

Vysoká škola strojní a textilní v Liberci  
nositelka Řádu práce

Fakulta strojní

Katedra strojů průmyslové dopravy

Obor 23 - 20 - 8

stroje a zařízení pro strojírenskou výrobu

zaměření

stroje a zařízení pro průmyslovou dopravu

VLIV TEPLoty NA ZAŘÍZENÍ SEŘÍZENÍ VSTŘIKOVACÍHO  
MOTORU AC

KSB - 185

Břešek Z a p l a t í l e k

Vešoucí práce: Ing. Stanislav Bercan, OSc., VŠUT Liberec

Rozsah práce a příloh

Počet stran	:	63
Počet tabulek	:	11
Počet obrázků	:	12
Počet výkresů	:	-
Počet jiných příloh	:	-

DT 621.431

10.května 1988

grafické práce v rozsahu potřebném pro  
znázornění všech sledovaných závislostí  
cca 50 stran textu vč. obrázků a diagramů

Rozsah grafických prací:  
Rozsah průvodní zprávy:  
Seznam odborné literatury: LYŠENSKIJ, A.S.: Sistemi pitanija dizelej,  
Mašinostrojenije, Moskva, 1981.

Výkresové materiály ke vstříkovacímu čerpadlu  
Motorpal A2

Vedoucí diplomové práce: Ing. Stanislav Beroun, CSc.

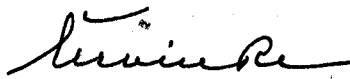
Konzultant: Ing. Lubomír Moc

Datum zadání diplomové práce: 1. 12. 1986

Termín odevzdání diplomové práce: 10. 5. 1988

L.S.

V 127/88 S

  
Doc. Ing. Oldřich Červinka, CSc.  
Vedoucí katedry

  
Doc. Ing. Ján Alaxin, CSc.  
Děkan

v Liberci dne 1. 12. 19 86

KSD 1986

Vysoká škola: VŠST Liberec      Fakulta: strojní  
Katedra: strojů průmysl. dopravy      Školní rok: 1986/87

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DILA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro Bořek Zaplatílek  
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: Vliv teploty na změny seřízení vstřikovacího čerpadla Motorpal A2

### Zásady pro vypracování:

1. Proveďte základní rozbor činnosti vstřikovacího čerpadla Motorpal A2 na motoru LIAZ M2,4; pozornost věnujte zejména provozním podmínkám z hlediska teploty nafty a teploty samotného vstřikovacího čerpadla.
2. Navrhněte a realizujte měření teplotních stavů vstřikovacího čerpadla na motoru a podle výsledků těchto měření proveďte výpočtové posouzení vlivu teploty na příp. změny seřízení základních parametrů vstřikovacího čerpadla.
3. Navrhněte úpravy, kterými by se eliminoval příp. negativní vliv teploty na seřízení a funkci vstřikovacího zařízení na motoru.

V 1885  
VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ  
Ústřední knihovna  
LIBEREC 1, STUD.  
PSČ 461 71

Motorový vznetový - čerpadla vstřikovací

Místopřísežné prohlášení

Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci  
vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.

V Liberci 10.5. 1988

Bořek Zaplatílek

*Bořek Zaplatílek*

## P o d ě k o v á n í

Děkuji Doc. Ing. S. Bereunovi, CSc. VŠST v Liberci za poskytnuté materiály a konzultace, týkající se mé diplomové práce.

Děkuji kolektivu pracovníků laboratoře katedry strojů průmyslové dopravy za pomoc při přípravě a realizaci měření.

v Liberci 10. 5. 1988

Božek Zoplattílek

*Božek Zoplattílek*

Obsah:

1.	Úvod	5
2	Popis a základní rozbor činnosti vstřikovacího čerpadla Motorpal PV6 A2	8
2.1	Popis vstřikovacího čerpadla Motorpal PV6 A2	11
2.2.1	Příslušenství vstřikovacího čerpadla PV6 A2	15
2.1.2	Popis hlavních konstrukčních částí vstřikovacího čerpadla PV6 A2	15
2.1.3	Pohon vstřikovacího čerpadla PV6 A2	18
2.2	Výklad k činnosti vstřikovacího čerpadla Motorpal PV6 A2	22
3.	Základní princip řešené úlohy	25
3.1	Vliv teploty na provozní podmínky čerpadla	27
4.	Návrh metodiky teoretického a experimentálního ověření	28
4.1	Požadavky na použitou metodu měření	28
4.2	Možné vlivy působící na teplotní stav vstřikovacího čerpadla	29
4.2.1	Předpokládané zdroje tepla	<b>29</b>
4.2.2	Předpokládané spotřebiče tepla	30
4.3	Metoda měření teplotního stavu čerpadla	30
4.4	Schema uspořádání měření	31
4.5	Matematické zpracování měření	33
5.	Provedená měření na vstřikovacím čerpadle PV6 A2	39
5.1	Měření teplot vstřikovacího čerpadla v závislosti na čase a zatížení	39
5.1.1	Matematické zpracování naměřených hodnot	42
5.2	Měření teploty vstřikovacího čerpadla v závislosti na čase s chlazením nafty	42
5.2.1	Matematické zpracování naměřených hodnot	44

5.3	Měření teploty vstřikovacího čerpadla v závislosti na otáčkách motoru	44
5.3.1	Matematické zpracování naměřených hodnot	45
5.4	Měření teploty vstřikovacího čerpadla v závislosti na otáčkách a zatížení	46
5.4.1	Matematické zpracování naměřených hodnot	47
5.5	Měření teploty samostatného vstřikovacího čerpadla	49
5.5.1	Měření ohřevu čerpadla v závislosti na čase	49
5.5.2	Měření ohřevu čerpadla při zatížení v závislosti na čase	50
5.5.3	Měření ohřevu čerpadla bez zatížení v závislosti na čase	52
5.6	Měření změny TPD pomocí hodinového indikátoru	53
5.7	Měření příkonu čerpadla	54
6.	Výpočtové schema tepelné bilance vstřikovacího čerpadla	55
6.1	Odvedený tepelný tok	56
6.1.1	Odvod tepla ohřevem mazacího oleje	56
6.1.2	Odvod tepla tělesem vstřikovacího čerpadla	56
6.1.3	Odvod tepla naftou	57
6.4	Přivedený tepelný tok	58
6.4.1	Přivedený tepelný tok vedením	58
6.4.2	Přivedený tepelný tok disipací mechanické energie	58
7.	Hodnocení měření	59
8.	Závěr	62

