

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ V LIBERCI

Fakulta strojní

Katedra strojů průmyslové
dopravy

Školní rok: 1990/91

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

pro Martin Matoušek

obor Spalovací motory

Vedoucí katedry Vám ve smyslu zákona č. 172/1990 Sb. o vysokých školách určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: Sdružená vstřikovací jednotka

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte kritické posouzení vlastností klasického vstřikovacího zařízení vznětových motorů z hlediska požadavků na zvyšování vstřikovacích tlaků a rychlosti vstřikování paliva.
2. Proveďte podrobný rozbor činnosti v současnosti používaných sdružených vstřikovacích jednotek. Uveďte základní výhody a nedostatky jednotlivých technických řešení.
3. Navrhněte vlastní konstrukční řešení, včetně všech výrobních a provozních parametrů pro rychloběžný vznětový motor s parametry $D/Z=135/160$ mm, $p_e=1.75$ MPa, $m_{sp}=200$ g/kWh.
4. Navrhněte s úplným popisem funkce elektromagnetický ovládací ventil. Určete základní funkce pro mikroprocesorovou řídicí jednotku a popř. navrhněte její blok - schema.
5. Rozpracujte matematický model, popř. experimentální model navržené sdružené vstřikovací jednotky a proveďte rozbor její činnosti. Podílejte se na realizaci funkčního modelu tohoto zařízení a navrhněte metodu ověřovacích zkoušek zařízení.
6. Na základě ověřovacích zkoušek funkčního modelu stanovte další postup prací ke zkvalitnění činnosti zařízení.

Rozsah grafických prací:
Rozsah průvodní zprávy:
Seznam odborné literatury:

Grafické zpracování experimentálních a výpočtových prací,
výkresové řešení dle požadavku zadání.
Rozsah min. 40 stran textu vč. výpočtů

Časopisy MTZ, EI, statě SAA Technical Paper Series

Vedoucí diplomové práce: Doc. Ing. Vítězslav Fliegel, CSc.
Konzultant:

Zadání diplomové práce: 31.10.1990
Termín odevzdání diplomové práce: 3.5.1991



Alm

Doc. Ing. Stanislav Beroun, CSc.
Vedoucí katedry

Prof. Ing. Zdeněk Kovář, CSc.

Prof. Ing. Zdeněk Kovář, CSc.
Děkan

V Liberci

dne 31. 10. 1990

Vysoká škola strojní a textilní v Liberci

Fakulta strojní
Katedra strojů průmyslové dopravy
Obor 23-20-8

Stroje a zařízení pro strojírenskou výrobu

zaměření

Stroje a zařízení pro průmyslovou dopravu

SDRUŽENÁ VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA

KSD - 219

Martin MATOUŠEK

Vedoucí práce: Doc. Ing. Vítězslav Fliegel, CSc., VŠST Liberec

Rozsah práce a příloh:

Počet stran	48
Počet tabulek	2
Počet obrázků	23
Počet výkresů	7
Počet jiných příloh	8

DT 621.431

3. května 1991

Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce Doc. Ing. Vítězslavu Fliege-
lovi, CSc. a Doc. Ing. Stanislavu Berounovi, CSc. za cenné rady a
připomínky, které mi pomohly při zpracování této práce.

Místopřísežné prohlášení

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

V Hradci Králové dne 28. dubna 1991

Miroslav Bouda

ÚVOD

Během mnohaletého vývoje dosáhly dnešní pístové spalovací motory vysoké technické úrovně. Jsou dnes nejučinnějším a pro svoje vlastnosti v mnoha důležitých hospodářských oborech nejvhodnějším tepelným motorem. Pro účely automobilové dopravy, nouzových energetických zdrojů apod. jsou a výhledově budou nadlouho prakticky nenahraditelné. Jejich technický rozvoj zaměřený zejména na další zvýšení celkové hospodárnosti, spolehlivosti, účinnosti, životnosti, snižování pracnosti a hmotnosti pokračuje k dosažení stále vyššího stupně dokonalosti. Toto zdokonalování motoru zejména v prvních třech výše uvedených oblastech má však pouze jeden hlavní cíl, a to optimalizovat průběh hoření paliva a zlepšit jeho tepelné využití.

V poslední době se čím dál více bere zřetel na množství exhalací, které motor produkuje. Je to dnes vlastně již jeden z nejdůležitějších ukazatelů, které je nutno uvažovat při konstrukci nového motoru, neboť spalovací motory při svém rozsáhlém využití ve světě představují hlavní zdroj znečištění ovzduší, zejména ve velkých aglomeracích.

Z celé řady znečišťujících látek jsou nejvýznamnější oxidy dusíku, označované souhrnně NO_x , oxid uhelnatý CO , tuhé částice, nespálené uhlovodíky C_mH_n , oxid siřičitý SO_2 a oxid uhličitý CO_2 . Tyto škodliviny mají na organismus nejvýraznější negativní vliv. Oxidy dusíku a některé uhlovodíky jsou karcinogenní, oxid uhelnatý se váže na červené krvinky a zhoršuje tím dýchání a srdeční činnost. Obsah SO_2 ve výfukových plynech naftových motorů automobilových je vzhledem k nízkému obsahu síry v dnes obvyklých palivech pod hodnotou 200 ppm. Z hlediska jeho celkového obsahu v ovzduší hrají totiž spalovací motory podřadnou úlohu a SO_2 proto není v současné době právními předpisy u naftových motorů omezován. Jiná situace může ovšem nastat při posuzování obsahu škodlivin v exhalacích naftových motorů, spalujících těžká paliva s vysokým obsahem síry, kde obsah SO_2 ve výfukových plynech může být vyšší než 1 000 ppm. Rovněž obsah CO_2 ve výfukových plynech automobilových spalovacích motorů není právními předpisy omezován, i když z hygienického hlediska jde o látku zdraví škodlivou.

Všichni výrobci spalovacích motorů se tedy snaží obsahy těchto škodlivin co nejvíce snížit. Jako závazná mez pro výrobce platí v současné době směrnice č. 88/77, kterou schválila komise EHS. Limity škodlivin ve výfukových plynech podle této směrnice a limity škodlivin podle EHK jsou uvedeny v následující tabulce:

Platí pro naftové motory	CO	HC	NO _x
EHK - R 49/00 od r. 1982	14	3,5	18
- R 49/01 - vydání 1990	11,2	2,4	14,4
EHS - Směrnice 88/77 - vozidla v provozu od 1.10.1990	11,2	2,4	14,4
údaje v g/kWh			

Komise EHS schválila v květnu 1990 návrh nové směrnice, jejíž plnění bude povinné ve státech EHS:

Data vstupu v platnost:

- nové homologace 1.7.1992
- všechna vozidla uváděná do provozu 31.12.1992

Škodliviny	CO	HC	NO	Částice g/kWh	
	g/kWh	g/kWh	g/kWh	15 kW	85 kW
Homologace	4,5	1,1	8,0	0,63	0,35
Kontrola shodnosti	4,9	1,23	9,0	0,70	0,40

Zastoupení jednotlivých škodlivin ve výfukových plynech se dá ovlivňovat různými způsoby. Je to zejména druhem použitého paliva. V současné době se používají dva základní druhy paliva: kapalné a plynné.

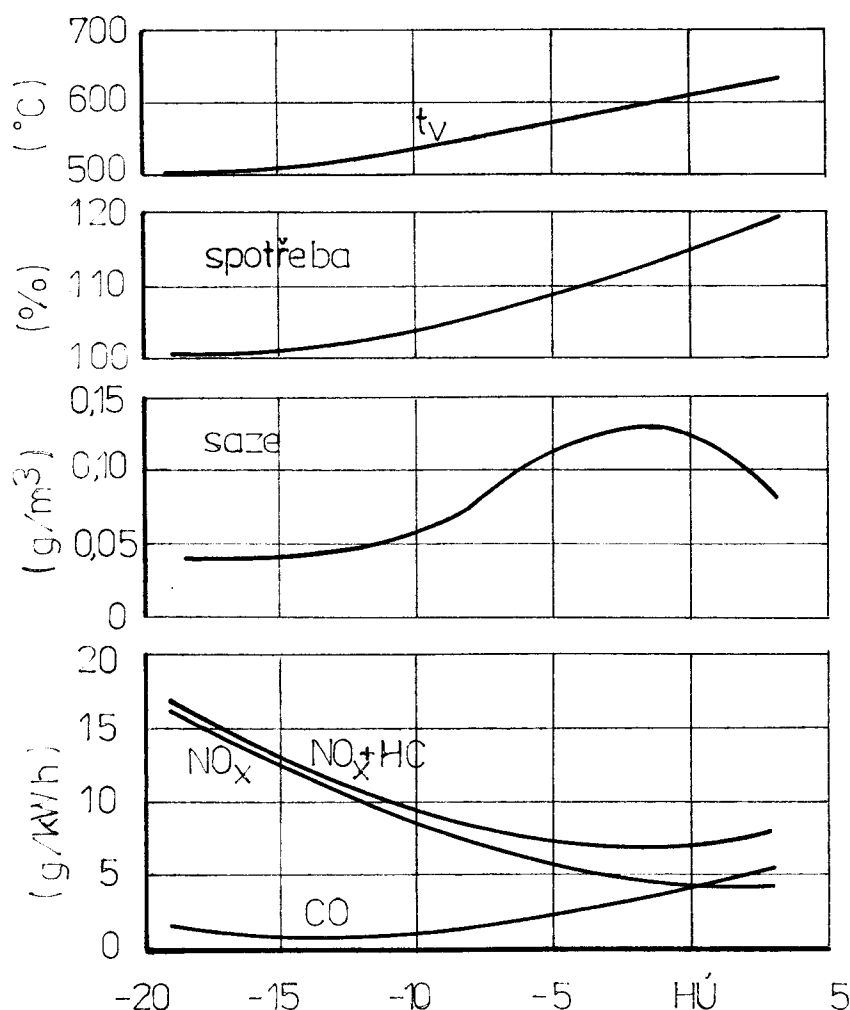
Plynná paliva mají oproti kapalným výhodu snadného smíchání se vzduchem a snadnější dopravy do směšovacího systému /směšovače/. Mají však proti kapalným, z nichž nejpoužívanější jsou nafta

a benzín, horší vlastnosti z hlediska směšovacího poměru při rychlejších změnách režimu motoru. Další špatnou vlastností plyných paliv je jejich velký objem proti kapalným palivům, což je velká nevýhoda pro mobilní stroje, neboť by zde byla nutnost velkých nádrží speciálních vlastností. Jestliže by se používal plyn stlačený např. na 20 MPa jako je to např. u zemního plynu, muselo by se použít tlustostěnných nádob /z toho plyne větší hmotnost/, když by se použil zkapalněný plyn, používaly by se drahé kryogenní nádrže. Navíc by se použití stlačených nebo zkapalněných plynů značně prodražilo vzhledem k veliké spotřebě energie při jejich získávání. Další velikou nevýhodou plyných paliv jsou horší ekologické parametry výfukových plynů, než je tomu u paliv kapalných. Pro rok 1993 se totiž připravuje další zpřísnění současných emisních předpisů, ve kterých jsou takové limity výfukových emisí, které asi nemohou plyná paliva splnit.

Z těchto důvodů se plyná paliva hodí zejména pro stacionární motory pracující v úzkém rozmezí otáček a zatížení a s přívodem paliva z centrálního rozvodu apod.

Pro automobily a ostatní mobilní prostředky tak i nadále zůstávají perspektivní zejména kapalná paliva pro svoje výhodné vlastnosti, jako je poměrně nízká cena, snadná dostupnost, nízký objem, již vybudovaná síť čerpacích stanic a zatím ještě splnitelnost ekologických požadavků. Spalování u těchto paliv má však i v současné době různé rezervy a možnosti zlepšování. Je to zejména dosažení co nejlepších tepelných účinností, to znamená co nejdokonalejší využití /spálení/ vstupujícího paliva při minimálních obsahích škodlivin ve výfukových plynech a minimální spotřebě.

Jak již bylo výše uvedeno, zastoupení jednotlivých škodlivin se dá v určitých mezích ovlivňovat i konstrukčními zásahy, protože vznikají pouze za konkrétních podmínek. Pro vznik NO_x jsou důležité zejména vysoké teploty hoření, při kterých je dusík schopen reagovat s kyslíkem. Čím jsou vyšší spalovací teploty, tím je vyšší tvorba NO_x . Velikost spalovacích teplot a tím i obsahy škodlivin v určitém motoru závisí především na velikosti předvstříku /naftové motory/ nebo předstihu /benzínové motory/. Viz obr. 1.

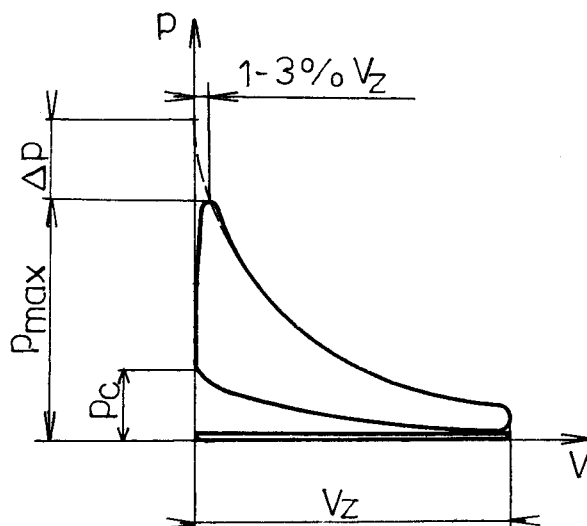


Obr. 1 Obsah škodlivin v závislosti na počátku zdvihu jehly vstřikovací trysky

Motor: šestiválcový s přepínáním turbodmychadlem, přímý vstřik $V_z = 12 \text{ dm}^3$, $n = 1300 \text{ min}^{-1}$, $P = 119 \text{ kW}$, $p_e = 0,915 \text{ MPa}$

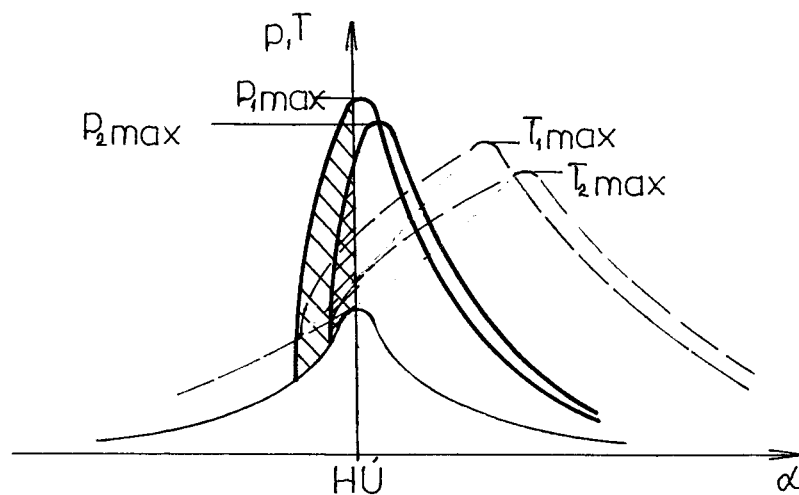
Doby přestihu a předvstřiku se volí tak, aby maximální tlak ve válci byl v rozmezí 1 - 3% zdvihu za horní úvratí, což odpovídá 7 - 12° po otočení klikové hřídele. Nejvyšší tlak již v mrtvé poloze není výhodný, protože vyžaduje zvětšení zapalovacího předstihu /předvstřiku/, t.j. zvýšení tlaku ke konci komprese, což znamená větší práci spotřebovanou na tento pasivní zdvih. Nejvyšší tlak diagramu zvětšený podle obr. 2 o Δp proti optimálnímu

$p_{max.}$, zvětšuje také pasívní odpory i při expanzním zdvihu, aniž by způsobil úměrné zvětšení plochy indikátorového diagramu.



Obr. 2

U benzínových motorů závisí délka časové prodlevy mezi přeskokem jiskry a okamžikem maximálního tlaku zejména na prodlevě vznícení a na rychlosti hoření směsi, u naftových motorů navíc na době, po kterou se vstřikuje palivo. Z hlediska tvorby NO_x se snažíme velikost předvstřiku co nejvíce zkracovat, protože s jejich zkracováním klesá i maximální teplota hoření. Viz obr. 3.

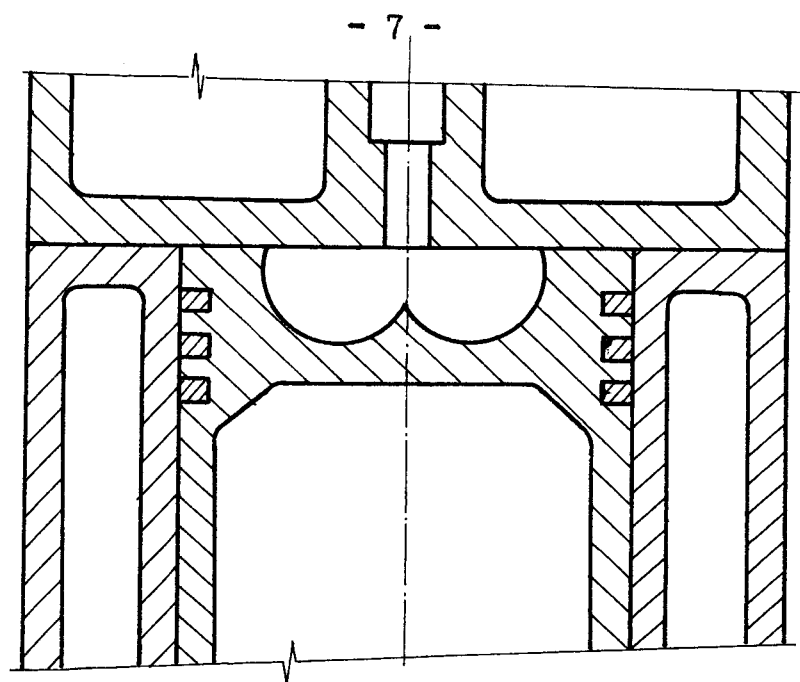


Obr. 3

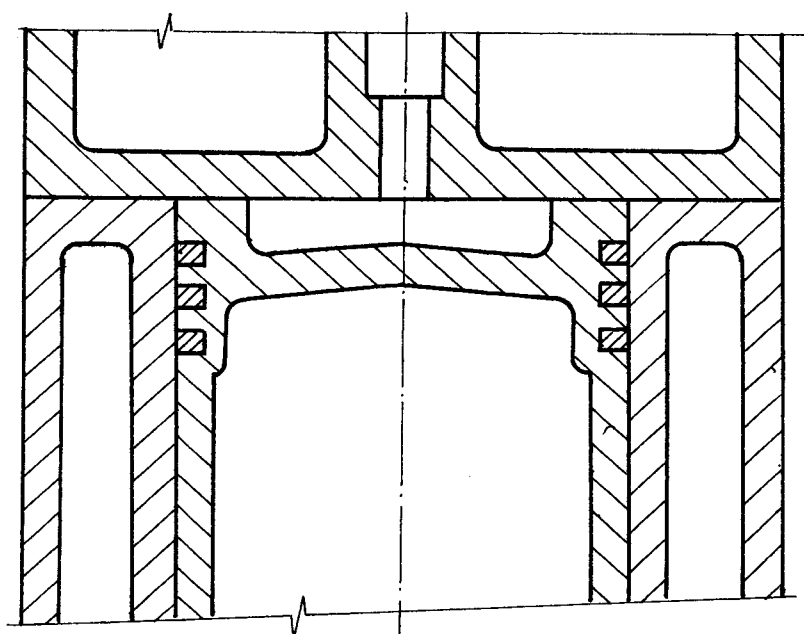
Z obr. 3 je též patrná velikost vyšrafovaných ploch. Tyto plochy představují práci spotřebovanou na stlačení směsi navíc. Je zde názorně vidět, že negativní práce při pomalé dodávce paliva je větší než při rychlém vstřiku. Z toho samozřejmě plyne i výhoda menší spotřeby paliva při rychlém vstřikování.

U naftových motorů můžeme tedy zkracovat velikost předvstřiku jednak rychlostí hoření /stupněm rozvíření náplně/, jednak délkou vstřiku nafty. První způsob není výhodný, neboť při veliké rychlosti hoření vznikne opět vysoká teplota a navíc v praxi není extrémně velká rychlost hoření nikdy žádoucí. Zvýšení tlaku při pootočení klikové hřídele o 1° nemá být totiž u vznětových motorů větší než 1,5 MPa, jinak je jejich chod tvrdý a součásti klikového mechanismu se nepříznivě namáhají. Zbývá tedy rychlejší doprava paliva do spalovacího prostoru a zkrácení prodlevy hoření. Rychlejší doprava paliva se může provést úpravou vstřikovací trysky pouhým jejím převrtáním na větší průměr vstřikovacích otvorů. Tím se při stejném vstřikovacím tlaku dosáhne stejné dodávky za kratší čas. Toto by bylo ovšem chybné řešení, protože s průměrem otvorů v trysce roste i velikost kapek vsříknutého paliva. Kapky se hůře odpařují a rozpadávají a nedosáhnou bychom potřebného promísení paliva. Navíc by s největší pravděpodobností docházelo k odkapávání paliva z trysky nezávisle na poloze pístu a tím by se opět zhoršovaly obsahy emisí /zejména CO a $C_m H_n$ / ve výfukových plynech a rostla by spotřeba paliva.

