopisy z oboru

Vedoucí diplomové práce: Ing. Lubomír Moc

Konsultanti: Ing. Bořivoj Rutkovský

Datum zadání diplomového úkolu: 16.3.1981

Termín odevzdání diplomové práce: 11.6.1982


Dec. Ing. O. Červinka, CSc.

Vedoucí katedry




Doc. RNDr. B. Stríž, CSc.

Děkan

v Liberci dne 16.3.1981 19

A/ ÚVOD.	3
B/ ZJIŠŤOVÁNÍ TECHNICKÉHO STAVU MOTORU.	4
- vnější prohlídka motoru	5
- funkční zkouška motoru	5
- odposlouchání motoru	6
- měření kompresního přetlaku	7
- kontrola těsnosti spalovacího prostoru kapalinovým úhloměrem NC 113	9
- pneumatická kontrola těsnosti spalovacího prostoru stlačeným vzduchem	10
- zjišťování netěsností válce pomocí časového průběhu startovacího proudu	10
- měření množství a tlaku spalín pronikajících do klikové skříně	11
- měření spotřeby motorového oleje	13
- měření přetlaku oleje v mazací soustavě motoru, při kontrole opotřebení ložisek klikového hřídele	14
- měření kouřivosti motoru	15
- kontrola dávkování vstřikovacích jednotek	17
- kontrola vstřikovačů	18
- kontrola předvstřiku	19
- akustická diagnostika	22
- zjišťování technického stavu motoru podle produktů opotřebení v oleji	24
- měření středního indikovaného tlaku motoru	26
- měření výkonu motoru při neustáleném režimu	27
C/ OVĚŘENÍ METODY NA MOTORU M 634 A ZHODNOCENÍ ZÍSKANÝCH CHARAKTERISTIK S CHARAKTERISTIKAMI ZÍSKANÝMI MĚŘENÍM NA BRZDĚ.	28
D/ BEZDEMONTÁŽNÍ DIAGNOSTIKA VSTŘIKOVACÍCH SOUSTAV.	42
- vliv snížené průtokové plochy výstřikových otvorů trysky	45
- vliv vyjmutého plniče	48
- vliv přidřené jehly ve vedení	51

- vliv poruchy pružiny výtlačného ventilu atlas	51
- vliv netěsnosti soustavy výtlačný ventil-	
- sedlo	53
- vliv poruchy výtlačného ventilu atlas	56
- závislost úhlu předvstříku na otevíracím tlaku trysek	57
- shrnutí poznatků	67
E/ ZÁVĚR.	68
- přehled použitých symbolů	70
- přehled použité literatury	71

A/ ÚVOD

V oblasti diagnostiky motorů se v zahraničí i u nás v poslední době dosáhlo pozoruhodného pokroku.

K uplatňování diagnostických metod vede především mohutný rozvoj automobilismu. Stimulem pro intenzivní rozvoj diagnostiky je ekonomika. U stále dokonalejších, ale též složitějších konstrukcí motorů se totiž ukazuje, že vyhledat závadu je obtížnější, časově náročnější a tedy i dražší než ji odstranit.

Uvedené důvody si naléhavě nutí zvýšení spolehlivosti a životnosti motoru. Toho lze dosáhnout zlepšením konstrukce, použitím kvalitnějších materiálů, novými technologickými postupy a podobně.

Na druhé straně lze dosáhnout podstatného zvýšení spolehlivosti motoru zavedením systému zjišťování technického stavu přímo v provozu, pokud možno za chodu a bez demontáže nebo jen s minimální demontáží.

Na tomto základě vznikla tzv. bezdemontážní diagnostika.

Je to v podstatě zjištění technického stavu zařízení, aniž by se toto muselo rozebrat, a tak vyřadit na delší dobu z provozu.

V praxi je možno se setkat se dvěma skupinami údržby naftových motorů.

První skupinu tvoří neplánované opravy, které se provádějí po vzniklé poruše motoru, přičemž někdy může dojít k takové poruše, že motor již není možno opravit.

Druhou skupinu tvoří preventivní prohlídky a plánované opravy v termínech a rozsahu podle směrnic výrobce. Tato metoda je založena na statistickém průzkumu životnosti a stává se, že se v nedostatečné míře využívá rozptylu v životnosti jednotlivých součástí, který je značný. Součásti jsou pak vyřazovány předčasně, což způsobuje nadměrnou spotřebu náhradních dílů a růst nákladů.

Proto se nyní v mnoha státech přechází k výhodnějšímu systému pravidelných plánovaných diagnostických

prohlídek, jejichž prvořadým úkolem je objektivně určit skutečný stav motoru a na základě jejich závěrů provést pouze takové úkony, aby byl zaručen spolehlivý bezporuchový provoz po celé další období do příští prohlídky.

Časový interval prohlídek může být určen např. počtem najetých kilometrů, počtem odpracovaných hodin, vytěžováním apod.

Takto kontrolované motory mohou pracovat velmi dlouho bez podstatného snížení výkonu.

K zavedení systému plánovaných technických prohlídek je nutné, aby obsluha a kontrolní technici měli k dispozici:

1. Přesné hodnoty mezního opotřebení pro daný typ motoru.
2. Diagnostické přístroje a zařízení, jimiž je možno objektivně zjistit technický stav motoru.
3. Závaznou zkušební metodiku postupu při prohlídce.

Nesprávnou funkci motoru lze určit celou řadou přístroji a zařízení, které se k tomu účelu vyvinuly a dnes rychle rozšířily.

Pro dosažení objektivnosti posuzování se doporučuje použití více přístrojů a metod současně.

B/ ZJIŠŤOVÁNÍ TECHNICKÉHO STAVU MOTORU.

Při systematické kontrole nejdůležitějších částí motoru se postupuje podle těchto úkonů:

1. Vnější prohlídka motoru.
2. Funkční zkouška motoru.
3. Odposlouchání motoru.
4. Kontrola opotřebení a těsnosti spalovacího prostoru.
5. Kontrola opotřebení ložisek klikového hřídele.
6. Další specifická zjišťování.

ad 1. Vnější prohlídka motoru.

Účelem této prohlídky je kontrola komplexnosti vnějšího poškození, množství a těsnosti náplní vody oleje a paliva.

Voda v chladiči má zpravidla dosahovat 10mm pod ústí nalévacího hrdla, těleso vodního čerpadla nesmí mít netěsnosti, přípustné je jen místní zvlhčení. Pokud je chladičí kapalinou voda, lze ponořením prstu zkontrolovat, zda v ní nejsou stopy oleje. Řemen ventilátoru musí být správně napnut, nesmí být zaolejován a roztřepen. Rukou zkontrolujeme vůli ložisek vodního čerpadla. U vzduchového chlazení se kontroluje tlak vzduchu, napnutí řemene a stav ložisek ventilátoru, stav a zajištění usměrňovacích plechů apod.

Kontrolní měrkou zkontrolujeme množství oleje v klikové skříní motoru. Je-li cítit v oleji palivo a hladina oleje v klikové skříní je vysoká, lze soudit na pronikání paliva do oleje vlivem dlouhodobého podchlazování motoru. Stav a těsnost olejových čističů svědčí o dosavadní údržbě motoru.

Rozvodové ústrojí kontrolujeme po sejmutí víka hlavy. Kontroluje se stav ventilových pružin, zajišťovacích klínů, seřizovacích šroubů, vůle vahadel apod.

Blok motoru a hlavu válců osvětlíme ze všech stran a zjišťujeme těsnost, unikání vody, oleje a paliva.

U spouštěcího zařízení se zaměříme na upevnění akumulátorové baterie, startéru a svorek jejich kabelů.

ad 2. Funkční zkouška motoru.

Funkční zkouška má ověřit snadné zpouštění motoru, jeho rovnoměrný chod v různých oblastech otáček a snadnou plynulou změnu otáček podle sešlápnutí akceleračního pedálu. Současně je to i prověrka spouštěcího zařízení, palivové soustavy a kontrolních přístrojů na přístrojové desce.

Po spuštění motoru sledujeme teplotu chladičí kapaliny, která by měla postupně vzrůstat. Přetlak oleje má být u zahřátého motoru 0,2 až 0,4 MPa. V nalévacím hrdle chladiče pozorujeme povrch kapaliny. Pornikají plyny těsněním hlavy, hladina se vlní a unikají z ní bubliny.

Přitlačením dlaně na nasávací otvor suchého čističe vzduchu lze zkontrolovat těsnost sacího potrubí a čističe /pokud čistič nemá olejovou náplň/.

Je-li potrubí dobře utěsněno, otáčky motoru prudce poklesnou, popřípadě se motor i zastaví.

ad 3. Odposlouchání motoru.

Opotřebení jednotlivých uložení dvojic součástí klikového a rozvodového mechanismu se při provozu projevuje zvýšenou intenzitou hluku.

Odposloucháním provádíme analýzu zvuků provázejících práci motoru při různých otáčkách. K odposlouchání slouží speciální stetoskopy, jejichž hrot se přikládá na zkoumaná místa motoru.

Toto zkoušení je subjektivní a vyžaduje značnou zkušenost. Zvuky se značně liší intenzitou a frekvencí v závislosti na otáčkách.

Typická odposlouchávací místa jsou:

- oblast ventilů
- oblast pístů
- pásmo ložisek vačkového hřídele
- oblast rozvodových kol
- oblast ložisek klikového hřídele

Těžké hluché údery, dunění a rázy ukazují na poškození pánve hlavních ložisek. Ojniční ložiska vydávají vyšší tón o menší intenzitě. Takto lze identifikovat i vůle pístů, pístních čepů a poškození pístních kroužků. Zvětšená vůle v uložení píst - čep - ojnice se projevuje pravidelnými dvojitými zvuky, nejlépe slyšitelnými při volnoběhu. Lehké přitlumené třesky při zvýšení otáček motoru svědčí o prasklých pístních kroužcích.

ad 4. Kontrola rovnoměrné práce jednotlivých válců.

Účelem této kontroly je přesné zjištění válce který je špatně seřízen nebo výrazně opotřeben vzhledem k ostatním. U motoru odpojíme potrubí přívodu paliva a necháme u čtyřválcového motoru pracovat jeden válec, u víceválcového

vého motoru dva válce. Odlišnou práci jednotlivých válců posuzujeme podle údajů otáčkoměru a vakuometru. Potom nastavíme např. u šestiválcového motoru otáčky 1000 ot/min klikového hřídele. Je-li pořadí zapalování 1-5-3-6-2-4 rozdělíme číslíce na dvě poloviny a napíšeme ve tvaru zlomku

$$\frac{1-5-3}{6-2-4}$$

Necháme pracovat pouze válce napsané nad sebou, a to postupně 1-6, 5-2, 3-4. Jsou-li naměřené hodnoty jednoho páru válců nesporně menší proti ostatním párům, lze usuzovat, že alespoň jeden válec nebo oba jsou vadné. Který z nich to je, lze určit tak, že necháme pracovat vždy první a potom druhou polovinu válců. ta polovina u níž jsme opět naměřili nižší hodnoty, obsahuje vadný válec.

ad 4. Měření kompresního přetlaku.

Měřením kompresního přetlaku lze překontrolovat těsnost spalovacího prostoru a tím opotřebení válců, pístů, kroužků, ventilů a jejich sedel a těsnění hlavy válců.

Nejsou-li známy hodnoty tlaku na konci komprese lze je určit podle rovnice

$$4.1 \quad p_k = p_1 \cdot \epsilon_k^n \quad / \text{MPa} /$$

p_ktlak na konci komprese

p_1tlak ve válci na začátku kompresního zdvihu

ϵ_k/ 13 až 15 / kompresní poměr

npolytropický exponent pro zahřátý motor = 1,3

Nebo podle empirických vztahů:

$$4.2 \quad p_k = 0,21 \cdot \epsilon_k / \text{MPa} /$$

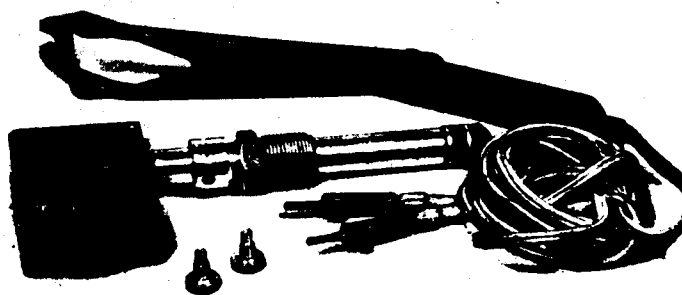
$$4.3 \quad p_k = 0,158 \cdot \epsilon_k - 0,24 \quad / \text{MPa} /$$

Dodržíme-li tedy při měření kompresního přetlaku daného motoru jeho teplotu a otáčky, bude tento tlak záviset jen na těsnosti spalovacího prostoru, a tedy na opotřebení uvedených součástí motoru.

K měření kompresního přetlaku se používá speciálních manometrů se zpětným ventilem, který umožňuje fixovat

ručičku po dosažení maximálního měřeného tlaku. Používají se i registrační měřiče kompresního přetlaku, které zaznamenávají graficky tlakové křivky jednotlivých válců na kartičkách vyměnitelných pro každý kontrolovaný motor.

Na obr.1 je registrační měřič KN-1123, který vyrábí n.p. Dopravostroj Bratislava.



obr.1

Měřicí rozsah je 1,5 až 4,5 MPa s přesností 1,5 až 2,7 %. Kompresní přetlak se měří na motoru zahřátém, alespoň 50 až 70 stupňů. Vyšší teploty nemají podstatný vliv na výsledek měření.

Rozdíl přetlaků v jednotlivých válcích motoru, nemá být větší než 10 %.

Příliš nízký kompresní přetlak může být způsoben:

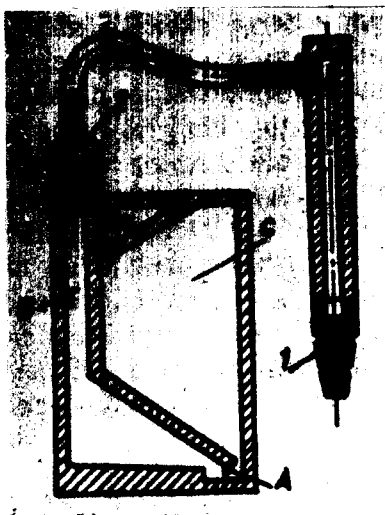
- opotřebením a opálením ventilů a jejich sedel
- váznutím dříku ventilů
- zapečením nebo zalomením pístních kroužků, málo dotaženým nebo spáleným těsněním hlavy válců.

Aby se přesněji určily příčiny příliš nízkého kompresního tlaku, provede se zkouška utěsnění olejem. Do kontrolovaného válce se nalije asi 5 cm³ oleje, tak aby se olej rozetřel po obvodu pístu nedostal se na ventily. Tím se na okamžik dosáhne utěsnění pístové skupiny. Stoupne-li přetlak po utěsnění olejem o 0,07 až 0,12 MPa jde o značné opotřebenění válce, kroužků a pístu. Zvýšení kompresního přetlaku o méně než 0,07 MPa svědčí o opotřebenění ventilů a ventilových pružin.

ad 4. Kontrola těsnosti spalovacího prostoru kapalinovým úhломěrem NC 113.

Tento přístroj, který je určen pro nastavení předepsaného úhlu předvstříku a ke zjištění horní úvrati pístu lze použít i ke kontrole těsnosti spalovacího prostoru motoru.

Na obr. 2 je schema kapalinového úhломěru.



obr.2

Po naplnění úhломěru naftou až po rysku odpovídající danému typu motoru přidržíme koncovku 1 v otvoru pro vstřikovací ventil. Pak otáčíme pomalu motorem ve směru jeho otáčení. Hladina nafty bude postupně klesat, pak kolem hrany A začne probublávat ztlačený vzduch a potom, se změnou směru pohybu pístu, začne opět hladina stoupat. V okamžiku kdy hladina nafty dosáhne uvedené rysky pro daný motor je píst v poloze odpovídající přesně úhlu předvstříku. Otáčíme však dále, až hladina v prostoru B bude o 5 cm výše než v prostoru C. V tom okamžiku přestaneme otáčet a měříme stopkami dobu poklesu hladiny o 1 cm.

Neklesá-li hladina vůbec je těsnost spalovacího prost. velmi dobrá. Klesá-li rychlostí 1 cm/5 sec, je těsnost dobrá. Klesá-li rychleji, je třeba rozhodnout, zda je netěsnost způsobena ventily nebo pístní skupinou.

ad 4. Pneumatická kontrola těsnosti spalovacího prostoru stlačeným vzduchem.

Tato zkouška těsnosti součástí uzavírajících spalovací prostor se provádí pomocí vzduchu stlačeného na 0,3 až 0,4 MPa. Zkouška se provádí postupně u všech válců v klidu motoru, přičemž píst právě zkoumaného válce je v horní úvratí kompresního zdvihu.

Po ustavení horní úvratí a zavedení stlačeného vzduchu se měří relativní množství unikajícího vzduchu v %.

Je-li toto množství větší než 20 % odposloucháme možná místa unikání. Takto se postupně zkontrolují všechny válce.

Pro zkoušení jsou vhodné přístroje SUN, BOSCH, PALTEST JT 230.

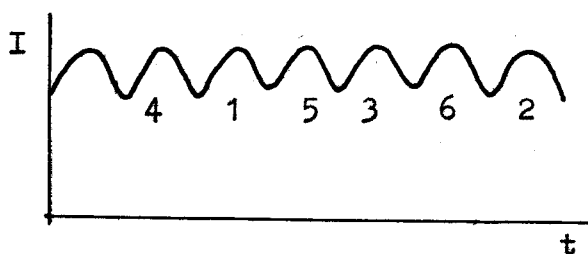
ad 4. Zjišťování netěsností válce pomocí časového průběhu startovacího proudu.

Při roztáčení motoru starterem bez dodávky paliva, se převážná část energie dodávané do starteru přemění na práci potřebnou k překonání kompresní práce při kompresi. Toho lze využít pro kontrolu těsnosti jednotlivých válců.

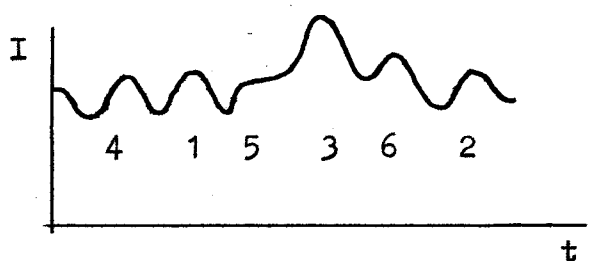
Na obr.3 jsou znázorněny průběhy startovacího proudu pro:

a/ správná těsnost válců

b/ netěsnost na 5 válci



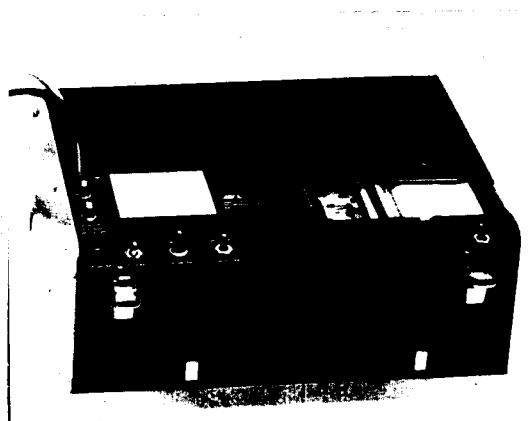
obr.3a



obr.3b

Jestliže některý z válců těsní méně, pak práce potřebná na kompresní zdvih je menší, ale zároveň i expanzní práce tohoto válce je menší. To se projeví v časovém průběhu. Amplituda kmitu, která přísluší netěsnému válci bude menší. Jelikož práce netěsného válce je menší, je třeba na krytí kompresní práce dalšího válce větší práce dodávané startem. Amplituda kmitu proudu, který přísluší dalšímu válci v kompresním zdvihu bude tedy větší.

Vhodným přístrojem pro měření časového průběhu startovacího proudu je ELECTRONIC COMPRESSION TESTER 855 C viz obr.4, který umožňuje bez demontáže trysek motoru zjišťování kompresních tlaků všech válců připojením přístroje na spouštěcí akumulátor. Kompresní tlaky se neměří absolutně, ale zjišťuje se rozdíl tlaků mezi jednotlivými válci. Přístroj zaznamenává na diagramu pracovní amplitudy současně s identifikací jednotlivých válců. Tento měřicí systém dává v praxi stejně vyhovující výsledky jako motometry, avšak již za několik sekund. Přístroje se dodávají ve skříňových i přenosných provedeních.



obr.4

ad.4. Měření množství a tlaku spalín pronikajících do klikové skříně.

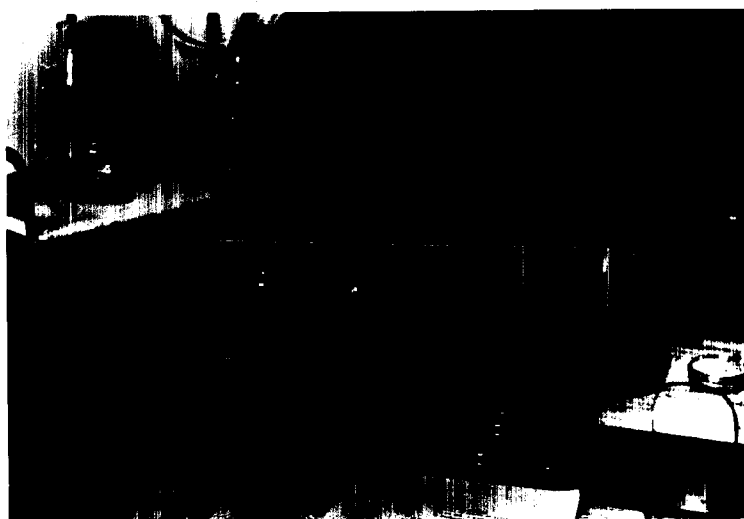
Se vzrůstajícím optřebením pístní skupiny, stále větší množství plynů proniká ze spalovacího prostoru do klikové skříně. Toto množství se může měnit podle technického stavu pístní skupiny ve velmi širokých mezích.

Přípustné hodnoty profukování pro současné plně zatížené motory v dobrém technickém stavu se udávají v rozmezí

0,1 až 0,5 % teoreticky nasátého vzduchu.