Přehled použitých označení :

a	$/m \cdot s^{-2}/$	zrychlení pístku
c	$/J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}/$	měrná tepelná kapacita
c <sub>12</sub>	$/W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}/$	součinitel sálání
d	$/m/$	tloušťka stěny
h	$/m/$	zdvih pístku
l	$/m/$	vzdálenost /rozměry čerpadla/
l	$/m/$	přírůstek vzdálenosti vlivem tepelné roztažnosti
m	$/kg \cdot s^{-1}/$	hmotnostní průtok
n <sub>g</sub>	$/min^{-1}/$	otáčky čerpadla
n <sub>m</sub>	$/min^{-1}/$	otáčky motoru
r <sub>k</sub>	$/m/$	poloměr křivosti vačky
t	$/^{\circ}C/$	teplota
t	$/^{\circ}C/$	přírůstek teploty
v	$/m \cdot s^{-1}/$	rychlost zvedáku
A	$/l/$	pohltivost povrchu čerpadla
M <sub>stř</sub>	$/N \cdot m/$	střední hodnota hnacího momentu
P	$/W/$	výkon, příkon
Q	$/W/$	tepelný výkon, příkon
S	$/m^2/$	teplosměnná plocha
F	$/K/$	absolutní teplota
α	$/W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}/$	součinitel přestupu tepla
λ	$/W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}/$	součinitel tepelné vodivosti
φ	$/^{\circ}/$	úhel pootočení vačkového hřídele, klikového h
Δφ	$/^{\circ}/$	změna , přírůstek φ
τ	$/min/$	čas



## 1. ÚVOD

Současné potřeby naší společnosti vvyčítají pro všechny odvětví národního hospodářství celou řadu závažných a náročných úkolů. Tyto úkoly jsou pak rozpracovány hospodářskými orgány podle jejich důležitosti a celospolečenského významu. Mezi velmi významné odvětví národního hospodářství patří manipulace s materiálem. Důležitost tohoto odvětví dokládají mnohé zveřejněné údaje. Například z celkového počtu pracovníků v průmyslu v celém našem hospodářství se plných 40-50% zabývá manipulací s materiálem. Náklady na manipulaci s materiálem činí ve strojírenství asi 20% celkových nákladů na zpracování. Z celkového průběžného času výroby připadá / podle typu a charakteru výrobního procesu / 20-30% na manipulaci s materiálem. Na výrobu 1 tuny hotových výrobků připadá 100-185 tun přepravovaného materiálu. Stupeň úrazovosti v oblasti manipulace s materiálem dosahuje téměř 60% z celkového stavu. Počinné ztráty z titulu poškození při přepravě, manipulaci a skladování se odhadují na 7 až 8 miliard Kčs.

Jedním z důležitých prostředků zabezpečujících zmíněnou manipulaci s materiálem je nákladní automobilová doprava. Jako pohonná jednotka těžkých nákladních automobilů se v podstatě výhradně používá vznětový spalovací motor. Proto je vývoj a výroba vznětových spalovacích motorů ve znamení neustálého zvyšování nároků a požadavků na jejich konstrukci, životnost, provozní spolehlivost a podobně. Do popředí se dostává požadavek neustálého zvyšování jak celkových, tak i měrných výkonů, vztahujících se na jednotku obsahu nebo hmotnosti motoru.

Jako velmi důležitý je dnes požadavek zvyšování provozní i celkové hospodárnosti motoru. Sem patří především snižování spotřeby pohonných hmot a mazacích olejů. Například maximální dovolená hodnota spotřeby nafty je 220g/kWh. Úkol pro 90. léta je 210g/kWh a výpočtově se již dnes uvádí spotřeba 190g/kWh.

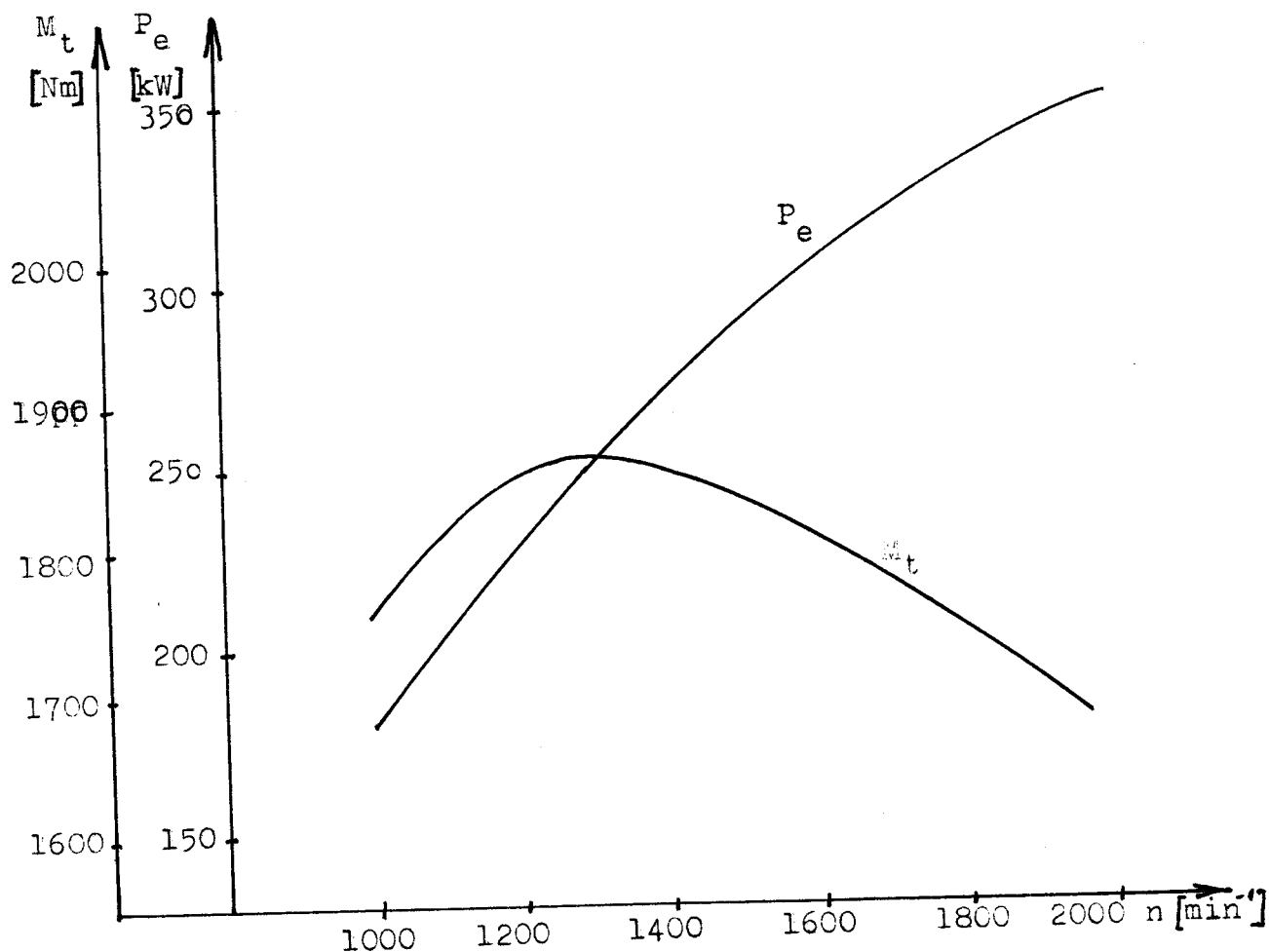
Důležitým požadavkem současnosti jsou také úkoly zabezpečující ochranu životního prostředí. S tímto požadavkem u nákladních automobilů přímo souvisí snižování hlučnosti a obsahu škodlivých emisí ve výfukových plynech.