Z tohoto důvodu se v poslední době projevila nutnost zvyšovat vstřikovací tlaky. Ty zaručují splnění všech požadavků na dobré hoření, na nízkou spotřebu a na nízké obsahy škodlivin ve výfukových plynech. Vysokým vstřikovacím tlakem se zlepšuje především mísení paliva se vzduchem. Mísení probíhá lépe než u klasických soupřav, protože paprsky paliva mají daleko větší rychlost a tím dochází k jejich intenzivnějšímu rozpadu. Výzkumy vznětových motorů s přímým vstřikem dokazují, že zvyšování mísení paliva a vzduchu snižuje kouření, spotřebu paliva a emise uhlovodíků. V provedení spalovacích motorů jsou po léta používány zejména dva základní tvary spalovacích prostorů:



Obr. 4: Vířivý spalovací prostor



Obr. 5: Nevířivý spalovací prostor

Ve vířivém spalovacím prostoru je mísení paliva a vzduchu dosahováno vtokovým kanálem vyvolávajícím víření a vhodným spalovacím prostorem vytvářejícím radiální proudění vzduchu - radiální vír. Rozvíření a promísení paliva se potom dosáhne při běžných vstřikovacích tlacích, při použití vstřikovací trysky se čtyřmi až pěti otvory. Rozvíření náplně ve vířivých spalovacích prostorech však spotřebuje část výkonu motoru.

Nevířivé spalovací prostory mají velmi nízké rozvíření vzduchu a proto vyžadují vysokou energii v paprsku paliva, kterou dávají vysoké tlaky a vysoká rychlost vstřikování obvykle 6 - 10 otvory - vstřikovací tlaky se musí pohybovat okolo 150 MPa, aby při srovnání obou systémů spalování bylo dosaženo lepších výsledků v emisích a spotřebě paliva.

Všechny výše uvedené důvody, týkající se jak snížení škodlivin ve výfukových plynech tak i spotřeby paliva, odhalují společně jednu nutnost, kterou se budou muset palivové systémy naftových motorů ubírat, a to cestou zvýšení vstřikovacích tlaků na hodnoty až 150 MPa. Vysokotlaké vstřikování má přibližně třicetiletou historii.

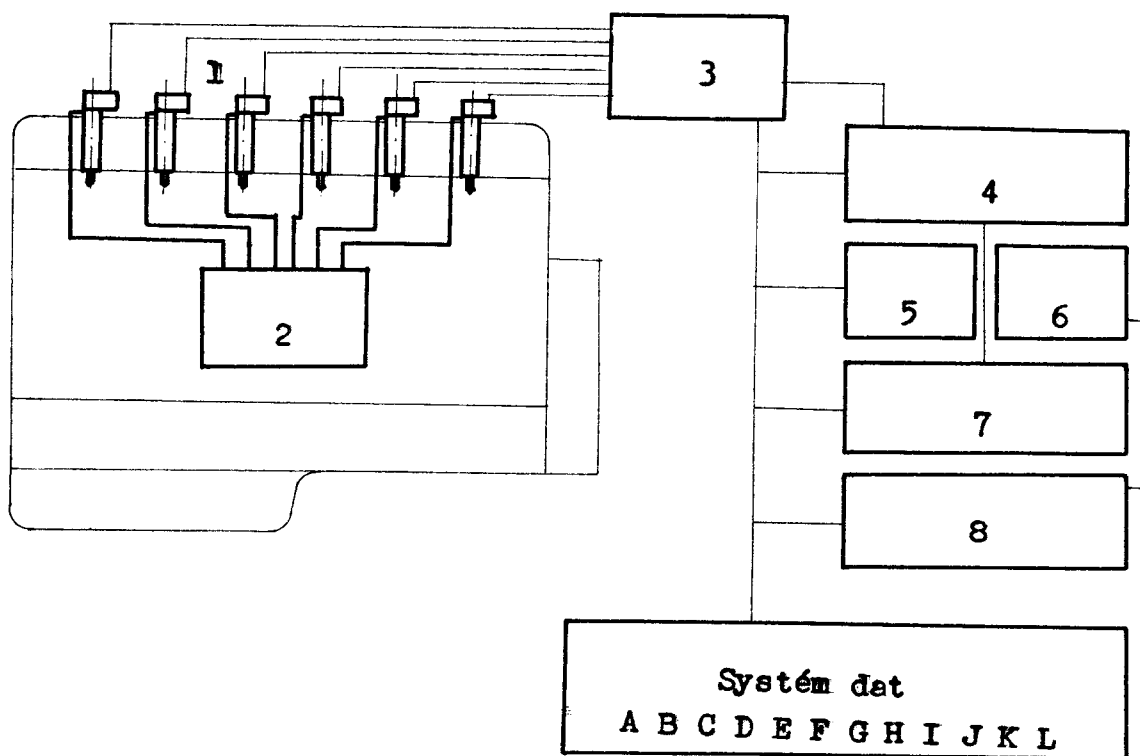
První zařízení pocházelo od firmy E.H.E. Pohon pístku vstřikovací jednotky byl tvořen pístem poháněným stlačeným vzduchem z válce, který při dosažení určité hodnoty kompresního tlaku byl vpuštěn pomocí řídicího ventilu nad píst. Tento způsob se však nerozšířil pro obtíže s přesným určením začátku i průběhu vstřiku.

Dále to byla americká firma General Motors, která uvedla mechanicky poháněnou vstřikovací jednotku CUMMINS do sériové výroby. Velikost dávky paliva byla řízena velikostí tlaku, kterým se palivo plnilo pod vstřikovací jehlu. Výsledky tohoto systému byly tak výrazné, že CUMMINS pronikl i do výroby renomovaných evropských firem. Licenčně se vyráběl u německé firmy KRUP. Nevýhodou tohoto systému byla však nemožnost časovat počátek a konec vstřiku.

Moderní vstřikovací systémy však začaly být vyvíjeny až počátkem 80. let firmou Lucas CAV. Zkušenosti z dřívějších prací v

oblasti vstřikovacích zařízení ukázaly, že dosavadní klasické uspořádání vstřikovací soupravy t.j. vstřikovací čerpadlo, přívodní trubky a vstřikovací tryska již nevyhoví vyšším vstřikovacím tlakům, neboť se zde začaly projevovat různé negativní vlastnosti tohoto systému. Nejhorší vlastnost je veliký objem nafty v prostorech vstřikovacího čerpadla, přívodních trubek a vstřikovací trysky. Ten má za následek velké stlačení nafty a napak rozepínání trubek při vyšších vstřikovacích tlacích. Tím se značně zvětšuje činný zdvih pístku čerpadla a s ním i příkon na vačkovou hřídel. Dále v potrubí vznikají tlakové pulsy, které způsobují nekontrolovatelné předvstřiky a dostřiky paliva do spalovacího prostoru a tím zhoršení spotřeby paliva a zvětšení obsahu výfukových emisí. Tyto všechny aspekty vedly k závěru, že nejúčinnější systém vstřikování paliva musí zaručovat maximální tuhost jak v oblasti dobavy paliva t.j. zabezpečit co nejmenší objem stlačené nafty /minimální objem vysokotlakové části/, tak i v oblasti pohonu vlastní vstřikovací jednotky. Tyto důvody zabránily také zatím rozsáhlejšímu použití následujícího vstřikovacího systému. Viz obr. 6.

Obr. 6: Systém MPST 200



Vysvětlivky k obr. 6:

- 1 - elektronicky řízená vstřikovací tryska
- 2 - řadové vstřikovací čerpadlo
- 3 - blok formování a rozdělení dějů mezi jednotlivými vstřikovacími jednotkami a regulujícími prvky
- 4 - výstupní číslíkově-analogový převodník informací
- 5 - stabilizovaný napájecí zdroj
- 6 - řídicí pult
- 7 - speciální počítač
- 8 - vstupní analogově-digitální převodník

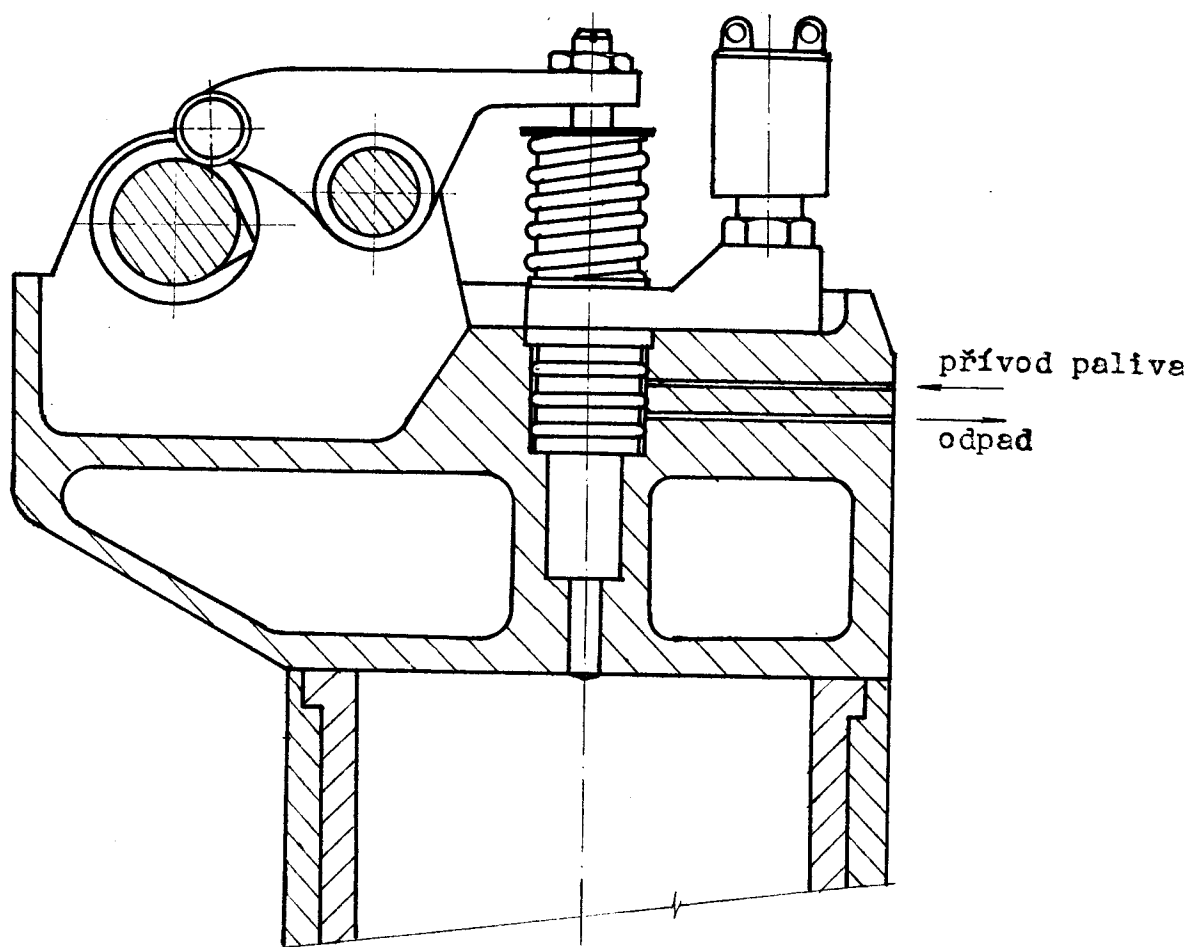
Systém dat:

- A - poloha možního pedálu
- B - otáčky motoru
- C - poloha horní úvratě klikového mechanismu
- D - synchron
- E - teplota vzduchu
- F - tlak vzduchu
- G - tlak a teplota oje
- H - teplota vody
- I - teplota výfukových plynů
- J - tlak a teplota paliva
- K - množství paliva

Tento systém je vlastně kompromis mezi klasickým vstřikováním a elektronicky řízenou sdruženou vstřikovací jednotkou. Zajišťuje doboru ekonomii provozu, automatickou regulaci ve všech režimech, adaptaci motoru na atmosférické podmínky, automatizaci režimu volnoběhu a spouštění, ochranu motoru v havarijních situacích. Je složen z řadového vstřikovacího čerpadla, přívodních trubek a elektronicky řízené vstřikovací trysky. Tato tryska je na rozdíl od trysky klasické, která je otvírána tlakem, řízena pomocí elektrického impulsu z řídicí jednotky. Tyto systémy sice dosahují přesných okamžiků počátku i konce dodávky, neodstraňují však negativní vliv stlačitelnosti nafty a roztažnosti trubek.

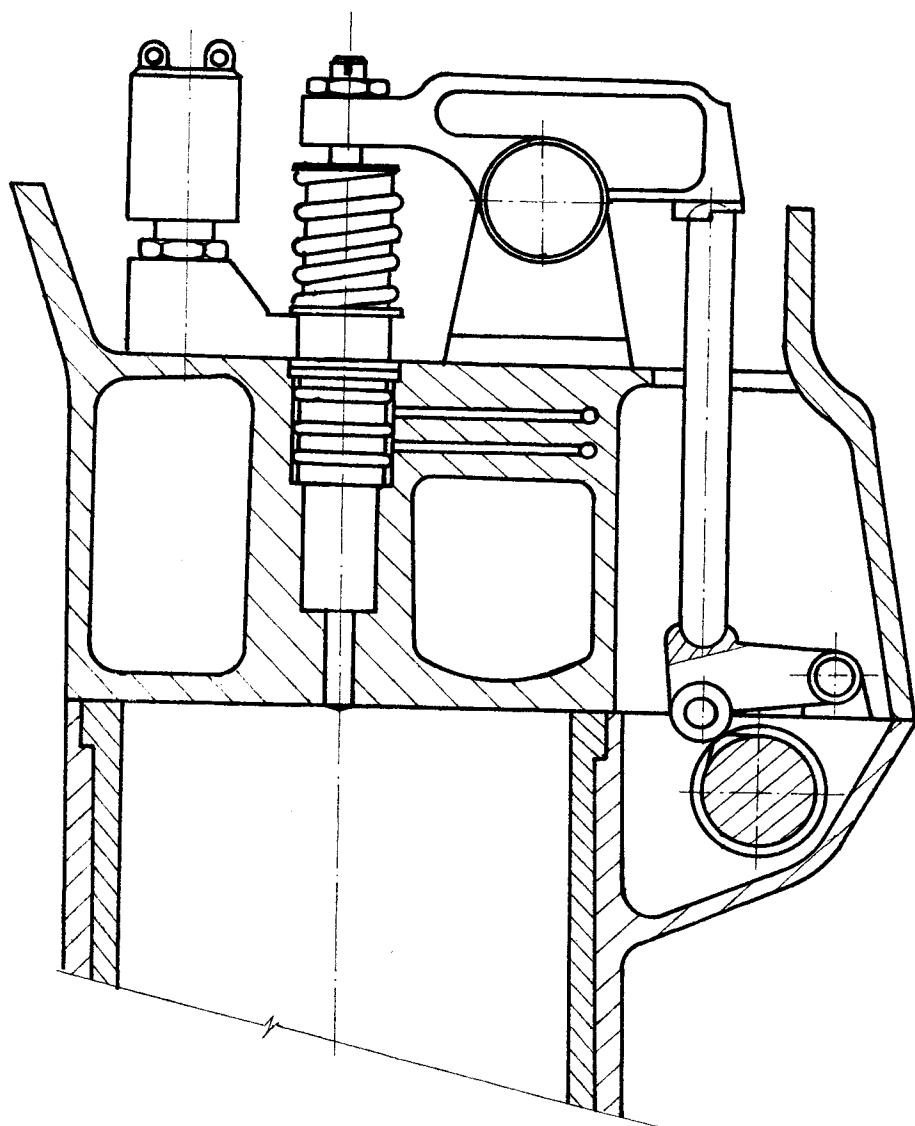
Výzkumy u různých metod vstřikování paliva vedly k závěru, že

nejúčinnější způsob vytváření tlaku pro vstřikování je přímé mechanické působení na píst pístkového čerpadla. Pohybový mechanismus pro pohon vstřikovací jednotky musí být extrémně tuhý, jinak je přínos vstřikovací jednotky malý. Ideální uspořádání pohonu ukazují obr. 7 a 8:



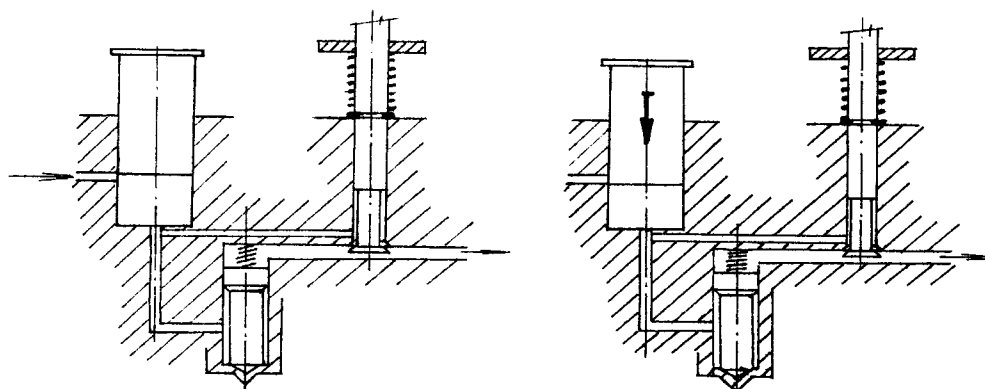
Obr. 7: Instalace vačkového hřídele v hlavě válců

Jestliže se zvolí mechanismus s tlačnou tyčkou, je nezbytné vačkovou hřídel umístit tak vysoko, jak je to jenom možné, abychom získali potřebnou tuhost hnačího systému. U všech uspořádání musí být vstřikovací jednotka montována pod vahadkem.



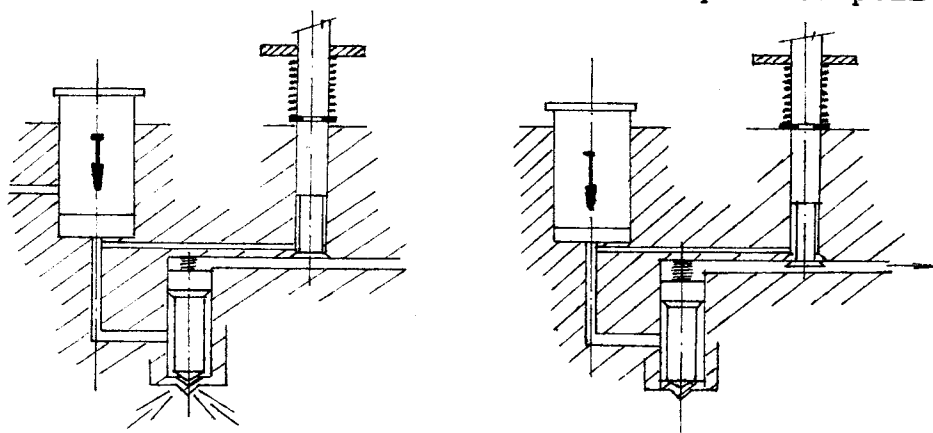
Obr. 8: Řešení pohonu sdružené vstříkovací jednotky s tlačnou tyčkou

Velmi důležité je dokonalé utěsnění palivových přívodů, aby nedošlo k proniknutí paliva do mazacího oleje. Pro tyto sdružené vstříkovače byl jako výkonný prvek řízení počátku a konce dodávky paliva odzkoušen přepouštěcí ventil řízený elektromagnetem. Výzkum prokázal extrémně přesné výkony takového systému. Firem zabývajících se výrobou sdružených vstříkovacích jednotek je ve světě již celá řada. Je to např. již zmíněný Lucas CAV, dále Detroit Diesel nebo firma BOSCH. U výrobků těchto všech firem je základní koncepce sdružené vstříkovací jednotky neměnná a popisuje ji obr. 9.



a/ plnění válce

b/ uzavření přívodu paliva



c/ vstřikování paliva

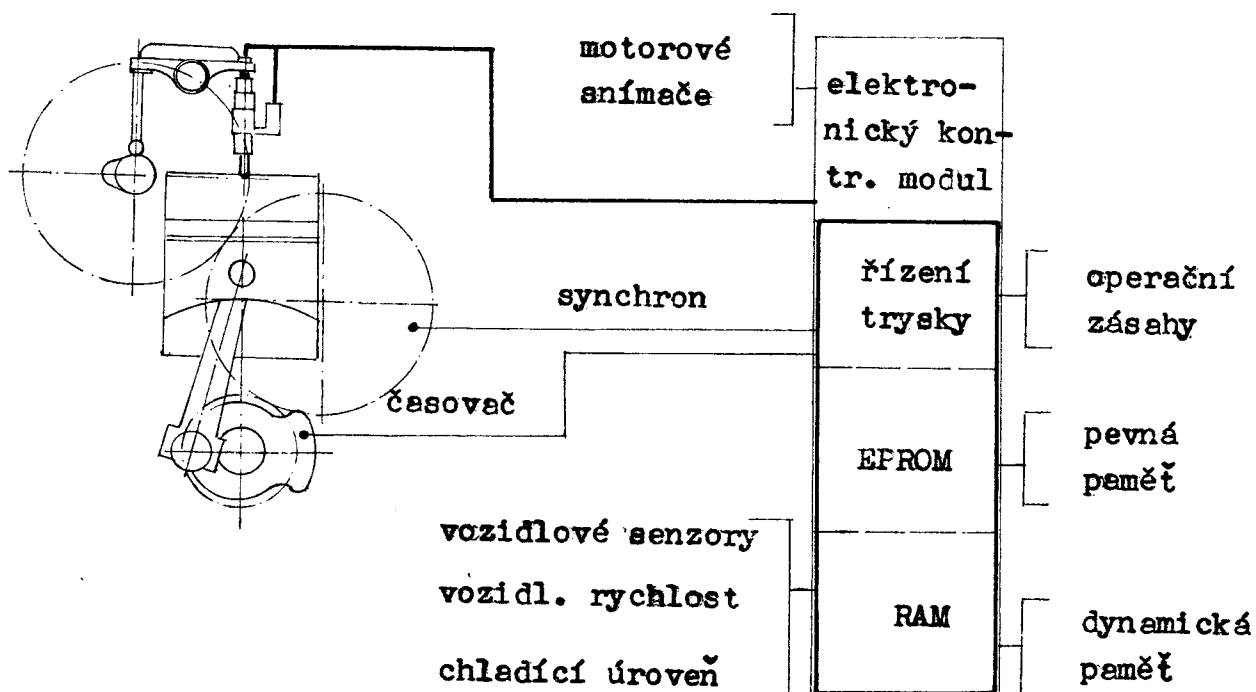
d/ konec vstřiku

Obr. 9: Jednotlivé fáze činnosti sdružené vstřikovací jednotky

Při pohybu pístku dolů je palivo zpočátku přepouštěno ventilem ovládaným elektromagnetem do odpadu. V okamžiku zahájení vstřikování paliva ventil uzavře odvod paliva do odpadu, v prostorách pod pístkem vzroste prudce tlak a nastane dodávka paliva do válce. V okamžiku skončení dodávky paliva je postup opačný. Pružina vrátí ventil do původní polohy, palivo uniká opět do odpadu, tlak klesá a vstřikovací tryska se uzavírá. Z popisu práce vstřikovací jednotky je zřejmé, že bude záviset především na práci řídicí elektronické jednotky, která ovládá elektrickými impulsy elektromagnet.