Množství spalín proniklých do klikové skříně závisí především na vůli mezi pístem a válcem, na způsobu těsnění, na délce těsnicí plochy, na výši a průběhu tlaku plynů při kompresním a expanzním zdvihu, na teplotě a tvaru pístních kroužků.

Pro praktické měření je vhodný EM 4031 BLOW-BY METER AVL viz obr.5.



obr.5

Na obr.6 je v popředí vpravo snímač BLOW-BY METER



obr.6

Rozsah měření až do 2500 l/min . Pneumatický odpor pouze v mm H₂O. Doba měření 5 až 10 sekund.

Jednodušším zařízením je parciální plynoměr ROTA HAHNMESSER, který se hermeticky připojuje hadicí k nalévacímu otvoru oleje. Otáčením rukojeti měřidla se ustaví plovák ve skleněné trubici na vyznačené rysce. Šipka spojená s rukojetí ukazuje na stupnici příslušné množství procházejícího plynu.

Dále je možno kontrolovat stav pístní skupiny měřením tlaku plynů v klikové skříni. Takové měření se provádí tlakoměrem připojeným pomocí pryžové zátky k nalévacímu hrdlu oleje při stanovené teplotě a otáčkách motoru. Zvýšení tlaku o 1 KPa proti hodnotě nového motoru signalizuje závadu těsnosti pístní skupiny.

Obou způsobů měření není možno použít u motorů, které mají odsávání par z klikové skříně.

ad 4. Měření spotřeby motorového oleje.

S pokračujícím opotřebením pístní skupiny vzrůstá spotřeba oleje. Kromě oleje spotřebovaného při výměně se olej z motoru ztrácí také netěsnostmi klikové skříně a zejména promiká čerpacím účinkem pístních kroužků do spalovacího prostoru nebo opotřebenými vodítky ventilů do potrubí. Olej se pak z části spaluje a zčásti je strhován nespálený výfukovými plyny do výfukového potrubí. není-li na motoru patrné unikání oleje netěsnostmi, lze ze spotřeby oleje usuzovat na stav pístní skupiny a vodítek ventilů.

Na spotřebu oleje má také vliv jeho viskozita, závislá na jakosti a na teplotě a tedy i na pracovním režimu motoru, a dále pak zejména na opotřebením, váznutí nebo zapečení pístních kroužků, pístů a válců.

Pro čtyřdobé motory se udává spotřeba oleje 1 až 2 % spotřeby paliva a jako mezní hodnota 3 %.

Spotřeba se zjišťuje z rozdílu množství oleje nalitého do motoru při výměně a dolévaného během provozu a z množství vypuštěného po určité době provozu. Přesnost měření může být zhoršena nezjistitelným množstvím oleje,

které zůstane v mazacím systému.

Do měření se může rovněž zanést chyba, jestliže je olej ředěn pronikajícím palivem. Je proto účelné posuzovat i jakost oleje, jeho viskozitu, bod vzplanutí, stupeň znečištění, obsah paliva a vody. Nevýhodou je, že tyto laboratorní metody jsou pro provoz příliš drahé a zdlouhavé.

ad 5. Měření přetlaku oleje v mazací soustavě motoru,
kontrola opotřebení ložisek klikového hřídele.

Při kontrole přetlaku oleje se hodnotí seřízení redukčního ventilu, funkce tlakoměru, opotřebení čerpadla a opotřebení ložisek klikového hřídele.

Přetlak oleje se měří speciálními manometry s rozsahem do 1 MPa, vybavených sadou šroubení k připojení obvykle pomocí pružné hadice k celku, který chceme měřit.

Při měření musí být motor zahřát na teplotu 50 až 60 °C .

Manometr se připojí obvykle k hlavnímu mazacímu kanálu nebo k olejovému čističi. Při střídavém provozu ohřátého motoru ve volnoběžných a středních otáčkách se zkontroluje údaj manometru na přístrojové desce a naměřené přetlaky při středních otáčkách se porovnají se směrnými hodnotami. Průměrné střední hodnoty tlaku oleje jsou pro vznětové motory 0,2 až 0,4 MPa. Přetlak nemá klesnout pod 0,2 MPa. Nezmění-li se tento přetlak i po seřízení redukčního ventilu, lze usuzovat na nadměrné opotřebení olejového čerpadla nebo hlavních a ojnicích ložisek.

Pro zjišťování opotřebení ložisek klikového hřídele je směrodatné, že s postupným zvyšováním opotřebení se zvětšuje vůle mezi čepy a pánvemi kluzných ložisek a přetlak postupně klesá. Vliv opotřebení ostatních ložisek je zanedbatelný. Přetlak oleje v závislosti na vůli hlavních ložisek klesá při stejném opotřebení třikrát rychleji než v závislosti na vůli ojnicích ložisek. Je proto nutné nepodceňovat i menší nepravidelnost v poklesu tlaku.

Při hodnocení stavu ložisek za klidu motoru, se mazací soustava napojí na zdroj tlakového oleje /cca 0,25 MPa/ a zjišťuje se pokles tlaku oleje v mazací soustavě v závislosti na úhlu pootočení klikového hřídele. Rozdílem mezi nejmenším a největším poklesem tlaku je dán stupeň opotřebení ložisek.

Při hodnocení stavu ložisek u běžícího motoru se současně kontroluje i funkce čerpadla oleje. Přestože otáčky motoru neovlivňují podstatněji výsledky měření, doporučuje se měřit v rozsahu otáček od 600 do 1000 ot/min při teplotě oleje 60 °C.

ad 6. Měření kouřivosti motoru.

Podle technických podmínek nesmí kouřivost vznětových motorů uvedených do provozu po 1.1.1971 překročit na konci výfuku hodnotu 40 % při měření kouřoměrem NC 112. Kouření motoru je ukazatelem způsobu tvoření směsi, a proto charakterizuje především technický stav palivové soustavy.

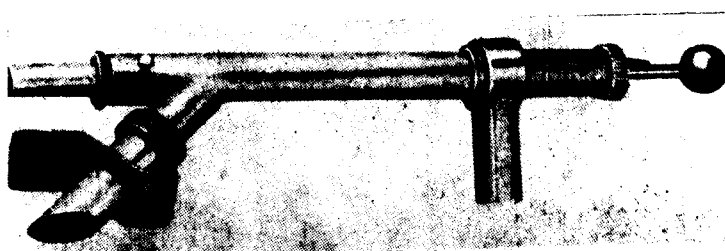
Pro měření kouřivosti se používají dva typy kouřoměrů:

1. kouřoměry průtokové - BROWN, VOLVO, HARTRIDGE
2. kouřoměry objemové, filtrační - BOSCH, SAURER, MOTORPAL

Na obr.7 je znázorněn kouřoměr Hartridge HR 140. Skládá se ze dvou opticky shodných komor, přičemž jedna obsahuje čistý vzduch jako srovnávací médium a druhou protékají spaliny. Podle polohy páky 4 prosvětluje zdroj světla buď jednu nebo druhou komoru. Elektrický proud registrovaný mikroampérmetrem cejchovaném v % stupnice Hartridge závisí na intenzitě světla dopadajícího na fotobuňku. Kouřivost se měří při konstantním tlaku spalin a zásadně na prohřátém motoru.

Na obr.8 je objemový kouřoměr Motorpal NC 112. Princip práce spočívá v tom, že se kouřoměr přiloží ústím k výfukovému potrubí tak, aby bylo zasunuto 3 až 4 mm v potrubí. Potom se prudce sešlápne akcelerační pedál a drží se v této poloze alespoň 2 sekundy. Během této doby dodává palivové čerpadlo maximální dávku paliva, které

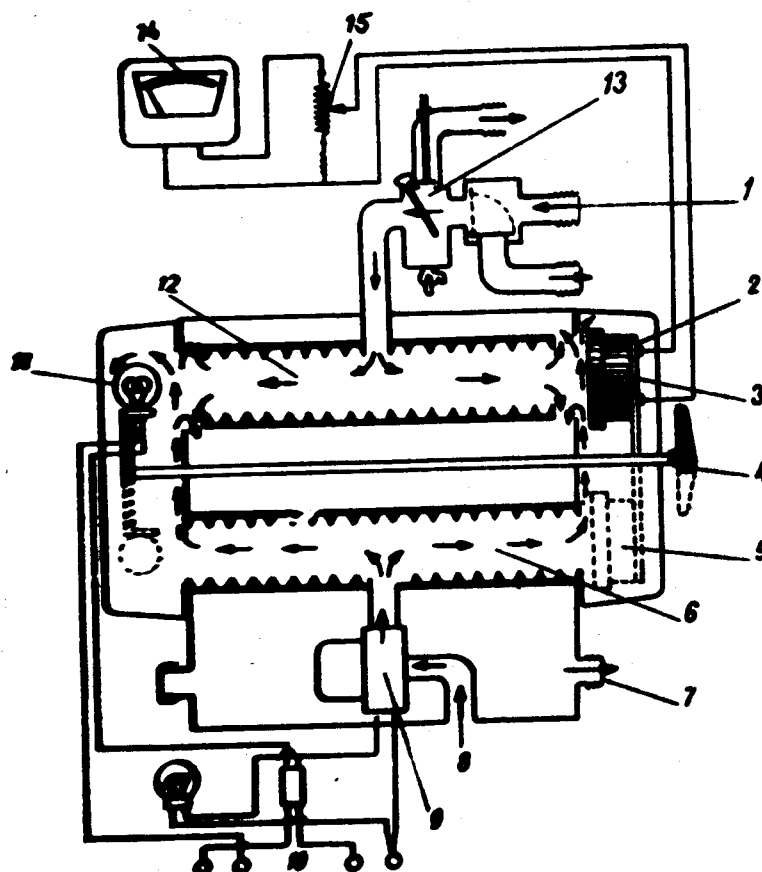
odpovídá maximální zatížení a největší tvorba kouře.
V tomto intervalu se do kouřoměru nasaje /135 cm³/ kouře,
který se posléze protlačí přes filtrační papír. Kouřivost
se posuzuje vizuelně porovnáním se stupnicí kouřivosti.



obr.8



obr.7

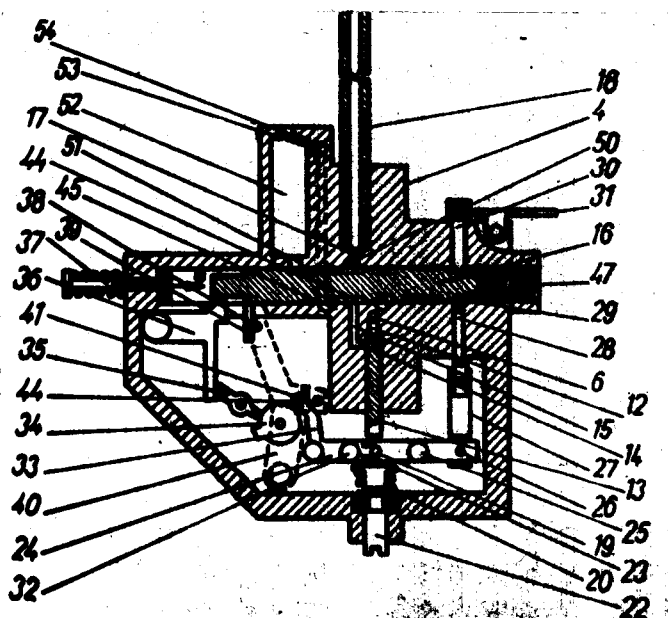


1- přívod výfukových plynů, 2- poloha při měření kouřivosti, 3- fotobuňka, 4- přepínač poloh, 5- poloha pro nastavení nuly, 6- komora s čistým vzduchem, 7- výpustný otvor kouře a vzduchu, 8- vstup čistého vzduchu, 9- dmychadlo čistého vzduchu, 10- svorky 12 V pro dmychadlo a žárovky, 11- zdroj světla, 12- komora spalín, 13- kondenzační prostor, 14- stupnice kouřivosti Hartridge, 15- potenciometr k nastavení nuly

ad 6. Kontrola dávkování vstřikovacích jednotek.

Nesprávná funkce vstřikovacích jednotek může do značné míry ovlivnit výkon motoru a spotřebu paliva. Zvýšením dodávky paliva se sice zvyšuje výkon motoru, ale zvyšuje se také kouřivost, tepelné a mechanické namáhání a klesá hospodárnost.

V n.p. Motorpal Jihlava byl vyvinut dynamický dávkoměr viz obr.9, umožňující odměřit čtyři vstřikovací dávky každé jednotky bez demontáže z motoru.



obr.9

Před vlastním měřením motor pracuje při volnoběžných otáčkách. Aby se při měření po úplném sešlápnutí akcelera-toru prodloužila doba plné dodávky vstřikovací jednotky,

a tím se zvýšila přesnost měření, odpojí se polovina vstřikovacích jednotek. Naměřená dodávka je závislá na otáčkách motoru, proto je nutné použít otáčkoměru.

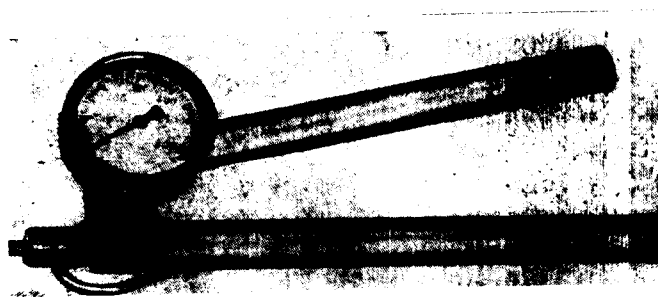
Čtyři odměřené dávky paliva jsou zachyceny v cejchované kapiláře 18, která umožňuje srovnat naměřené množství s údajem výrobce, který je uveden v tabulce dodávané s dávkoměrem. Pro větší objektivnost měření se doporučuje měření dvakrát až třikrát opakovat.

Legenda k obr.9

4- těleso dávkoměru, 6- příčný kanál napojený na vysokotlakové potrubí od vstřikovací jednotky, 12, 14, 15-kanálky oddělované pulsačním pístem 13, 16- řídicí šoupátko, 17, 45, 51, 53, 54- kanálky, 18- kapilára, 19, 25, 26, 30, 32, 38, 41, 42- čepy, 23, 24- dvouramenné páky, 27- táhlo, 28- synchronizační šoupátko, 29- zápich, 31- spouštěcí páčka, 33- kyvná západka, 34- rohatka, 35- otočná páčka, 36- narážka, 37- tlačítko, 39- vidlice, 40- páka, 44- vybrání, 47- pružina, 50- vybrání, 52- vyrovnávací prostor

ad 6. Kontrola vstřikovačů.

Pro kontrolu technického stavu trysek bez demontáže se používá přenosná klešťová zkoušečka NC 51 viz obr.10



obr.10

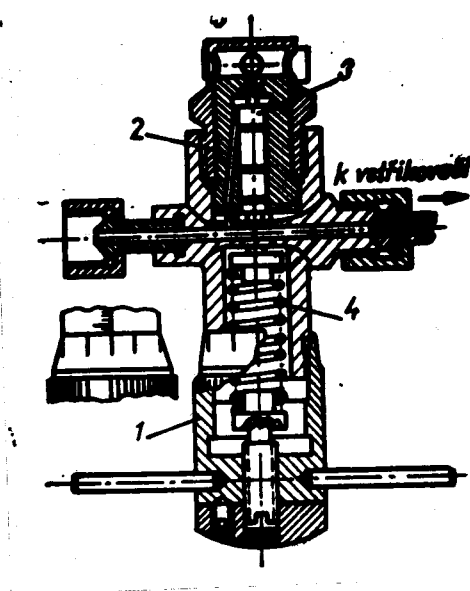
Příslušenstvím každé zkoušečky je sada spojovacího potrubí pro všechny vstřikovače. Před započítím zkoušení vstřikovačů se zkoušečka naplní naftou /cca 300 cm³/. Klešťovým pohybem rukojetí se dosáhne přetlaku 37,8 MPa.

Pomocí zkoušečky lze zjistit tyto veličiny:

1. otevírací tlak
2. výstřik trysky
3. celkovou netěsnost vstřikovacích elementů
4. ucpání výtokových otvorů

Správnost jednotlivých veličin lze posoudit podle údaje manometru.

Otevírací tlak trysek je možno také určit pomocí MAXIMETRU viz obr.11.



obr.11

Skládá se ze speciální trysky 2 s jehlou 3. Otočným bubínkem 1 se mění otevírací přetlak trysky podle cejchované stupnice na obvodu. Maximetr se zapojuje do série se vstřikovacím potrubím. Při seřizování nastavíme na stupnici maximetru předepsaný přetlak a otáčíme seřizovacím šroubem zkoušeného vstřikovače, až budou obě trysky současně rozprašovat.

ad 6. Kontrola předvstřiku.

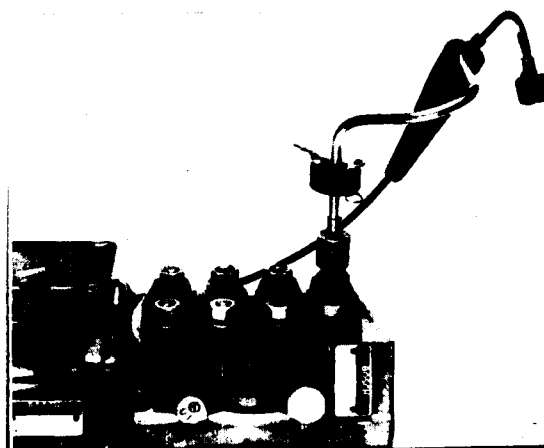
Okamžik vstřiku paliva před horní úvratí, by měl být u každého válce optimální a stejný. Malý předvstřík způsobuje opožděné hoření, které může pokračovat až ve

výfukovém potrubí. Naopak velký předvstřík vede k vyšším rázům což se projevuje tvrdým chodem a zvýšeným opotřebením motoru.

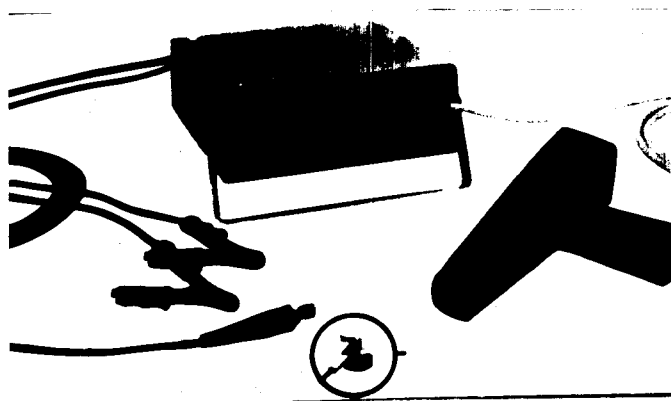
Na obr.12 je přístroj DIESEL INJECTION TESTER AVL 876 A, který sám snímá a uvádí hodnoty začátku dodávání paliva ve vstřikovací soustavě a současně měří otáčky motoru.



obr.12



obr.13

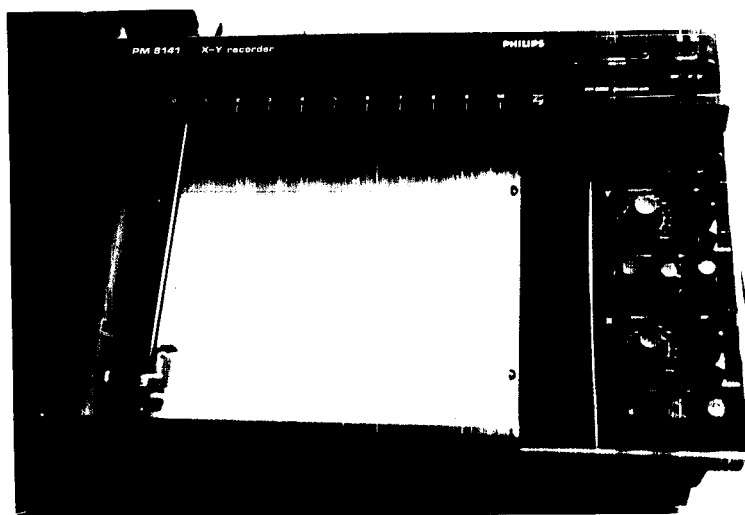


Firmě AVL se podařilo vyvinout speciální snímač viz obr.13, umožňující měření počátku dodávky paliva pouhým upnutím snímače na vstřikovací potrubí. Současně se měří stroboskopickou lampou okamžik horní úvrati válce. Vlastní přístroj pak spočítá přesnou vzdálenost začátku dodávky paliva s přesností $0,1^\circ$ otočení klikového hřídele. Místo stroboskopu je možné také použít elektrodynamický snímač

horní úvrati. Vyhodnocované údaje se indikují na digitálním displeji.

Dalším vhodným, avšak nákladnější zařízením je DIESEL DIAGNOSTI SYSTEM AVL 850, který je speciálně určen pro zkoušení vstřikovacích systémů a lokalizaci poruch.

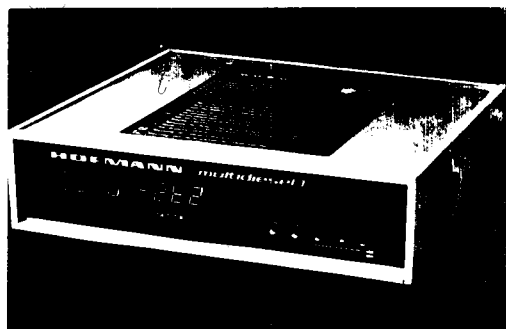
K oběma přístrojům je možno připojit zapisovač Philips viz obr.14 a provádět tak přímý grafický záznam.