Z uvedeného významu nákladních automobilů v dopravě, stanovených úkolů a požadavků vyplývá i vývoj nových pohonných jednotek. Představitel nové pohonné jednotky pro výrobní program konce osmdesátých let je motor LIAZ M2, který je určen jako pohonná jednotka těžkých nákladních automobilů, tahačů a vozidel pro speciální použití. V současné době probíhají zkoušky a ověření funkčních vzorků. Nově vyvíjený naftový motor LIAZ M2 má modifikace M2.1, M2.2, M2.3 a M2.4, přičemž pro sériové použití se počítá s motorem M2.4.

Základní technické údaje motoru M2.4 dle TP jsou: čtyřdobý vznětový motor s přímým vstřikem paliva, ožehňovaný turbodmychadlem, kapalinové chlazení, řadový šestiválec. Vrtání 135mm, zdvih 160mm, jmenovitý výkon 350 kW při jmenovitých otáčkách 2 000 /1/min. / střední efektivní tlak při jmenovitém výkonu 1, 53 MPa, při maximálním točivém momentu 1, 70 MPa /. Na vnější charakteristice je stanovena minimální měrná spotřeba paliva 211g/kWh a povolena nejvyšší hodnota měrné spotřeby paliva 232g/kWh.

Pro základní představu je na obr. 1 zakreslen průběh základních výkonných parametrů motoru dle TP.

Vývoj nových pohonných jednotek je velice úzce spjat s vývojem nového příslušenství pohonných jednotek. U naftových /vznětových/ motorů je velmi důležitou součástí vstřikovací zařízení, které slouží k zabezpečení správné dodávky paliva a je tedy primárním zařízením umožňujícím samotný provoz motoru.



Obr. 1

Vzhledem k vysokým výkonovým parametrům motoru řady M2 nelze použít běžné vstřikovací zařízení, které se dosud používalo na starších a soudobých vozidlech.

Naříklad používané čerpadlo PVB je schopno zajistit vstřikovanou dávku paliva do cca 160 mm<sup>3</sup> na jeden zdvih. Pro výše uvedené nové motory LIAZ M2 je pro zajištění jeho vysokého výkonu potřebná dávka paliva až 280 mm<sup>3</sup> na jeden zdvih.

Z tohoto důvodu bylo pro motory řady M2 vyvinuto v n.p. Motorpal Jihlava vstřikovací čerpadlo inovované rozšňrové řady A. V této řadě byly vyvinuty modely A1 a A2. Tato čerpadla jsou v současné době montována na motory LIAZ M2, kde jsou s nimi prováděny ověřovací zkoušky. Pomocí těchto zkoušek se zjišťují jak výkonové parametry motoru, tak i vlastnosti a chování nového vstřikovacího zařízení na motoru.

Některé zkoušky byly uskutečněny v laboratořích KSD na VSST v Liberci. Při těchto zkouškách byla u zkoušeného materiálu - vstřikovacího čerpadla A2 zaznamenána zvýšená citlivost seřízení v závislosti na provozní teplotě motoru a tedy i na provozní teplotě samotného vstřikovacího čerpadla. Měření také ukázalo, že tato zvýšená citlivost může mít negativní vliv na zabezpečení správného chodu motoru. Mohlo by tedy dojít k nežádoucímu snížení výkonu a tím i k snížení užitečných hodnot celého motoru.

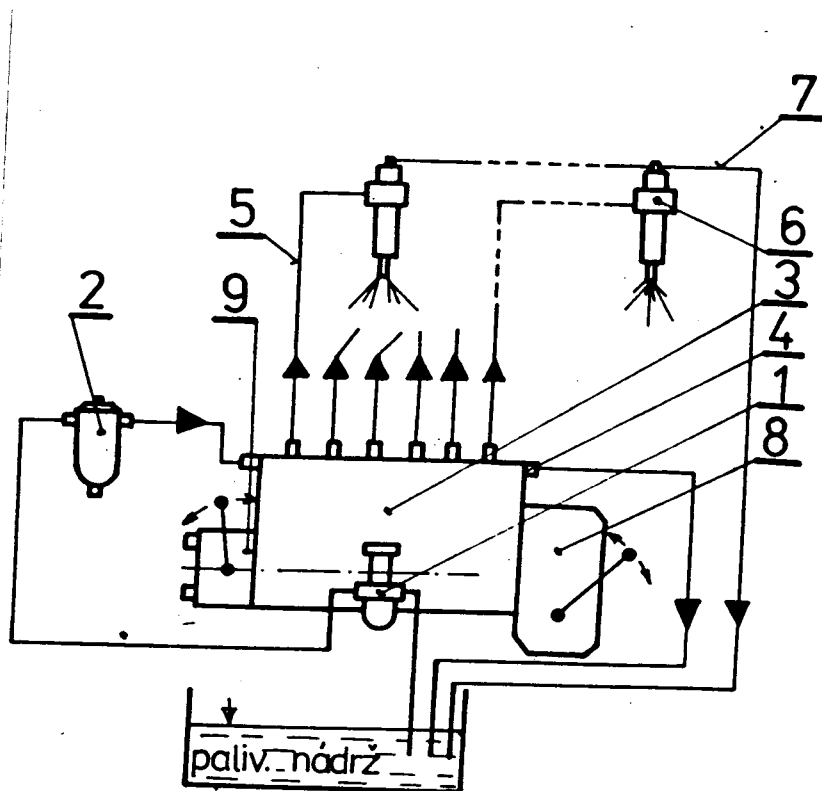
Zjišťováním a posouzením uvedených vlivů, které mohou způsobit nežádoucí citlivost, se zabývá tato diplomová práce.

## 2. POPIS A ZÁKLADNÍ ROZBOR ČINNOSTI VSTŘIKOVACÍHO ČERPADLA MOTORPAL PV 6 A2

Každé vstřikovací čerpadlo je základní součástí palivového zařízení vznětových motorů, které se používají jako pohonné jednotky různých dopravních strojů a zařízení. Na obr. 2 je zakreslena základní skladba vstřikovacího zařízení se základním schématem uspořádání palivové instalace, kde 1. je podávací čerpadlo

2. filtr paliva

3. je vstřikovací čerpadlo
4. přetlakový ventil
5. vstřikovací trubky
6. vstřikovače
7. odpadní potrubí
8. regulační ústrojí
9. přesuvník vstřiku



Obr. 2

Z nádrže je palivo nasáváno podávacím čerpadlem a dále vytlačováno přes filtr paliva do plnicí komory vstřikovacího čerpadla, které je umístěna v horní části jeho skříně. Přetlak vyvolaný podávacím čerpadlem je udržován v rozmezí 0,1 - 0,15 MPa, seřízením přetlakového ventilu. Přetlakový ventil po dosažení nastaveného tlaku přepouští přebytečné palivo zpět do nádrže. Seřízení přetlakového ventilu, který je řešen jako kuličkový, se provádí nastavením předněti pružiny, která přímo tlačí kuličku do sedla. Popsaný okruh s uvedeným přetlakem 0,1 - 0,15 MPa se nazývá nízkotlaký palivový okruh.