Elektronická řídicí jednotka byla řešena od začátku konstruk-

čních prací na motoru, ve kterém pracuje. Systém se skládá z elektronického řídicího modulu, elektronického rozdělovače, elektronické vstřikovací jednotky a různých snímačů zpracovávajících informace do vstupu elektronického rozdělovače, který ovládá solenoidové ventily vstřikovačů. Protože vstřikovací proces je řízen solenoidem, množství vstříknutého paliva může být funkcí vybraných motorových parametrů. Viz obr. 10.



Motorové snímače - výtlačný tlak /plnicí vzduch/
- teplota vzduchu
- teplota oleje
- tlak oleje
- hladina oleje
- tlak paliva - plnicí tlak paliva

Operační zásahy - elektronický nožní pedál
- elektronický tachometr
- diagnostická světla
- motorová brzda
- křížová kontrola funkce celého systému
- cesta rychlého regulátoru

- silové ovládání prvků regulace
- zastavení stroje při poruše

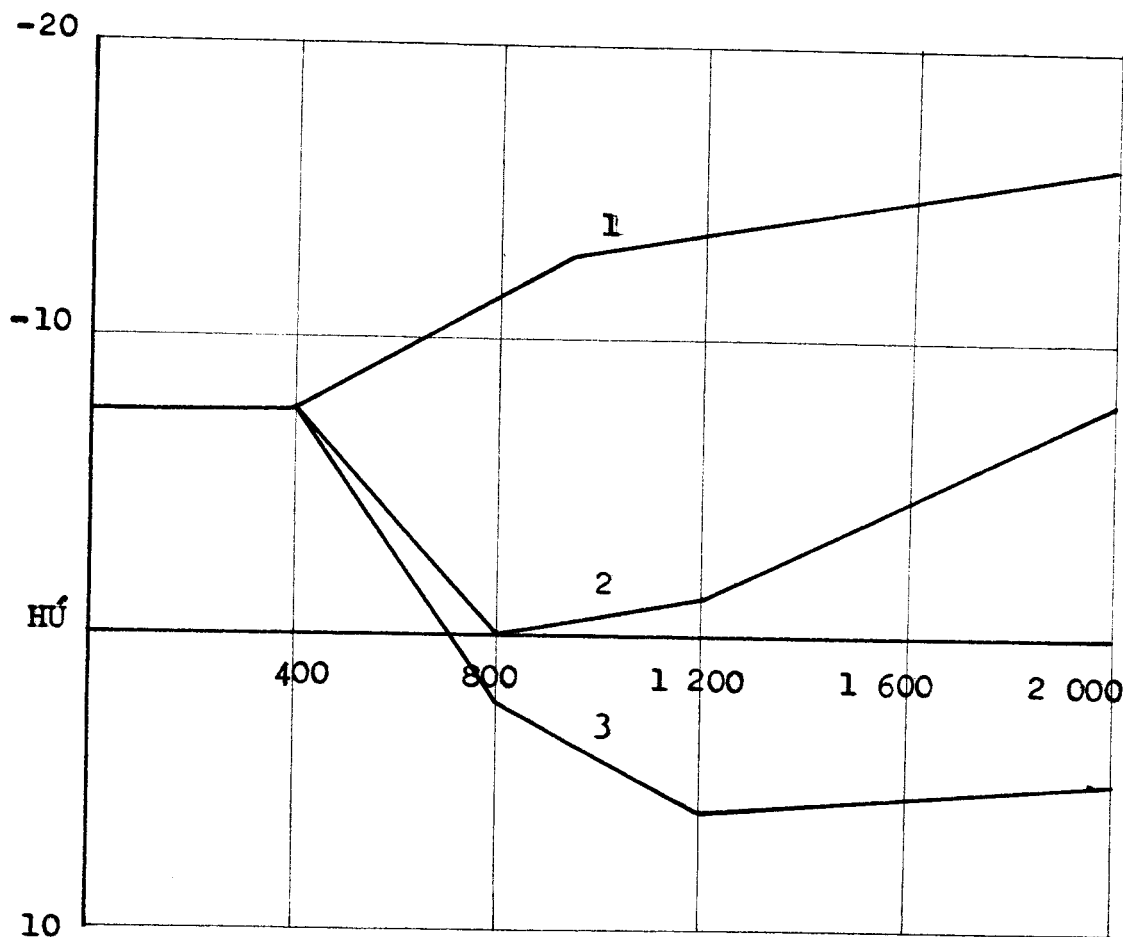
Elektronický řídicí modul určuje vstřikované množství a časování vstřiku založené na vstupech, které opatřují různé snímače včetně elektronického vstupu z nožního pedálu. Programovatelná paměť PROM umístěná uvnitř elektronického řídicího modulu má zakódovaná rozhodnutí podle výkonových charakteristik pro různé režimy práce motoru /momentová křivka, regulace, volnoběh atd./. Proto výměnou paměti PROM mohou být tyto charakteristiky upraveny pro zvýšení výkonu a pro použití v různých aplikacích.

Elektronický řídicí systém zlepšuje otáčkovou regulaci motoru. Regulátor může reagovat na změnu $\Delta n = 10 \text{ l/min}$, t.j. udržovat téměř konstantní otáčky. Také volnoběžné otáčky nevykazují změny při zapínání nebo vypínání pohonů různých příslušenství. Elektronická řídicí jednotka používá vstřikovač a zpětné informace od snímačů ke kontrole, zda parametry motoru jsou ve stanovených limitech. Jestliže jsou problémy s palivem, olejem nebo vzduchem, řidič bude upozorněn. Jestliže to bude nezbytné, řídicí systém bude snižovat výkon, dříve než nastane vážná porucha. Elektronické diagnostické postupy mohou být dále použity pro označení daného problému. Elektronický řídicí systém je konstruován pro připojení k centrálnímu vozidlovému elektronickému řídicímu systému.

Jiný rys tohoto elektronického řídicího systému je ve zlepšeném startování a snížení "studeného kouře". Časování vstřiku a dávkování paliva je optimalizováno v tomto případě pro "studené starty". Po rozběhu motoru je předvstřík posouván tak, aby se snížil studený kouř během ohřevu motoru. Elektronické řízení vstřikování u motoru Detroit Diesel zlepšuje hospodárnost provozu motoru třemi způsoby:

a/ časování vstřiku může být optimalizováno, aby se dosáhlo nejlepší měrné spotřeby, přičemž se plní i limity škodlivin.

Jako příklad je uveden diagram, který uvádí závislost předvstřiku na otáčkách, kterou firma BOSCH dociluje minimální obsahy emisí ve výfukových plynech.

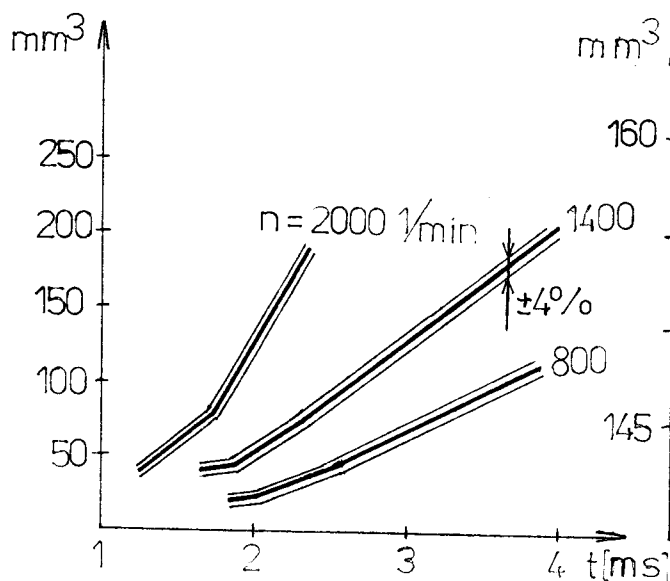


- Křivka 1 - studený motor, bez zatížení
 Křivka 2 - malé zatížení, neprohřátý motor
 Křivka 3 - plné zatížení, normální provozní teplota

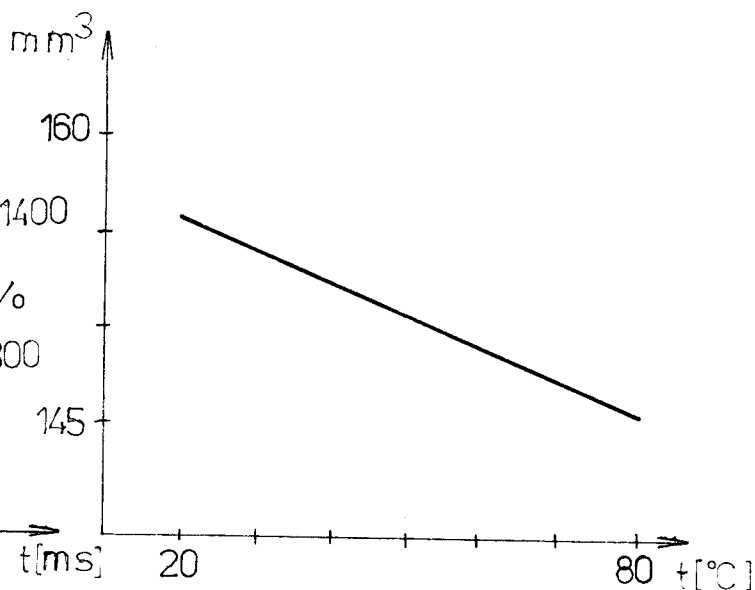
b/ protože časování vstřiku není ovlivněno opotřebením nebo uspořádáním systému, nedochází ke změně vlastností po celou dobu životnosti. Klasické mechanické systémy vyžadují nezbytná seřízení a periodickou údržbu.

c/ omezovací regulátor limitující maximální otáčky motoru na zvolené hodnotě a tím je přesně řízena rychlost vozidla. Řízení silniční jízdní rychlosti je na volbě, která dovoluje ještě zvýšení hospodárnosti při provozu motoru v menších otáčkách.

Spolupráce elektronické řídicí jednotky a sdružené vstřikovací jednotky je však ještě složitější než byla popsána v předchozím textu a musí odpovídat i dalším charakteristikám. Např. elektronická řídicí jednotka motoru Lucas CAV má vlastnosti a způsob práce podle následujících diagramů udávaných výrobcem.



Obr. 12

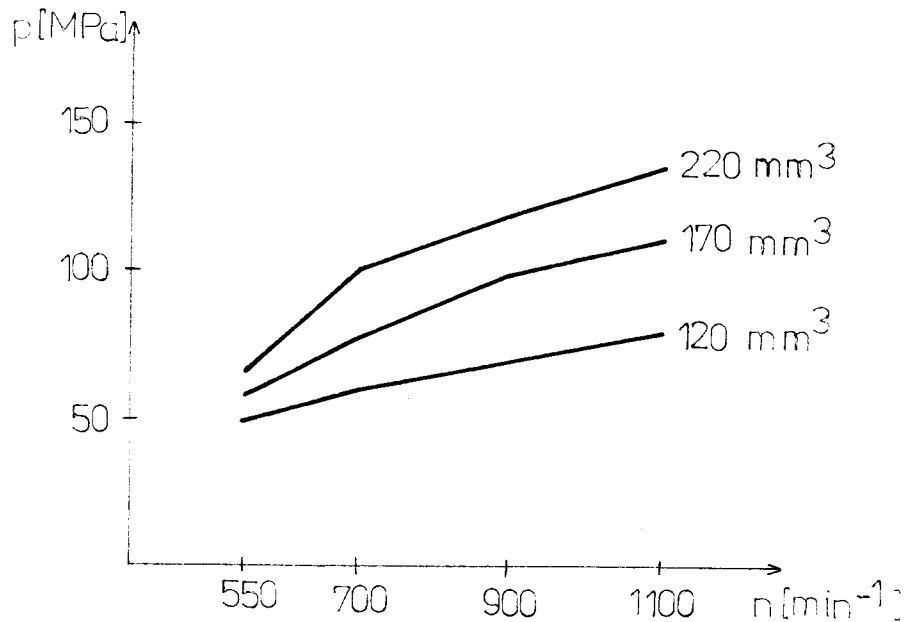


Obr. 13

Graf č. 12 udává časovou závislost dodávky paliva do válce. Čáry $\pm 4\%$ udávají požadovanou přesnost a toleranci dodávky paliva.

Graf č. 13 představuje citlivost elektronické řídicí jednotky na stav prohřátí motoru. Se zlepšujícím se prohřátím motoru klesá dodávka paliva, protože u motoru studeného musíme částí paliva hradit zvýšený únik tepla stěnami válce a pístem.

Další charakteristika vstřikovačla představuje nárůst tlaku pod pístem se vzrůstajícími otáčkami. Viz obr. 14.

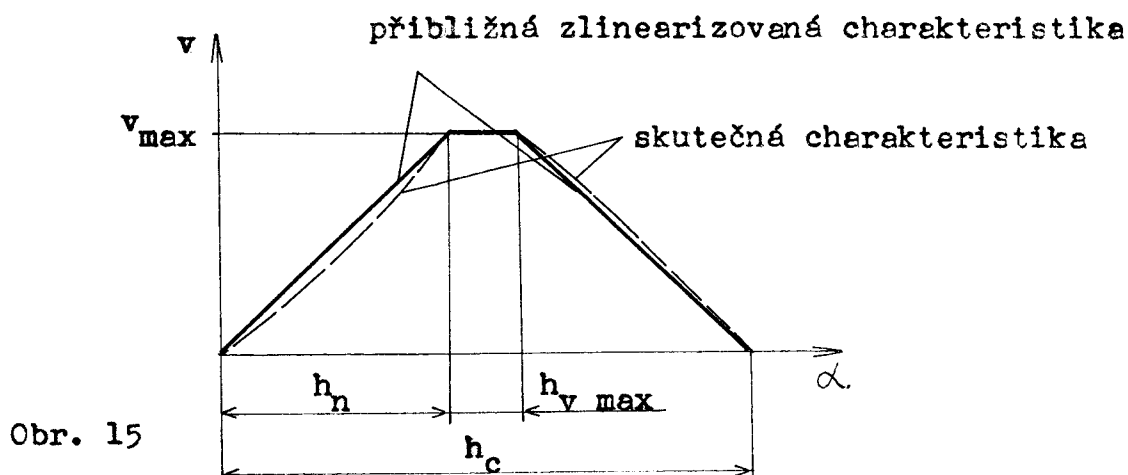


Obr. 14

Pro správný průběh vstřiku a bezporuchový provoz celého motoru má však kromě elektrické části palivového systému vliv i konstrukční řešení mechanické části sdružené vstřikovací jednotky. Ta musí splňovat již výše uvedené požadavky maximální tuhosti, dobrého rozprášení směsi a maximální rychlosti dodávky paliva. Dále musí zaručovat odolnost proti pronikání paliva do prostoru hlavy válce, styk vahadla a tlačného elementu pístku po celou otáčku vačkového hřídele, účinné mazání pístku palivem a snadnou montáž do hlavy válců. Konstrukce samotné sdružené vstřikovací jednotky tedy představuje hledání takového zařízení, které bude plnit soubor těchto funkcí.

KONSTRUKČNÍ NÁVRH SDRUŽENÉ VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKY

Konstrukce sdružené vstřikovací jednotky musí začínat návrhem vlastního pohonu a tím je vačka. Na základě zkušeností a poznatků o průběhu vstřikovacího tlaku v závislosti na rychlosti pístku se došlo k závěru, že se maximální tlak dodávání paliva dosáhne při maximální rychlosti pístku daného průměru. Je zřejmé, že důležitým bodem konstrukce sdružené vstřikovací jednotky bude určení vzájemného vztahu tvaru vačky a průměru pístku. Čím větší bude průměr pístku, tím větší bude síla na něj a tím také budou růst rázy na celý rozvodový mechanismus. Z tohoto důvodu se snažíme vytvořit sdruženou vstřikovací jednotku s pístkem co nejmenšího průměru. Se zmenšováním průměru pístku nám však pro daná udávaná množství nafty poroste zdvih pístku. Omezující hranicí pro velikost celkového zdvihu h_c je vačka a vratná pružina. Jako optimální řešení se ukázala konstrukce vačky s průběhem rychlosti pístku dle obr. 15.



Obr. 15: Závislost rychlosti pístku SVJ na pootočení vačky

U vačky můžeme dosáhnout jen takových zdvihů, které jsou na dané vačce realizovatelné a splňují podmínky celkové zástavby do hlavy válců. Dále by při velkých zdvizech vznikaly velké síly v pružině, které by měly za následek sníženou životnost pružiny. Omezujícím faktorem pro zvětšení oblasti maximální rychlosti $h_{v \max}$ při zachování celkového zdvihu h_c je růst zrychlení na počátku a konci zdvihu. Se zvětšujícím se zrychlením bude zapotřebí umísťovat

do sdružené vstřikovací jednotky silnější pružiny, které zajistí dostatečně rychlé vrácení posuvných hmot a tím stálý styk vačky s vahadlem a tlačným elementem pístku. Zesílením pružiny však zvětšíme rázy na vačkový hřídel a rozvodový mechanismus a zvýšíme napětí v pružině.

Určujícím parametrem pro volbu průměru pístku a tvaru vačky je maximální vstřikovací objem. Jeho hodnota je počítána z parametrů uvedených v zadání.

$$V = \frac{p_e \cdot V_{z1} \cdot m_{sp}}{3,6 \cdot \rho_p \cdot 10^6} = 265 \text{ mm}^3/\text{cykl}$$

D - průměr válce /mm/ = 135

Z - zdvih pístu /mm/ = 160

p_e - střední efektivní tlak /MPa/ = 1,75

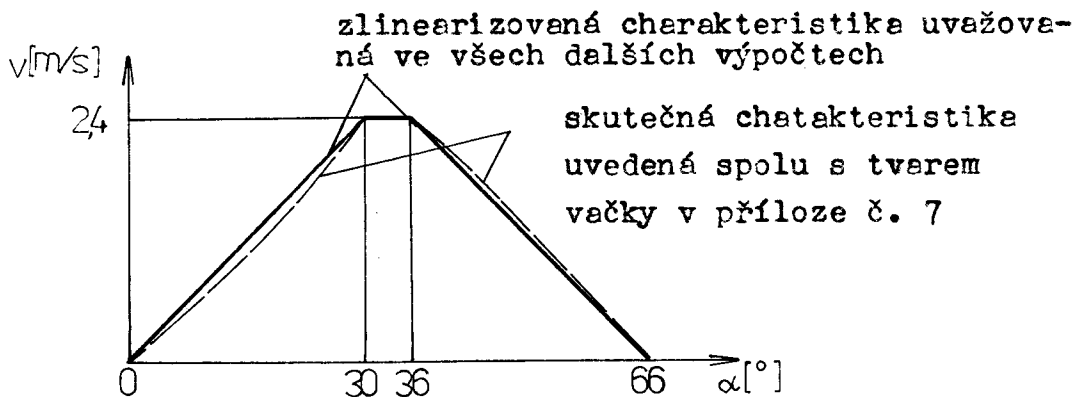
m_{sp} - měrná spotřeba paliva /g/kWh/ = 200

ρ_p - hustota paliva /kg/m³/ = 840

$$V_{z1} = \pi \cdot D^2 \cdot Z / 4$$

V_{z1} - zdvihový objem 1 válce /dm³/

Pro tuto hodnotu maximální dodávky paliva V byla navržena vačka s charakteristikou dle obr. 16 a pístek průměru 12 mm.



Obr. 16

Charakteristika z obr. 16 zachycuje závislost rychlosti pístku sdružené vstřikovací jednotky na stupni pootočení vačky při otáčkách motoru $2\,000\text{ min}^{-1}$. Protože pro vytvoření konstrukční studie sdružené vstřikovací jednotky /zejména pro určení vstřikovacího průřezu trysky a průtočné plochy ventilku/ je zapotřebí určit průběh vstřikovacího tlaku, objevila se nutnost vytvoření matematického modelu sdružené vstřikovací jednotky. Po navržení vačky, která sdruženou vstřikovací jednotku pohání, se může přistoupit již ke stanovení tohoto modelu.