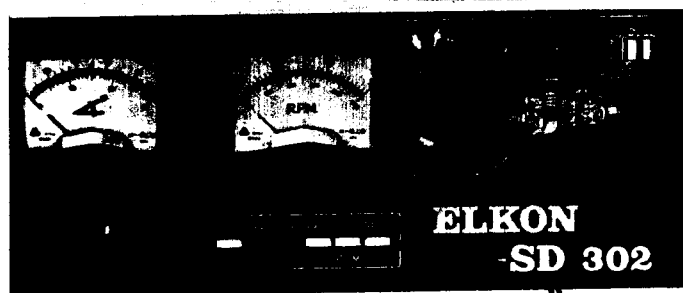
obr.14

Obdobnými přístroji dále jsou:

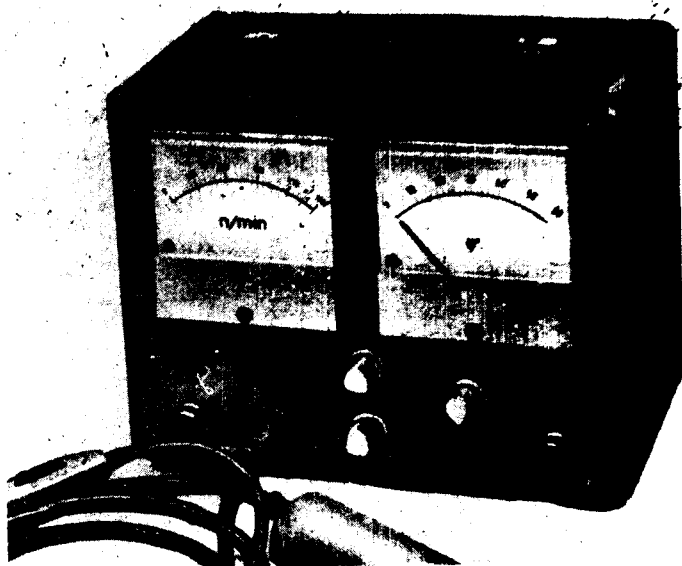
- HOFMANN MULTIDIESEL 1 viz obr.15
- ELKON SD 302 viz obr.16
- DIESEL TESTER JT 180 D viz obr.17



obr.15



obr.16



obr.17

ad 6. Akustická diagnostika

Zvuky vydávané motorem lze vysvětlit jako periodickou změnu akustického tlaku v pružném poli, vyvolanou kmitáním akustického zdroje. Během provozu motoru se mění vlastnosti působících sil vlivem opotřebení jednotlivých součástí což se projeví změnou akustického signálu např: změnou intenzity, frekvence a fázového posunutí.

Jako metod akustické diagnostiky se nejčastěji používá:

- a/ spektrální analýza hluku
- b/ korelační analýza

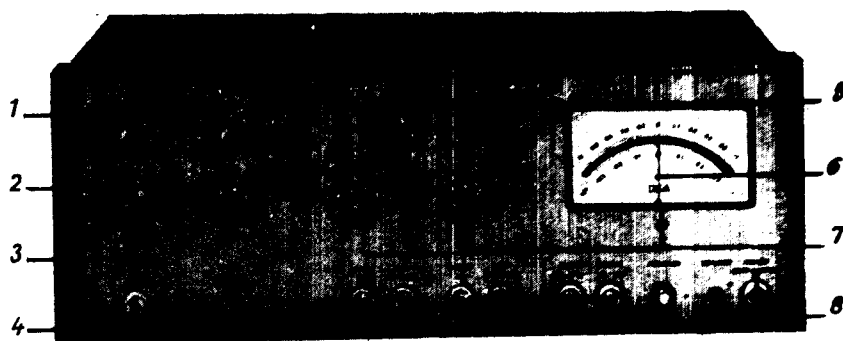
ad a. Motor jako celek je zdrojem celé řady frekvencí, avšak v diagnostice se však obvykle zajímáme o stav jednotlivých dílů motoru. Pak je užitečné znát tu složku signálu, související s vydáváním hluku zkoumané součásti. Toho lze dosáhnout proměřením výkonových spekter v jednotlivých frekvenčních pásmech. Porovnáním zjištěných hodnot s hodnotami správnými, lze určit míru poškození.

ad b. Tento způsob zpracování zvukového signálu je založen na principu, že přijímaný signál charakterizovaný funkcí $x(t)$ se posune o časový interval τ a z obou funkcí se pro τ plynule měnící od 0 do T získá autokorelační funkce $R(\tau)$, která stanoví míru závislosti funkcí na velikosti posunutí τ .

Po vydělení funkce $R(\tau)$ rozptylem náhodného procesu se získá normovaná korelační funkce $\rho(\tau)$.

Zkušený technik může porovnáním korelačních funkcí hlukových signálů určit typické nesprávnosti.

Vyčíslení korelační funkce se provádí na počítačích nebo korelátorech. Na obr.18 je analogový korelátor DISA typ 55 D 70.



obr.18

1- nastavitelné vstupní zesílení, 2- vstupní tlumicí člen, 3- vstupní signál $A/x(t)/$, 4- vstupní signál $B/x(t \pm \tau)/$, 5- funkční volič a volič citlivosti, 6- přímý ukazatel $R(\tau)$ a $\rho(\tau)$, 7- měnitelná integrační konstanta, 8- analogový výstup pro registrační zařízení.

ad 6. Zjišťování technického stavu a opotřebení motoru podle produktů opotřebení v oleji.

Při práci motoru se vlivem opotřebení uvolňují částice kovů, které jsou mazacím olejem vyplavovány z třecích míst. Se vzrůstajícím opotřebením se zvyšuje jejich koncentrace v oleji.

Zjistí-li se v odebraném vzorku oleje koncentrace určitého prvku podstatně vyšší než mezní, svědčí to o nadměrném opotřebení součástí, pro něž je tento prvek charakteristický. Nevýhodou této metody je, že vyžaduje přesno u znalost chemického složení všech součástí motoru.

Mezi nejtypičtější příměsi oleje patří:

- Pb, Si, Fe, Cr, Al, Cu, Sn, Ag.

Rozbor oleje se v praxi provádí laboratorně, nejčastěji metodou spektrální analýzy, která umožňuje sledovat velké množství motorů.

Metoda je založena na principu záření par oleje v žáru elektrického oblouku, kdy se vytváří obloukové spektrum. Koncentrace určitých prvků v oleji se zjistí porovnáním intenzity jejich čarového spektra se spektrem srovnávacího vzorku.

Pro vědecké zkoumání opotřebení se používá metoda radioaktivních izotopů. Vyznačuje se neobvykle vysokou přesností a umožňuje zjistit hodnotu opotřebení již po 4 minutách provozu. Opotřebení se zjišťuje zamontováním uměle aktivovaných součástí, které se při práci opotřebovávají a jejich produkty jsou vyplavovány olejem.

Tato metoda se doposud v diagnostice běžně nepoužívá, protože je nákladnější a je nutno dodržovat přísné bezpečnostní předpisy.

ad 6. Elektronické zjišťování výkonu.

Základem těchto měřících metod je zjišťování točivého momentu na hřídeli za motorem, a to měřením zkrutu hnaného hřídele.

Ze znalosti velikosti zkroucení je možno určit kroutící moment dle vztahu 6.1

$$6.1 \quad M_k = \frac{G \cdot I_p \cdot \gamma}{l}$$

ldélka hřídele /m/

I_p ...moment setrvačnosti hřídele /m⁴/

Gmodul pružnosti v krutu /Pa/

γzkrut /rad/

K tomuto účelu se v praxi používá snímačů různých konstrukcí.

Hodnoty získané pomocí snímačů se zpracovávají v měřicím zařízení na změny napětí nebo proudu a po zesílení se předávají do registračního zařízení.

V případě, že se měří současně i průběh otáček motoru, lze snadno určit výkon motoru dle vztahu 6.2

$$6.2 \quad P = M_k \cdot \omega \quad \text{kde} \quad \omega = \frac{\pi \cdot n}{30}$$

notáčky motoru /1/min/

M_k ...krouticí moment /Nm/

Pvýkon /W/

ω ...úhlová rychlost /rad/sec/

Vhodným přístrojem pro elektronické měření výkonu je MDS 2 firmy Maihak viz obr.19



obr.19

ad 6. Měření středního indikovaného tlaku motoru.

Mezi základní veličiny charakterizující technický stav motoru patří i hodnota středního indikovaného tlaku p_i .

Pro jeho přesné stanovení vyvinula firma AVL přístroj PI - METER viz obr.20.



obr.20

V konstrukci přístroje bylo použito mikroprocesorů a optických snímačů úhlů natočení klikového hřídele. Přístroj dává přesné údaje v minimálním čase a měření se provádí na nejmeně možné ploše.

Pomocí přístroje je možné zjišťovat:

- průměrnou velikost středního indikovaného tlaku z předem navoleného počtu cyklů motoru / 2 až 256 /
- ztátu výkonu mechanickým třením
- ze středního indikovaného tlaku a spotřeby paliva je možno posoudit kvalitu spalování
- měření úhlu pootočení ojnice na klikovém hřídeli s přesností $0,1^\circ$.
- měření zdvihu pístu
- různá další modelová měření

Přístroj kromě použití vstřikovače Quarz nevyžaduje, žádná doplňovací zařízení.

K přístroji je možno připojit provozní počítač či

tiskárnu.

AVL PI - METER lze s výhodou použít jako zařízení, ohlašující obsluze nebezpečné zvýšení mechanického tření a blížící se poruchu motoru.

ad 6. Měření výkonu motoru při neustáleném režimu.

Podstatou této metody je, že využívá k zatěžování motoru při jeho akceleraci energie, potřebné k urychlení rotujících hmot motoru. Při rozběhu motoru se měří úhlové zrychlení rotujících hmot. Kroutící moment vyvozovaný motorem se pak vypočte podle vztahu 6.3.

$$6.3 \quad M_k = I \cdot \epsilon$$

Imoment setrvačnosti rotujících hmot /kgm²/

ϵúhlové zrychlení rotujících hmot /rad/sec²/

Výkon motoru se pak vypočte dle vztahu 6.2.

V případě, že moment setrvačnosti rotujících hmot motoru není znám, lze jej stanovit pomocí přídavného setrvačníku o známém momentu setrvačnosti dle vztahu 6.4, přičemž se vychází z předpokladu, že kroutící moment je stálý.

$$6.4 \quad I = I_0 \cdot \frac{\epsilon_1}{\epsilon - \epsilon_1}$$

I_0moment setrvačnosti měrného setrvačníku /kgm²/

ϵ_1úhlové zrychlení rotujících hmot včetně setrvačníku /rad/sec²/

Úhlová rychlost se měří snímačem otáček umístěným na klikovém hřídeli. Přístroj pak provede zderivování signálu rychlosti, čímž vyhodnotí průběh zrychlení.

OZS Dašice n.p. vyrábí pro diagnostiku traktorových vznětových motorů měřič otáček a zrychlení MK 8 - 007.

Jedná se o analogový měřicí přístroj, který měří otáčky klikového hřídele zkoušeného motoru v rozsahu

0 až 3000 ot/min a zrychlení rotujících částí motoru v rozsahu 0 až 300 rad/sec².

Přístroj zpracovává napěťové impulsy dodávané bezkontaktním elektromagnetickým snímačem, který je zpravidla připojen ke klikovému hřídeli nebo vývodovému hřídeli zkoušeného motoru.

K měřicímu přístroji je možno připojit lineární zapisovač a provádět tak přímo grafický záznam průběhu zrychlení.

Naměřené hodnoty se porovnávají s údaji výrobce. Při měření je nutno dodržovat správnou teplotu oleje, která má podstatný vliv na mechanické ztráty a zkresluje výsledky měření. Teplota by neměla klesnout pod 70 °C.

C/ OVĚŘENÍ METODY NA MOTORU M 634 A ZHODNOCENÍ ZÍSKANÝCH CHARAKTERISTIK S CHARAKTERISTIKAMI ZÍSKANÝMI MĚŘENÍM NA BRZDĚ.

Motor LIAZ M 634 je čtyřdobý, vodou chlazený, naftový vznětový motor s přímým vstřikem paliva.

Válce jsou uspořádány svisle v řadě. Rozvod je typu OHV. Základní technické údaje motoru:

-vrtání válců.....	130 mm
-zdvih.....	150 mm
-obsah válců.....	11,94 l
-kompresní poměr.....	1:16,2
-výkon.....	147 KW při 2000 ot/min
- maximální točivý moment.....	747 Nm při 1300 ot/min
-pořadí vstřiku.....	1 - 5 - 3 - 6 - 2 - 4

Při měření byl motor trvale spojen s motorovou brzdou pomocí pružné spojky periflex.

Moment setrvačnosti rotujících částí brzdy byl určen z dokumentace a jeho hodnota je $I_b = 0,942 \text{ kgm}^2$.

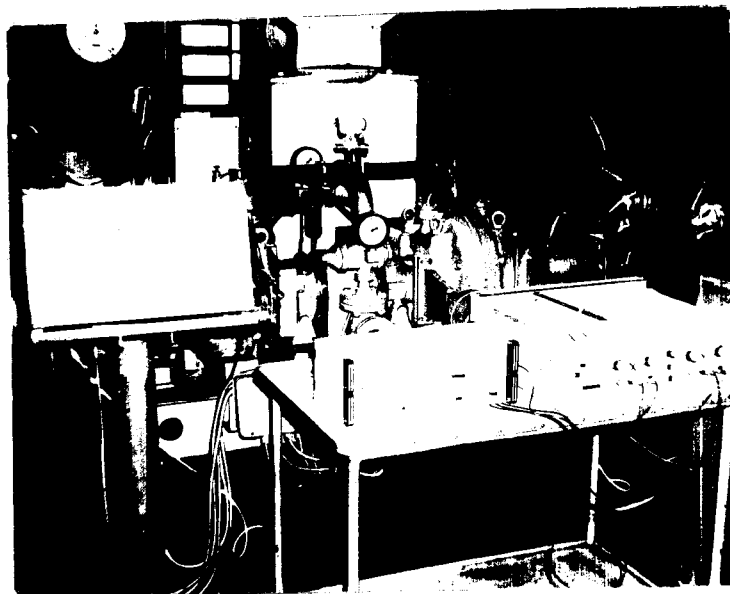
Momenty setrvačnosti rotujících částí motoru I_m a spojky periflex I_s , byly stanoveny výpočtem a jejich hodnoty jsou: $I_m = 2,400 \text{ kgm}^2$

$$I_s = 1,552 \text{ kgm}^2$$

Moment setrvačnosti celé soustavy je roven součtu momentů setrvačnosti jednotlivých členů soustavy a jeho hodnota činí $I_c = 4,894 \text{ kgm}^2$.

Pro měření průběhu zrychlení byl použit měřič otáček a zrychlení MK 8 - 007 ve spojení s lineárním zapisovačem a snímačem otáček umístěným na rotujícím hřídeli brzdy.

Schema měřicího pracoviště je na obr.21



obr.21

Při cejchování zapisovače bylo využito toho, že přístroj registruje asi po dobu 10 sekund naměřenou hodnotu zrychlení pro předem zvolenou hodnotu otáček motoru. Pro cejchování stupnice otáček se nejprve provedlo nastavení motoru na 600 ot/min a dále pak na 1600 ot/min s následným odečtením vzdálenosti registrované zapisovačem.

Při cejchování byly stanoveny tyto hodnoty:

- stupnice zrychlení $100 \text{ rad/sec}^2 = 135 \text{ mm /osa Y/}$
- stupnice otáček $1000 \text{ ot/min} = 140 \text{ mm /osa X/}$

Před započítím měření byl motor seřízen podle základních podmínek platných pro motor M 634.

Vlastní měření bylo prováděno pro tři různé dodávky paliva v rozsahu otáček 600 /700/ až 2250 ot/min, nejprve pomocí brzdy a posléze akcelerační metodou.

Průběh rychlostních charakteristik zjištěných pomocí brzdy je na obr.22.

Křivka č.1 představuje plnou dávku paliva.

Křivka č.2 představuje sníženou dávku paliva otočením šroubu dorazu ovládací páky na čerpadle o 270°.

Křivka č.3 představuje sníženou dávku paliva otočením šroubu dorazu ovládací páky na čerpadle o 580°.

Na obr.23 je pak znázorněna křivka zrychlení odpovídající plné dávce paliva. /křivka 1/

Na obr.24 je křivka zrychlení odpovídající snížené dávce paliva. /křivka 2/

Na obr.25 je křivka zrychlení odpovídající snížené dávce paliva. /křivka 3/

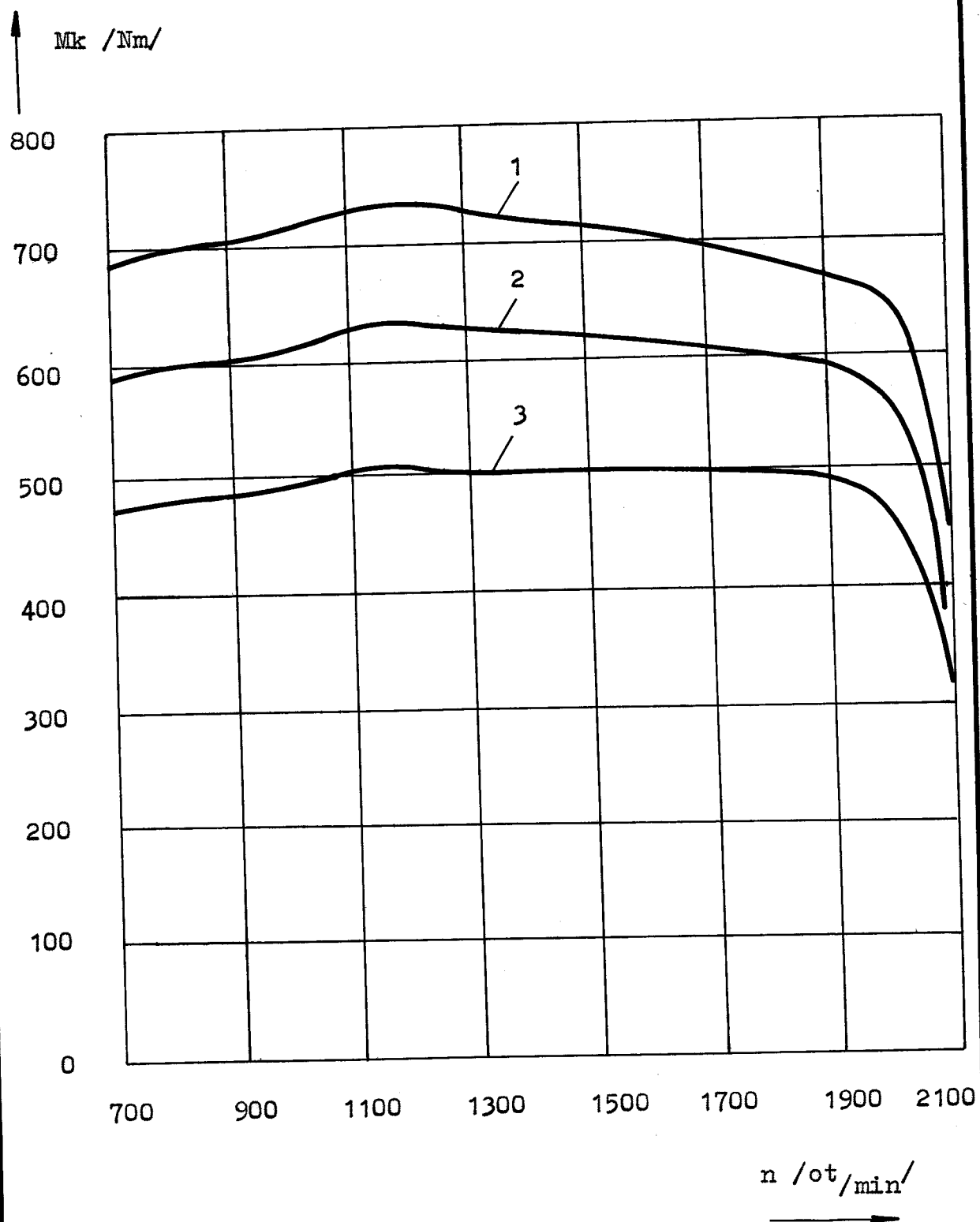
Účelem této zkoušky bylo porovnání průběhů momentů zjištěných pomocí brzdy a bezbrzdovým způsobem. Podrobné číselné vyjádření je zaneseno do tabulky č.1, kde představuje úhlové zrychlení, M moment zpočítaný na základě rovnice 6.3 a M_b je moment zjištěný na brzdě.

Praktické měření prokázalo, že dobré shody průběhu charakteristik momentů lze dosáhnout v rozsahu otáček 1100 až 2000 ot/min, což je ve shodě s údaji výrobce měřiče zrychlení.

Průměrná hodnota odchylky momentů naměřených oběma metodami činila v rozsahu otáček 1100 až 2000 ot/min :

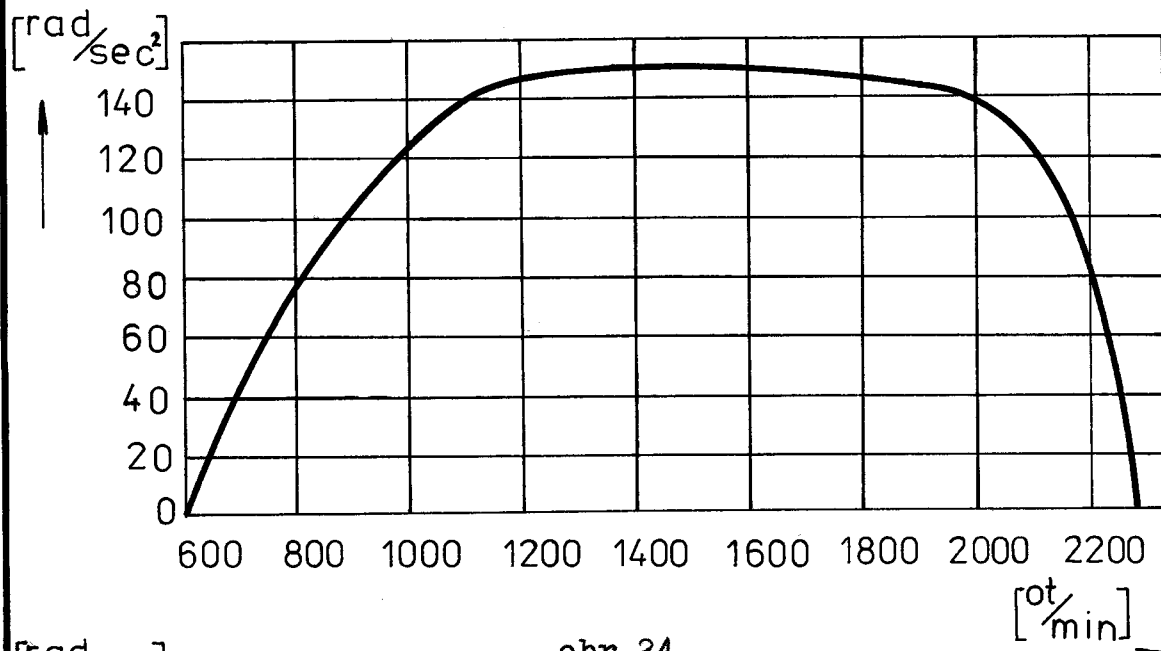
- dodávka paliva č.1.....2,68 % /8,16 %/
- dodávka paliva č.2.....1,36 % /6,13 %/
- dodávka paliva č.3.....2,40 % /4,43 %/

V závorkách jsou uvedeny maximální odchylky momentů pro uvažovaný rozsah otáček, všechny odpovídají otáčkám 1100 ot/min.