Vysokotlaký okruh začíná výtlačnými hrdly jednotlivých vstřikovacích jednotek, na které jsou připojeny vstřikovací trubky. Přetlak ve vysokotlakém okruhu je 15 - 100 MPa. Tomu odpovídá i provedení celého okruhu. Vstřikovací trubky jsou vyrobeny z tlustostěnných ocelových trubek s vnitřním průměrem 1 - 2 mm a vnějším průměrem 6-8 mm. Tímto vysokotlakým vstřikovacím potrubím je palivo dopravováno ke vstřikovačům zabudovaným v hlavě příslušného válce motoru. Vstřikovače sestávají z držáku a samotné vstřikovací trysky. Palivo, které pronikne netěsností kolem jehly vstřikovací trysky mimo vysokotlakou palivovou větev dovnitř vstřikovače, je v horní části vstřikovače vyvedeno do odpadního potrubí. Odpadním potrubím jsou propojeny všechny vstřikovače a prolnuté palivo je společně odvedeno zpět do nádrže.

Další nezbytnou součástí vstřikovacího zařízení je ovládací a regulační ústrojí, které má za úkol měnit množství vstřikovaného paliva podle požadovaného provozního režimu motoru /zatížení motoru/. Musí zajistit spolehlivý chod vznětového motoru při volnoběhu a současně zabezpečit motor proti překročení maximálních přípustných otáček, například

při náhlém vysazení vnější zátěže nebo pro případ vědomého přechodu do oblasti nejvyšších otáček motoru. Regulátor je uložen ve vlastní skříni, které těsně navazuje na skříň vstřikovacího čerpadla a tvoří s ním jeden blok. U vstřikovacího čerpadla Motorpal A2 je stejně jako u jeho předchůdců použito odstředivého regulátoru pracujícího čistě na mechanickém principu. Využívá se principu odstředivé síly, nákového převodu a pružin.

Pohon vstřikovacího čerpadla je zajištěn přímo od klikového hřídele motoru pomocí hnacího hřídele.

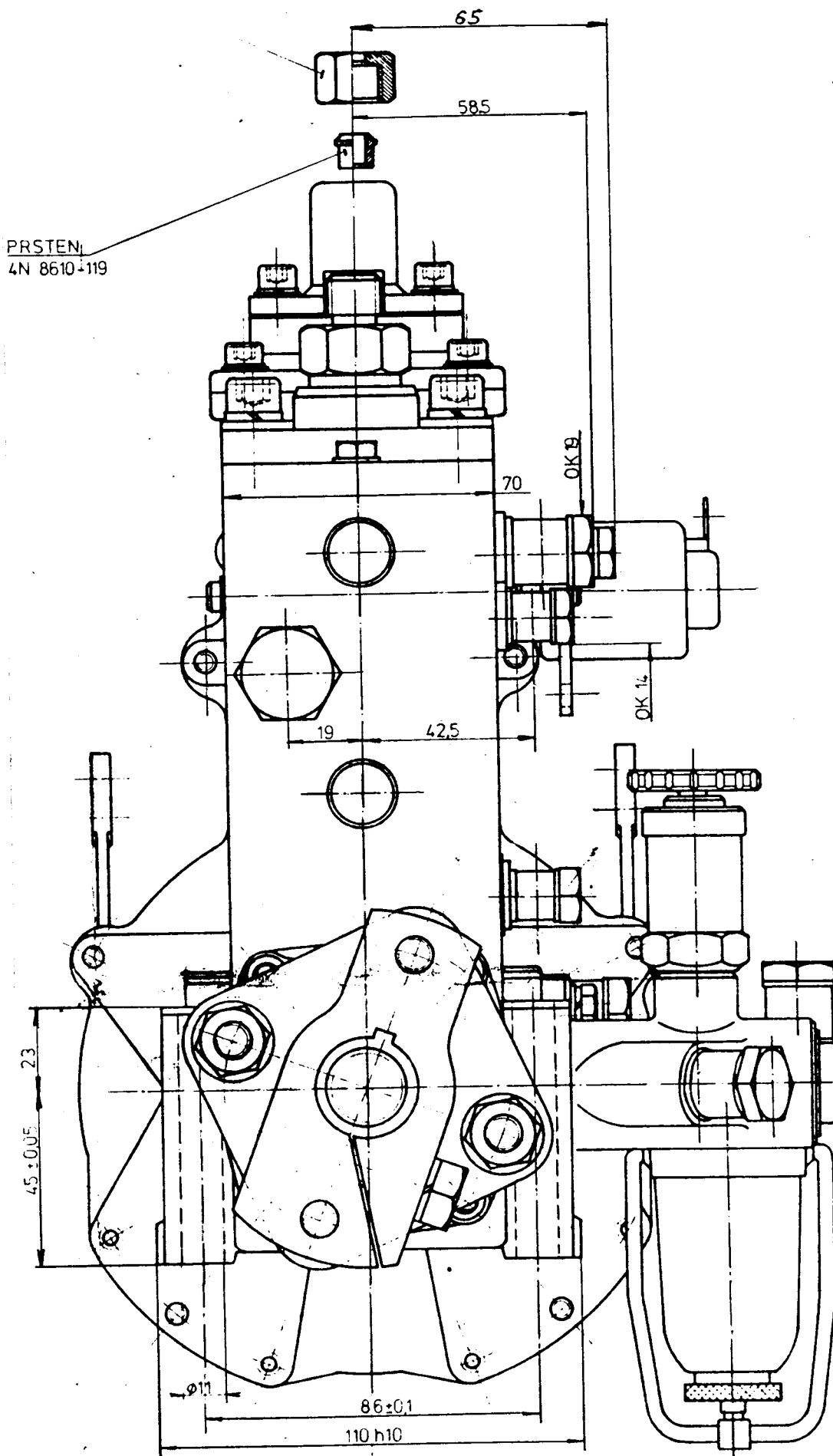
## 2. 1. Popis vstřikovacího čerpadla Motorpal PV6 A2

---

Vysokotlaké vstřikovací čerpadlo Motorpal PV6 A2 je nové vstřikovací zařízení sloužící k zabezpečení dodávky paliva pro vysoce výkonné motory LIAZ M2.4. Souprava je pravotočivá s pohonem zleva a pořadím vstřiku 1 - 5 - 3 - 6 - 2 - 4. Má tedy šest vstřikovacích jednotek uložených v řadě ve společném tělese, z nichž každá jednotka zabezpečuje dodávku paliva pro jeden pracovní válec motoru.