Matematický model funkce sdružené vstřikovací jednotky vychází z následujícího předpokladu:

Během pohybu pístku v průběhu výtlačného zdvihu se objem vytlačované nafty může dělit na tři části:

1. Objem nafty proteklý přepouštěcím ventilkem do odpadu. Velikost tohoto objemu se vypočítá ze vztahu:

$$dV_v = \mu_v \cdot S_v \cdot \sqrt{2 \cdot \Delta p / \rho} \cdot dt$$

μ_v - průtokový součinitel ventilku

S_v - průtočná plocha ventilku

ρ - hustota nafty

Δp - tlakový spád na ventilkem

dt - přírůstek času, za který objem proteče

Jestliže uvažujeme přetlak odpadního potrubí vůči atmosféře roven 0, pak Δp představuje přímo přetlak pod pístkem.

2. Objem nafty proteklé vstřikovací tryskou:

$$dV_T = \mu_T \cdot S_T \cdot \sqrt{2 \cdot \Delta p / \rho} \cdot dt$$

μ_T - průtokový součinitel trysky

S_T - průtočná plocha trysky

Δp - tlakový spád na trysce

dt - přírůstek času, za který objem proteče

3. Objem nafty stlačený /při vzrůstu tlaku/ nebo rozepjatý /při poklesu tlaku/:

$$dV_{\varepsilon} = \frac{\Delta' p}{\varepsilon} \cdot V_c$$

$\Delta' p$ - nárůst nebo pokles tlaku

ε - součinitel stlačitelnosti nafty

V_c - celkový objem stlačované nafty za původního tlaku

Součinitel stlačitelnosti nabývá hodnoty 1 700 MPa.

Součet těchto objemů musí být stejný jako objem vytlačený pístkem. Toto popisuje rovnice:

$$dx \cdot S_p = dV_v + dV_{\varepsilon} + dV_T$$

S_p - plocha pístku

dx - přírůstek zdvihu pístku

Jestliže rovnice z bodů 1, 2, 3 podělíme přírůstkem času dt , dostaneme:

$$\dot{V}_v = \mu_v \cdot S_v \cdot \sqrt{2 \cdot \Delta p / \rho}$$

$$\dot{V}_T = \mu_T \cdot S_T \cdot \sqrt{2 \cdot \Delta p / \rho}$$

$$\dot{V}_{\varepsilon} = \frac{\Delta' p}{\varepsilon} \cdot V_c \cdot \frac{1}{dt}$$

$\dot{V}_v$ - objemový průtok přes ventilek

$\dot{V}_T$ - objemový průtok přes trysku

$\dot{V}_{\varepsilon}$ - objemový průtok odpovídající stlačování nafty v čase



$$C = -S_p \cdot w_p - \sqrt{V - Z_m \cdot S_p} : \sqrt{\varepsilon \cdot T \cdot P_0}$$

z toho pak:

$$P_1 = \left(\frac{-B + \sqrt{B^2 - 4 \cdot A \cdot C}}{2 \cdot A} \right)^2$$

w_p - rychlost pístku v určitém kroku

S_p - plocha pístku

V - celkový objem paliva pod pístkem v horní úvrati a objem v kanálkách

Z_p - zdvih pístku v určitém kroku

P_1 - tlak paliva v určitém kroku

Z_m - zdvih pístku v předešlém kroku

P_0 - tlak paliva v předešlém kroku

T - časový interval mezi oběma kroky

Z uvedeného matematického řešení sdružené vstřikovací jednotky je zřejmé, že na velikost vstřikovací dávky a vstřikovací tlak má kromě doby otvírání a zavírání ventilku vliv průřez trysky a její průtokový součinitel, průřez ventilku a jeho průtokový součinitel, rychlost a plocha pístku /t.j. otáčky motoru/ a celkový objem nafty pod pístkem. Všechny tyto parametry se dají buď optimalizovat výpočtem /doby otvírání a zavírání ventilku a průtokové plochy trysky a ventilku/ nebo ovlivnit konstrukcí sdružené vstřikovací jednotky /průtokové součinitele, otvírací tlak trysky, popř. celkový objem paliva pod pístkem/. K určení celkového objemu nafty pod pístkem, který se nachází v horní úvrati, je třeba znát objem spojovacích kanálků a zdvihový objem pístku. Objem spojovacích kanálků určíme z úvodní studie, ve které je zapotřebí kanálky optimálně navrhnout. Kanálky nesmějí být z výrobních i provozních důvodů příliš dlouhé a mají mít co nejjednodušší tvar. Zdvihový objem pístku určíme výpočtem:

$$V_z = S_p \cdot Z_p$$

z_p - zdvih pístku

Zdvih pístku je počítán z následujících pohybových rovnic daných tvarem vačky:

1. první fáze pohybu $0 - 30^\circ$

$$\text{rychlost } v_{1/x/} = \frac{v_{\max}}{t/30/} \cdot t/x/ = \frac{2,4}{30 \cdot t_1} \cdot t/x/ = 480 \frac{t/x/}{t_1}$$

t_1 - doba trvání pootočení 1° na vačkovém hřídeli pro $n_M = 2000 \text{ min}^{-1}$

$$t_1 = \frac{1}{3n} = \frac{1}{3 \cdot 2000} = 0,0001667 \text{ s}$$

$$\text{dráha } s_{1/x/} = \int v_{1/x/} \cdot dt = 480 \frac{t/x/}{2} + c = 240 \frac{t/x/}{t_1}$$

$$s_{1/0/} = 0 \Rightarrow c = 0$$

2. druhá fáze pohybu $30 - 36^\circ$

$$\text{rychlost } v_{2/x/} = 2,4 \text{ m/s}$$

$$\text{dráha } s_{2/x/} = \int v_{2/x/} \cdot dt = 2,4 t + c$$

$$s_{2/30/} = s_{1/30/} = 240 \cdot /30/ \cdot t_1/2 = 0,006 = 2,4 t + c$$

$$0,006 = 2,4 \cdot 30 \cdot t_1 + c \Rightarrow c = -0,006$$

3. třetí fáze pohybu $36 - 66^\circ$

$$\text{rychlost } v_{3/x/} = -480 \cdot t + 5,28$$

$$\text{dráha } s_{3/x/} = \int (-480 \cdot t + 5,28) dt = -480 \cdot \frac{t^2}{2} + 5,28 t + c$$

$$s_{3/36/} = s_{2/36/} = 0,0084 \text{ m} = -240 /36/ \cdot t_1/2 + 5,28 \cdot 36 \cdot t_1 + c \Rightarrow c = -0,01464$$

$$s_{\text{celk}} = -240 \cdot /66/ \cdot t_1/2 + 5,28 \cdot 66 \cdot t_1 - 0,01464 = 0,0144 \text{ m}$$

$$V_z = S_p \cdot Z_p = \pi \cdot D_p^2 \cdot Z_p / 4 = 1\,630 \text{ mm}^3$$

Je-li známý zdvih pístku a může se tedy určit poloha plnicích otvorů, délka vedení pístku, délka vratné pružiny apod., může se přikročit k nákresu úvodní studie sdružené vstřikovací jednotky. Tato úvodní studie je zakreslena v příloze č. 1. Z této studie byl určen objem spojovacích kanálků ve vysokotlaké části.

$$V_k = 1\,070 \text{ mm}^3$$

Z toho pak celkový objem nafty ve vysokotlaké části za předpokladu, že je pístek v horní úvratí.

$$V = V_z + V_k = 2\,710 \text{ mm}^3$$

Tato hodnota celkového objemu vysokotlaké části je jedním z důležitých vstupních parametrů matematického modelu sdružené vstřikovací jednotky.

Další vstupní hodnotou matematického modelu jsou rychlosti a zdvihy pístku v jednotlivých krocích výpočtu. Tyto hodnoty se počítají z pohybových rovnic, které jsou určeny tvarem vačky. Aby se matematický model stal obecným pro všechny otáčky motoru, je třeba počítat rychlost i zdvih pístku z rovnic závislých nejen na čase, ale určených obecně i pro otáčky:

1. oblast $0 - 30^\circ$

$$v_{1/t/} = 2,4 \cdot \frac{n}{2\,000} \cdot \frac{3n}{30} \cdot t = 7,2 \text{ n}^2 \cdot \frac{t}{60\,000}$$

$$z_{p/t/} = \int v_{1/t/} \cdot dt = 7,2 \text{ n}^2 \cdot \frac{t^2}{120\,000} + c$$

$$z_{1/0/} = 0 \Rightarrow c = 0$$

2. oblast $30 - 36^\circ$

$$v_{2/t/} = 2,4 \cdot \frac{n}{2\ 000}$$

$$z_{2/t/} = \int v_{2/t/} \cdot dt = 2,4 \frac{n}{2\ 000} \cdot t + c$$

$$t = \frac{30}{3n} \Rightarrow z_p = 0,006$$

$$z_{p/30t_1/} = 2,4 \cdot \frac{10}{2\ 000} + c = 0,006 \Rightarrow c = -0,006$$

3. oblast 36 - 66°

$$v_{3/t/} = -7,2 n^2 \cdot t \cdot \frac{1}{60\ 000} + 5,28$$

$$z_{p/t/} = -7,2 n^2 \cdot t^2 \cdot \frac{1}{120\ 000} + 5,28 t + c$$

$$t_{/36t_1/} \hat{=} z_{/36t_1/} = 0,0084$$

$$0,0084 = -7,2 n^2 / \frac{36}{3n} /^2 \cdot \frac{1}{120\ 000} + 5,28 \cdot \frac{36}{3n} + c \Rightarrow$$

$$\Rightarrow c = -0,01464$$

$$z_{3/t/} = -7,2 n^2 t^2 / 120\ 000 + 5,28 t + /-0,01464/$$

Výpočet rychlosti a zdvihů závislých obecně na otáčkách je zařazen do matematického řešení sdružené vstřikovací jednotky a společně s ním vložen do programu, který počítá průběh tlaků a celkovou dodávku paliva do válce v závislosti na vstupních parametrech. Vstupními parametry jsou:

V - celkový objem paliva ve vysokotlaké části sdružené vstřikovací jednotky /m³/

N - otáčky motoru /1/min/

ZV - okamžik zavírání ventilku /°/

OV - okamžik otevírání ventilku /°/

k - počet dílků, na které je zdvih pístku rozdělen

EP - součinitel stlačitelnosti nafty/Pa/

D - průměr pístku /m/

NT - průtokový součinitel trysky

NV - průtokový součinitel ventilku

SV - průtočná plocha ventilku /m²/

ST - průtočná plocha trysky /m²/

Z těchto všech parametrů byl již určen celkový objem V, součinitel stlačitelnosti EP a průměr pístku D.

Dále musíme určit hodnotu průtokového součinitele ventilku. Průtokový součinitel se volí s ohledem na tlakové ztráty přímo v okolí ventilku, ale také v celém odpadním vedení kapaliny. Jeho hodnota je volena 0,5. Velmi důležitým parametrem pro výpočet je také doba zavírání a otevírání ventilku. Tyto časy by měly být co nejkratší a měly by dosáhnout velikosti 0,5 ms. S touto hodnotou je počítáno i v programu. Doba otevírání trysky se bude pohybovat také přibližně v těchto mezích, neboť objem vytlačované nafty pístkem nadzvedne uzavírací jehlu vstříkovací trysky tak rychle, jak rychle přestane nafta proudit zavírajícím se ventilkem. Doba zavírání trysky je tedy rovněž volena 0,5 ms.

Hodnota průtokového součinitele trysky NT je volena obdobným způsobem jako u ventilku. Vzhledem ke kratšímu vedení paliva k trysce, než je odpadní potrubí, a k přímějššímu tvaru vedení k trysce se volí průtokový součinitel trysky 0,8.

Číslo k se volí s ohledem na délku a přesnost výpočtu. Pro přijatelnou délku a doboru přesnost výpočtu je vhodné číslo k = 132.

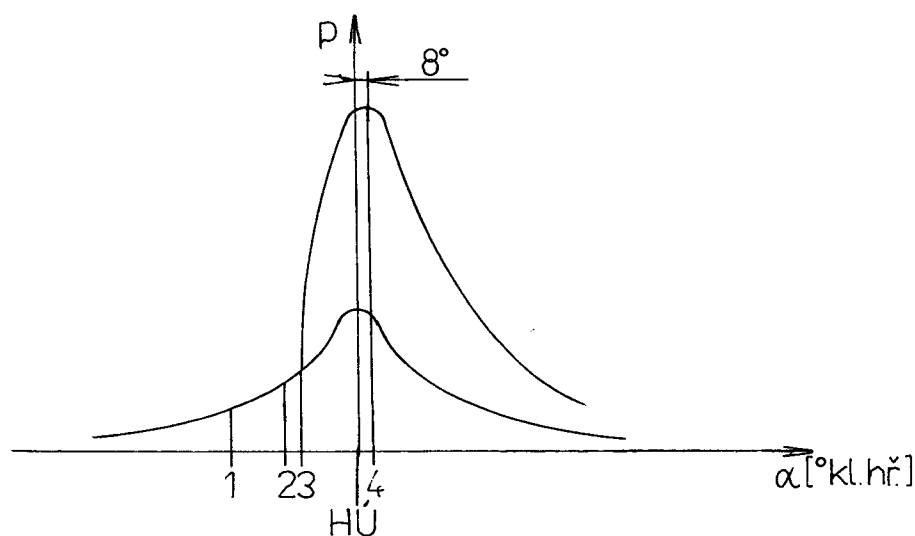
Dalším parametrem vstupujícím do výpočtu je průtočná plocha ventilku SV. Tato plocha má být co největší, ovšem nemá přesáhnout velikost průtočné plochy odpadního kanálku, protože její další zvětšování by bylo zbytečné. Tato plocha je tedy volena shodně s průtočnou plochou kanálku o průměru 3 mm, t.j. je volena 7 mm². V programu je zadána v m².

Otáčky motoru se volí v rozmezí, které odpovídá danému motoru.

V tomto případě se jedná o rychloběžný vznětový motor, proto se otáčkové rozmezí pracovních režimů pohybuje mezi $800 - 2\,000 \text{ min}^{-1}$. V režimu maximálních otáček by se měla s ohledem na vstřikovací tlak určit také průtočná plocha trysky. Maximální tlak paliva by při maximální dodávce a maximálních otáčkách neměl přesáhnout 160 MPa .

V tomto okamžiku zůstává ze všech vstupních parametrů určit pouze doby otevírání a zavírání ventilku, t.j. určit doby, kdy do vinutí solenoidu vstupuje řídicí impuls z elektronické řídicí jednotky. Tento impuls musí přijít v takovém okamžiku pootočení klikového hřídele, aby tlak ve spalovacím prostoru dosáhl svého maxima $7 - 12^\circ$ pootočení klikového hřídele za horní úvratí. Důvody pro toto tvrzení byly uvedeny již v úvodu. Pro rychlé vstřikování platí spíše dolní část tohoto intervalu, t.j. předpokládá se optimální rozložení tlakové křivky s maximem v 8° pootočení klikového hřídele za horní úvratí.

Od okamžiku, kdy elektronická řídicí jednotka dá impuls do solenoidu, až do okamžiku dosažení maximálního tlaku ve spalovacím prostoru však musí proběhnout řada dějů, které spotřebují pro svůj průběh určitý čas. Znázornění těchto dějů je na obr. 18.



Obr. 18

- 1 - okamžik impulsu z EŘJ
- 2 - okamžik počátku dodávky paliva
- 3 - počátek hoření

- 4 - okamžik maximálního tlaku ve spalovacím prostoru
- 1 - 2 - čas potřebný k uzavření ventilku a otevření trysky - čas způsobený setrvačností posuvných hmot ventilku a trysky a dobou nárůstu tlaku paliva
- 2 - 3 - průtah vznícení - čas potřebný na rozpad a odpaření paliva a na jeho zapálení

Dalším úkolem je tedy dostat se ze známého bodu maximálního tlaku 4 až do bodu 1. Z bodu 4 do bodu 3 je možné se dostat za pomoci programu pro výpočet průběhu hoření podle Woschniho, t.j. určit dobu náběhu tlaku od začátku hoření až do nabytí maximální hodnoty. Do tohoto výpočtu, který je uložen na katedře SPD, je zapotřebí dosadit několik vstupních hodnot:

- 1. Plnicí tlak - pro přeplňovaný motor voleno 250 kPa.
- 2. Vrtání válce motoru - dle zadání 0,135 m.
- 3. Kompresní poměr - 14,5.
- 4. Celková doba hoření - volena různě pro různé otáčky, t.j. od 45° pootočení klikového hřídele pro otáčky 2 000 ot/min, až po 27° pootočení klikového hřídele pro 800 ot/min. Doba hoření se snižuje lineárně s otáčkami. Doba hoření 45° pro 2 000 ot/min je empiricky určena z celkové doby hoření u naftových motorů obdobné kubatury s klasickým vstřikováním, kde je doba hoření 60° pootočení klikového hřídele. U vstřikování vysokými tlaky je předpokládána doba hoření 75% z doby u klasických motorů.
- 5. Charakteristické číslo počátečního hoření - 0,2
- 6. Charakteristické číslo postupného hoření - 1,3
- 7. Poměrná doba počátečního prudkého hoření - 0,1
- 8. Délka ožnice - 0,25 m
- 9. Hmotnost vzduchové náplně -

$$p \cdot v = r \cdot T \Rightarrow \rho = \frac{p}{r \cdot T}$$

$$\rho = \frac{250\,000}{287,1 \cdot 350} = 2,48 \text{ kg/m}^3$$

$$M = \rho \cdot \pi \cdot \eta_p \cdot D^2 \cdot Z/4 = 2,48 \cdot 3,14 \cdot 0,85 \cdot 0,135^2 \cdot 0,16/4$$

$$M = 4,8 \text{ g}$$

10. Otáčky motoru - 800 - 2 000 min⁻¹

11. Využité teplo ze vstupního paliva -

$$Q = V \cdot \rho \cdot c \cdot \eta_c = 265 \cdot 10^{-9} \cdot 840 \cdot 41,9 \cdot 10^6 \cdot 0,95 = 8\,850 \text{ J}$$

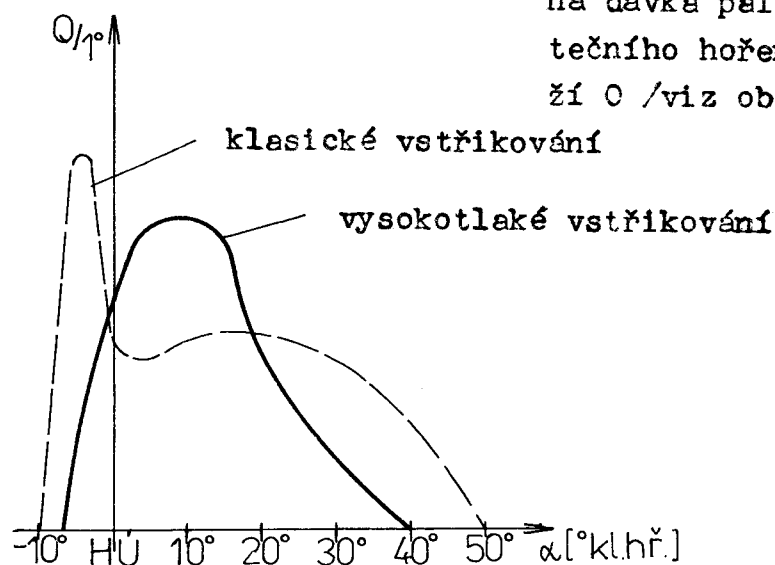
V - maximální dodávka paliva

ρ - hustota paliva

c - výhřevnost paliva

η_c - tepelná účinnost

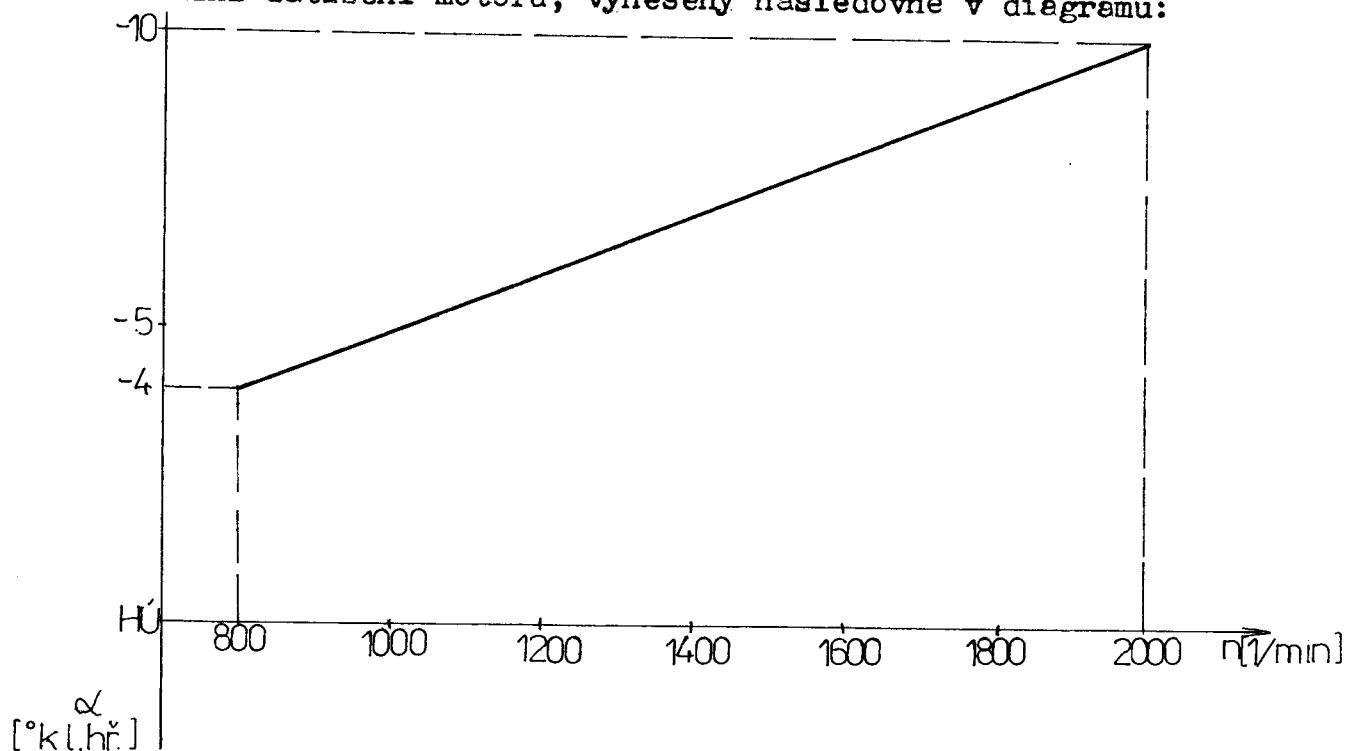
12. Poměrná dávka paliva počátečního hoření - volí se 0,05, protože vstřikování vysokými tlaky oblast počátečního prudkého hoření téměř zaniká a poměrná dávka paliva počátečního hoření se blíží 0 /viz obr. 19/.