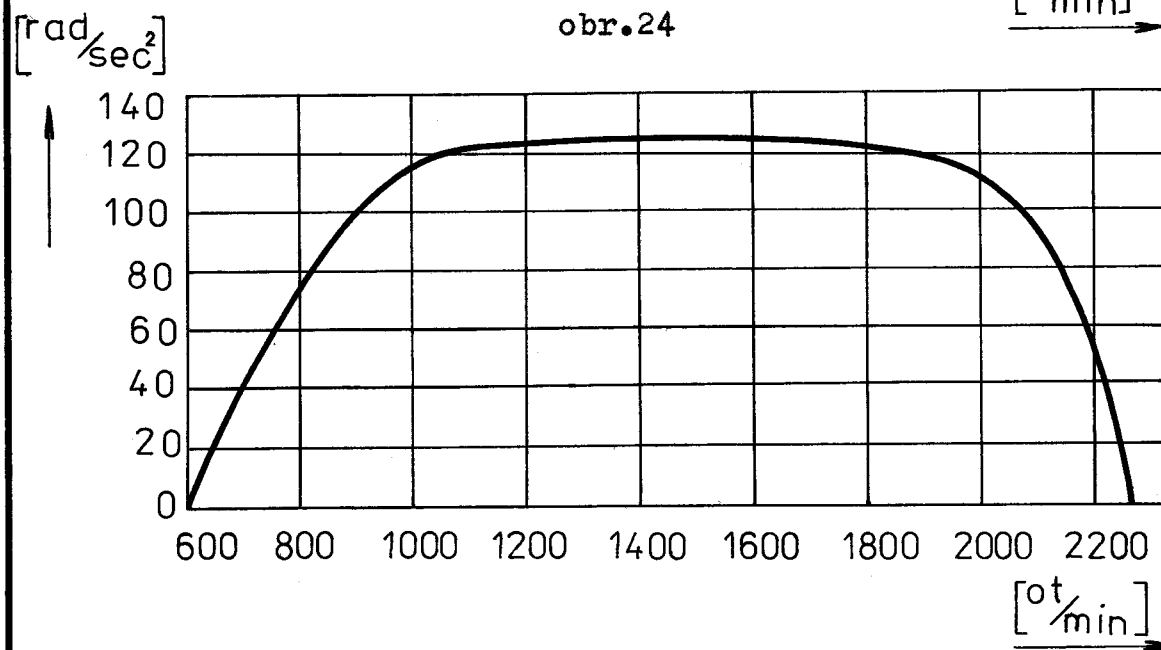


obr.22

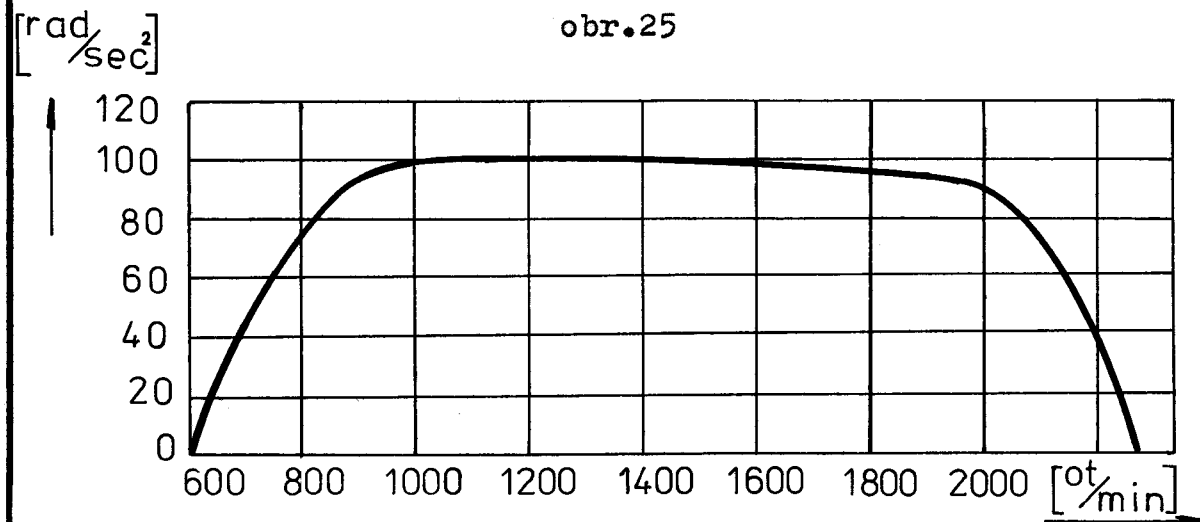
obr.23



obr.24



obr.25



ot/ min	DÁVKA 1			DÁVKA 2			DÁVKA 3		
	ε [rad.s ⁻²]	M [Nm]	Mb[Nm]	ε [rad.s ⁻²]	M [Nm]	Mb [Nm]	ε [rad.s ⁻²]	M [Nm]	Mb [Nm]
700	44,0	215,3	686	45	220,2	590	48	234,9	480
800	77,0	376,8	700	75	367,0	605	77	376,8	484
900	102,0	499,1	707	98	480,0	608	93	455,1	490
1000	123,0	601,9	717	118	577,4	620	98	479,6	496
1100	140,0	685,0	735	122	597,0	636	100	489,3	510
1200	147,0	719,3	734	125	611,7	635	101	494,2	511
1300	149,0	729,1	730	128	626,4	630	102	499,1	506
1400	149,5	731,6	721	128	626,4	625	101	494,2	506
1500	149,0	729,1	714	128	626,4	623	100	489,4	506
1600	148,0	724,2	705	126	616,6	614	99	484,5	505
1700	147,0	719,3	701	124	606,7	609	98	479,6	500
1800	144,0	704,7	687	122	597,0	598	97	474,7	494
1900	142,5	697,3	672	120	587,2	590	96	469,7	493
2000	138,0	675,3	648	113	553,0	560	92	450,2	474

tab. č.1

Na obr.26 je znázorněn průběh zrychlení pro odpojený 1. válec.

Na obr.27 pro odpojený 2. válec.

Na obr.28 pro odpojený 3. válec.

Na obr.29 pro odpojený 4. válec.

Na obr.30 pro odpojený 5. válec.

Na obr.31 pro odpojený 6. válec.

Účelem tohoto měření bylo zjistit, který válec je nejvíce opotřeben. Ve všech případech byly hodnoty zrychlení v oblasti otáček vyšších než 1000 ot/min stejné. Určité malé rozdíly se projevily pouze v oblasti náběhu křivky. Tyto rozdíly je možno vysvětlit jako důsledek nestacionárního jevu v okamžiku zvýšené dodávky paliva a dále jako důsledek možného nestejně rychlého přestavení regulační páky.

Na základě měření lze konstatovat, že opotřebení jednotlivých válců je stejné.

Na obr.32 je znázorněn průběh zrychlení při plné dávce paliva a při podtlaku na sání 800 Pa, kterého bylo dosaženo pomocí škrtící klapky umístěné do sací roury.

Na obr.33 pro podtlak 1067 Pa.

Na obr.34 pro podtlak 2935 Pa.

Na obr.35 pro podtlak 17877 Pa.

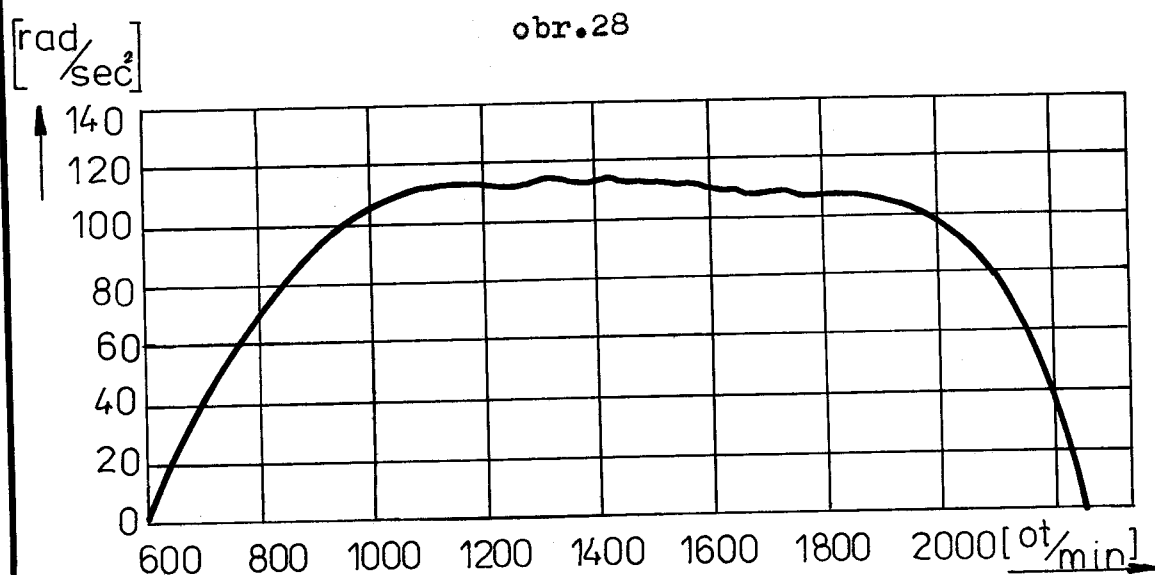
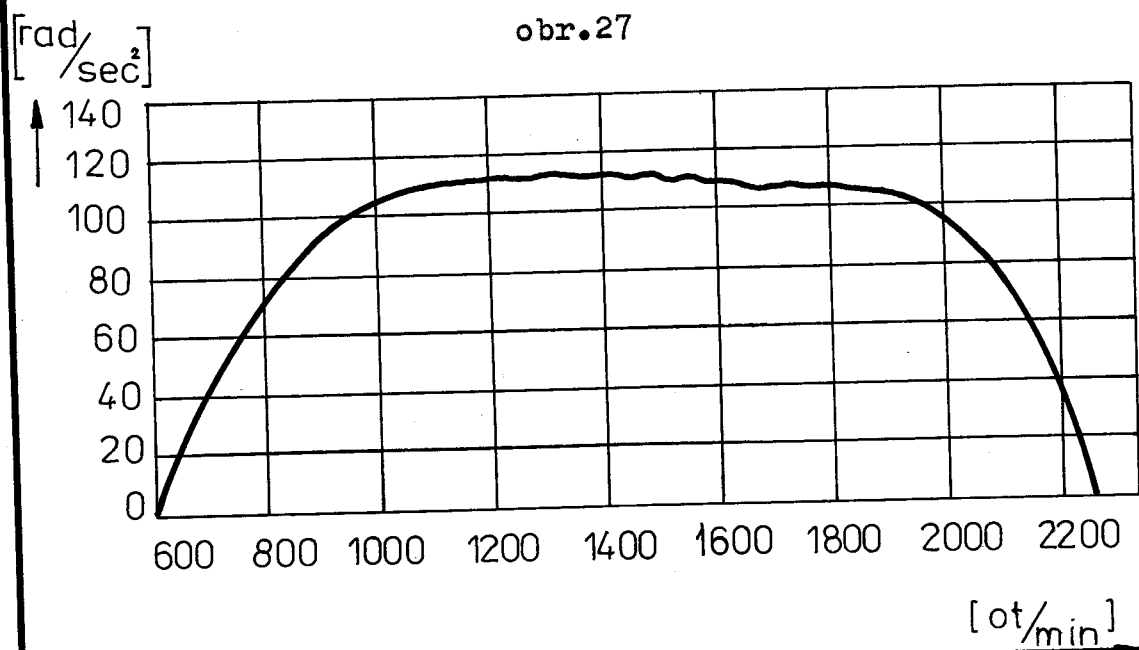
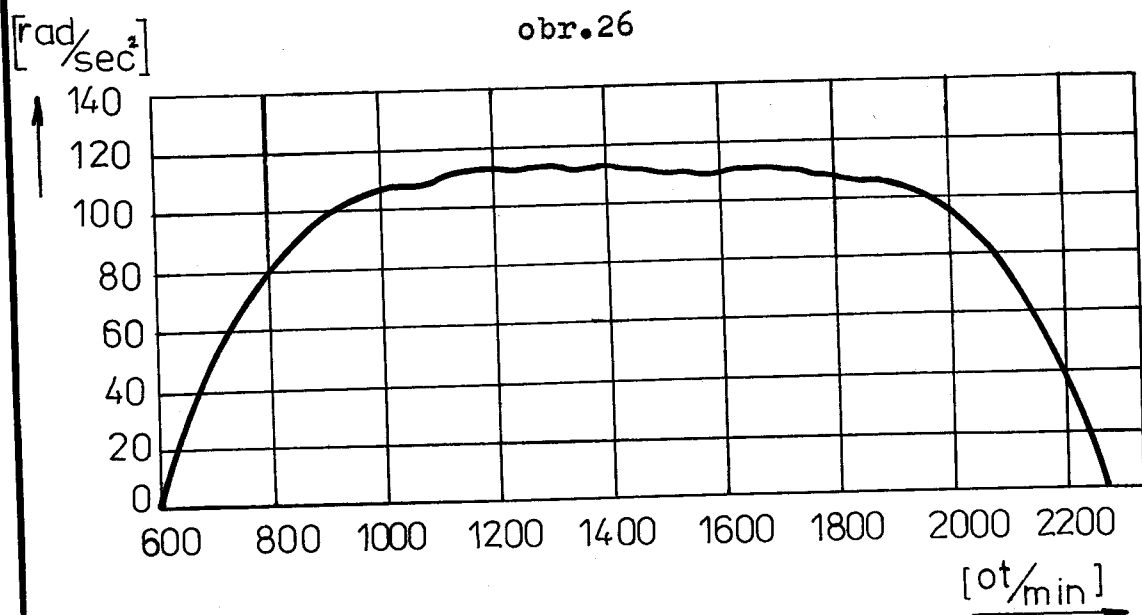
Na obr.36 pro podtlak 38690 Pa..

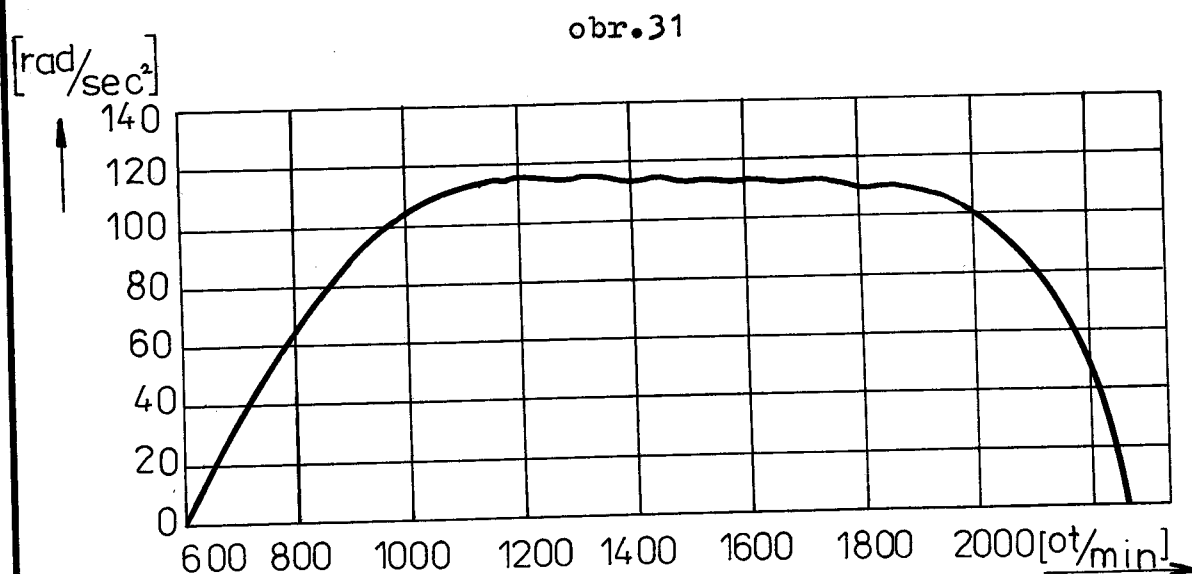
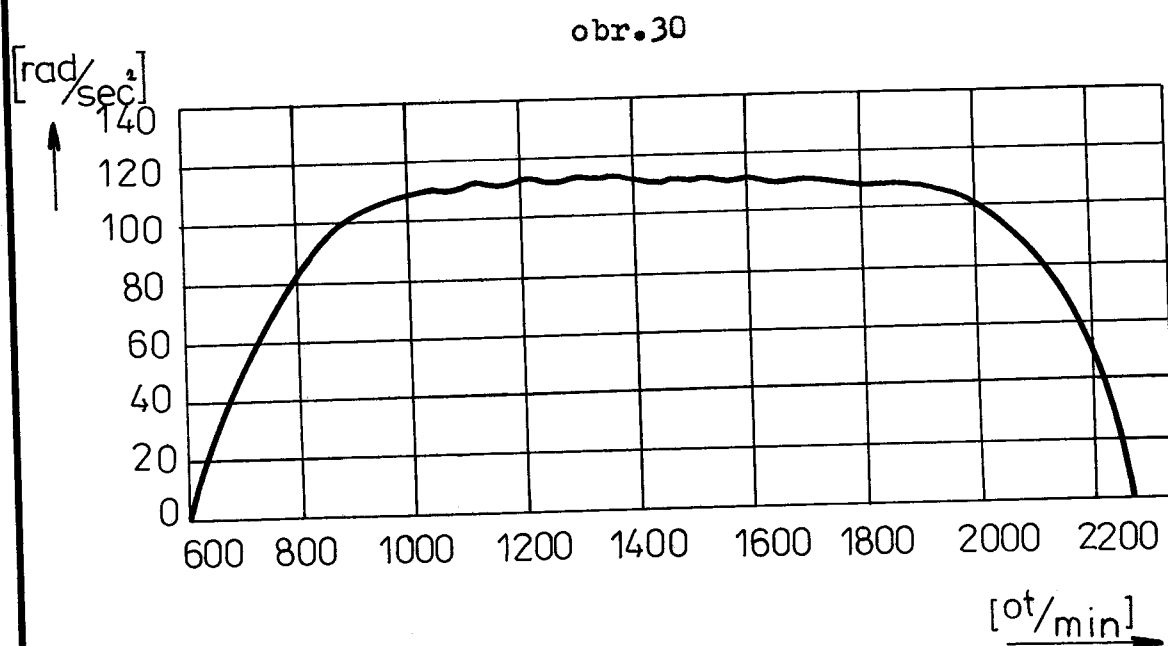
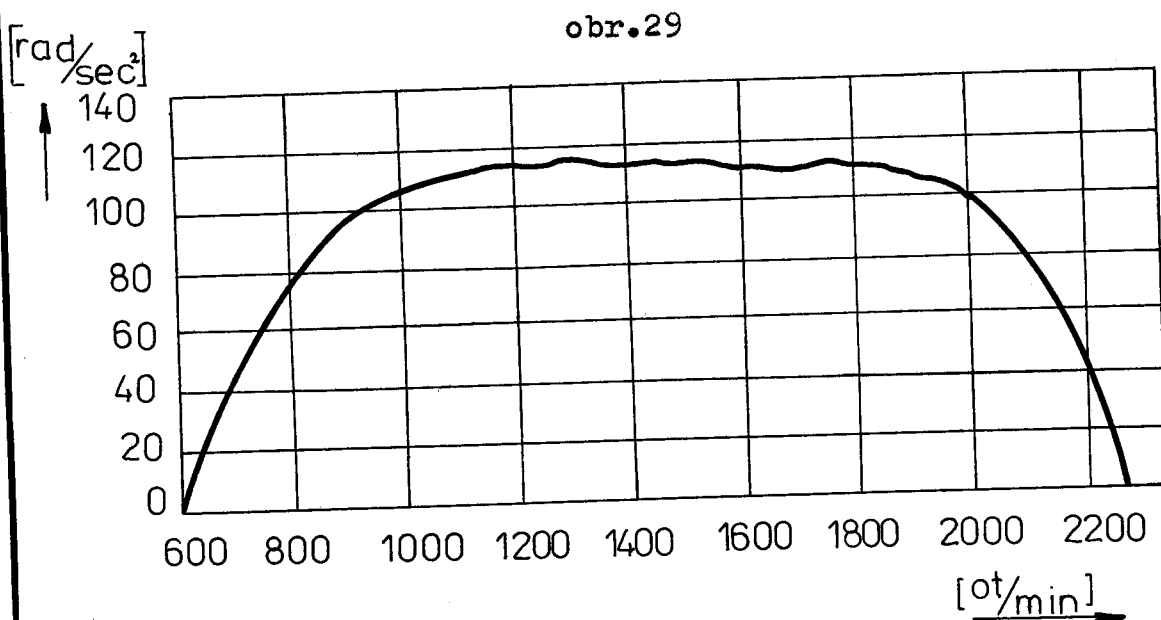
Na obr.37 pro podtlak 46428 Pa.