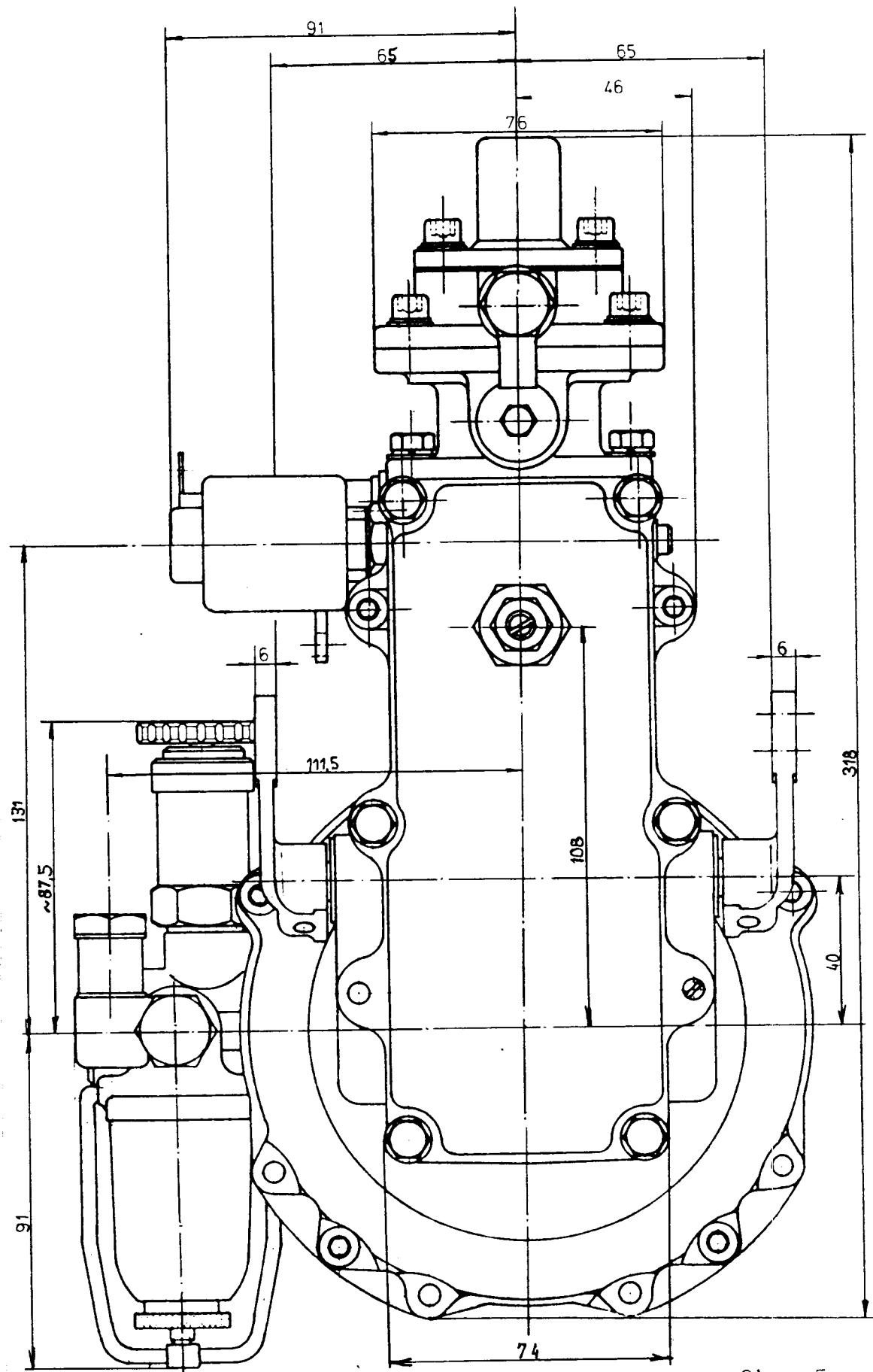
Těleso je tvořeno jedním blokem odlitým z hliníkové slitiny. Ve spodní části tělesa je umístěn vačkový hřídel sloužící k pohonu nástků vstřikovacích jednotek a podávacího čerpadla CD2A. Radiálně na osu vačkového hřídele je vertikálně uloženo šest samostatných vstřikovacích jednotek. Každá jednotka tvoří samostatný celek, který je zasunut do bloku čerpadla a pomocí příruby je dvěma šrouby přichycen k horní opracované ploše tělesa čerpadla.

Celkový pohled na celou vstřikovací soupravu je na obr. 3 - 5.



Obr. 4





Obr. 5

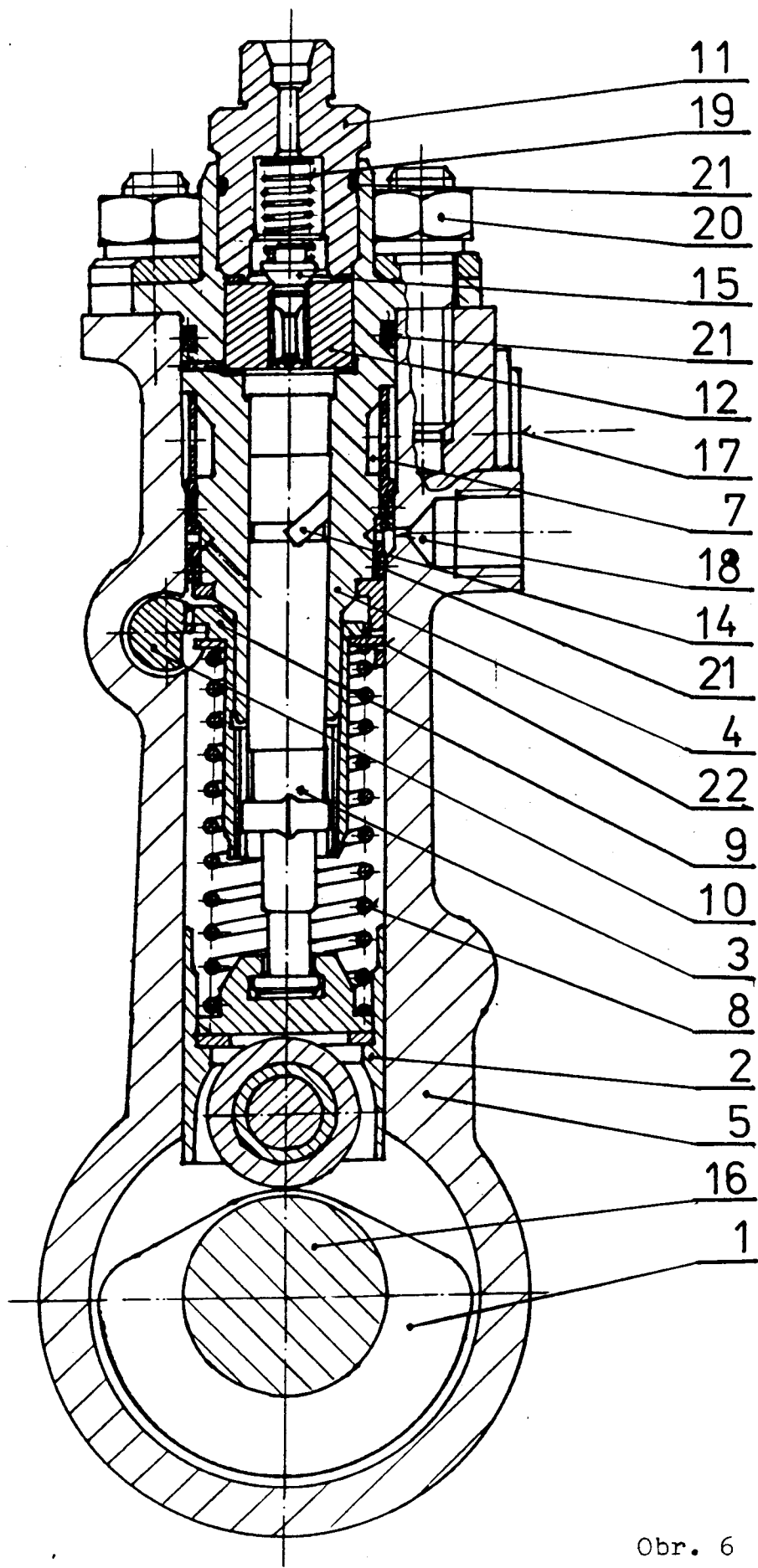
2. 1. 1. Příslušenství vstříkovacího čerpadla PV6 A2