Obr. 19

13. Střední teplota stěn - 500 K
14. Zdvih pístu motoru - dle zadání 0,16 m
15. Parametr rozvíření náplně - souvisí s řešením plnicího kanálu a tveru spalovacího prostoru. Se vzrůstajícími otáčkami se zvyšuje i víření vzduchu ve válci. Volí se 3 - 6 v rozmezí otáček 800 - 2 000 min^{-1} .
16. Začátek hoření paliva $/^\circ/$ - ve výpočtu se postupně mění, tak aby se dosáhlo tlakového maxima v 8° pootočení klikového hřídele za horní úvratí. Teprve potom odpovídá počátek hoření základnímu požadavku a jeho hodnota může být považována za správný výsledek.

Po provedení výpočtu máme za pomoci výše uvedeného programu výsledné počátky hoření pro maximální dodávku paliva, t.j. pro maximální zatížení motoru, vyneseny následovně v diagramu:

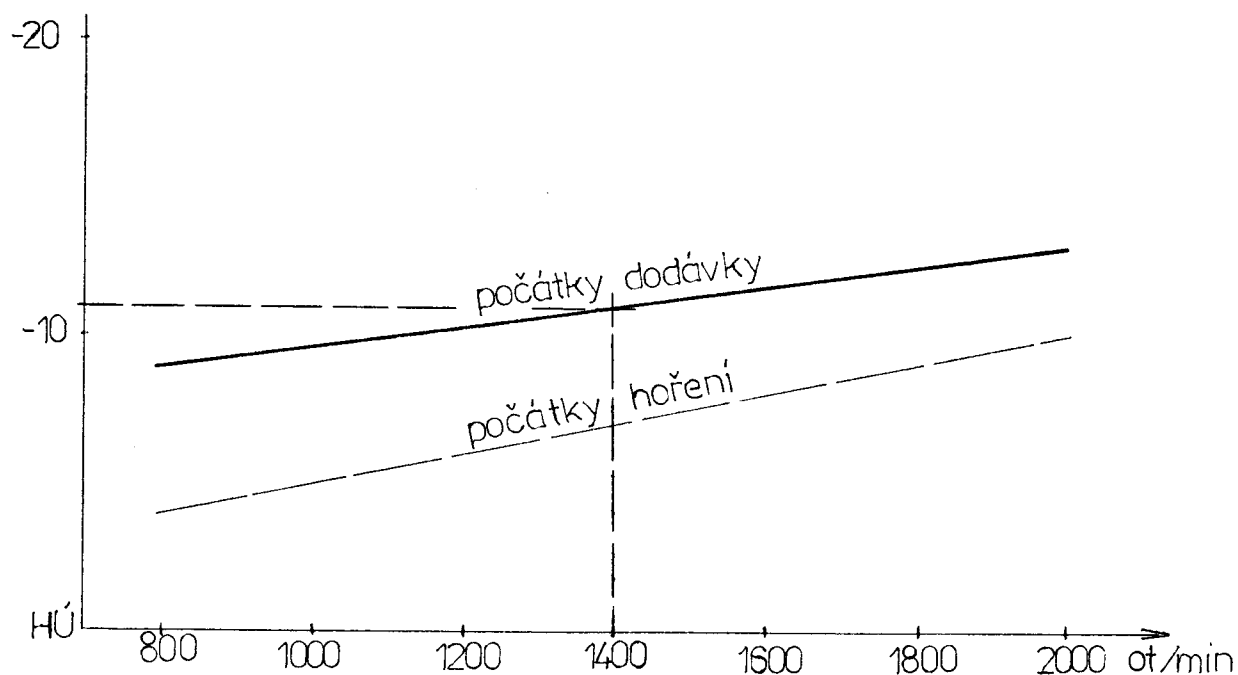


Obr. 20

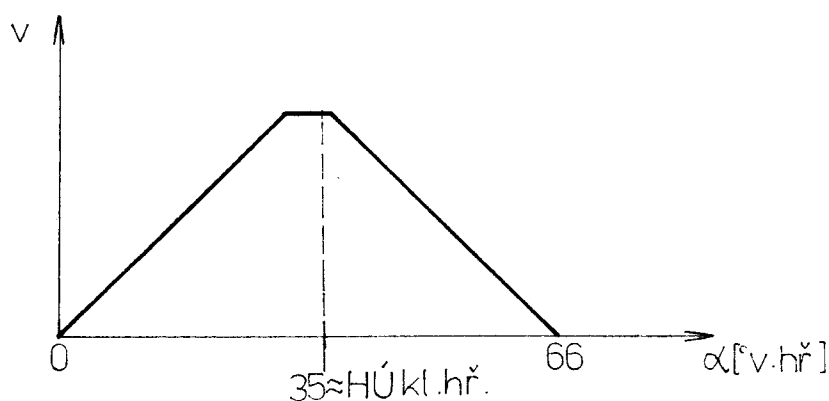
Po tomto kroku výpočtu tedy již známe průběh počátků hoření v závislosti na otáčkách. Teď je důležité určit dobu průtahu vznícení, abychom určili polohu bodu 2 podle obr. 18, tedy počátek dodávky paliva. Jako vodítko pro určení této doby bylo použito měření průtahu vznícení na motoru s klasickým vstřikováním. Tam dosahoval $7 - 10^\circ$ pootočení klikového hřídele. U motoru se vstřikováním vysokými tlaky však tato hodnota bude podstatně nižší. Je tomu tak proto, že při vysokotlakém vstřikování se dávka paliva vstřikuje do spalovacího prostoru v okamžiku, kdy je píst blíže k horní úvratí a vzduchová náplň válce má vyšší tlak i teplotu. Palivo se tedy rychleji odpaří a potom i rychleji zapálí. Další důvod je ten, že k rozpadu paprsků paliva napomůže i vysoká kinetická energie v něm akumulovaná. Tyto důvody vedly k odhadu doby průtahu vznícení na $3 - 5^\circ$ pootočení klikového hřídele, přičemž hodnota 3° platí pro 2 000 ot/min, hodnota 5° pro 800 ot/min. Klesající hodnota doby průtahu vznícení se vzrůstajícími otáčkami je důsledek stoupající celkové teplotní úrovně motoru při stoupajících otáčkách.

Dle obr. 18 zbývá již jen určit okamžiky počátku průchodu signálu s elektronické řídicí jednotky solenoidem. Tyto okamžiky lze určit z přiloženého programu zahrnujícího matematický model sdružené vstřikovací jednotky /příloha 2/. Před vlastním stanovením těchto okamžiků je však nutno určit, které místo na vačce odpovídá horní úvratí klikového hřídele. Toto určíme z následujícího diagramu, kde jsou vyneseny počátky vstřiků v závislosti na otáčkách. Při určování tohoto místa na vačce se musí dbát na to, aby palivo bylo vstřikováno v oblasti maximální rychlosti pístku t.j. na vačce v oblasti $30 - 36^\circ$. Viz obr. 21. Toho se docílí tak, že jako okamžik 30° pootočení vačkového hřídele od počátku zdvihu pístku sdružené vstřikovací jednotky volíme takové pootočení klikového hřídele, u kterého je při 1 400 ot/min počátek dodávky paliva t.j. 349° . Toto znamená, že horní úvrať klikového hřídele bude odpovídat $35,5^\circ$ pootočení vačkového hřídele. Tato hodnota se může zaokrouhlit na 35° , neboť počátkem dodávky paliva je mínus okamžik počátku nadzvedání jehly vstřikovací trysky. Vlastní vstřik však nastane s malou časovou diferencí. Vzájemnou polohu

horní úvrati a polohy vačkového hřídele ukazuje obr. 22.



Obr. 21: Průběh počátku hoření a počátku dodávky paliva v závislosti na otáčkách



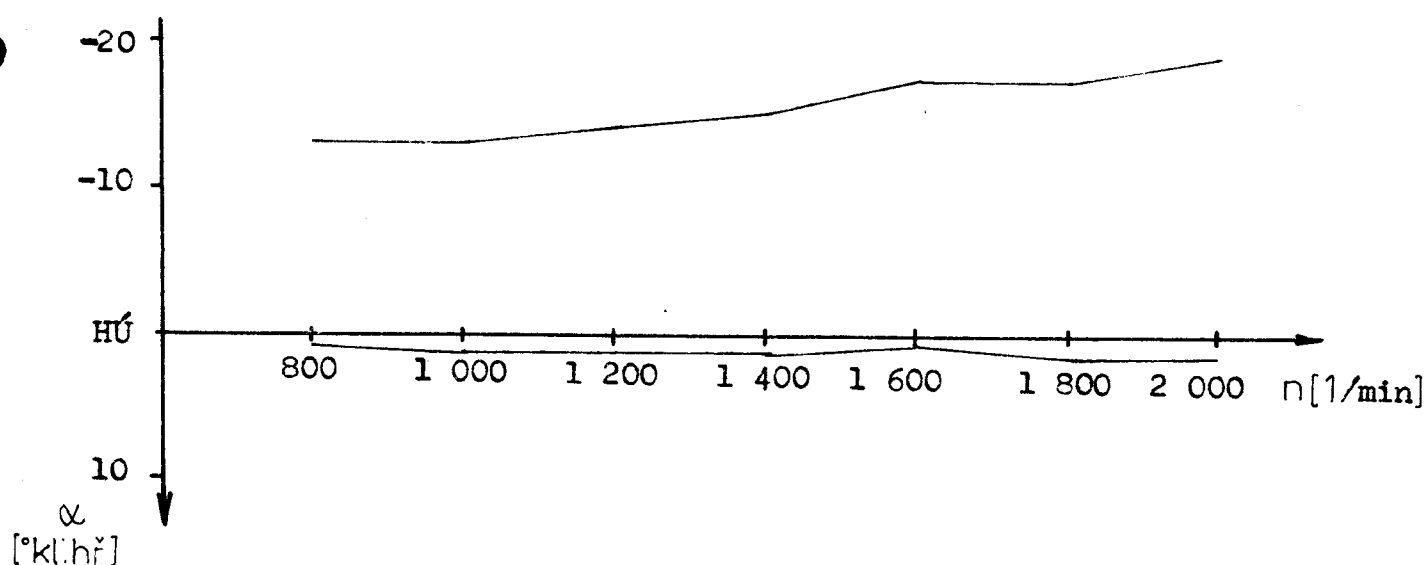
Obr. 22

V tomto okamžiku se tedy již může provést výpočet momentů impulsů s elektronické řídicí jednotky. Jak již bylo řečeno, výpočet se provádí dle programu z přílohy 2.

Postup: do programu se zadají všechny vstupní hodnoty tak, jak již byly dříve popsány. Zadá se i zkusmo okamžik uzavírání a otevírání ventilku ve stupních pootočení vačky.

Po spuštění programu je možno sledovat průběh tlaku paliva a průběh otevírání a zavírání ventilku a trysky. Průběh tlaku můžeme regulovat průtočnou plochou trysky. Tlak by neměl přesáhnout 160 MPa. Jako výsledek bereme takový okamžik zavírání ventilku, při kterém se pro dané otáčky tryska začne otevírat v okamžiku, který souhlasí s počátkem dodávky paliva do válce. Jako výsledné okamžiky otevírání ventilku bereme takové, které odpovídají požadované dávce paliva. Protože byl tento výpočet proveden pro maximální zatížení motoru, musí výsledné okamžiky zajistit 265 mm³ dodávky. Výsledné okamžiky otevírání i zavírání ventilku elektronickou řídicí jednotkou jsou zapsány v následující tabulce a vyneseny v následujícím grafu:

n [1/min]	800	1 000	1 200	1 400	1 600	1 800	2 000
zav. v.	28,5°	28,5°	28,0°	27,5°	26,4°	26,4°	25,5°
ot. v.	35,5°	36,0°	36,0°	36,0°	35,5°	36,0°	36,0°



Obr. 23

Získané průběhy tlaku paliva v závislosti na stupni pootočení vačky jsou spolu s výpisy výsledků, na kterých je možno sledovat zavírání a otevírání ventilku a trysky a průběh tlaku, přiloženy. Pro 800 ot/min je to příloha 3, pro 1 400 ot/min příloha 4 a pro 2 000 ot/min příloha 5. Příloha 6 znázorňuje průběh maximálních tlaků v závislosti na otáčkách.

Další získanou veličinou je po provedení výše uvedených výpočtů průtočná plocha trysky. Pro optimální průběh tlaku vyhovuje tryska s $S = 0,5 \text{ mm}^2$. Tuto plochu má 4 otvorová vstřikovací tryska s průměrem otvoru 0,4 mm. To znamená, že se v konstrukci sdružené vstřikovací jednotky může použít již vyráběná vstřikovací tryska s průměrem uzavírací jehly 5 mm.

Tímto byly všechny vstupní parametry pro konstrukci sdružené vstřikovací jednotky určeny a může se přejít k vlastnímu konstrukčnímu řešení vstřikovací jednotky.

POPIS A KONSTRUKCE SVJ

Konstrukční řešení SVJ se sestává ze tří hlavních skupin:

1. Pístek s vratnou pružinou, jeho uchycení a vedení a pouzdro, ve kterém se pístek pohybuje.
2. Vstřikovací tryska s vratnou pružinou.
3. Těleso sdružené vstřikovací jednotky s plnicími, spojovacími a odpadními kanálky.

ad 1/ Hlavní funkcí této skupiny je vytváření potřebného tlaku paliva při zachování dobré těsnosti vůči unikání nafty kolem pístku do horní části vstřikovací jednotky. Tato těsnost je zajišťována dostatečně malou vůlí mezi vložkou, ve které se pístek pohybuje a vlastním pístkem. Tato vůle nesmí být větší než 2 - 3 μ m. Takto malé vůle se dosahuje vzájemným zalapováním broušeného pístku a pouzdra. Mazání obou součástí je zajišťováno palivem. K jeho zlepšení jsou v pístku vyrobeny zápichy s roztečí menší než je zdvih pístku. Z výrobních důvodů nesmí být lapovaná díra ϕ 12 mm delší než 60 mm a musí být průchozí. Proto v konstrukci trysky jako vodící pouzdro pístku byla zvolena samostatná součást obráběná zvlášť a dodatečně vložená při montáži. Ve spodní části této vložky jsou otvory umožňující plnění prostoru pod pístkem palivem.

Výpočet otvorů:

minimální doba plnění - 228° pootočení vačkového hřídele při 2 000 ot/min

$$t_{\min} = 228 \cdot \frac{1}{3n} = 0,038 \text{ s}$$

plnicí tlak - 0,15 MPa

plněný objem - $V = 1\,630 \text{ mm}^3$

$$V = \mu_0 \cdot S_0 \cdot \sqrt{2 \cdot p / \rho} \cdot t_{\min} \Rightarrow$$
$$\Rightarrow S_0 = \frac{V}{\mu_0 \sqrt{2p/\rho} \cdot t_{\min}} = \frac{1\,630 \cdot 10^{-9}}{0,8 \sqrt{2 \cdot 150\,000/840} \cdot 38 \text{ ms}}$$

$$S_0 = 2,84 \text{ mm}^2$$

$$\text{při } \mu_0 = 0,8$$

minimální průměr otvoru:

$$d = \sqrt{4 S_0 / \pi} = 1,9 \text{ mm} \approx 2 \text{ mm}$$

Dle výpočtu by bylo nutné vrtat jeden otvor průměr 2 mm pro úplné zaplnění prostoru pod pístkem palivem. V průběhu výdrže pístku v horní úvratí je však dobré, chladí-li se SVJ prouděním nafty. Z tohoto důvodu je v pouzdře třeba vyrobit nejméně 2 otvory o průměru 2 mm.

Zpětný pohyb pístku zajišťuje pružina. Ta musí vrátit pístek do horní úvratí tak rychle, aby byl zajištěn stálý styk vahadla s vačkou.

Výpočet pružiny:

hmotnost posuvných hmot /určeno z úvodní studie/:

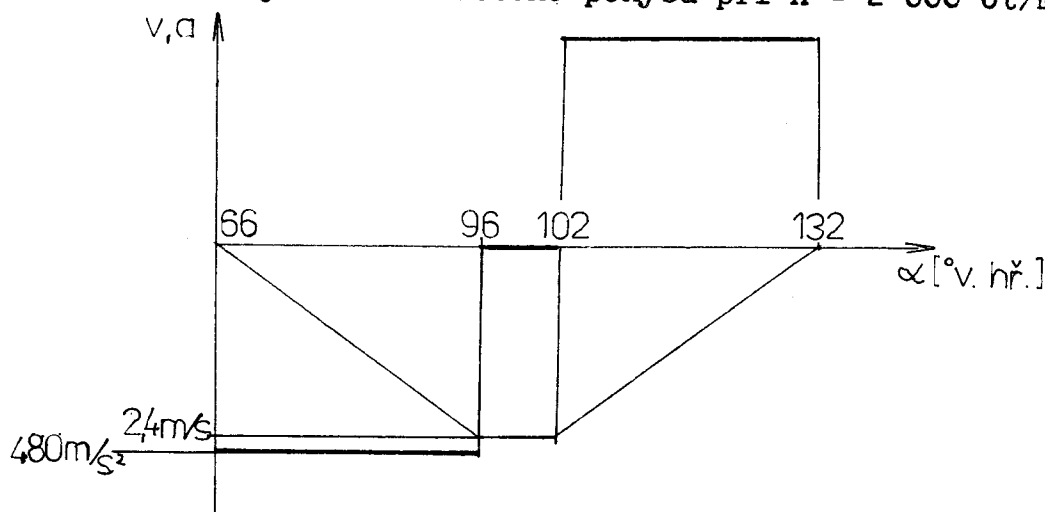
$$\begin{aligned} \text{hmotnost pístku} - m &= \pi D^2 \cdot l_1 \cdot \rho / 4 = \pi 0,012^2 \cdot 0,09 \cdot \\ &\quad \cdot 8\,000 / 4 = 0,09 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{hmotnost vedení a tlačného elementu} - \pi D^2 \cdot d^2 / 4 \cdot l_2 \cdot \\ \cdot \rho / 4 + \pi D^2 \cdot l_3 \cdot \rho / 4 = 0,15 \text{ kg} \end{aligned}$$

redukovaná setrvačná hmota vahadla - odhadnuto 0,2 kg

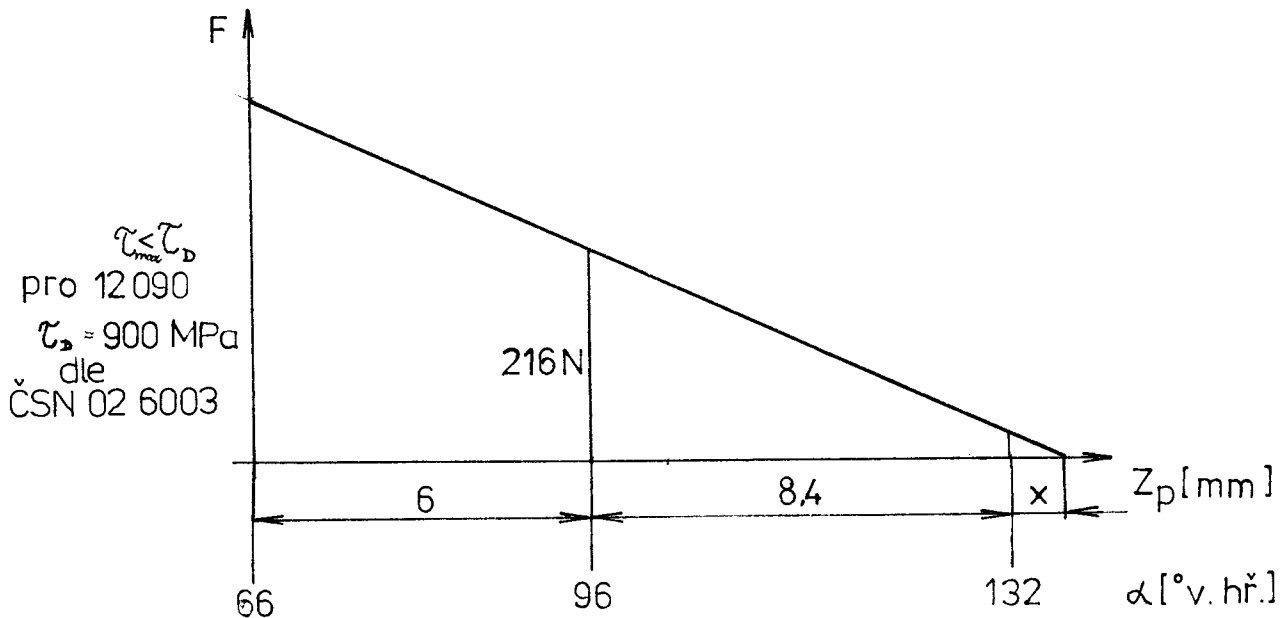
celková hmotnost posuvných hmot - $m = 0,44 \text{ kg}$

určení zrychlení vratného pohybu při $n = 2\,000 \text{ ot/min}$



$$a = \frac{v_{\max}}{t} = \frac{2,4 \cdot 3n}{30} = 480 \text{ m/s}^2$$

potřebná síla v pružině - $F = m \cdot /a + g/ = 0,44 \cdot /480 + 9,81/ = 216 \text{ N}$