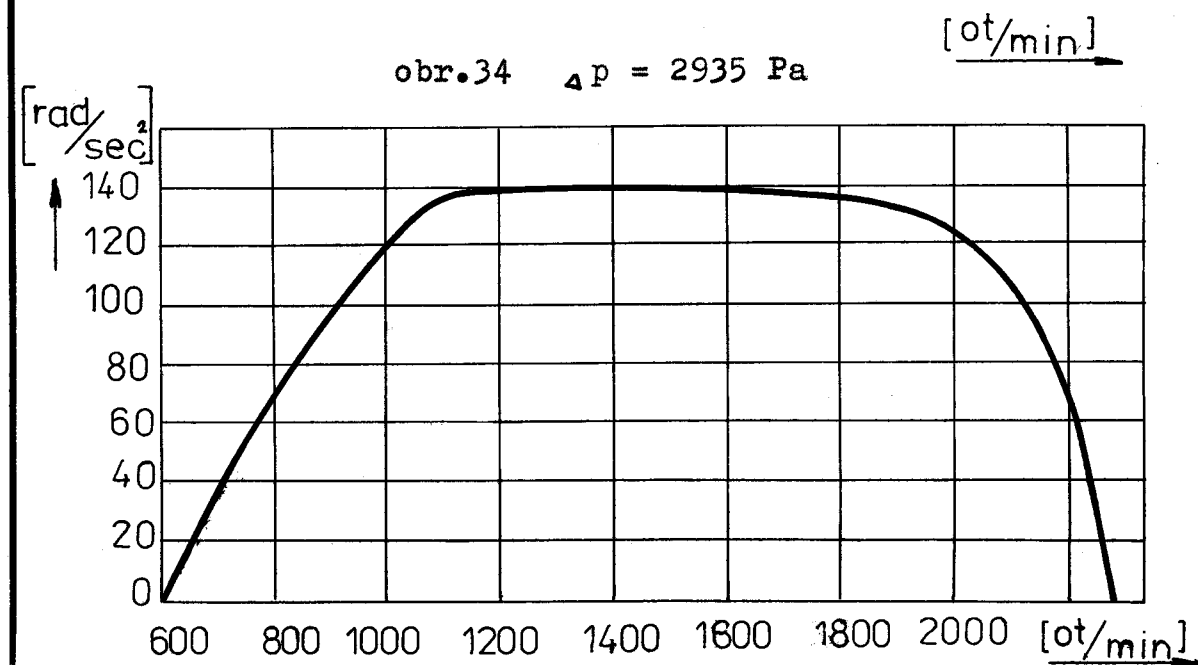
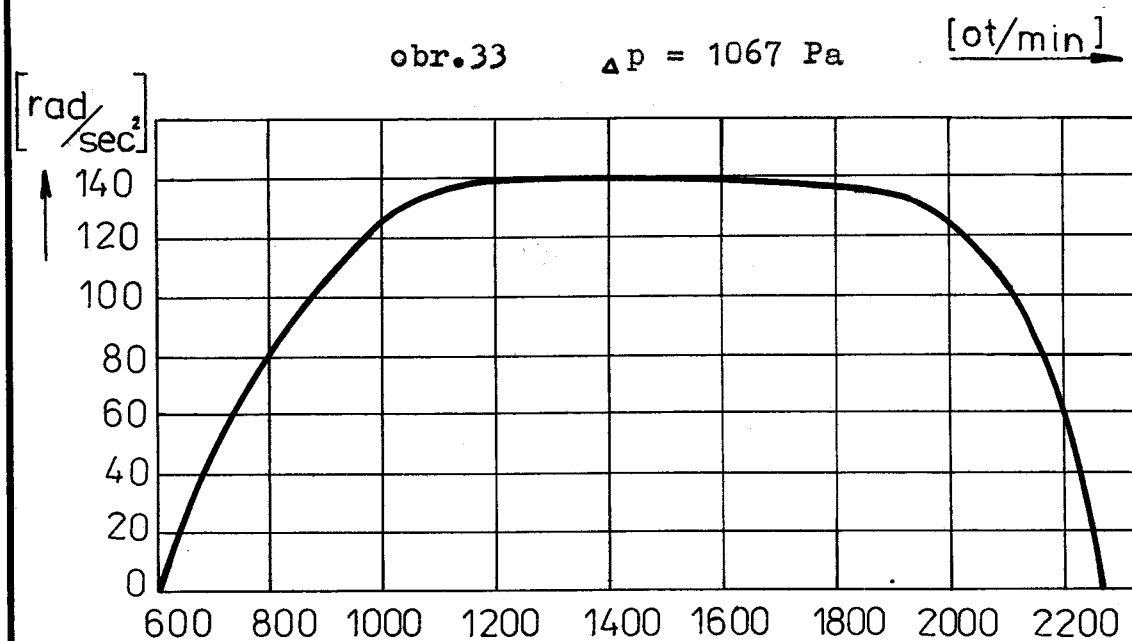
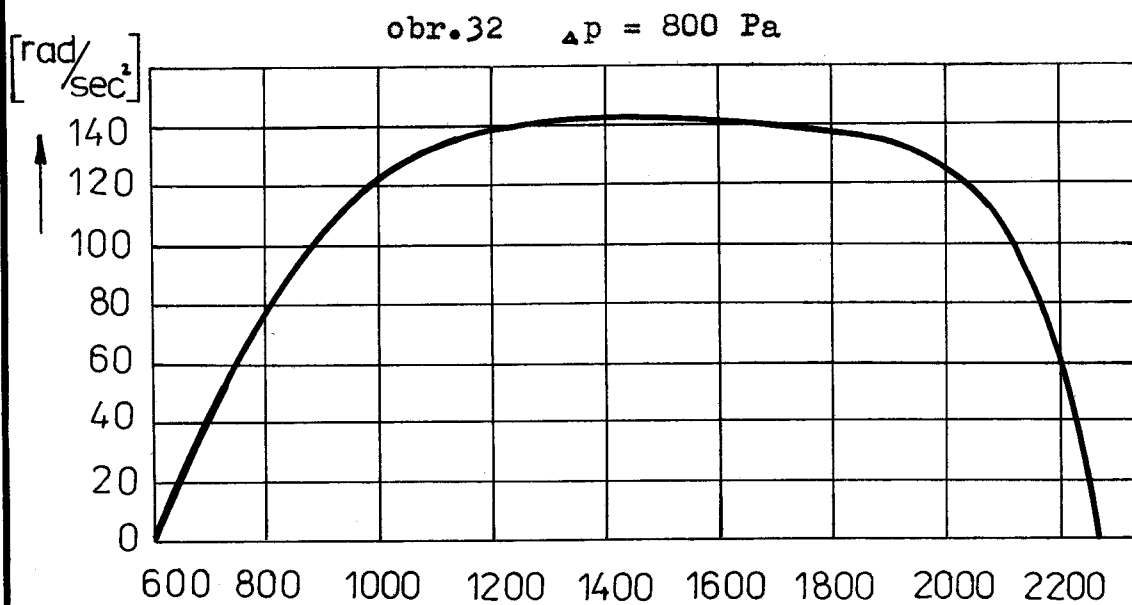
Měření bylo prováděno pro 6 poloh nastavení škrtící klapky za současného měření podtlaku na sání pomocí rtuťového U manometru.

Účelem tohoto měření bylo zjistit průběh zrychlení motoru se sníženým sacím tlakem, který může být způsoben např. znečištěným vzduchovým čističem.

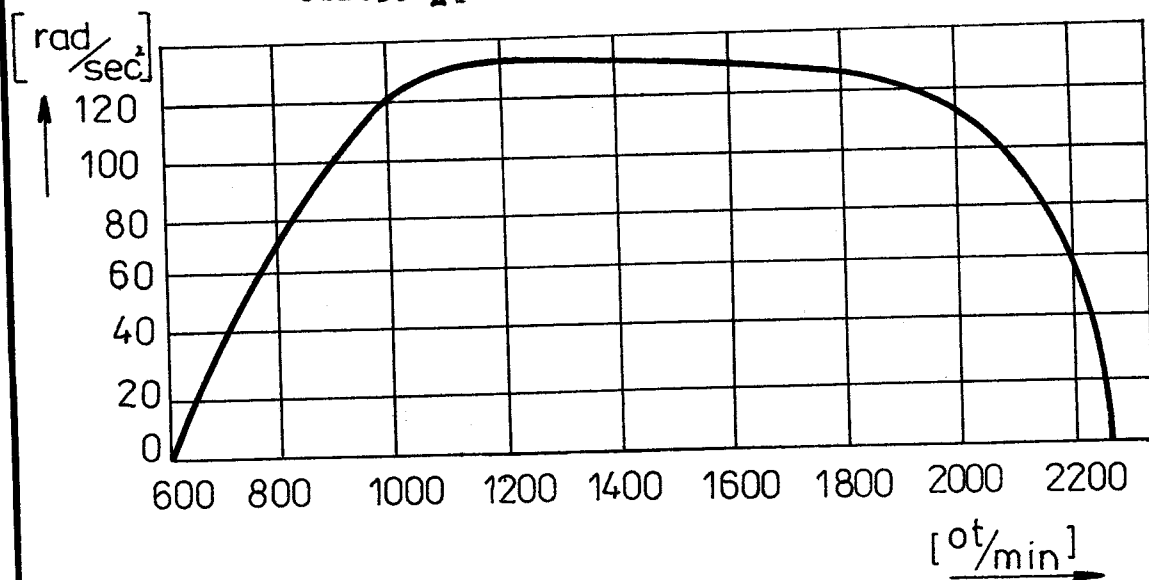
Při měření bylo zjištěno, že se zvyšujícím se podtlakem klesá velikost zrychlení, zejména při vyšších otáčkách. To lze vysvětlit tím, že při těchto otáčkách motor vyžaduje větší množství vzduchu než je množství, které



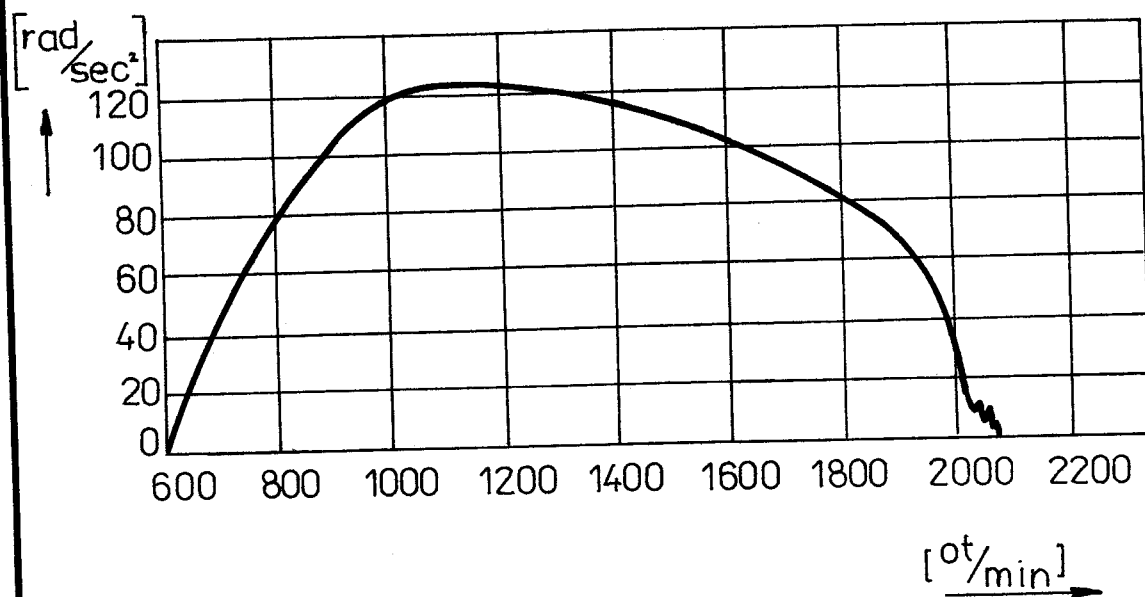




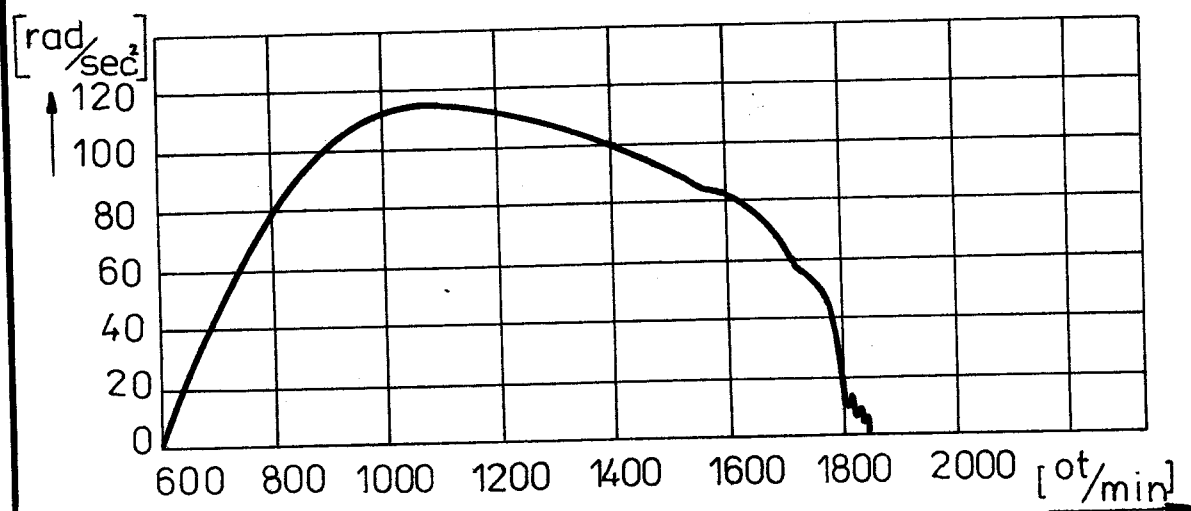
obr.35 $\Delta p = 17877 \text{ Pa}$



obr.36 $\Delta p = 38690 \text{ Pa}$



obr.37 $\Delta p = 46428 \text{ Pa}$



stačí projít seškraceným průřezem. Důsledkem je snížení objemové účinnosti motoru a s tím spojená ztráta výkonu. Při větších podtlacích dojde k situaci, že motor nedosáhne ani maximálních otáček.

Číselné vyjádření hodnot zrychlení pro uvažované podtlaky je v tabulce č.2 a hodnot momentů v tabulce č.3.

Protože vznětové motory pracují s přebytkem vzduchu, lze očekávat, že od určité hodnoty podtlaku se výrazně zvýší kouřivost motoru.

Závěrem lze říci, že použití akcelerační metody jako metody bezdemontážní diagnostiky se jeví jako reálné, a to zejména proto, že je časově i finančně méně nákladné než měření na brzdě. Umožňuje rovněž dosažení směrodatných výsledků charakterizujících technický stav motoru. Pro komplexní posouzení celkového stavu je však vhodné ještě určit spotřebu paliva a kouřivost motoru.

Většímu rozšíření této metody v oblasti vznětových motorů automobilových dosud brání to, že výrobci nemají zjištěné vzorové charakteristiky motorů s příslušenstvím, které by byly zjištěny přímo na vozidle, a které by sloužily jako etalony v organizacích vlastnících tyto automobily.

Dalším problémem je možnost přístupu k motoru ve vozidle tak, aby bylo možno měření realizovat.

Potěšitelné však je, že si výrobci tuto situaci uvědomili a dá se očekávat, že v blízké době budou již vzorové charakteristiky k dispozici u výrobců motorů.

Tepelný stav motoru při měření:

- teplota vody 82 °C
- teplota oleje 85 až 90 °C

Použité přístroje:

Měřič otáček a zrychlení MK 8 - 007 /OZS Dašice/
Snímač otáček.....A - 011 /OZS Dašice/
Zapisovač.....ORION EMG NE - 230
Motorová brzda.....2 VD 110/6

ot/min	ξ [rad.s ²]					
	Δp -[Pa] 800	Δp -[Pa] 1067	Δp -[Pa] 2935	Δp -[Pa] 17847	Δp -[Pa] 38690	Δp -[Pa] 46428
700	48	51	40	40	45	48
800	78	82	68	70	78	80
900	105	105	97	100	102	102
1000	126	126	120	121	117	112
1100	136	134	135	129	123	114
1200	139	138	139	132	123	113
1300	140	139	140	133	121	107
1400	140	140	140	132	115	100
1500	139	140	139	132	108	89
1600	139	139	139	130	102	82
1700	138	138	136	127	92	63
1800	138	137	134	126	81	14
1900	132	136	131	120	70	
2000	125	124	124	112	30	
2100	102	109	107	90		
2200	59	60	67	58		

tab. č.2

ot/min	M [Nm]					
	Δp -[Pa] 800	Δp -[Pa] 1067	Δp -[Pa] 2935	Δp -[Pa] 17847	Δp -[Pa] 38690	Δp -[Pa] 46428
700	234,9	249,6	195,7	195,8	220,2	234,9
800	381,7	401,3	332,8	342,5	381,7	391,5
900	513,8	513,8	474,7	489,4	499,1	499,1
1000	616,5	616,6	587,2	592,1	572,5	548,1
1100	665,5	655,7	660,6	631,3	601,9	557,9
1200	680,2	675,3	680,2	646,0	601,9	553,0
1300	685,1	680,2	685,1	650,8	592,1	523,6
1400	685,1	685,1	685,1	646,0	562,8	489,0
1500	680,2	685,1	680,2	646,0	528,5	435,5
1600	680,2	680,2	680,2	636,1	499,1	401,3
1700	675,3	675,3	665,5	621,5	450,2	308,3
1800	675,3	670,4	655,7	616,6	396,4	68,5
1900	645,9	665,5	641,0	587,2	342,5	
2000	611,7	606,8	606,8	548,1	146,8	
2100	499,1	533,4	523,6	440,4		
2200	288,7	293,6	327,9	283,8		

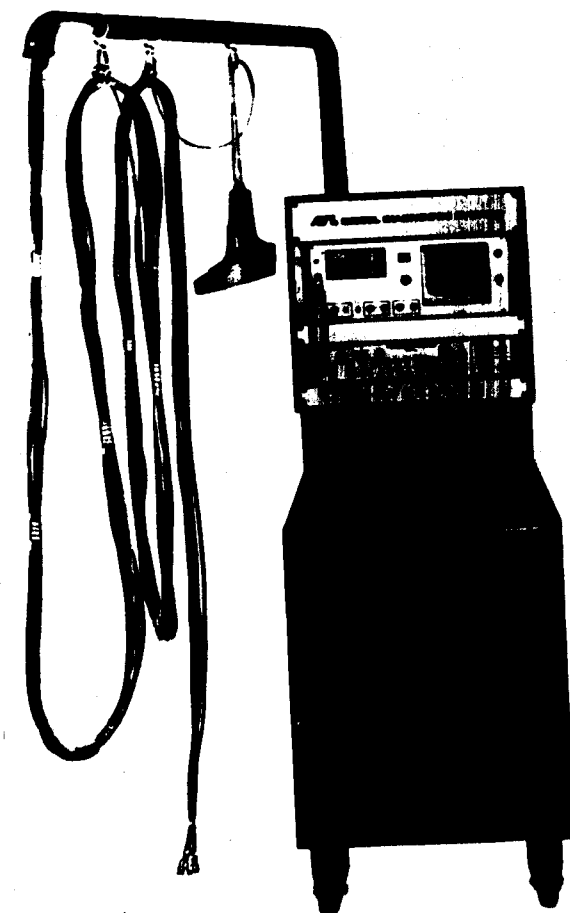
tab. č.3

D/ BEZDEMONTÁŽNÍ DIAGNOSTIKA VSTŘIKOVACÍCH SOUSTAV.

Bezdemontážní diagnostika vstřikovacích zařízení nabývá v současnosti stále více na významu. Je to dáno především skutečností, že technický stav vstřikovacích zařízení se výraznou měrou podílí na spotřebě pohonných hmot a dále tím, že určení vadného dílu vstřikovací soustavy bez demontáže přináší národnímu hospodářství značné úspory.

V diagnostice vstřikovacích soustav se používají přístroje, které zpracovávají velikost zdvihu jehly vstřikovače nebo snímají průběh tlaku ve vstřikovacím potrubí.

Rakouská firma AVL vyrábí speciálně pro tento účel přístroj pod označením DIESEL DIAGNOSTIC SYSTEM AVL 850 viz obr.38.



obr.38

Vlastní systém se skládá z motor testeru 852 B a analyzátoru vstřiku 850 B.

Zařízením je možno vyhodnotit:

- maximální velikost vstřikovacího tlaku
- otáčky motoru
- velikost předvstřiku
- dobu výstřiku
- relativní množství dodávky paliva /plocha pod křivkou/
- analýzu poruch

Při současném sledování průběhu tlaku ve všech vstřikovacích trubkách na obrazovce osciloskopu je možno posoudit stejnou funkční činnost všech sekcí vstřikovacího zařízení, případně snadno rozpoznat poruchový stav daného válce i s jeho identifikací. Jednotlivé válce se zobrazují na obrazovce v pořadí zapalování od shora dolů nebo zleva doprava.

ad D. Charakteristické průběhy tlaku ve vstřikovacím potrubí při poruchových stavech hlavních dílců vstřikovacího zařízení.

Měření bylo prováděno na motoru LIAZ M 638 inovované řady ve spolupráci s pracovníky n.p. LIAZ Rýnovice.

Sledování tlaku se provádělo pro otáčky motoru 700, 800, 1000 ot/min a zatížení $M_k = 0 \text{ Nm}$, $M_k = 150 \text{ Nm}$.

Snahou bylo, přiblížit se měřicími podmínkami ke zkušebním podmínkám, které by se realizovaly přímo na motoru v automobilu.

Měřicí snímače 7QP 7500 byly umístěny na šroubení u vstřikovačů viz obr.39 a obr.40.

Na obr.41 je uspořádání měřicího pracoviště.

V tabulce č.4 jsou pro porovnání uvedeny potřebné výchozí hodnoty zjištěné na zkoušeném motoru.