Mechanický omezovací regulátor EM A2 /4N 9308/  
Startovací elektromagnet /24V, typ 443811 443 350/  
Přetlakový korektor / 4N 8834E/  
Podávací čerpadlo CD 2A  
Hrubý filtr FJ 2R 1218  
Lamelová spojka SM A2  
Spínač motorové brzdy 44 079 050 254

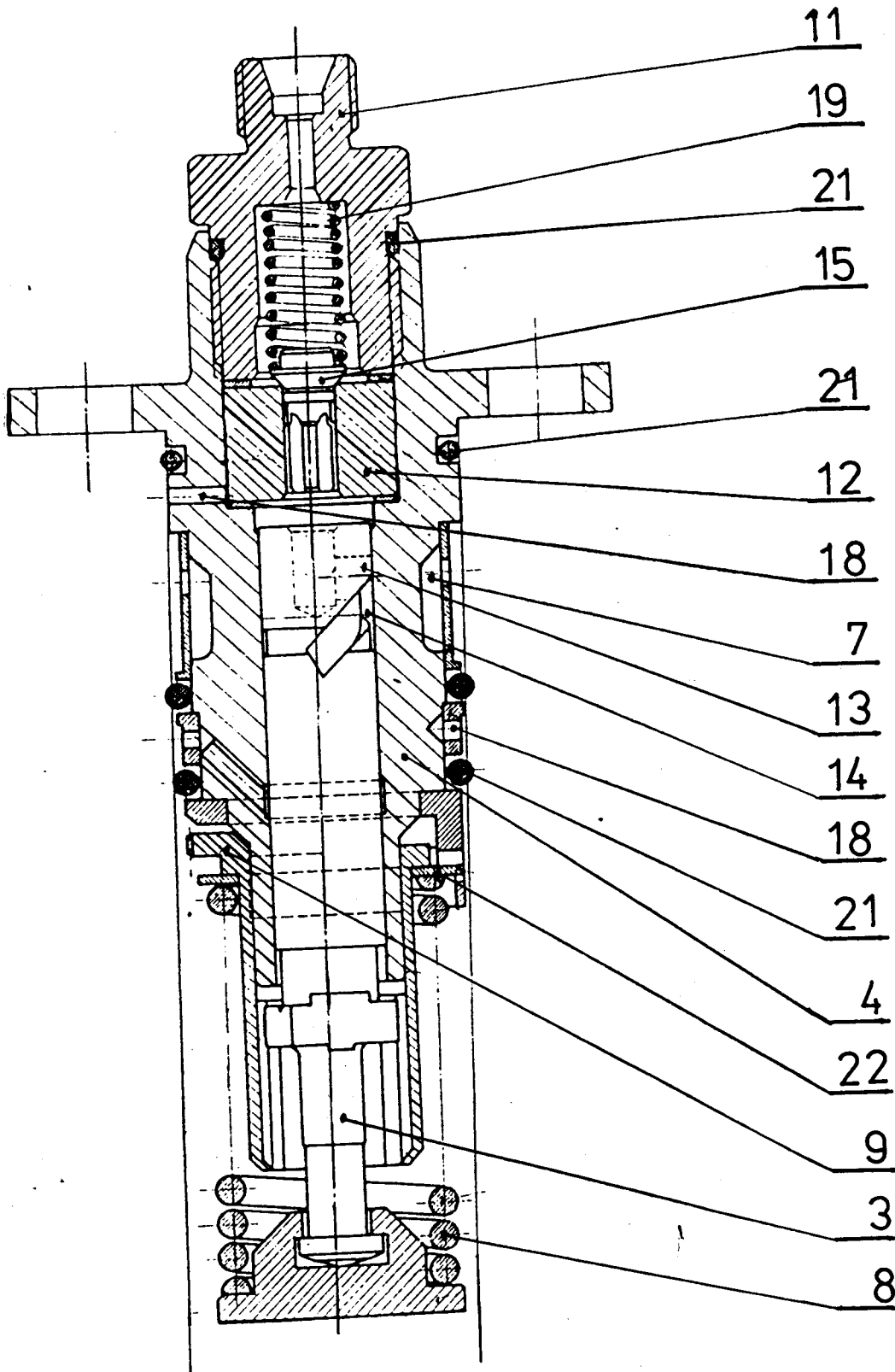
2. 1. 2. Popis hlavních konstrukčních částí vstříkovacího čerpadla PV6 A2

Popis hlavních konstrukčních částí je zřejmý z obr. 6, na kterém je znázorněn příčný řez vstříkovací jednotkou. Na obr. 7 je samostatně znázorněna vložka vstříkovací jednotky, která tvoří samostatný celek. Označení hlavních konstrukčních částí obr. 6 a obr. 7 jsou totožné.

1. vačka na vačkovém hřídeli
2. zvedák s kledičkou
3. píst vstříkovací jednotky
4. válec vstříkovací jednotky
5. blok čerpadla
6. radiální plnicí otvor
7. plnicí komora
8. vratná pružina
9. objímka s ozubeným segmentem
10. regulační tyč
11. výstupní hrdlo
12. těleso výtlačného ventilu
13. přepouštěcí otvor
14. odlehčený prostor
15. kuželka výtlačného ventilu



Obr. 6



Obr. 7

16. vačkový hřídel
17. přívod paliva
18. odvod prolnutého paliva
19. pružina výtlačného ventilu
20. upínací šroub
21. těsnicí kroužek
22. podložka