Pro tuto charakteristiku je navržena pružina s rozměry:
 $D = 18 \text{ mm}$; $d = 3 \text{ mm}$; $z = 7$

kontrolní výpočet skutečné charakteristiky pružiny:

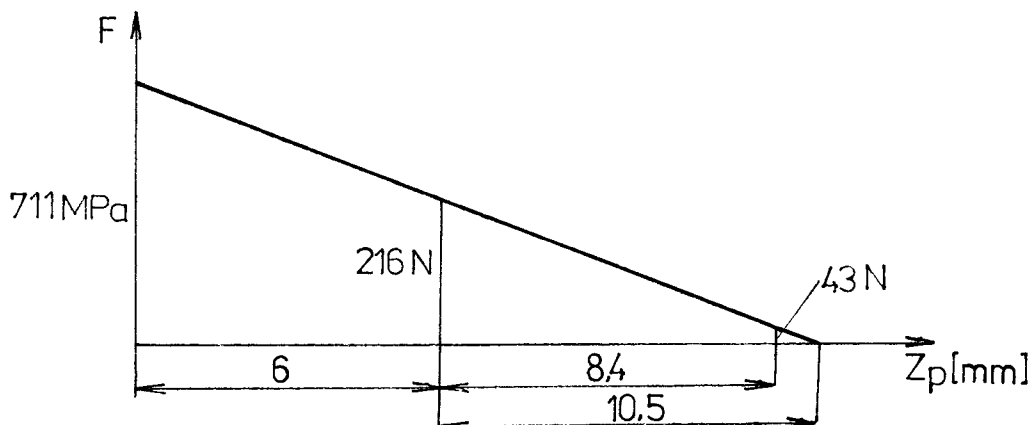
$$y = \frac{8nD^3F}{d^4G} = \frac{8 \cdot 7 \cdot 18^3 \cdot 216}{3^4 \cdot 83\,000} = 10,5 \text{ mm} \quad G = 83\,000 \text{ MPa}$$

$$\varphi = \frac{D - 0,25d}{D - d} + 0,615 \frac{d}{D} = 1,2525$$

$$\tau_{\max} = \frac{\varphi d y G}{\pi n D^2} = \frac{1,2525 \cdot 3 \cdot 10,5 \cdot 83\,000}{3,14 \cdot 7 \cdot 18^2} = 711 \text{ MPa} < \tau_D$$

vyhovuje

Skutečná charakteristika pružiny:

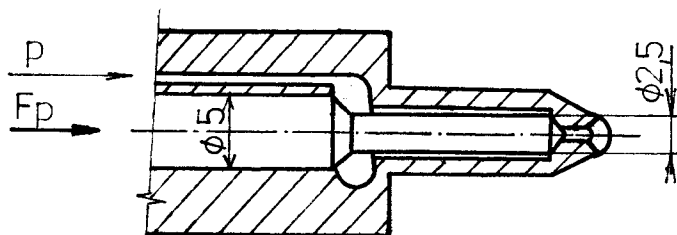


Další požadavek na horní partii SVJ je minimální výška. V konstrukci SVJ je proto zapotřebí snížit výšku horní části oproti úvodní studii, aby nevyšla hlava válce příliš vysoká. Pístek s tlačným elementem je ve styku pouze přes rovnou zabroušenou plošku, aby se mohla jejich vzájemným pohybem kompenzovat případná nesouosost vedení tlačného elementu a pístku.

ad 2/ Vstříkovací tryska má za úkol při určitém dosažení vstříkovacího tlaku otevřít vstříkovací otvory, vstříknout palivo a potom opět otvory uzavřít aniž by palivo odkapávalo. Ve výkresové dokumentaci není podrobně rozkreslena, protože v konstrukci je použita již vyráběná tryska s označením DOP 150 S 440. Je pouze nutné přepočítat pružinu na daný otvírací tlak, který je volen 30 MPa.

Výpočet pružiny:

otvírací síla na jehlu vstříkovací trysky - $F = p_{otv} \cdot \pi \cdot (5^2 - 2,5^2) / 4 = 442 \text{ N}$



návrh pružiny: $D = 7 \text{ mm}$; $d = 2 \text{ mm}$; $n = 7$

$$y = \frac{8nD^3F}{d^4G} = \frac{8 \cdot 7 \cdot 7^2 \cdot 442}{2^4 \cdot 83\,000} = 6,4 \text{ mm}$$

$$\varphi = \frac{D-0,25d}{D-d} + 0,615d/D = \frac{7-0,25 \cdot 2}{7-2} + 0,615 \cdot 2/7 = 1,476$$

$$\text{maximální napětí v pružině } -\tau_{\max} = \frac{\varphi \cdot d \cdot y \cdot G}{\pi \cdot n D^2} = 1\,590 \text{ MPa}$$

dle ČSN 02 6003

$\tau_D = 1\,800 \text{ MPa}$ pro materiál 14 260 vyhovuje

Protože otvírací tlak musí být dodržen poměrně vysokou přesností, je nutné uzpůsobit pružinu tak, aby se dal seřizovat. K tomu účelu jsou ve spodním sedle pružiny umístěny tenké podložky, které je možno vyjímat při potřebě snížit otvírací tlak, nebo je dle sedla naopak vkládat při potřebě zvýšit otvírací tlak. Vymezovací podložky, které společně se spodním sedlem pružiny a přechodkou, jsou již vyráběny, nejsou zařazeny v této práci do výkresové dokumentace.

ad 3/ Vlastní těleso SVJ má za úkol především přivádět palivo do vstřikovací trysky, odvádět přebytečné palivo do odpadu a dále slouží k uchycení trysky, elektromagnetu a horní pístkové skupiny. Palivo se k němu přivádí a odvádí vývrty v hlavě válců, proto má vstup a výstup vrtaný s obvodových zápichů vzájemně i navenek oddělených 0 kroužky. Důležité místo tělesa SVJ je ve spodní části, kde záleží na přesnosti broušené plošky, která společně s přechodkou zabraňuje úniku paliva. V horní části pak záleží na přesnosti a souososti otvoru pro pouzdro. Velice přesný musí být i otvor pro přepouštěcí ventilek. Na vnějším plášti tělesa je nutná frézovaná drážka pro uchycení SVJ v hlavě válců.

NÁVRH OVLÁDACÍHO ELEKTROMAGNETU

Jak již bylo dříve řečeno, jako ovládací prvek přepouštěcího ventilku je použit stejnosměrný elektromagnet. Stejnosměrné elektromagnety mají velmi jednoduchou konstrukci; mají nejčastěji tvar solenoidový, jsou zcela uzavřené a často nazývané plášťové. Jádru může být z plného železa, neboť u nich nevznikají ztráty v železe. Magnetický obvod se skládá z válcového jádra, z pohyblivé kotvy a z vnějšího válcového tělesa, kterým se uzavírá magnetický tok. Zdroje magnetického toku jsou cívky, pevně uložené v magnetovém tělese a obepínající vzduchovou mezeru. U stejnosměrných válcových elektromagnetů jsou podle zkušenosti nejvýhodnější tupá pólová jádra a kotvy pro malý zdvih a velkou přitažlivou sílu, kdežto pro větší zdvih a stálou tažnou sílu jsou výhodnější kuželová pólová jádra a kotvy.

Potřebná síla elektromagnetu na počátku zdvihu:

čas zavírání ventilku - 0,0005 s

zdvih ventilku - 1 mm

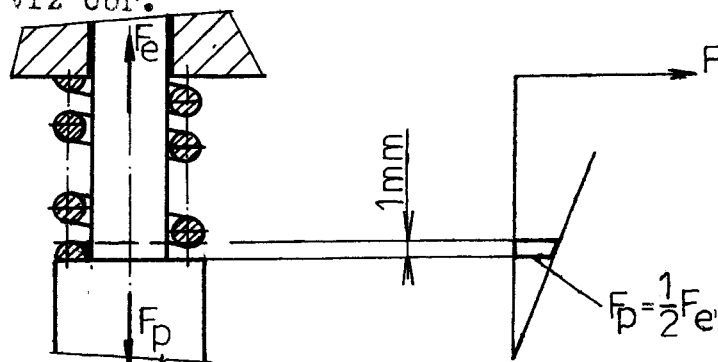
$$s = \frac{at^2}{2} = a = \frac{2s}{t^2} = \frac{2 \cdot 0,001}{0,0005^2} = 8\,000 \text{ m/s}^2$$

přibližná hmotnost jádra - 0,035 kg

potřebná síla elektromagnetu -

$$F = m \cdot a = 0,035 \cdot 8\,000 = 280 \text{ N}$$

Proti této síle však působí síla pružiny, která musí být stejně velká, aby dokázala vrátit ventilek za stejný čas zpět. To znamená, že síla elektromagnetu na počátku zdvihu musí být o sílu pružiny větší. Viz obr.



Požadovaná síla elektromagnetu je tedy:

$$F_{el} = 2F_p = 2 \cdot 280 \text{ N} = 560 \text{ N}$$

návrh pružiny: $D = 7 \text{ mm}$; $d = 2 \text{ mm}$; $n = 5$

$$y_1 = 8 n D^3 F_{pl} / d^4 G = 8 \cdot 5 \cdot 7^3 \cdot 280 / 2^4 \cdot 83\,000$$

$$y_1 = 2,69 \text{ mm}$$

$$F_{p2} = y_2 d^4 G / 8n D^3 = 3,89 \cdot 2^4 \cdot 83\,000 / 8 \cdot 5 \cdot 7^3 = 376 \text{ N}$$

$$\psi = \frac{D - 0,25 d}{D - d} + \frac{0,615 d}{D} = 1,4757$$

$$\tau_{max} = \frac{\psi d y_1 G}{\pi n D^2} = \frac{1,4757 \cdot 2 \cdot 3,89 \cdot 83\,000}{3,14 \cdot 5 \cdot 7^2} = 1\,238 \text{ MPa}$$

$$\tau_D = 1\,290 \text{ MPa viz ČSN 02 6003 - vyhovuje}$$

Návrh elektromagnetu pro dané zatížení:

tažná síla je dána vztahem:

$$F_{ss} = 4,1 B_{\gamma}^2 S \cdot 10^4 \quad / \text{kp; T; m}^2 /$$

F_{ss} - tažná síla elektromagnetu

B_{γ} - maximální indukce ve vzduchové mezeře na začátku zdvihu

S - účinná plocha kotvy magnetu

Nejdříve si zvolíme magnetickou indukci ve vzduchové mezeře B_{γ} , která bývá 0,5 až 0,7 T. Protože v našem případě jde o elektromagnet spínaný mžikově a čas sepnutí nepřesahuje 2,6% času celkového, volíme magnetickou indukci 4,25 T.

Z rovnice pro tažnou sílu F_{ss} si určíme pro zvolené B_{γ} a danou tažnou sílu F_{ss} průřez železného jádra kotvy elektromagnetu S .

$$S = \frac{F_{ss}}{4,1 B_{\gamma}^2 \cdot 10^4} = \frac{57,1}{4,1 \cdot 4,25^2 \cdot 10^4} = 77 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

Předpokládáme kruhový průřez jádra, průměr jádra určíme z rovnice:

$$d = \sqrt{\frac{4 S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 77}{3,14}} = 10 \text{ mm}$$

Pro rovnoměrnější tah a menší sílu na konci zdvihu uvažujeme jádro s vhodným kuželovým nástavcem. Tento bývá přibližně tak vysoký, jako je zdvih δ , a kuželový kráter na kotvě stejné hloubky. Určíme si δ' , tzv. redukovanou mezeru, která je podle zkušeností a porovnání s hotovými magnety, stejně uspořádanými určena empirickou rovnicí:

$$\delta' = 10,4 \text{ až } 0,5 / \delta = 0,5 \cdot 2 = 1 \text{ mm}$$

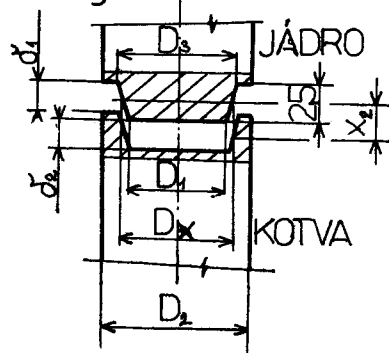
Nyní si stanovíme pro vzduchovou mezeru magnetomotorickou sílu ze vztahu:

$$F_{m\delta} = 0,8 B \delta' \cdot 10^6 = 0,8 \cdot 4,25 \cdot 0,001 \cdot 10^6 = 3400 \text{ Az}$$

Pro jádro s kuželovým nástavcem, kde se celková síla skládá ze tří dílčích tahů, platí pro celkovou tažnou sílu vzorec:

$$F_{\text{celk}} = \frac{4,1 \pi}{4} \cdot \frac{F_{m\delta}^2}{0,64} \cdot \left(\frac{D_1^2}{\delta_1^2} + \frac{D_2^2 - D_3^2}{\delta_2^2} + \frac{D_{x1}^2 - D_1^2}{\delta_3^2 \sin \alpha} \right) \cdot 10^{-8}$$

$$\begin{aligned} D_1 &= 6,67 \text{ mm} & \delta_1 &= 2 \text{ mm} \\ D_2 &= 10 \text{ mm} & \delta_2 &= 2 \text{ mm} \\ D_3 &= 7,6 \text{ mm} & \alpha &= 10,5^\circ \\ D_{x1} &= 7 \text{ mm} & x_2 &= 2 \text{ mm} \\ \delta_3 &= x_2 \sin \alpha = 0,364 \text{ mm} \end{aligned}$$



Pro zvolené rozměry vypočteme $F_{\text{celk}} = 121 \text{ kp}$

Při oteplení měděného vinutí o 70° C se však zvětší odpor 1,44x a tím se při stálém napětí $U = 12 \text{ V}$ zmenší proud 1,44x. Podle toho magnetomotorická síla $F_{m\delta}$ se zmenší proudem úměrně 1,44x a tažná síla $1,44x^2$, t.j. 2,09x.

Tento případ popisuje rovnice:

$$F_{\text{celk}} = \frac{121}{2,09} = 57,8 \text{ kp} = 567 \text{ N}$$

Dále určíme průřez vodiče ze vztahu:

$$S_v = \frac{F_{m\sigma} l_p}{\gamma_{20} U} = \frac{3\,400 \cdot 0,082}{56 \cdot 12} = 0,414 \text{ mm}^2$$

kde

$F_{m\sigma}$ - magnetomotorická síla /Az/

l_p - délka středního závitu; předběžně zvoleno 0,082 m

γ_{20} - měrná vodivost materiálu při teplotě 20° C /pro měď je

$$\gamma_{20} = 56 \text{ S/m/}$$

U - jmenovité napětí, v našem případě 12 V

K vypočtenému průřezu najdeme příslušný nejblíže větší nebo menší normalizovaný průměr vodiče a určíme skutečný průřez.

Zvolíme vodič: měděný drát ϕ 0,72 EH ČSN 34 7331, t.j. vodič smaltovaný a opředěný 1x hedvábím. Jeho vnější průměr je 0,8 mm a skutečný průřez vodiče $S_{vn} = 0,628 \text{ mm}^2$. Nyní je na řadě volba proudového zatížení vodiče. Volíme pro mžikově zapínaný elektromagnet $\sigma = 16 \text{ A/mm}^2$. Potom bude proud při jmenovitém napětí U :

$$I = \sigma \cdot S_{vn} = 16 \cdot 0,628 \approx 10 \text{ A}$$

Určíme počet závitů cívky z rovnice:

$$N = \frac{F_{m\sigma}}{I} = 3\,400/10 = 340 \text{ z}$$

$$\text{Na zvolené šířce cívky 30 mm bude: } \frac{30}{0,8} = 37 \text{ závitů}$$

$$\text{V cívce bude: } \frac{340}{37} = 10 \text{ vrstev}$$

Celková délka drátu vinutí cívky:

$$L = N l_p = 340 \cdot 0,082 = 28 \text{ m}$$

Odpor vinutí za studena, t.j. při 20° C , se určí z rovnice:

$$R_{20} = \frac{L}{\mu_{20} S_{vn}} = \frac{28}{56 \cdot 0,628} = 0,8 \, \Omega$$

a odpor vinutí při 90° C z rovnice:

$$R_{90} = \frac{L}{\mu_{90} S_{vn}} = \frac{28}{45 \cdot 0,628} = 1 \, \Omega$$

Proud procházející elektromagnetem při 20° C :

$$I_{20} = \frac{U}{R_{20}} = \frac{12}{0,8} = 15 \text{ A}$$

Proud procházející elektromagnetem při 90° C :

$$I_{90} = \frac{U}{R_{90}} = \frac{12}{1} = 12 \text{ A}$$

Navržený elektromagnet bude řízen elektronickou řídicí jednotkou. Tato elektronická řídicí jednotka bude mít vlastnosti i blokové schéma obdobné jako elektronická řídicí jednotka popsaná již v úvodu této práce.

ZÁVĚR

Návrhem elektromagnetu byly získány všechny podklady pro výkresovou dokumentaci sdružené vstřikovací jednotky. Ve výkresové dokumentaci, která je k této práci přiložena, jsou zkresleny výkresy sestavení sdružené vstřikovací jednotky, podsestava elektromagnetu a dále výrobní výkresy nejdůležitějších součástí sdružené vstřikovací jednotky.

Celý návrh sdružené vstřikovací jednotky byl proveden podle dostupných materiálů jak výpočtových, tak informačních. Přestože výpočty zahrnují přesné matematické postupy, vstoupily do nich v průběhu návrhu sdružené vstřikovací jednotky určité nepřesnosti. Zdrojem těchto nepřesností byly zejména vstupní parametry, které se musely odhadnout. Myslím si však, že i přesto výpočty odpovídají skutečnosti s dostatečnou přesností a návrh sdružené vstřikovací jednotky může být tedy považován za vyhovující.

Ke zlepšení činnosti sdružené vstřikovací jednotky do budoucnosti doporučuji získání některých, k této práci empiricky určených parametrů, experimentálně. Zejména je nutné otestovat navržený elektromagnet, zda splňuje požadovanou rychlost přitažení kotvy. Je zapotřebí zejména sledovat průběh proudu a oteplení cívky v závislosti na čase. Dlouhodobé oteplení cívky nesmí překročit hodnotu, při které ohmický odpor vzroste natolik, kdy proud a zároveň i přitahávací síla klesnou natolik, že elektromagnet již nesplní požadovanou rychlost přitažení kotvy. Dále je nutné sledovat zdvih kotvy a rychlost jejího přitažení v závislosti na frekvenci impulsu. Se zvyšující se frekvencí bude totiž růst impedance cívky Z a tím opět bude klesat proud protékající cívkou. Navíc při určité frekvenci kotva vlivem dynamických účinků již nevykoná celý zdvih a tím se přestane dovírat ventil. Zmíněné měření je připravováno na katedře SPD. Z časových důvodů však nebyla zatím příprava měření dokončena a měření tudíž nebylo zařazeno do této práce.

V konstrukci sdružené vstřikovací jednotky by se mohly dále experimentálně optimalizovat na prototypu některé konstrukční parametry. Např. by bylo vhodné přesněji určit obsahy emisí ve výfukových plynech a spotřebu v závislosti na počtu otvorů v trysce a podle toho stanovit optimální počet otvorů. Dále by bylo vhodné přesně stanovit okamžiky sepnutí a rozepínání elektromagnetu při různých otáčkách a zatíženích, např. pro minimální obsahy emisí ve výfukových plynech nebo pro zvýšený výkon epod. Na základě těchto okamžiků pak určit komplexní charakteristiky, které bude muset elektronická řídící jednotka plnit.

V průběhu všech měření může být provedeno i posouzení jednotlivých součástí SVJ z hlediska funkčnosti a spolehlivosti. Na základě těchto testů by pak byly postupně slabé články konstrukce sdružené vstřikovací jednotky upravovány.