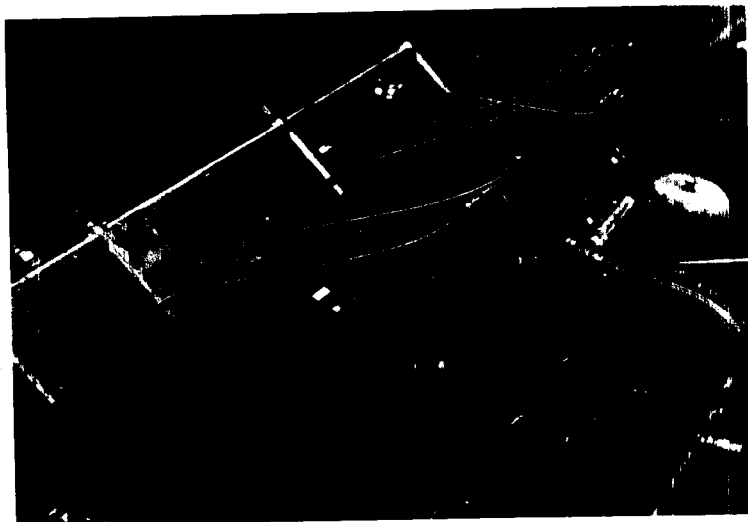
Pořadí zapalování motoru:

1 - 5 - 3 - 6 - 2 - 4

Základní otevírací tlak trysek $p_{otv} = 17,84 \text{ MPa}$
/175 atp/



obr.39



obr.40



obr.41

VÁLEC č.		2	5	6	2	5	6
ZAT.[Nm]	ot/min	α [°]			P_{max} [MPa]		
0	700	27,3	29,5	27,5	22,22	21,51	22,65
	800	28,2	27,4	27,2	20,18	24,53	25,05
	1000	29,8	26,8	27,5	25,69	26,40	28,57
150	700	29,8	26,9	29,2	25,59	21,92	23,80
	800	29,2	27,7	28,2	27,22	24,63	25,35
	1000	29,6	28,0	28,2	29,77	27,95	28,67

tabulka č.4

1. Vliv snížené průtokové plochy výstřikových otvorů
trysky

Měření se provádělo na 6. válci, při $P_{otv} = 17,84$ MPa s tryskou DOP 115S 535 jejíž dva výstřikové otvory byly zacpány.

700 ot/min - 0 Nm.....obr.42
 - 150 Nm.....obr.43
 800 ot/min - 0 Nm.....obr.44
 - 150 Nm.....obr.45
 1000 ot/min - 0 Nm.....obr.46
 - 150 Nm.....obr.47

Ve všech případech se průběh výstřiku poškozeného válce liší od ostatních. Zejména při zatížení a otáčkách 800 a 1000 ot/min je špatný průběh zvláště zřetelný.

Při 700 ot/min a bez zatížení se projevuje hladký náběh tlakové vlny bez počátečního zvlnění a velké tlakové dokmity po zkončení výstřiku. Při zatížení je vydatelná deformace tlakové vlny.

265

obr.42

$$p_{\max} = 21,41 \text{ MPa}$$

$$\alpha = 24,9^\circ$$

267

obr.44

$$p_{\max} = 22,63 \text{ MPa}$$

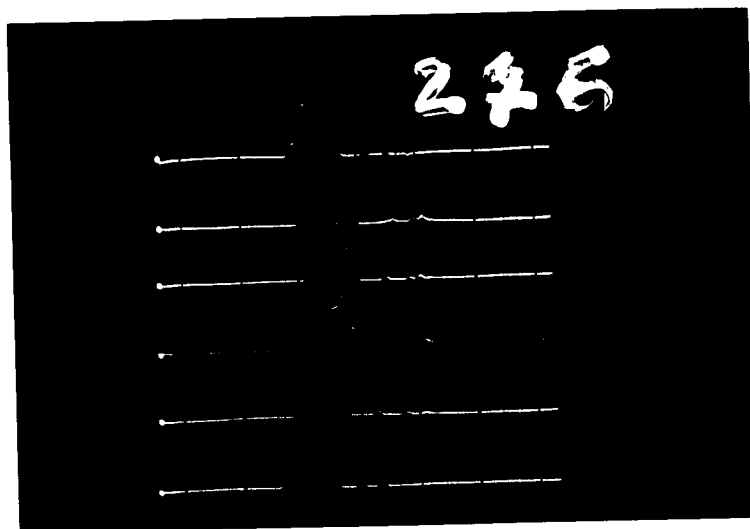
$$\alpha = 28,9^\circ$$

269

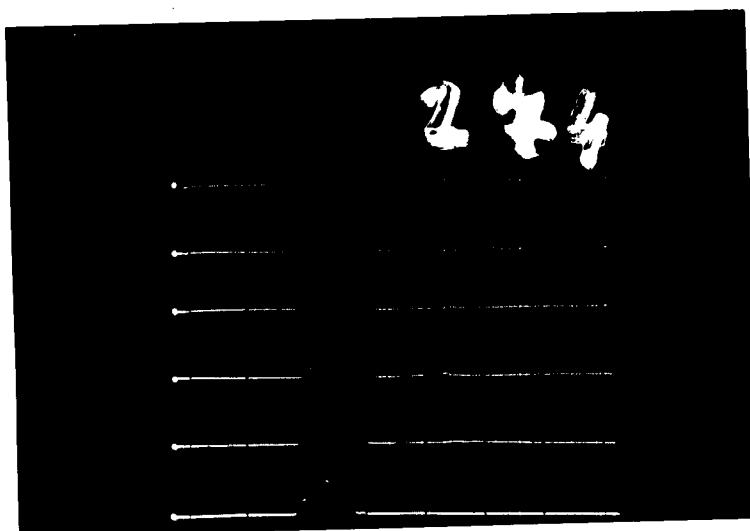
obr.46

$$p_{\max} = 25,48 \text{ MPa}$$

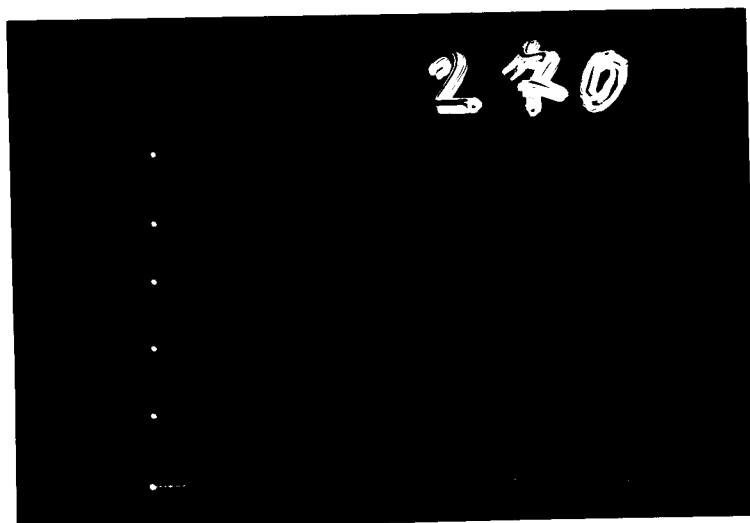
$$\alpha = 31,1^\circ$$



obr.43
 $p_{\max} = 21,92 \text{ MPa}$
 $\alpha = 26,0^\circ$



obr.45
 $p_{\max} = 23,96 \text{ MPa}$
 $\alpha = 28,4^\circ$



obr.47
 $p_{\max} = 25,48 \text{ MPa}$
 $\alpha = 29,4^\circ$

Při 800 ot/min a bez zatížení je náběh tlakové vlny vyhlazený, dokmity zůstávají přibližně na stejné výši, avšak začínají se projevovat další postupující dokmity s nižší amplitudou. Při zatížení se projevuje deformace tlakové vlny.

Při 1000 ot/min a bez zatížení se začíná projevovat počáteční zvlnění tlakové vlny, velikost amplitud dokmitů se snížila, četnost nikoli. Při zatížení se dokmity poškozeného válce projevují méně zřetelně, deformace tlakové vlny je však zřetelná.

Při porovnání hodnot předvstříku s výchozím stavem je při 700 ot/min hodnota menší, při 800 ot/min větší, při 1000 ot/min větší.

Hodnoty maximálních tlaků jsou při všech režimech nižší.

2. Vliv vyjmutého plniče.

Ověření tohoto stavu bylo provedeno vyjmutím plniče z tělesa vstřikovacího čerpadla. Měření bylo prováděno na 6. válci, pro zatížení $M_k = 0 \text{ Nm}$ a $p_{otv} = 17,84 \text{ MPa}$.

Výchozí průběhy jsou uvedeny pro:

- 700 ot/min.....obr.48
- 800 ot/min.....obr.49
- 1000 ot/min.....obr.50

Průběhy při poruše:

- 700 ot/min.....obr.51
- 800 ot/min.....obr.52
- 1000 ot/min.....obr.53

Závada se projevila odlišným průběhem tlakové vlny pro všechny otáčky.

Při 700 ot/min se závada projevuje snížením úhlu převstříku i maximálního tlaku. Dokmity se projevují nižší při stejném časovém rozložení.

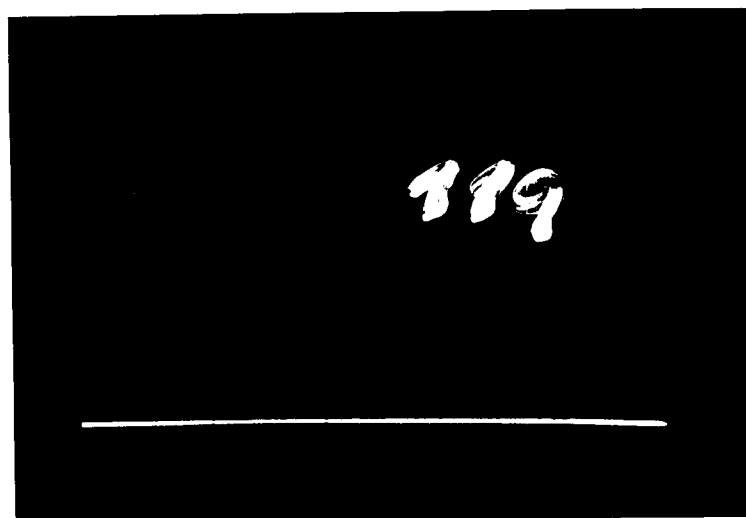
Při 800 ot/min je zvláště zřetelná deformace tlakové vlny, úhel předvstříku je větší, maximální tlak je



obr.48
 $p_{\max} = 22,65 \text{ MPa}$
 $\alpha = 27,5^\circ$



obr.49
 $p_{\max} = 25,05 \text{ MPa}$
 $\alpha = 27,2^\circ$



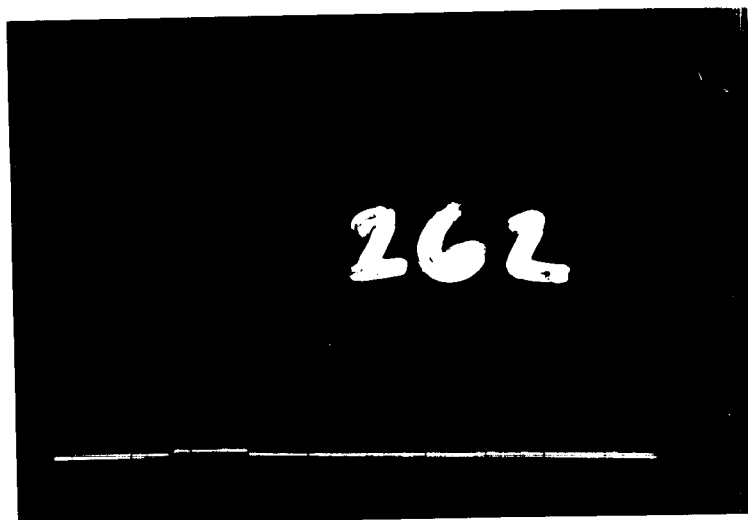
obr.50
 $p_{\max} = 28,57 \text{ MPa}$
 $\alpha = 27,5^\circ$



obr.51
 $p_{\max} = 21,41 \text{ MPa}$
 $\alpha = 24,9^\circ$



obr.52
 $p_{\max} = 22,94 \text{ MPa}$
 $\alpha = 29,1^\circ$



obr.53
 $p_{\max} = 25,48 \text{ MPa}$
 $\alpha = 29,0^\circ$

nižší. Projevuje se výrazný nárůst dokmitů.

Při 1000 ot/min je v průběhu tlaku viditelná určitá podobnost, avšak projevují se navíc tlakové dokmity se značným časovým posunem. Hodnota předvstřiku je větší, maximálního tlaku menší.

3. Vliv přidřené jehly ve vedení.

K ověření tohoto poruchového stavu byla použita tryska s jehlou jejíž posuvný pohyb byl značně ztížen /cca 10 N/. Měření bylo prováděno na 5. válci při zatížení $M_k = 0 \text{ Nm}$ a $p_{otv} = 17,84 \text{ MPa}$.

Průběhy při poruše:

- 700 ot/min.....obr.54
- 800 ot/min.....obr.55
- 1000 ot/min.....obr.56

Při 700 ot/min se závada projevuje vyhlazeným průběhem tlakové vlny a dokmity se značným časovým posunem, hodnota předvstřiku je odpovídající stejně tak jako hodnota maximálního tlaku.

Při 800 ot/min se závada projevuje obdobně jako při 700 ot/min, avšak hodnota předvstřiku je větší a maximálního tlaku nižší.

Při 1000 ot/min je průběh identický s ostatními válci, avšak tlakové dokmity si uchovávají značný časový posuv. Hodnota předvstřiku je větší, maximální tlak je odpovídající.

4. Vliv poruchy pružiny výtlačného ventilu ATLAS.

Ověřování této poruchy a jejího vlivu na průběh tlaku bylo prováděno vložení prasklé ventilové pružiny do prostoru hrdla čerpadla.

Měření bylo prováděno na 6. válci pro uvažované rozpětí otáček, zatížení $M_k = 0 \text{ Nm}$ a otevíracím tlaku trysky $p_{otv} = 17,84 \text{ MPa}$.

Výchozí průběhy tlaku jsou uvedeny na obr.48, 49, 50.

289

obr.54

$p_{\max} = 21,81 \text{ MPa}$

$\alpha = 28,9^\circ$

291

obr.55

$p_{\max} = 21,81 \text{ MPa}$

$\alpha = 29,6^\circ$

292

obr.56

$p_{\max} = 26,20 \text{ MPa}$

$\alpha = 28,5^\circ$

Naměřené průběhy při poruše jsou pro:

- 700 ot/min.....obr.57
- 800 ot/min.....obr.58
- 1000 ot/min.....obr.59

Závada se viditelně projevuje hladkým náběhem tlakové vlny.

Při 700 ot/min se závada projevuje menším počtem tlakových dokmitů, avšak s delším časovým rozložením.

Při 800 ot/min je průběh podobný jako v předcházejícím případě, ale dokmity mají větší amplitudu.

Při 1000 ot/min se začíná náběh tlakové vlny pilovitě utvářet, projevuje se nárůst četnosti dokmitů.

Hodnoty úhlu převstříku se jeví celkově jako vyšší. Maximální hodnoty tlaku jsou výrazně nižší.

5. Vliv netěsnosti soustavy výtlačný ventil - sedlo.

Ověření této poruchy bylo provedeno na 6. válci vložením poškozených součástí. Měření se provádělo pro zatížení $M_k = 0 \text{ Nm}$ a při otevíracím tlaku trysky $p_{otv} = 17,84 \text{ MPa}$.

Vzorové průběhy jsou uvedeny na obr.48, 49, 50.

Průběhy při poruše:

- 700 ot/min.....obr.60
- 800 ot/min.....obr.61
- 1000 ot/min.....obr.62

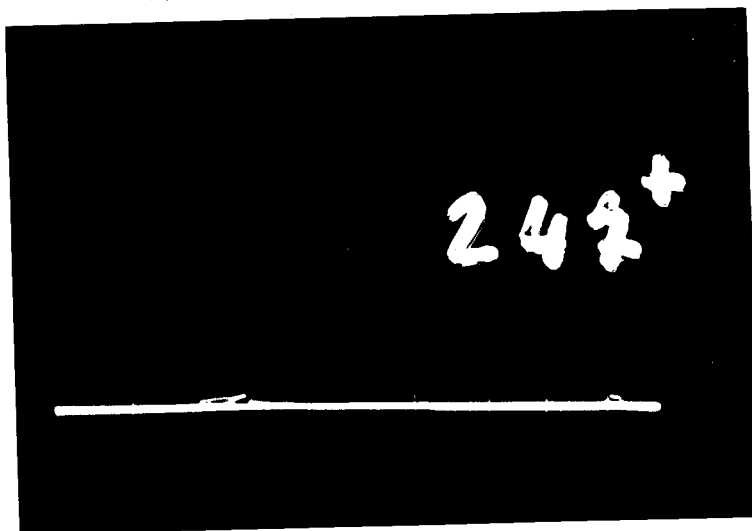
Závada se zřetelně projevuje hladkým náběhem tlakové vlny pro všechny uvažované otáčky a dále i jejím celkovým odlišným tvarem.

Při 700 ot/min se projevují tlakové dokmity s relativně nižší amplitudou a delším časovým rozložením, hodnota předvstříku je menší.

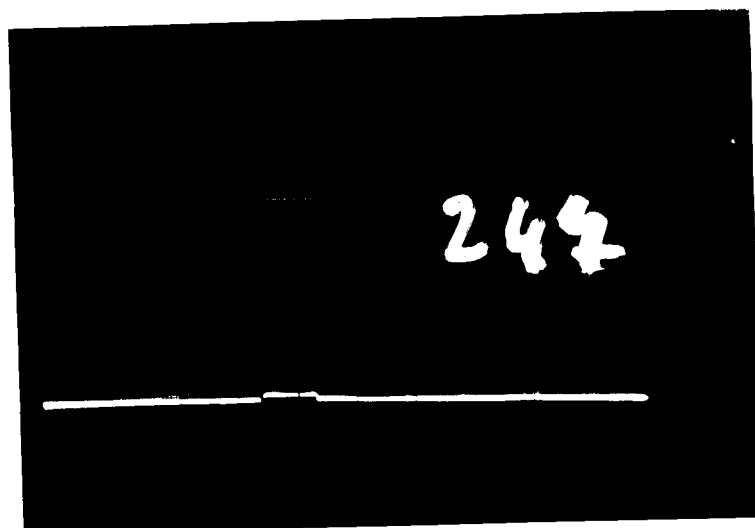
Při 800 ot/min se zvětšuje velikost tlakových pulzací i četnost, zatímco u výchozího průběhu dokmity mizí. Předvstřík je větší.

Při 1000 ot/min se tlakové dokmity projevují velmi výrazně, hodnota předvstříku je větší.

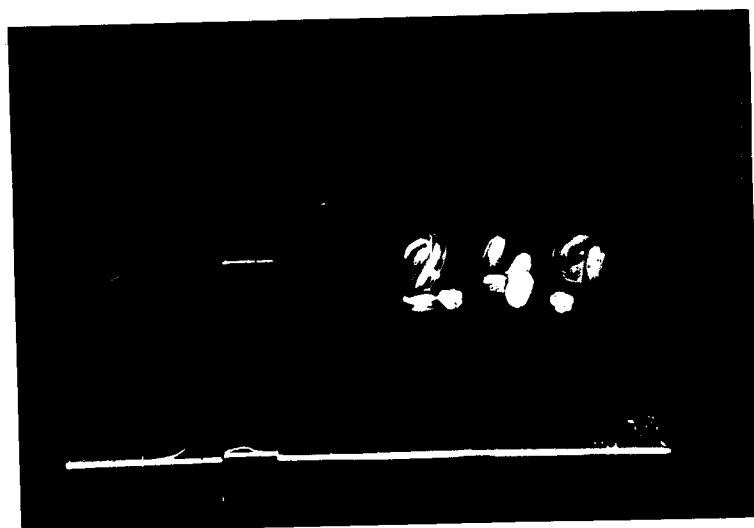
Maximální hodnoty tlaku jsou ve všech uvedených



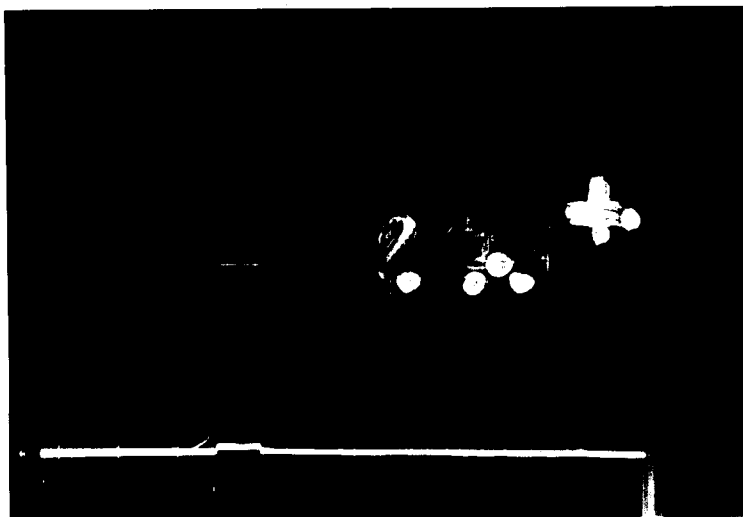
obr.57
 $p_{\max} = 19,21 \text{ MPa}$
 $\alpha = 28,6^\circ$



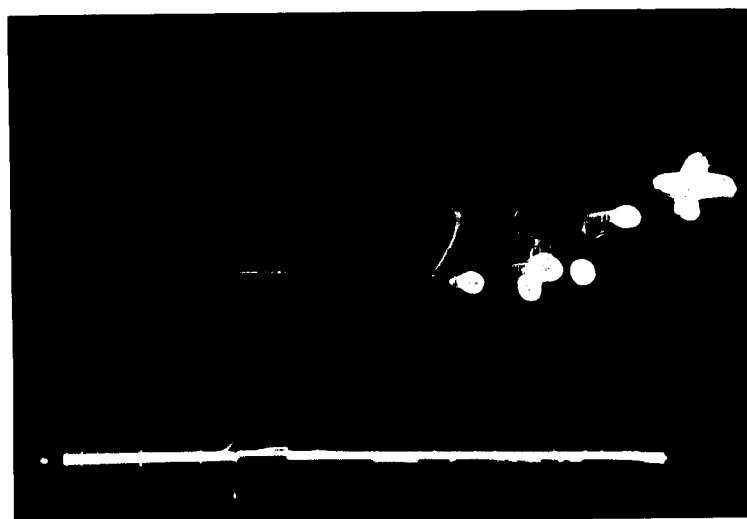
obr.58
 $p_{\max} = 19,57 \text{ MPa}$
 $\alpha = 28,6^\circ$



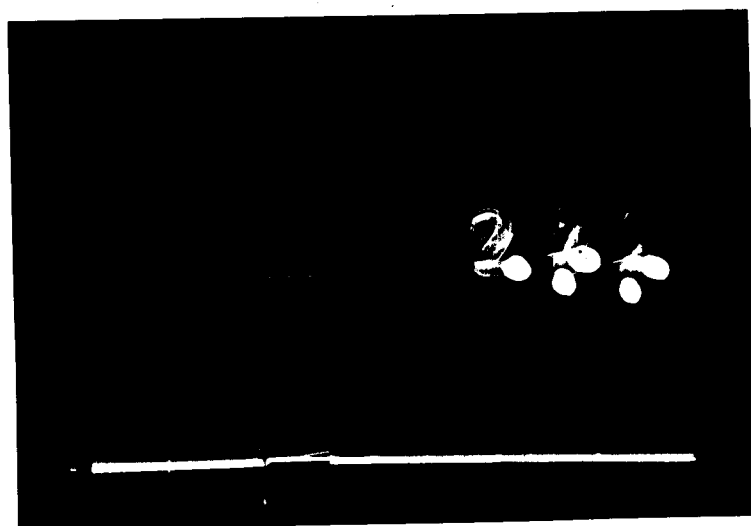
obr.59
 $p_{\max} = 20,90 \text{ MPa}$
 $\alpha = 28,6^\circ$



obr.60
 $p_{\max} = 21,61 \text{ MPa}$
 $\alpha = 26,9^\circ$



obr.61
 $p_{\max} = 22,94 \text{ MPa}$
 $\alpha = 29,4^\circ$



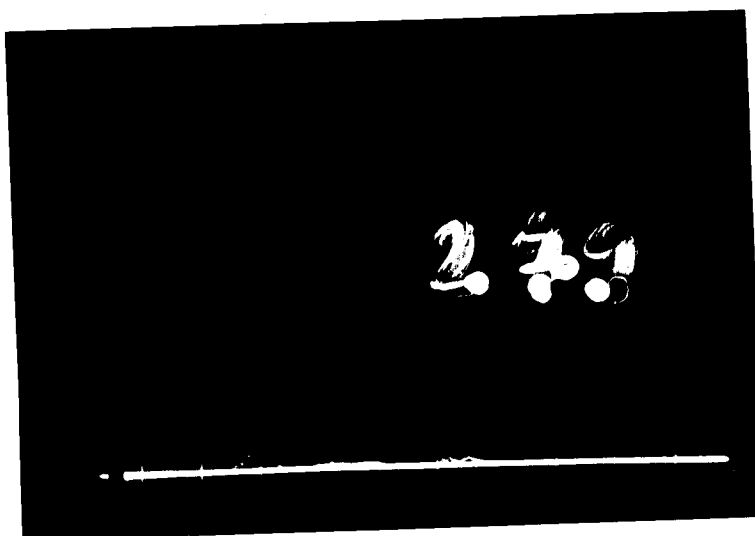
obr.62
 $p_{\max} = 25,28 \text{ MPa}$
 $\alpha = 30,7^\circ$

případech menší.