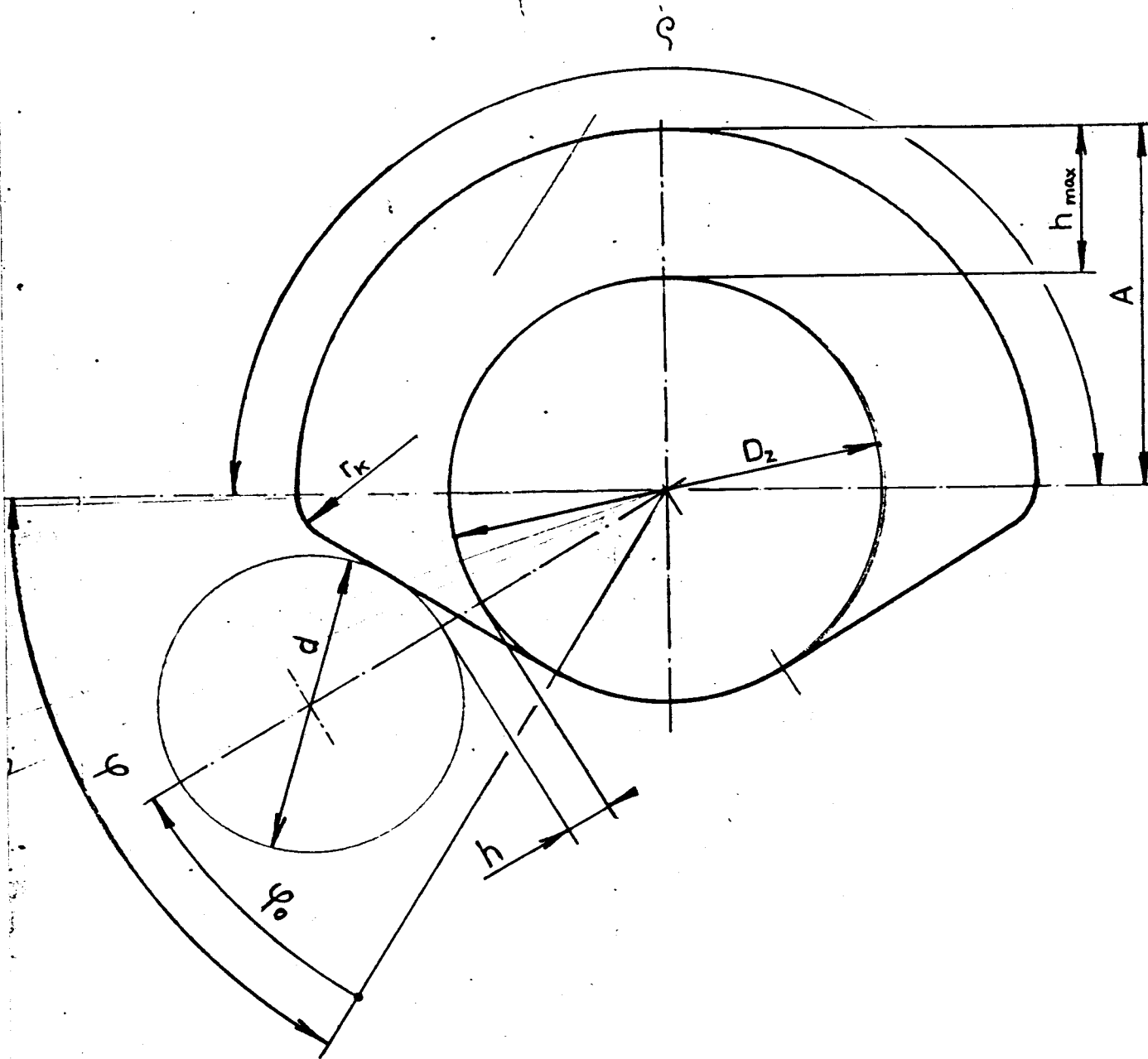
### 2. 1. 3. Pohon vstřikovacího čerpadla PV6 A2

Pohon vstřikovacího čerpadla je přímo odvozen od klikového hřídele samotného motoru s převodem 2 : 1.

Ke spojení náhonu čerpadla od motoru a vačkového hřídele vstřikovací čerpadla je použit hnací hřídel opatřený dvěma kotoučovými spojkami s pružnými lamelami. Tyto spojky umožňují základní seřízení - vzájemné nastavení klikového hřídele motoru a vačkového hřídele vstřikovacího čerpadla. Současně tato spojka také umožňuje vyrovnávat určitou nesouosost mezi vačkovým hřídelem vstřikovacího čerpadla a hnacím hřídelem od motoru.

Pohyb pístku je tedy zajištěn vačkovým hřídelem, respektive pomocí vaček, které jsou na něm umístěny. Každá vstřikovací jednotka má svoji vlastní vačku. Vačka má velmi důležitou funkci pro provoz vstřikovacího čerpadla, neboť nejenom že zajišťuje pohyb pístku vstřikovací jednotky, ale svým geometrickým tvarem spolu s průměrem kladky zvedáku určuje základní charakteristické veličiny zdvihu.

Mezi nejzákladnější veličiny patří rychlost zdvihu, neboť na pístové rychlosti závisí i rychlost vstřikovaného paliva a tedy i kvalita rozprášení paliva. Rozprášení paliva je pak dále důležitým parametrem pro správné vytvoření směsi, na níž pak závisí i průběh hoření, a tedy i správná funkce motoru.



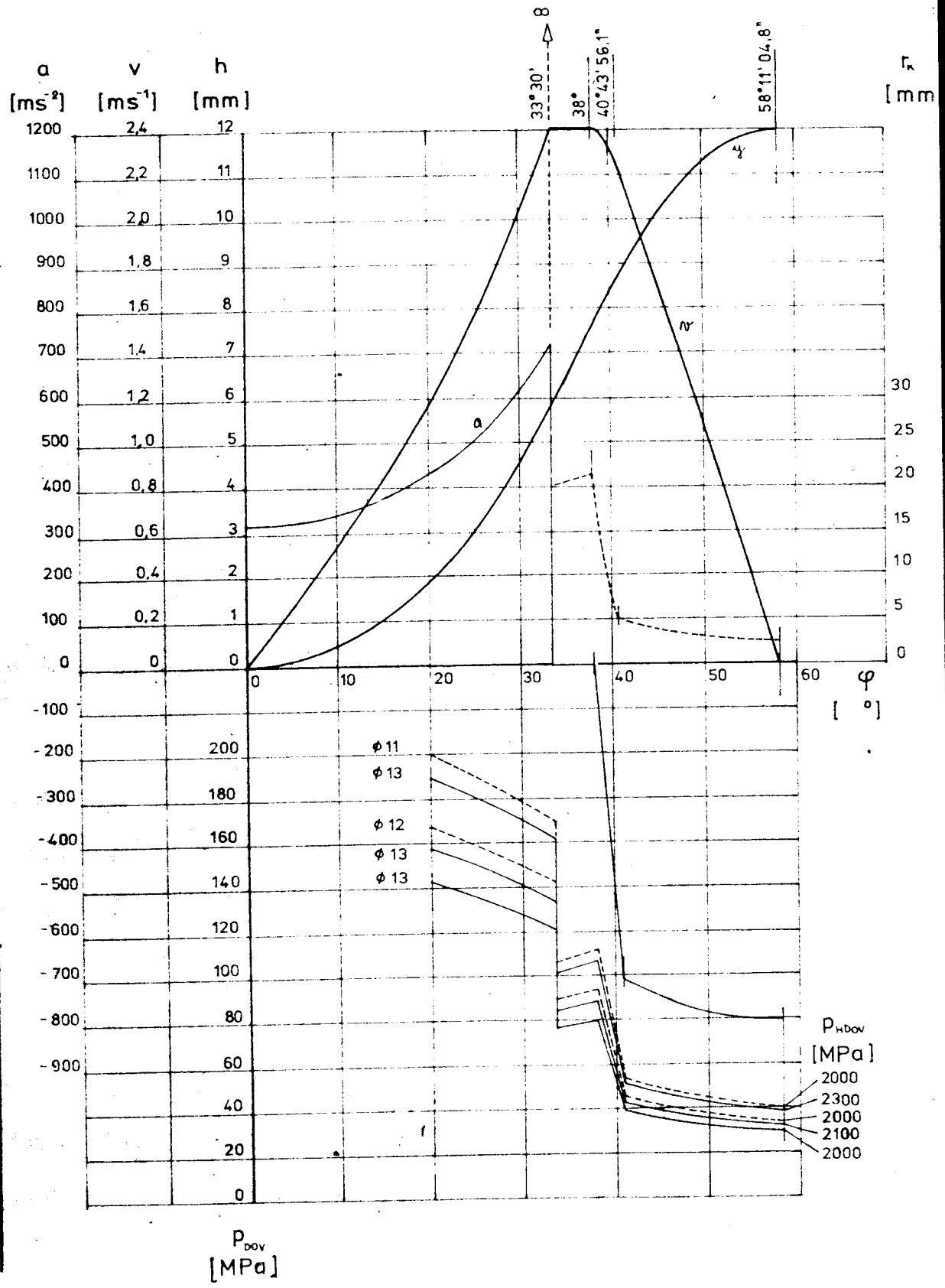
$D_z$	34	$\zeta$	180
A	29	$\phi$	$58^\circ 11' 04.8''$
$h_{max}$	12	$r_k$	PROMĚNNÉ
d	24		