Použitá literatura:

Musil R.: Návrh elektromagnetů, Praha 1963

Bartoš J.: Strojnické tabulky, Praha 1965

Výzkumný ústav ČKD: Technický sborník 37

Technický sborník 12

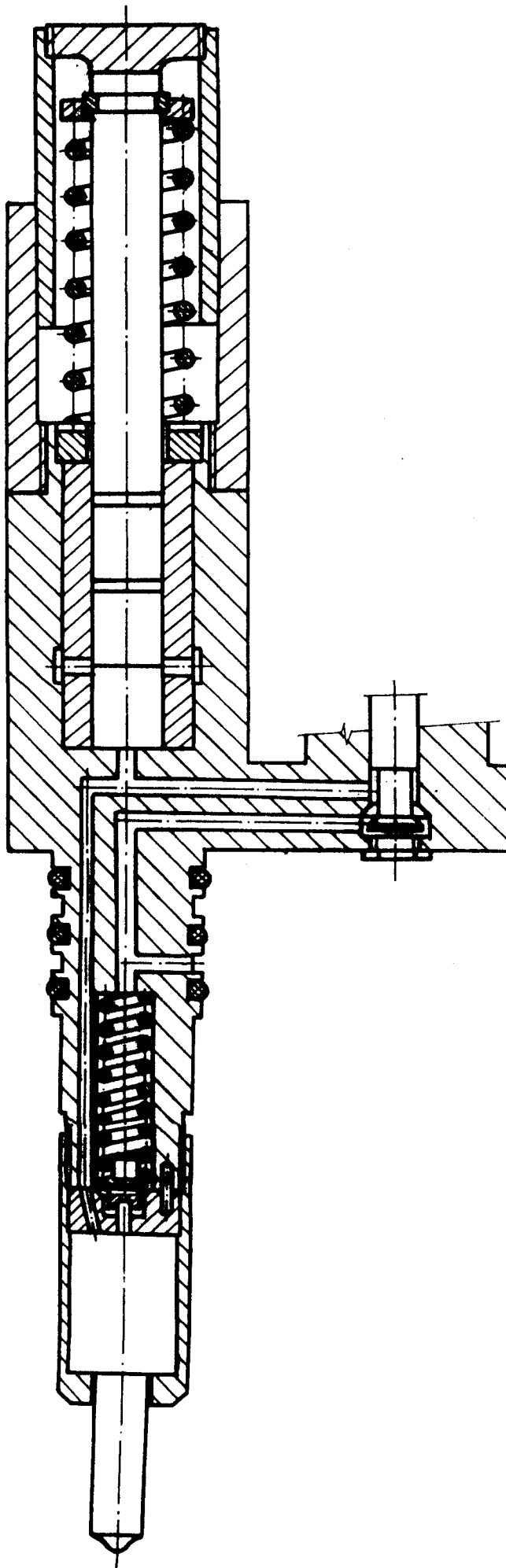
High speed Diesels Drives 5 1990

Košťál J., Suk B.: Pístové spalovací motory

Statě SAA Technical Paper Series: Lucas CAV

Detroit Diesel Allison Division

PŘÍLOHA č.1



$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log \left(\frac{\lambda_i}{\mu_i} \right) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log \left(\frac{\lambda_i}{\mu_i} \right)$

Figure 1. The structure of the proposed model. The model is designed to predict the probability of a user's next action (e.g., click, like, share) based on the user's historical actions and the content of the item being interacted with. The model consists of two main components: a user embedding layer and an item embedding layer. The user embedding layer takes the user's ID as input and outputs a user embedding vector. The item embedding layer takes the item's ID as input and outputs an item embedding vector. The user embedding vector and the item embedding vector are combined to form a joint embedding vector, which is then passed through a neural network to predict the probability of the next action.

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \dot{q}} \right) = \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial q}$$

64-127-236-2200-2201

(5) $77 = \sqrt{497455} (29 = 100) = 1000000 \# 77$

40 3-5-7

27. 24-17:20=71

1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 2676, 2677, 2678, 26

$\rightarrow$

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100. 101. 102. 103. 104. 105. 106. 107. 108. 109. 110. 111. 112. 113. 114. 115. 116. 117. 118. 119. 120. 121. 122. 123. 124. 125. 126. 127. 128. 129. 130. 131. 132. 133. 134. 135. 136. 137. 138. 139. 140. 141. 142. 143. 144. 145. 146. 147. 148. 149. 150. 151. 152. 153. 154. 155. 156. 157. 158. 159. 160. 161. 162. 163. 164. 165. 166. 167. 168. 169. 170. 171. 172. 173. 174. 175. 176. 177. 178. 179. 180. 181. 182. 183. 184. 185. 186. 187. 188. 189. 190. 191. 192. 193. 194. 195. 196. 197. 198. 199. 200. 201. 202. 203. 204. 205. 206. 207. 208. 209. 210. 211. 212. 213. 214. 215. 216. 217. 218. 219. 220. 221. 222. 223. 224. 225. 226. 227. 228. 229. 230. 231. 232. 233. 234. 235. 236. 237. 238. 239. 240. 241. 242. 243. 244. 245. 246. 247. 248. 249. 250. 251. 252. 253. 254. 255. 256. 257. 258. 259. 260. 261. 262. 263. 264. 265. 266. 267. 268. 269. 270. 271. 272. 273. 274. 275. 276. 277. 278. 279. 280. 281. 282. 283. 284. 285. 286. 287. 288. 289. 290. 291. 292. 293. 294. 295. 296. 297. 298. 299. 300. 301. 302. 303. 304. 305. 306. 307. 308. 309. 310. 311. 312. 313. 314. 315. 316. 317. 318. 319. 320. 321. 322. 323. 324. 325. 326. 327. 328. 329. 330. 331. 332. 333. 334. 335. 336. 337. 338. 339. 340. 341. 342. 343. 344. 345. 346. 347. 348. 349. 350. 351. 352. 353. 354. 355. 356. 357. 358. 359. 360. 361. 362. 363. 364. 365. 366. 367. 368. 369. 370. 371. 372. 373. 374. 375. 376. 377. 378. 379. 380. 381. 382. 383. 384. 385. 386. 387. 388. 389. 390. 391. 392. 393. 394. 395. 396. 397. 398. 399. 400. 401. 402. 403. 404. 405. 406. 407. 408. 409. 410. 411. 412. 413. 414. 415. 416. 417. 418. 419. 420. 421. 422. 423. 424. 425. 426. 427. 428. 429. 430. 431. 432. 433. 434. 435. 436. 437. 438. 439. 440. 441. 442. 443. 444. 445. 446. 447. 448. 449. 450. 451. 452. 453. 454. 455. 456. 457. 458. 459. 460. 461. 462. 463. 464. 465. 466. 467. 468. 469. 470. 471. 472. 473. 474. 475. 476. 477. 478. 479. 480. 481. 482. 483. 484. 485. 486. 487. 488. 489. 490. 491. 492. 493. 494. 495. 496. 497. 498. 499. 500. 501. 502. 503. 504. 505. 506. 507. 508. 509. 510. 511. 512. 513. 514. 515. 516. 517. 518. 519. 520. 521. 522. 523. 524. 525. 526. 527. 528. 529. 530. 531. 532. 533. 534. 535. 536. 537. 538. 539. 540. 541. 542. 543. 544. 545. 546. 547. 548. 549. 550. 551. 552. 553. 554. 555. 556. 557. 558. 559. 560. 561. 562. 563. 564. 565. 566. 567. 568. 569. 570. 571. 572. 573. 574. 575. 576. 577. 578. 579. 580. 581. 582. 583. 584. 585. 586. 587. 588. 589. 590. 591. 592. 593. 594. 595. 596. 597. 598. 599. 600. 601. 602. 603. 604. 605. 606. 607. 608. 609. 610. 611. 612. 613. 614. 615. 616. 617. 618. 619. 620. 621. 622. 623. 624. 625. 626. 627. 628. 629. 630. 631. 632. 633. 634. 635. 636. 637. 638. 639. 640. 641. 642. 643. 644. 645. 646. 647. 648. 649. 650. 651. 652. 653. 654. 655. 656. 657. 658. 659. 660. 661. 662. 663. 664. 665. 666. 667. 668. 669. 670. 671. 672. 673. 674. 675. 676. 677. 678. 679. 680. 681. 682. 683. 684. 685. 686. 687. 688. 689. 690. 691. 692. 693. 694. 695. 696. 697. 698. 699. 700. 701. 702. 703. 704. 705. 706. 707. 708. 709. 710. 711. 712. 713. 714. 715. 716. 717. 718. 719. 720. 721. 722. 723. 724. 725. 726. 727. 728. 729. 730. 731. 732. 733. 734. 735. 736. 737. 738. 739. 740. 741. 742. 743. 744. 745. 746. 747. 748. 749. 750. 751. 752. 753. 754. 755. 756. 757. 758. 759. 760. 761. 762. 763. 764. 765. 766. 767. 768. 769. 770. 771. 772. 773. 774. 775. 776. 777. 778. 779. 780. 781. 782. 783. 784. 785. 786. 787. 788. 789. 790. 791. 792. 793. 794. 795. 796. 797. 798. 799. 800. 801. 802. 803. 804. 805. 806. 807. 808. 809. 810. 811. 812. 813. 814. 815. 816. 817. 818. 819. 820. 821. 822. 823. 824. 825. 826. 827. 828. 829. 830. 831. 832. 833. 834. 835. 836. 837. 838. 839. 840.

[illegible]

100-443887-100

90 200

2

PŘÍLOHA 8.2

```

11list
2 PRINT "VÝPOČET VTRIKOVACÍCH TLAKU A CELKOVÉ DAVKY PALIVA"
3 INPUT "CELKOVÝ OBJEM SDRUŽENÉ VSTRIKOVACÍ JEDNOTKY (m^3) Vc=";V
4 INPUT "OTÁČKY MOTORU (1/min) N=";N
5 INPUT "OKAMŽIK ZAVÍRÁNÍ VENTILKU (DEG) ZV=";ZV
6 INPUT "OKAMŽIK OTEVÍRÁNÍ VENTILKU (DEG) OV=";OV
10 DATA 132,0,0,0,1700000000,.012,0,0,0,.5,.000007,.0000005
20 RESTORE 10
30 READ K,T,ZM,WM,EP,D,P0,S,NT,NV,SV,ST
32 RO=840/X=1
40 T=66/(3*N*K)
45 Q=66/3/N
50 ZT=ZV/3/N+T
60 OT=OV/3/N+T
70 H=-.5
80 R=30/3/N
90 U=36/3/N
94 PRINT "=====
"
95 PRINT " ";TAB(3)"ALFA";TAB(10)" ";TAB(14)"OK.TLAK P1";TAB(35)" ";TAB(38)"PRU
T.SDUC. NV";TAB(53)" ";TAB(56)"PRUT.SDUC. NT";TAB(70)" ";
96 PRINT "=====
"
100 FOR I=0 TO Q+.000001 STEP T
101 H=H+66/K
110 IF I<U THEN 140
120 WP=5.28*N/2000-7.2*(N^2)*I/60000!
130 ZP=5.28*N/2000*I-7.2*(N^2)*(I^2)/120000!-.01464
135 GOTO 190
140 IF I<R THEN 170
150 WP=2.4*N/2000
160 ZP=2.4*N/2000*I-.006
165 GOTO 190
170 WP=7.2*(N^2)*I/60000!
180 ZP=7.2*I*(N^2)/120000!
190 IF I<OT THEN 250
200 NV=NV+.5*T/.0005
210 IF NV<.5 THEN 300
220 NV=.5
230 GOTO 300
250 IF I<ZT THEN 300
260 NV=NV-.5*T/.0005
270 IF NV>0 THEN 300
280 NV=0
300 SP=3.14159*D*D/4
304 J=V-ZM*SP
310 VC=WP*SP
320 A=((V-ZP*SP)/EP)*(WP+WM)/(2*(ZP-ZM))
330 B=(NV*SV+NT*ST)*SGR(2/RO)
340 C=0-VC-((V-ZM*SP)/EP*P0)*(WP+WM)/2/(ZP-ZM)
350 P1=((0-B+SGR(B^2-4*A*C))/(2*A))^2
360 IF P1<300000000# THEN 400
370 NT=NT+.8*T/.0005
380 IF NT<.8 THEN 400
390 NT=.8
400 IF P1>300000000# THEN 440
410 NT=NT-.8*T/.0005
420 IF NT>0 THEN 440
430 NT=0
440 PRINT " ";TAB(3)H;TAB(10)" ";TAB(14)P1;TAB(35)" ";TAB(38)NV;TAB(53)" ";TAB(5

```

7)NT;TAB(70)";"

441 PRINT "-----
_"

442 X=X+1

445 Y=(ZP-ZM)*2/(WP+WM)

450 VT=(NT*ST*SQR(2*P1/RD))*1000000000*T

460 S=S+VT

470 ZM=ZP:P0=P1

471 WM=WP

480 NEXT I

485 PRINT

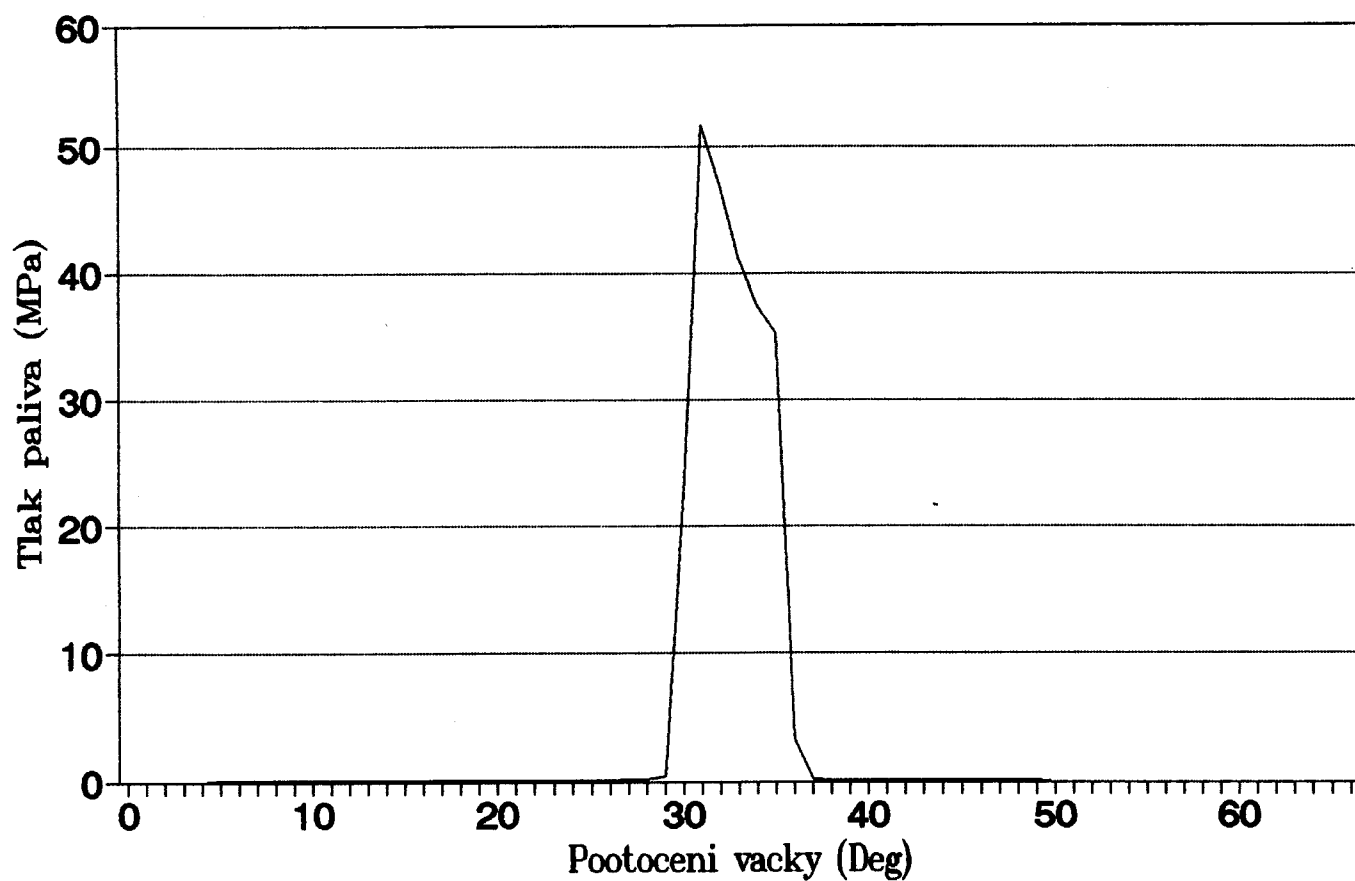
490 PRINT "celkova davka paliva (mm^3) " ;S

491 PRINT "-----"

500 END

Ok

Prubeh tlaku paliva pri $n=800$ 1/min



RUN

VYPOCET VTRIKOVACICH TLAKU A CELKOVE DAVKY PALIVA

CELKOVY OBJEM SDRUZENE VETRIKOVACI JEDNOTKY (m³) Vc=? .00000271

OTACKY MOTORU (1/min) N=? 800

OKAMZIK ZAVIRANI VENTILKU (DEG) ZV=? 28.5

OKAMZIK OTEVIRANI VENTILKU (DEG) OV=? 35.5

=====

| ALFA | OK.TLAK P1 | PRUT.SOUC. NV | PRUT.SOUC. NT |
|------|------------|---------------|---------------|
|------|------------|---------------|---------------|

=====

Division by zero

Division by zero

Overflow

Overflow

Overflow

| | | | |
|---|--------------|----|---|
| 0 | 5.377472E-39 | .5 | 0 |
|---|--------------|----|---|

Division by zero

| | | | |
|----|----------|----|---|
| .5 | 112.1781 | .5 | 0 |
|----|----------|----|---|

| | | | |
|---|----------|----|---|
| 1 | 448.4277 | .5 | 0 |
|---|----------|----|---|

| | | | |
|-----|----------|----|---|
| 1.5 | 1008.837 | .5 | 0 |
|-----|----------|----|---|

| | | | |
|---|----------|----|---|
| 2 | 1793.323 | .5 | 0 |
|---|----------|----|---|

| | | | |
|-----|---------|----|---|
| 2.5 | 2802.01 | .5 | 0 |
|-----|---------|----|---|

| | | | |
|---|----------|----|---|
| 3 | 4034.701 | .5 | 0 |
|---|----------|----|---|

| | | | |
|-----|---------|----|---|
| 3.5 | 5491.56 | .5 | 0 |
|-----|---------|----|---|

| | | | |
|---|----------|----|---|
| 4 | 7172.581 | .5 | 0 |
|---|----------|----|---|

| | | | |
|-----|----------|----|---|
| 4.5 | 9077.571 | .5 | 0 |
|-----|----------|----|---|

| | | | |
|---|----------|----|---|
| 5 | 11206.98 | .5 | 0 |
|---|----------|----|---|

| | | | |
|-----|----------|----|---|
| 5.5 | 13550.29 | .5 | 0 |
|-----|----------|----|---|

| | | | |
|---|----------|----|---|
| 6 | 16137.78 | .5 | 0 |
|---|----------|----|---|

| | | | |
|-----|----------|----|---|
| 6.5 | 18939.65 | .5 | 0 |
|-----|----------|----|---|

| | | | |
|---|----------|----|---|
| 7 | 21965.67 | .5 | 0 |
|---|----------|----|---|

| | | | |
|-----|---------|----|---|
| 7.5 | 25215.4 | .5 | 0 |
|-----|---------|----|---|

| | | | |
|---|----------|----|---|
| 8 | 28689.66 | .5 | 0 |
|---|----------|----|---|

| | | | |
|-----|----------|----|---|
| 8.5 | 32388.49 | .5 | 0 |
|-----|----------|----|---|

| | | | |
|---|----------|----|---|
| 9 | 36310.77 | .5 | 0 |
|---|----------|----|---|

| | | | |
|-----|----------|----|---|
| 9.5 | 40457.72 | .5 | 0 |
|-----|----------|----|---|

| | | | |
|----|----------|----|---|
| 10 | 44828.99 | .5 | 0 |
|----|----------|----|---|

| | | | |
|------|----------|----|---|
| 10.5 | 49424.23 | .5 | 0 |
|------|----------|----|---|

| | | | |
|----|----------|----|---|
| 11 | 54243.91 | .5 | 0 |
|----|----------|----|---|

| | | | |
|------|----------|----|---|
| 11.5 | 59287.79 | .5 | 0 |
| 12 | 64556.08 | .5 | 0 |
| 12.5 | 70048.07 | .5 | 0 |
| 13 | 75764.88 | .5 | 0 |
| 13.5 | 81706.07 | .5 | 0 |
| 14 | 87872.12 | .5 | 0 |
| 14.5 | 94261.88 | .5 | 0 |
| 15 | 100876 | .5 | 0 |
| 15.5 | 107714.6 | .5 | 0 |
| 16 | 114778.2 | .5 | 0 |
| 16.5 | 122065.5 | .5 | 0 |
| 17 | 129577.8 | .5 | 0 |
| 17.5 | 137314.1 | .5 | 0 |
| 18 | 145275.4 | .5 | 0 |
| 18.5 | 153460.9 | .5 | 0 |
| 19 | 161871.4 | .5 | 0 |
| 19.5 | 170506.1 | .5 | 0 |
| 20 | 179365.9 | .5 | 0 |
| 20.5 | 188450.6 | .5 | 0 |
| 21 | 197759.5 | .5 | 0 |
| 21.5 | 207292.4 | .5 | 0 |
| 22 | 217051.5 | .5 | 0 |
| 22.5 | 227034.3 | .5 | 0 |
| 23 | 237242.6 | .5 | 0 |
| 23.5 | 247675.9 | .5 | 0 |
| 24 | 258332.8 | .5 | 0 |
| 24.5 | 269215.6 | .5 | 0 |
| 25 | 280323.2 | .5 | 0 |
| 25.5 | 291655.8 | .5 | 0 |
| 26 | 303213.5 | .5 | 0 |
| 26.5 | 314996.2 | .5 | 0 |
| 27 | 327003.8 | .5 | 0 |

| | | | |
|------|--------------|--------------|----------|
| 27.5 | 339236.4 | .5 | 0 |
| 28 | 351694.2 | .5 | 0 |
| 28.5 | 364377.6 | .5 | 0 |
| 29 | 377287 | .5 | 0 |
| 29.5 | 1064801 | .2916667 | 0 |
| 30 | 6936178 | 8.333336E-02 | 0 |
| 30.5 | 2.615662E+07 | 0 | 0 |
| 31 | 4.581479E+07 | 0 | .3333333 |
| 31.5 | 5.504312E+07 | 0 | .6666666 |
| 32 | 5.373933E+07 | 0 | .8 |
| 32.5 | 4.915416E+07 | 0 | .8 |
| 33 | 4.544348E+07 | 0 | .8 |
| 33.5 | 4.247067E+07 | 0 | .8 |
| 34 | 4.011114E+07 | 0 | .8 |
| 34.5 | 3.825419E+07 | 0 | .8 |
| 35 | 3.680398E+07 | 0 | .8 |
| 35.5 | 3.567921E+07 | 0 | .8 |
| 36 | 3.481231E+07 | 0 | .8 |
| 36.5 | 7251589 | .2083333 | .4666667 |
| 37 | 790973.5 | .4166667 | .1333334 |
| 37.5 | 365581.4 | .5 | 0 |
| 38 | 352652 | .5 | 0 |
| 38.5 | 340152.4 | .5 | 0 |
| 39 | 327887.1 | .5 | 0 |
| 39.5 | 315845.5 | .5 | 0 |
| 40 | 304031.1 | .5 | 0 |
| 40.5 | 292441.9 | .5 | 0 |
| 41 | 281078.7 | .5 | 0 |
| 41.5 | 269940.5 | .5 | 0 |
| 42 | 259028.4 | .5 | 0 |
| 42.5 | 248341.1 | .5 | 0 |
| 43 | 237880.5 | .5 | 0 |