Značně velké tlakové dokmity ve výtlačném potrubí spojené v mnoha případech s dostřiky jsou způsobeny malým odlehčením poškozené soustavy.

Na obr.63 je pro úplnost uveden průběh tlaku ve vstřikovací trubce při částečně povoleném šroubení na vstřikovacím čerpadle při 700 ot/min. Tento případ je charakteristický velkým odlehčením. To se projevilo strmým nárůstem tlakové vlny a vymizením dokmitů po zkončení dodávky paliva.

Délka výstřiku je výrazně kratší, protože část paliva unikala. Hodnota předvstřiku i maximálního tlaku je nižší.



obr.63
 $p_{\max} = 18,55 \text{ MPa}$
 $\alpha = 25,3^\circ$

6. Vliv poruchy výtlačného ventilku atlas.

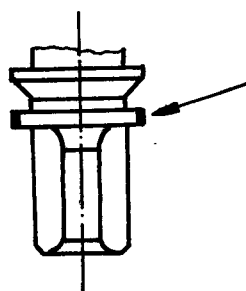
Ověřování této poruchy bylo prováděno na 5. válci pro zatížení $M_k = 0 \text{ Nm}$ a $p_{\text{otv}} = 17,84 \text{ MPa}$.

Bylo použito výtlačného ventilku, na kterém byly vytvořeny dvě malé plošky viz obr.64.

Již tato nepatrná změna měla za následek výrazný pokles odlehčovací schopnosti. Pro úplnost lze podotknout, že v praxi k takto velkému opotřebení nemůže dojít.

Průběhy tlaku při poruše pro:

- 700 ot/min obr.65, 68
- 800 ot/min obr.66, 69
- 1000 ot/min obr.67, 70, 71



místo provedených
výbrusů / ϕ zmenšen o
0,5 mm /

obr.64

Při poruše se projevila značná deformace tlakové vlny s hladkým náběhem. Dokmity ve výtlačném potrubí po ukončení dodávky paliva jsou periodické s minimálním útlumem. Výtlačný ventil neplnil svoji funkci, pracoval jako rovnotlaký.

Na obr.68, 69, 70 jsou detailní průběhy tlaku pro poškozený válec.

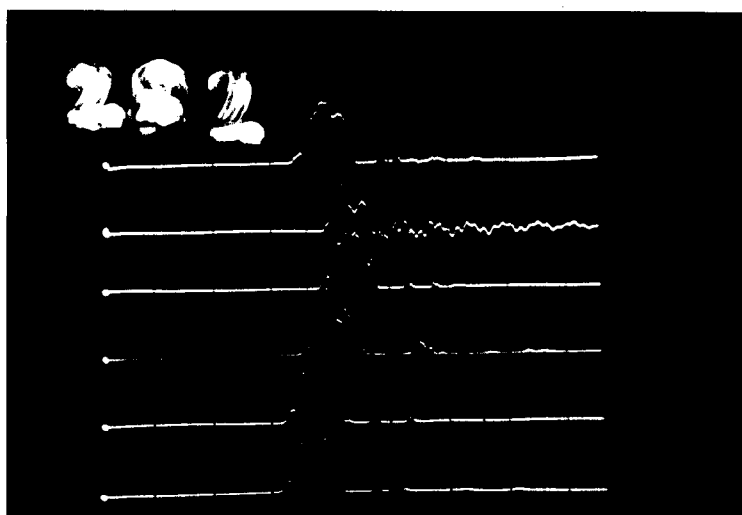
Na obr.71 je pak vidět výrazný pokles maximálního tlaku, který je při 700 a 800 ot/min takový, že je nižší než tlak otevírací, takže teoreticky nemůže dojít k dodávce paliva. Při tomto měření motor pracoval s velmi intenzivními rázy dutého charakteru, které již samy o sobě poukazovaly na poruchový stav.

Hodnoty maximálních tlaků jsou menší v průměru o 30 %, hodnoty předvstřiku jsou také menší.

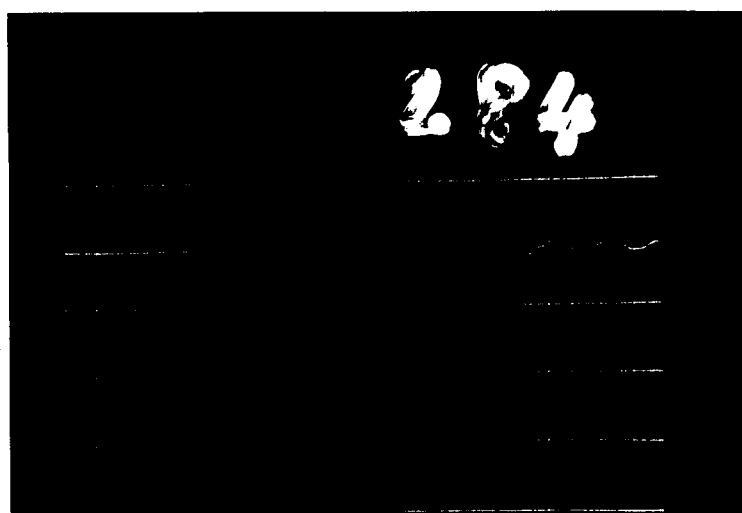
7. Závislost úhlu předvstřiku na otevíracím tlaku trysky.

Měření bylo prováděno na 2. a 6. válci /nejkratší a nejdelší trubka/ pro zatížení $M_k = 0 \text{ Nm}$ a $M_k = 150 \text{ Nm}$ a otevírací tlaky:

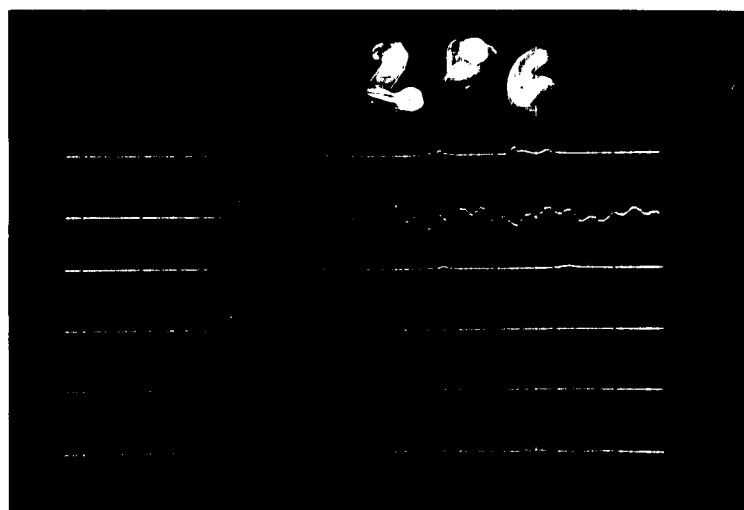
- $P_{otv} = 15,29 \text{ MPa} / 150 \text{ atp/}$
- $P_{otv} = 16,30 \text{ MPa} / 160 \text{ atp/}$
- $P_{otv} = 17,84 \text{ MPa} / 175 \text{ atp/}$
- $P_{otv} = 19,37 \text{ MPa} / 190 \text{ atp/}$



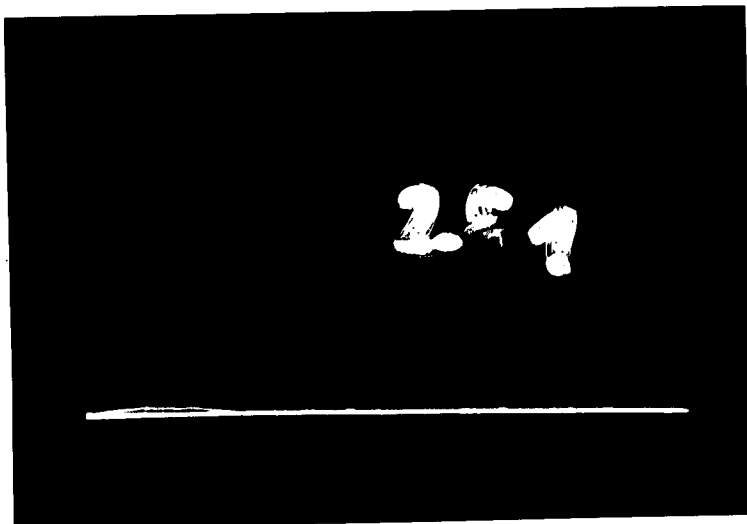
obr.65
 $p_{\max} = 16,11 \text{ MPa}$
 $\alpha = 23,2^\circ$



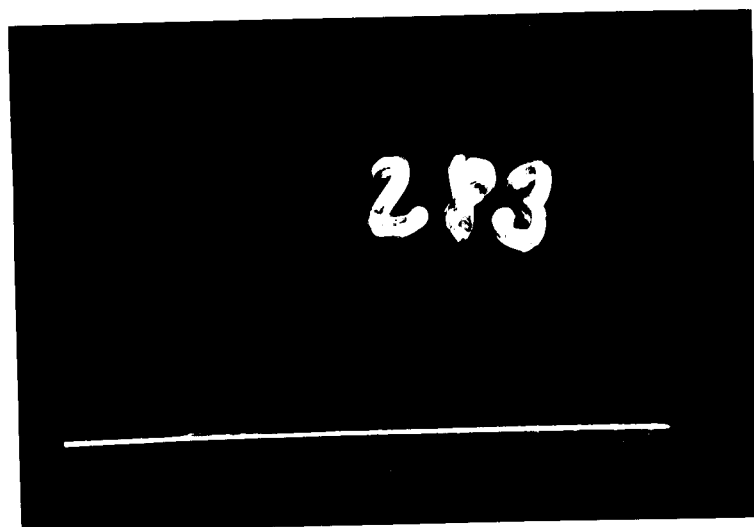
obr.66
 $p_{\max} = 16,21 \text{ MPa}$
 $\alpha = 25,1^\circ$



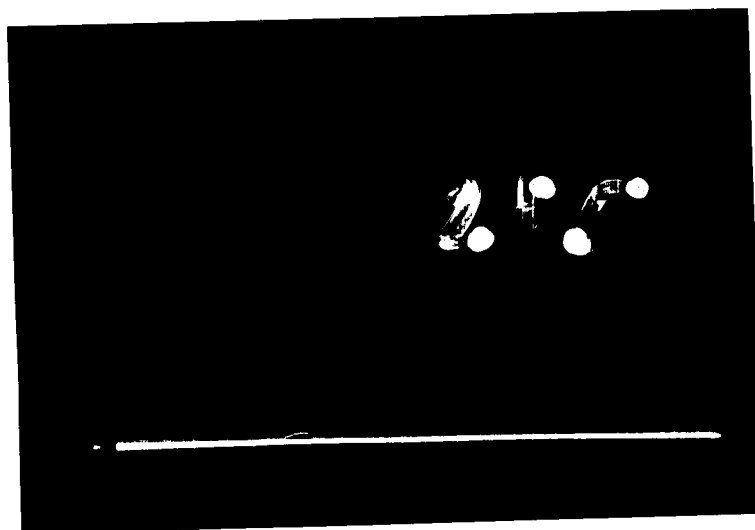
obr.67
 $p_{\max} = 19,16 \text{ MPa}$
 $\alpha = 26,3^\circ$



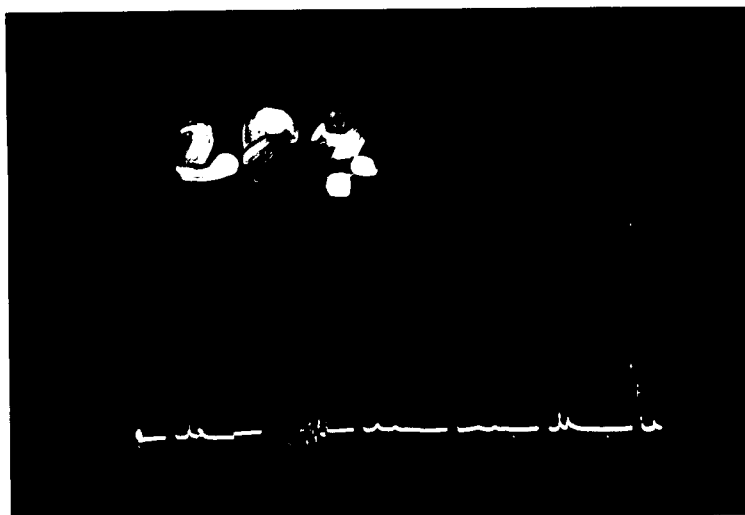
obr.68
 $p_{\max} = 16,11 \text{ MPa}$
 $\alpha = 23,2^\circ$



obr.69
 $p_{\max} = 16,21 \text{ MPa}$
 $\alpha = 25,1^\circ$



obr.70
 $p_{\max} = 19,16 \text{ MPa}$
 $\alpha = 26,3^\circ$



obr.71

$$p_{\max} = 19,16 \text{ MPa}$$

$$\alpha = 26,3^\circ$$

Měření bylo provedeno pro otáčky motoru 700, 800, 1000 ot/min, avšak z úsporných důvodů jsou uvedeny pouze snímky odpovídající 700 ot/min a zatížení $M_k = 0$ a 150 Nm.

Na obr.72 je graficky znázorněna změna úhlu předvstřiku na 2. válci pro zatížení $M_k = 0$ Nm a $M_k = 150$ Nm pro otáčky 700, 800, 1000 ot/min.

Na obr.73 je to samé pro 6. válec.

Na obr.74 je znázorněna změna předvstřiku v závislosti na délce potrubí a otáčkách motoru jak jej doporučuje firma AVL.

Měřené průběhy:

$P_{otv} = 15,29 \text{ MPa} - M_k = 0 \text{ Nm} \dots \dots \dots \text{obr.75}$

$- M_k = 150 \text{ Nm} \dots \dots \dots \text{obr.76}$

$P_{otv} = 16,30 \text{ MPa} - M_k = 0 \text{ Nm} \dots \dots \dots \text{obr.77}$

$- M_k = 150 \text{ Nm} \dots \dots \dots \text{obr.78}$

$P_{otv} = 17,84 \text{ MPa} - M_k = 0 \text{ Nm} \dots \dots \dots \text{obr.79}$

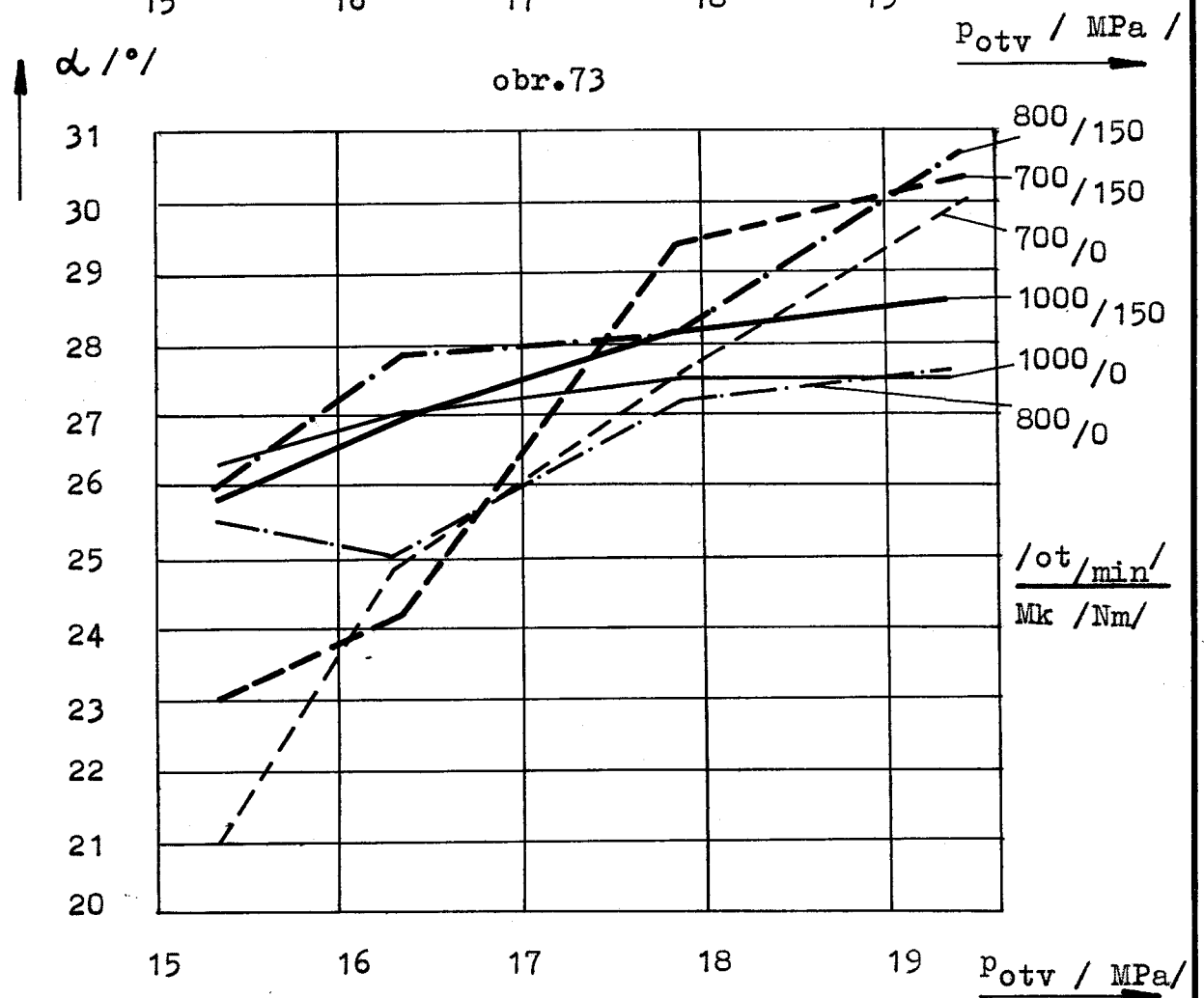
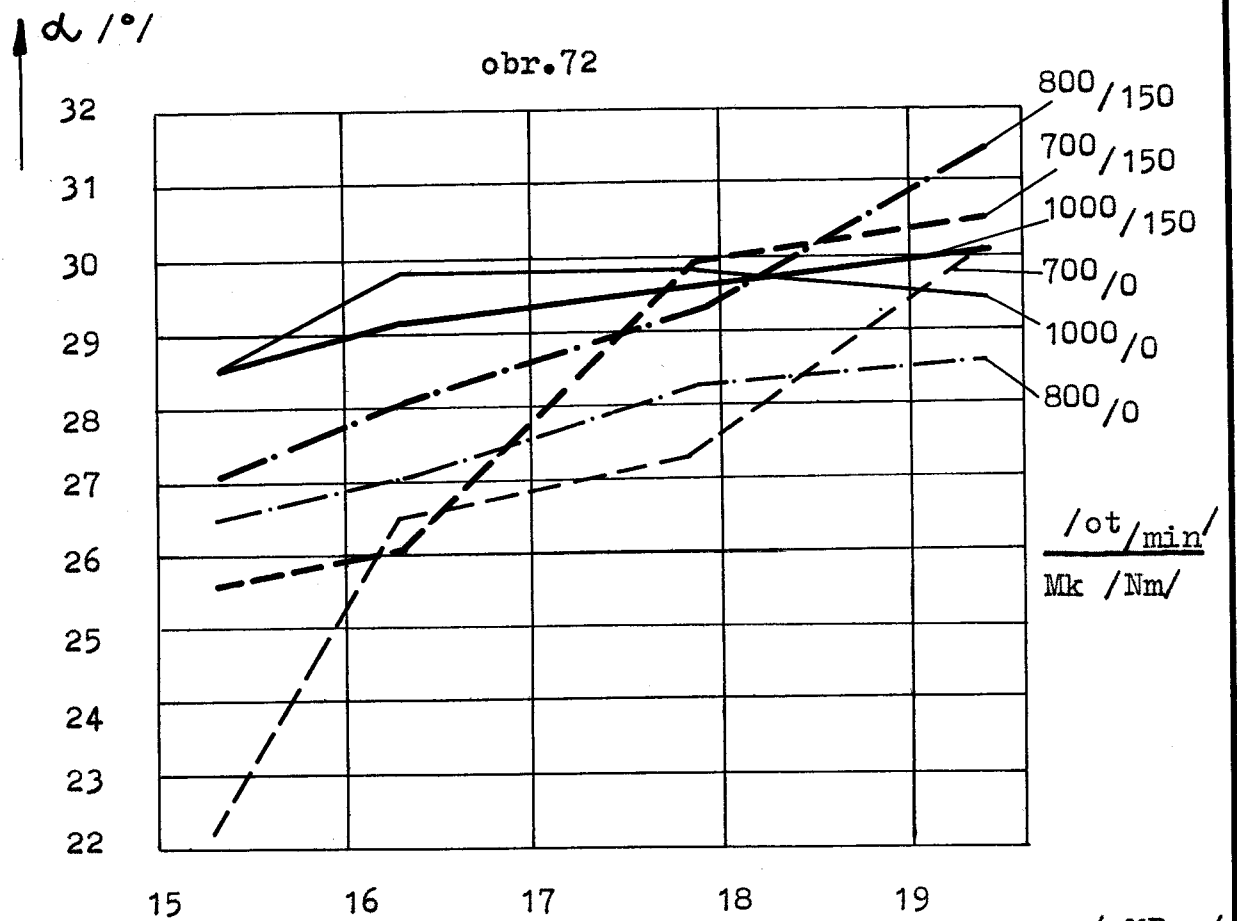
$- M_k = 150 \text{ Nm} \dots \dots \dots \text{obr.80}$