Obr. 7

Tab. 1

$\varphi$ [ ° ]	$h$ [ mm ]	$v$ [ $\text{ms}^{-1}$ ]	$a$ [ $\text{ms}^{-2}$ ]	$r_k$ [ mm ]	
0	0,0000	0,000	318,0	$\infty$	
2	0,0177	0,105	319,0		
4	0,0708	0,213	321,9		
6	0,1597	0,321	326,8		
8	0,2850	0,431	333,8		
10	0,4474	0,544	343,0		
12	0,6479	0,660	354,5		
14	0,8878	0,780	368,5		
16	1,1687	0,906	385,2		
18	1,4924	1,035	405,0		
20	1,8612	1,176	428,1		
22	2,2775	1,323	455,0		
24	2,7445	1,480	485,7		
26	3,2655	1,648	522,2		
28	3,8445	1,829	563,8		
30	4,4863	2,025	612,0		
32	5,1962	2,238	657,9		
33 30	5,7769	2,410	715,5/0,0		$\infty/19,967$
34	5,9778	2,410	0,0		20,155
36	6,7813	2,410	0,0		20,912
38	7,5848	2,410	0,0		21,674
40	8,3787	2,324	-517,7		7,809
40 43 56,1	8,6580	2,249	-707,3		5,084
42	9,1174	2,039	-721,0		4,771
44	9,7765	1,855	-740,6		4,311
46	10,3533	1,605	-757,8		3,899
48	10,8450	1,350	-772,4		3,540
50	11,2528	1,090	-784,5		3,238
52	11,5725	0,827	-794,1		2,998
54	11,8040	0,561	-801,0		2,822
56	11,9465	0,294	-805,2	2,713	
58	11,9996	0,025	-806,6	2,572	
58 11 04,8	12,0000	0,000	-806,8	2,572	

PRŮMĚR ZÁKLADNÍ KRUŽNICE 34 mm  
 PRŮMĚR KLADKY 24 mm  
 PŘEDPĚTÍ PRUŽINY ( N 9246 ) 184 N  
 KONSTANTA PRUŽINY 12,19  $\text{Nmm}^{-1}$   
 RED. HMOTNOST POS. ČÁSTÍ 262 g  
 MAX OTÁČKY 1250  $\text{min}^{-1}$



Obr. 8



Na obr. 7 je zachycen tvar vačky vstříkovací jednotky PV6 A2. Z tohoto obrázku je patrné, že jde o symetrickou vačku jejíž základní geometrické tvary jsou kruhové oblouky s přímkovou spojnicí.

Skutečné číselné hodnoty zdvihu a kinematických veličin rychlosti a zrychlení jsou uvedeny v tab. 1, kde jsou též uvedeny hodnoty křivosti vačky  $r_k$ .

Průběhy zdvihu, rychlosti a zrychlení z tab. 1 jsou graficky znázorněny na obr. 8 /v závislosti na úhlu pootočení vačkového hřídele/. Na obr. 8 jsou též znázorněny průběhy dovolených tlaků pro průměry pístku  $\varnothing 11$ ,  $\varnothing 12$  a  $\varnothing 13$  mm.

## 2. 2. Výklad k činnosti vstříkovacího čerpadla Motorpal PV6 A2

Činnost vstříkovacího čerpadla Motorpal PV6 A2 je prakticky stejná, jako u dosud vyráběných a v současné době používaných vstříkovacích čerpadel stejné konstrukční skupiny.

Výklad činnosti bude popsán podle konstrukčního uspořádání vstříkovací jednotky PV A2 znázorněné v příčném řezu na obr. 6 a obr. 7. Označení jednotlivých konstrukčních prvků vychází také z předcházejících obrázků 6 a 7.

Hnací rotační pohyb je přiveden od motoru přes hnací tyč a spojky na vačkový hřídel vstříkovacího čerpadla. Vačka na vačkovém hřídeli působí při svém otáčení prostřednictvím zvedáku s kladíčkem na píst vstříkovací jednotky. Ten je prostřednictvím vačky tlačěn do činného zdvihu. Zpětný pohyb pístku je zajištěn tlačnou vratnou pružinou. Pístek se pohybuje ve válci, kde je utěsněn zalapováním. Mázání pístku je zajištěno samotným palivem / naftou /. Spojení válce s plnicí komorou je zajištěno radiální plnicím otvorem. Plnění prostoru válce probíhá v době, kdy je pístek<sup>v</sup> dolní poloze a palivo je tlačeno z plnicí komory přes plnicí otvor do prostoru válce.

Plnicí tlak je zajištěn podávacím čerpadlem CD 2A.

Při pohybu pístku nahoru je palivo z válce vytlačováno plnicím otvorem zpět do plnicí komory. Zpětné vytlačování paliva je omezováno postupným zakrýváním plnicího otvoru pláštěm pístku. Úplné zakrytí plnicího otvoru pláštěm pístku se nazývá teoretický počátek dodávky paliva /TPD/ nebo také geometrický počátek dodávky paliva /GPD/.

V okamžiku TPD se tedy prostor uzavře a ve válci se prudce zvýší tlak paliva. Tento rychle narůstající tlak působí na kuželku výtlačného ventilu a po překonání síly pružiny ventilku se kuželka vysune a uvolní průchod paliva do výstupního hrdla vstřikovacího čerpadla. Palivo je tedy vytlačováno z čerpadla, ale jen v čase úplného zakrytí plnicího a přepouštěcího otvoru. Tento okamžik odkrytí hrany přepouštěcího otvoru se nazývá teoretický konec dodávky paliva /TKD/ nebo geometrický konec dodávky paliva /GKD/.

V okamžiku odkrytí hrany přepouštěcího otvoru palivo pronikne přepouštěcím otvorem zpět do plnicí komory. Tlak paliva nad pístkem rychle poklesne a pružina výtlačného ventilku přitlačí kuželku zpět do sedla a tím je vytlačování paliva skončeno. Zdvih pístku však prostřednictvím vačky pokračuje až do horní mrtvé polohy pístku / maximální horní poloha /. Palivo je však již celý zbytek zdvihu přepouštěno.

Výtlačný ventil vstřikovací jednotky má tři základní funkce zajišťující správnou činnost vstřikovacího čerpadla:

- zajistí vpuštění paliva před vstřikovací trysku až při dosažení potřebného tlaku. Téměř skokovou změnou je tak dosaženo rychlého nárůstu tlaku paliva ve vstřikovacím potrubí a před vstřikovací tryskou.