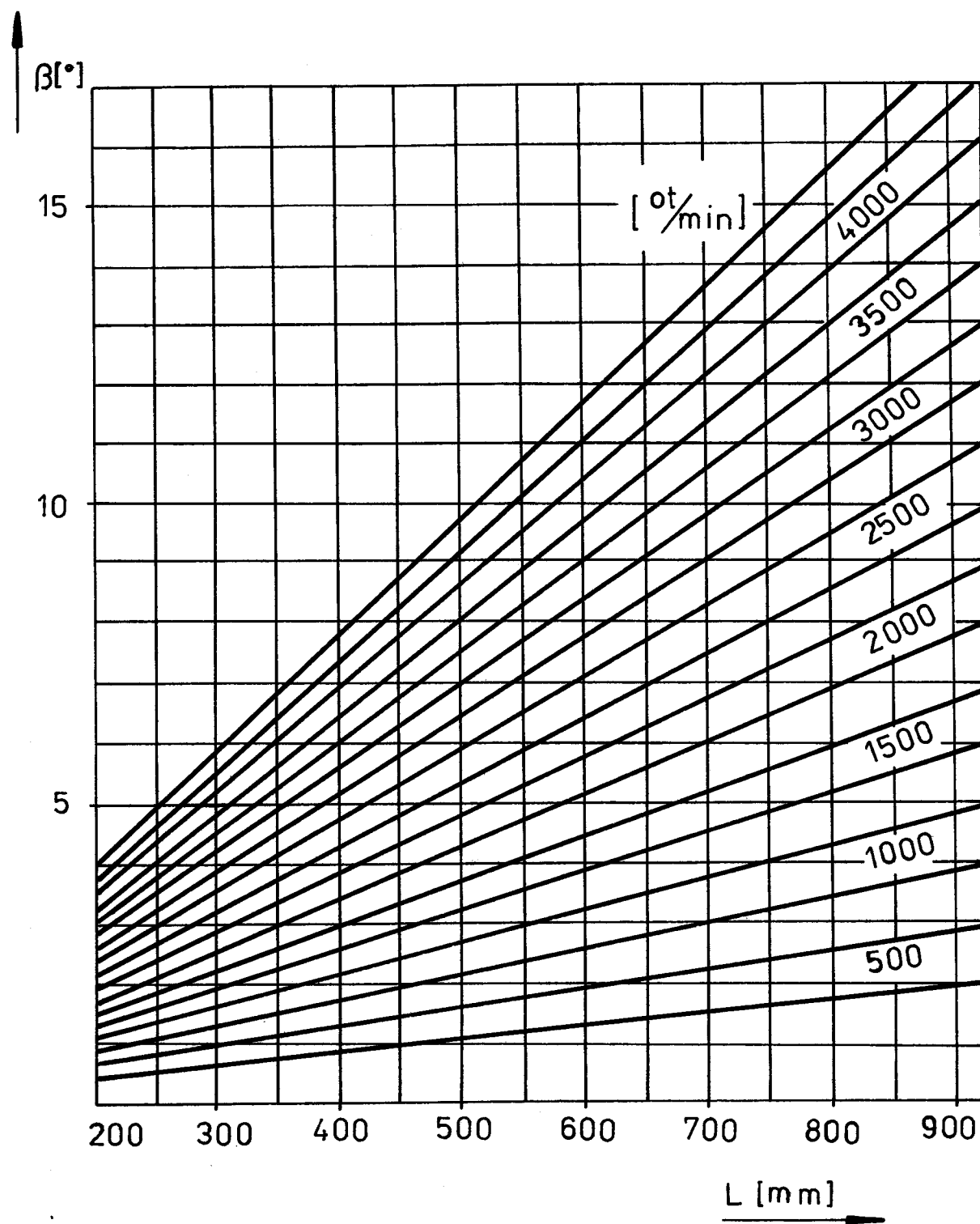
$P_{otv} = 19,37 \text{ MPa} - M_k = 0 \text{ Nm} \dots \dots \dots \text{obr.81}$

$- M_k = 150 \text{ Nm} \dots \dots \dots \text{obr.82}$

Z obr.75 až 82 je možno i vizuelně posoudit změnu úhlu předvstřiku vůči ostatním válcům pouhým srovnáním okamžiků náběhů tlakové vlny.

Toto posouzení je pouze informativní, neboť snímky

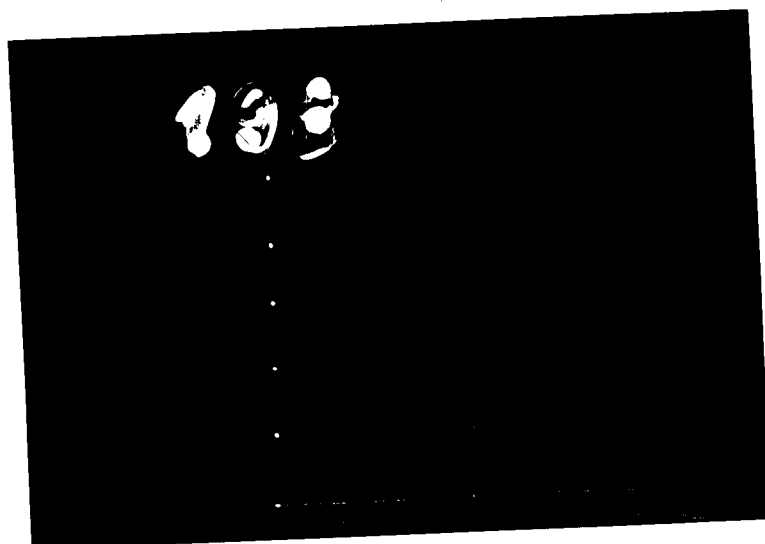




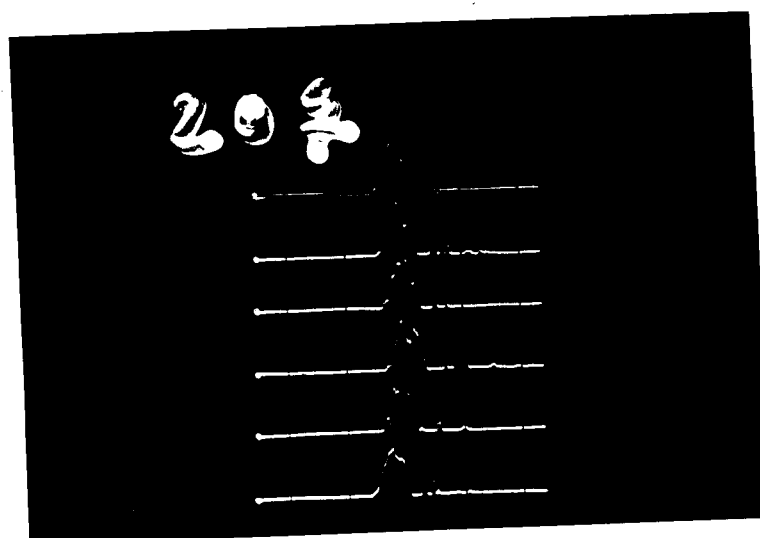
obr.74



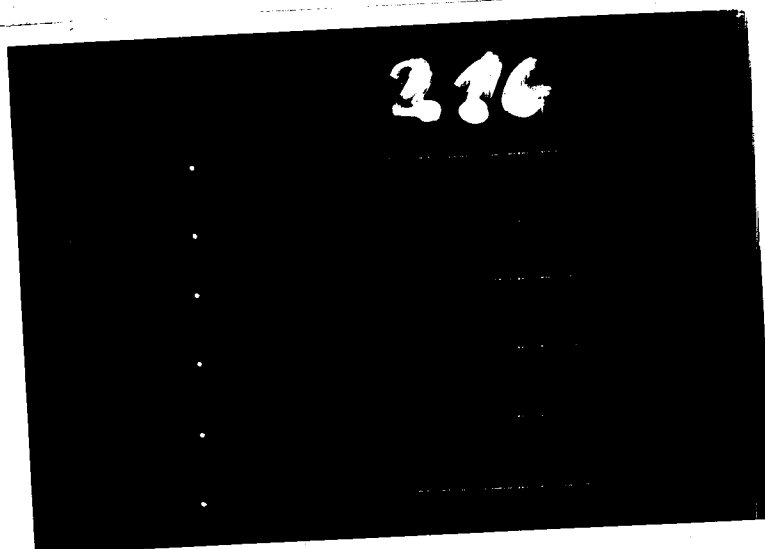
obr.75



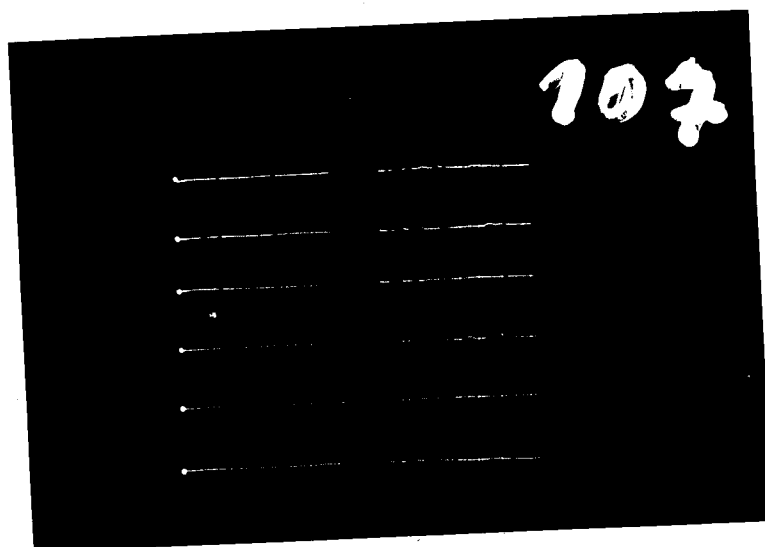
obr.76



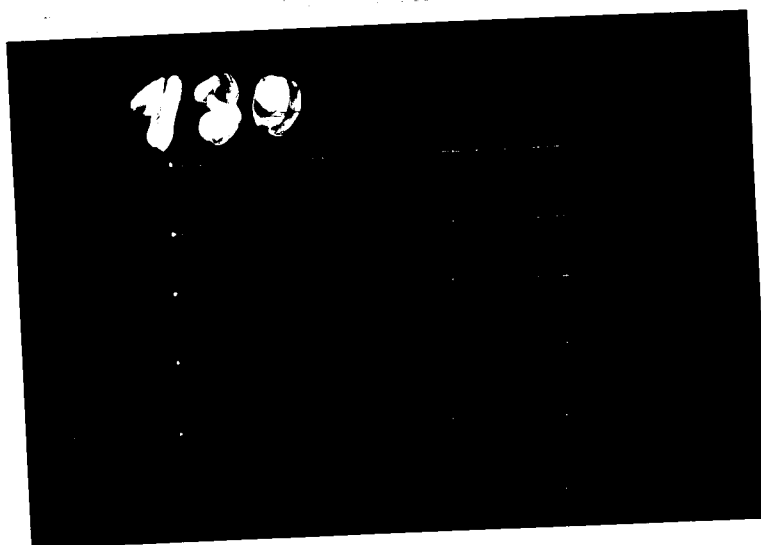
obr.77



obr.78



obr.79



obr.80

225

obr.81

243

obr.82

jsou pořízeny pro jeden pracovní cyklus /je to dáno konstrukcí měřicí aparatury/, proto na některých snímcích je vizuelní posouzení zkresleno. Snímání průběhů tlaku při těchto nízkých otáčkách je doprovázeno určitým kolísáním velikosti úhlu předvstříku, což při nevhodné kombinaci všech válců zkresluje měření. Proto jsou směrodatné hodnoty předvstříku naměřené pomocí potenciometru při více cyklech.

Úhel se se zvyšujícím otevíracím tlakem trysek zvyšuje. Toto je způsobeno tím, že po uzavření jehly vstřikovače, se ve vstřikovacím systému ustálí hodnota tlaku, která je tím vyšší, čím vyšší je otevírací tlak trysky. Z toho důvodu dojde v okamžiku zdvihu pístku čerpadla k rychlejšímu náběhu tlaku a tím i k většímu úhlu předvstříku.

Zvětšující se úhel předvstříku se projevuje posunutím tlakové vlny směrem doleva. Této skutečnosti jsme využili pro správné nastavení otevíracího tlaku.

První válec jsme seřídili na správnou hodnotu otevíracího tlaku a ostatní vstřikovače jsme seřídili na pracujícím motoru tak, aby průběhy tlakové vlny byly pod sebou v řadě. Po vymontování vstřikovačů z 2. až 6. válce a jejich přeměření jsme zjistili, že otevírací tlaky jsou stejné jako na výchozím prvním válci. Toto ukazuje na možnost, jak seřizovat otevírací tlaky trysek aniž by se tyto musely demontovat z motoru.

Závěrem lze říci:

- Se zvyšujícím se otevíracím tlakem trysek se zvětšuje hodnota úhlu předvstříku.
- Hodnota úhlu předvstříku při zatížení je větší než bez zatížení.
- Maximální tlaky ve vstřikovací soustavě se mění v závislosti na otevíracím tlaku trysek chaoticky bez konkrétní zákonitosti.
- Při zatížení jsou maximální tlaky větší než bez zatížení.
- Diference úhlu předvstříku pro 2. a 6. válec se

pohybuje se v rozmezí 2 stupňů což odpovídá předpokládané závislosti na obr.74.

8. Shrnutí poznatků.

Na základě provedených prací lze říci, že usuzovat na poruchu určitého dílce vstřikovací soustavy srovnávací metodou je možné. Vyžaduje to však zaškolené pracovníky s určitou zkušeností, kteří budou důkladně obeznámeni s funkcí vstřikovacích zařízení a s měřicí aparaturou.

Ze zjištěných závislostí je patrné, že mnohé poruchové stavy se projevují z hlediska průběhu tlaku identicky /viz. vyhlazený náběh tlakové vlny/.

Samotné zjištění poruchového stavu se zdá být poměrně snadné, avšak hlubší rozbor příčiny poruchového stavu je náročnější a je nutno při něm postupovat zcela objektivně, bez zjednodušujících předpokladů, protože děje jsou značně komplikované.

Jelikož se některé závady projevují výrazně při zatížení motoru a některé naopak při odlehčení, nelze stanovit obecnou metodiku zkoušky.

Pro praxi bude vhodné používat kombinace dalších diagnostických zařízení.

Rozšíření této metodiky diagnostikování lze doporučit organizacím, kde se nachází větší počet motorů stejného typu.

Jsem si vědom toho, že moje měření není v celém rozsahu vyčerpávající, avšak je možné na jeho základě vytvořit si představu o základních dějích ve vstřikovací soustavě při poruchových stavech.

E/ ZÁVĚR.

V této diplomové práci jsem chtěl podat přehled o metodách bezdemontážní diagnostiky vznětových motorů.

V úvodu práce jsem se pokusil vysvětlit co je to bezdemontážní diagnostika a proč je výhodné ji používat.

V kapitole B/ jsem zpracoval rešerši metod současné bezdemontážní diagnostiky. Pro názornost jsem uvedl i fotografie mnohých přístrojů. V rešerši nejsou uvedeny všechny metody a přístroje, o kterých jsem měl k dispozici technické materiály, ale pouze ty, jež se jeví jako základní. Ostatní přístroje jsou podobné.

V kapitole C/ jsem se zabýval praktickým odzkoušením akcelerační metody na motoru LIAZ M 634 ve Státní zkušebně 232. Abych mohl posoudit do jaké míry se shodují údaje získané akcelerační metodou s údaji získanými na brzdě, musel jsem provést měření rychlostní charakteristiky na brzdě.

Po prokázání dobré shody obou metod, jsem přistoupil ke zkoušce opotřebení jednotlivých válců. Tato zkouška prokázala jejich rovnoměrné opotřebení.

Dále jsem ještě provedl měření při sníženém sacím tlaku, jako simulaci znečištěného vzduchového filtru. Zde projevila značná závislost výkonu motoru na velikosti sacího podtlaku, zejména pak při jeho vyšších hodnotách a větších otáčkách.

Pro zaznamenávání průběhů zrychlení byl použit souřadnicový zapisovač.

V kapitole D/ jsem se zabýval bezdemontážní diagnostikou vstřikovacího systému. Toto měření bylo prováděno v n.p. LIAZ Rýnovice. Předmětem měření bylo zjistit průběhy tlaků ve vstřikovacím potrubí, které odpovídají poruchovým stavům a srovnat je stavy správnými. Takto zjištěné průběhy by měly sloužit jako základní soubor vzorů pro pozdější konkrétní aplikaci této metody. Celkem bylo zpracováno na 300 fotografiích z kterých, jsem pro názornost a ucelenost uvedl pouze část.

Shrnu-li celý obsah diplomové práce, dospěl jsem k závěru, že technický stav vznětových motorů se zjišťuje nejčastěji jednotlivými přístroji, někdy sdružovanými do komplexní soustavy. Používání některých přístrojů je spojeno s dílčími demontážemi a pro diagnostiku některých skupin motoru potřebné přístroje vůbec chybí.

Dalším vývojovým stupněm v diagnostice je získávání informací o stavu motoru pomocí snímačů, jejich výhodou je univerzálnost použití. Jsou použitelné pro diagnostiku motorů, ale i v jiných oborech.

Stále perspektivní je analýza produktů v oleji umožňující průběžně sledovat technický stav motoru v provozu.

Přínosem k diagnostice motorů v provozu budou i nadále bezbrzdové metody zjišťování výkonu, umožňující operativně měřit jejich parametry.

Technická diagnostika může podstatně snížit podíl nákladů na údržbu, a tak přispět k rozvoji národního hospodářství. Podle zahraničních zkušeností umožňuje technická diagnostika prodloužit lhůty mezi jednotlivými opravami motorů 2 až 2,5 krát.

Na konci diplomové práce je uveden přehled použité literatury s označením kapitol, při kterých byla použita.

Na závěr bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce,
Ing. Bořivoji Rutkovskému
a konzultantovi,

Ing. Lubomíru Mocovi
za jejich pomoc při řešení diplomového úkolu.

Dále pak kolektivu vývojového oddělení n.p. LIAZ
Rýnovice za poskytnutí měřicí aparatury a metodickou pomoc.

Josef Machytka



Přehled použitých symbolů.

ϵ	úhlové zrychlení / rad/sec^2 /
n	otáčky motoru / ot/min /
M_k	kroutící moment / Nm /
M	kroutící moment stanovený akcelerací / Nm /
M_b	kroutící moment stanovený na brzdě / Nm /
Δp	podtlak / Pa /
p_k	kompresní tlak / MPa /
P	výkon / W /
ω	úhlová rychlost / rad/sec /
I	moment setrvačnosti / kgm^2 /
α	úhel předvstříku / $^\circ$ /
β	změna úhlu předvstříku / $^\circ$ /
p_{otv}	otevírací tlak trysek / MPa /
L	délka potrubí / mm /
γ	zkrut / rad /
ϵ_k	kompresní poměr

PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY:

- 1/ Miroslav Papoušek: Diagnostika spalovacích motorů.
Praha SNTL 1976. / A, B, E /
- 2/ Josef Kožoušek: Teorie spalovacích motorů.
Praha SNTL 1971. / B /
- 3/ Automobil 1968/12. / B /
- 4/ Svět motorů 1981/30. / B /
- 5/ Kraftverkehr 1973/10. / B /
- 6/ mot Technik 1979/18. / B /
- 7/ Firemní literatura AVL, Hofmann, Elkon, Motorpal, Jiskra
Tábor. / B /
- 8/ Literatura OZS Dašice. / C /
- 9/ Firemní literatura AVL. / D /
- 10/ František Sysel: Využitelnost indikace vstřikovacího
tlaku a zdvihu jehly při diagnostice
vstřikovacího zařízení.
Symposium o vstřikovacím zařízení vznětových motorů.
Jihlava, říjen 1981. / D /