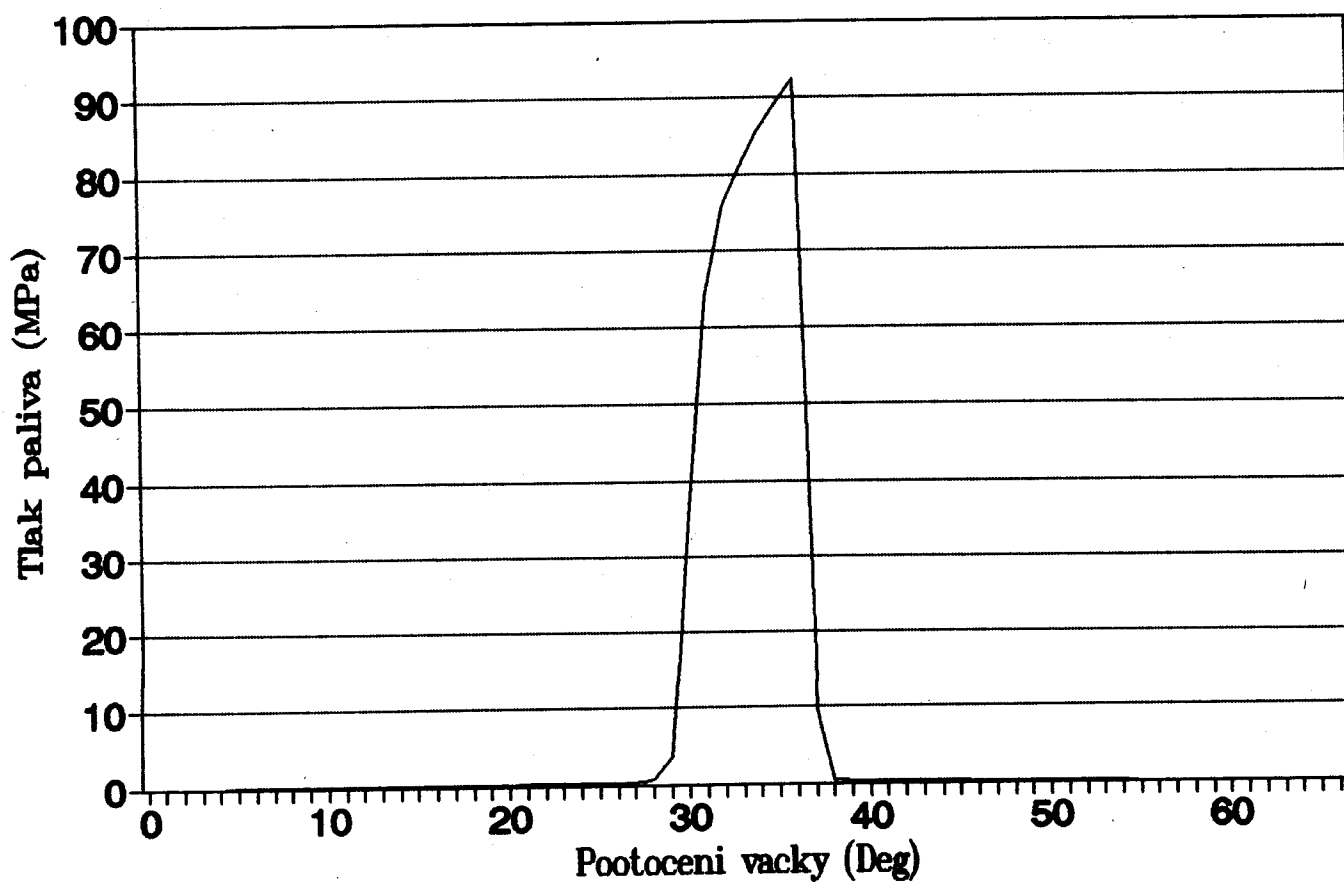
| | | | |
|------|----------|----|---|
| 43.5 | 227646.2 | .5 | 0 |
| 44 | 217635.5 | .5 | 0 |
| 44.5 | 207849.3 | .5 | 0 |
| 45 | 198290 | .5 | 0 |
| 45.5 | 188956 | .5 | 0 |
| 46 | 179846.9 | .5 | 0 |
| 46.5 | 170963.2 | .5 | 0 |
| 47 | 162306.1 | .5 | 0 |
| 47.5 | 153872.6 | .5 | 0 |
| 48 | 145664.3 | .5 | 0 |
| 48.5 | 137682.6 | .5 | 0 |
| 49 | 129925.1 | .5 | 0 |
| 49.5 | 122392.2 | .5 | 0 |
| 50 | 115085.2 | .5 | 0 |
| 50.5 | 108002.7 | .5 | 0 |
| 51 | 101146.4 | .5 | 0 |
| 51.5 | 94512.83 | .5 | 0 |
| 52 | 88107.24 | .5 | 0 |
| 52.5 | 81924.46 | .5 | 0 |
| 53 | 75967.63 | .5 | 0 |
| 53.5 | 70235.5 | .5 | 0 |
| 54 | 64728.35 | .5 | 0 |
| 54.5 | 59445.03 | .5 | 0 |
| 55 | 54387.96 | .5 | 0 |
| 55.5 | 49555.45 | .5 | 0 |
| 56 | 44947.4 | .5 | 0 |
| 56.5 | 40565.37 | .5 | 0 |
| 57 | 36407.56 | .5 | 0 |
| 57.5 | 32474.33 | .5 | 0 |
| 58 | 28765.87 | .5 | 0 |
| 58.5 | 25282.48 | .5 | 0 |

| | | | |
|------|--------------|----|---|
| 59 | 22023.34 | .5 | 0 |
| 59.5 | 18990.03 | .5 | 0 |
| 60 | 16180.27 | .5 | 0 |
| 60.5 | 13595.8 | .5 | 0 |
| 61 | 11236.35 | .5 | 0 |
| 61.5 | 9101.584 | .5 | 0 |
| 62 | 7191.155 | .5 | 0 |
| 62.5 | 5505.897 | .5 | 0 |
| 63 | 4045.243 | .5 | 0 |
| 63.5 | 2809.381 | .5 | 0 |
| 64 | 1797.975 | .5 | 0 |
| 64.5 | 1011.422 | .5 | 0 |
| 65 | 449.5583 | .5 | 0 |
| 65.5 | 112.4394 | .5 | 0 |
| 66 | 2.161414E-05 | .5 | 0 |

celkova davka paliva (mm^3) 265.3605

Ok

Prubeh tlaku paliva pri $n=1400$ 1/min



RUN

VYPOCET VTRIKOVACICH TLAKU A CELKOVE DAVKY PALIVA

CELKOVY OBJEM SDRUZENE VSTRIKOVACI JEDNOTKY (m³) Vc=? .00000271

OTACKY MOTORU (1/min) N=? 1400

OKAMZIK ZAVIRANI VENTILKU (DEG) ZV=? 27.5

OKAMZIK OTEVIRANI VENTILKU (DEG) OV=? 36

=====

| ALFA | OK.TLAK P1 | PRUT.SOUC. NV | PRUT.SOUC. NT |
|------|------------|---------------|---------------|
|------|------------|---------------|---------------|

=====

Division by zero

Division by zero

Overflow

Overflow

Overflow

| | | | |
|---|--------------|----|---|
| 0 | 5.877472E-39 | .5 | 0 |
|---|--------------|----|---|

Division by zero

| | | | |
|----|----------|----|---|
| .5 | 342.8413 | .5 | 0 |
|----|----------|----|---|

| | | | |
|---|----------|----|---|
| 1 | 1369.344 | .5 | 0 |
|---|----------|----|---|

| | | | |
|-----|----------|----|---|
| 1.5 | 3079.514 | .5 | 0 |
|-----|----------|----|---|

| | | | |
|---|--------|----|---|
| 2 | 5473.4 | .5 | 0 |
|---|--------|----|---|

| | | | |
|-----|----------|----|---|
| 2.5 | 8550.989 | .5 | 0 |
|-----|----------|----|---|

| | | | |
|---|----------|----|---|
| 3 | 12312.36 | .5 | 0 |
|---|----------|----|---|

| | | | |
|-----|---------|----|---|
| 3.5 | 16757.5 | .5 | 0 |
|-----|---------|----|---|

| | | | |
|---|---------|----|---|
| 4 | 21886.5 | .5 | 0 |
|---|---------|----|---|

| | | | |
|-----|----------|----|---|
| 4.5 | 27699.17 | .5 | 0 |
|-----|----------|----|---|

| | | | |
|---|----------|----|---|
| 5 | 34196.06 | .5 | 0 |
|---|----------|----|---|

| | | | |
|-----|----------|----|---|
| 5.5 | 41376.53 | .5 | 0 |
|-----|----------|----|---|

| | | | |
|---|----------|----|---|
| 6 | 49241.24 | .5 | 0 |
|---|----------|----|---|

| | | | |
|-----|----------|----|---|
| 6.5 | 57790.31 | .5 | 0 |
|-----|----------|----|---|

| | | | |
|---|----------|----|---|
| 7 | 67023.27 | .5 | 0 |
|---|----------|----|---|

| | | | |
|-----|----------|----|---|
| 7.5 | 76940.71 | .5 | 0 |
|-----|----------|----|---|

| | | | |
|---|----------|----|---|
| 8 | 87542.19 | .5 | 0 |
|---|----------|----|---|

| | | | |
|-----|----------|----|---|
| 8.5 | 98828.71 | .5 | 0 |
|-----|----------|----|---|

| | | | |
|---|----------|----|---|
| 9 | 110799.1 | .5 | 0 |
|---|----------|----|---|

| | | | |
|-----|----------|----|---|
| 9.5 | 123454.8 | .5 | 0 |
|-----|----------|----|---|

| | | | |
|----|--------|----|---|
| 10 | 136795 | .5 | 0 |
|----|--------|----|---|

| | | | |
|------|----------|----|---|
| 10.5 | 150820.4 | .5 | 0 |
|------|----------|----|---|

| | | | |
|----|----------|----|---|
| 11 | 165530.4 | .5 | 0 |
|----|----------|----|---|

| | | | |
|------|----------|----|---|
| 11.5 | 180926.1 | .5 | 0 |
|------|----------|----|---|

| | | | |
|----|----------|----|---|
| 12 | 197006.7 | .5 | 0 |
|----|----------|----|---|

| | | | |
|------|----------|----------|---|
| 12.5 | 213773 | .5 | 0 |
| 13 | 231225.2 | .5 | 0 |
| 13.5 | 249363 | .5 | 0 |
| 14 | 268187 | .5 | 0 |
| 14.5 | 287697 | .5 | 0 |
| 15 | 307893.5 | .5 | 0 |
| 15.5 | 328776 | .5 | 0 |
| 16 | 350346.3 | .5 | 0 |
| 16.5 | 372602.7 | .5 | 0 |
| 17 | 395546 | .5 | 0 |
| 17.5 | 419177.7 | .5 | 0 |
| 18 | 443496.8 | .5 | 0 |
| 18.5 | 468502.9 | .5 | 0 |
| 19 | 494198 | .5 | 0 |
| 19.5 | 520580.4 | .5 | 0 |
| 20 | 547652.5 | .5 | 0 |
| 20.5 | 575413.1 | .5 | 0 |
| 21 | 603862.6 | .5 | 0 |
| 21.5 | 633002.1 | .5 | 0 |
| 22 | 662829.5 | .5 | 0 |
| 22.5 | 693349.1 | .5 | 0 |
| 23 | 724557.6 | .5 | 0 |
| 23.5 | 756457 | .5 | 0 |
| 24 | 789046.4 | .5 | 0 |
| 24.5 | 822328.3 | .5 | 0 |
| 25 | 856301.4 | .5 | 0 |
| 25.5 | 890965.6 | .5 | 0 |
| 26 | 926322.8 | .5 | 0 |
| 26.5 | 962371.8 | .5 | 0 |
| 27 | 999114.3 | .5 | 0 |
| 27.5 | 1036549 | .5 | 0 |
| 28 | 1713968 | .3809524 | 0 |
| 28.5 | 3349796 | .2619048 | 0 |

| | | | |
|------|--------------|--------------|----------|
| 29 | 7910976 | .1428572 | 0 |
| 29.5 | 2.259698E+07 | 2.380955E-02 | 0 |
| 30 | 4.177566E+07 | 0 | .1904762 |
| 30.5 | 5.782813E+07 | 0 | .3809524 |
| 31 | 6.992763E+07 | 0 | .5714286 |
| 31.5 | 7.765415E+07 | 0 | .7619047 |
| 32 | 8.093383E+07 | 0 | .8 |
| 32.5 | 8.315613E+07 | 0 | .8 |
| 33 | 8.519741E+07 | 0 | .8 |
| 33.5 | 8.707852E+07 | 0 | .8 |
| 34 | 8.880688E+07 | 0 | .8 |
| 34.5 | 9.039657E+07 | 0 | .8 |
| 35 | 9.185852E+07 | 0 | .8 |
| 35.5 | 9.320275E+07 | 0 | .8 |
| 36 | 9.443838E+07 | 0 | .8 |
| 36.5 | 6.215697E+07 | .1190476 | .8 |
| 37 | 2.506423E+07 | .2380952 | .6095238 |
| 37.5 | 6208290 | .3571428 | .4190477 |
| 38 | 1566272 | .4761905 | .2285715 |
| 38.5 | 1627089 | .5 | .0380953 |
| 39 | 995891.2 | .5 | 0 |
| 39.5 | 969371.5 | .5 | 0 |
| 40 | 933917.3 | .5 | 0 |
| 40.5 | 898338.8 | .5 | 0 |
| 41 | 863388.8 | .5 | 0 |
| 41.5 | 829131 | .5 | 0 |
| 42 | 795571.3 | .5 | 0 |
| 42.5 | 762706.6 | .5 | 0 |
| 43 | 730541.9 | .5 | 0 |
| 43.5 | 699071.8 | .5 | 0 |
| 44 | 668298.7 | .5 | 0 |
| 44.5 | 638221.3 | .5 | 0 |
| 45 | 608837.4 | .5 | 0 |

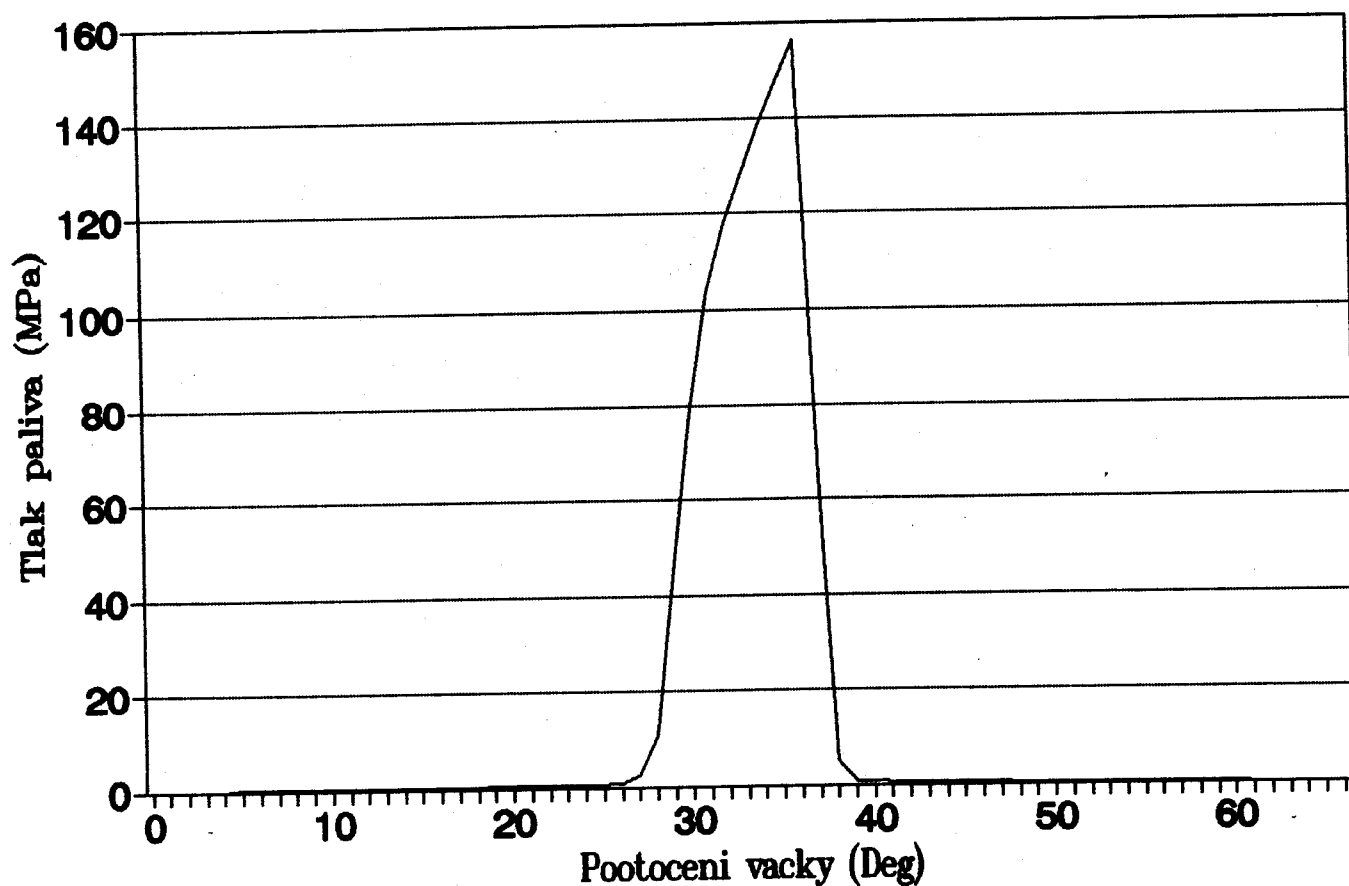
| | | | |
|------|----------|----|---|
| 45.5 | 580152 | .5 | 0 |
| 46 | 552159.2 | .5 | 0 |
| 46.5 | 524862.5 | .5 | 0 |
| 47 | 498261.4 | .5 | 0 |
| 47.5 | 472353.2 | .5 | 0 |
| 48 | 447139.2 | .5 | 0 |
| 48.5 | 422618.9 | .5 | 0 |
| 49 | 398790.2 | .5 | 0 |
| 49.5 | 375657.2 | .5 | 0 |
| 50 | 353217.2 | .5 | 0 |
| 50.5 | 331468.4 | .5 | 0 |
| 51 | 310412.8 | .5 | 0 |
| 51.5 | 290049.1 | .5 | 0 |
| 52 | 270379.3 | .5 | 0 |
| 52.5 | 251400.7 | .5 | 0 |
| 53 | 233113.3 | .5 | 0 |
| 53.5 | 215516.9 | .5 | 0 |
| 54 | 198612.6 | .5 | 0 |
| 54.5 | 182400.1 | .5 | 0 |
| 55 | 166878 | .5 | 0 |
| 55.5 | 152046.9 | .5 | 0 |
| 56 | 137906.4 | .5 | 0 |
| 56.5 | 124457.9 | .5 | 0 |
| 57 | 111698.7 | .5 | 0 |
| 57.5 | 99630.3 | .5 | 0 |
| 58 | 88251.53 | .5 | 0 |
| 58.5 | 77563.16 | .5 | 0 |
| 59 | 67564.68 | .5 | 0 |
| 59.5 | 58256.65 | .5 | 0 |
| 60 | 49638.41 | .5 | 0 |
| 60.5 | 41709.7 | .5 | 0 |
| 61 | 34470.63 | .5 | 0 |
| 61.5 | 27921.18 | .5 | 0 |

| | | | |
|------|-------------|----|---|
| 62 | 22061.39 | .5 | 0 |
| 62.5 | 16890.97 | .5 | 0 |
| 63 | 12410.04 | .5 | 0 |
| 63.5 | 8618.289 | .5 | 0 |
| 64 | 5516.115 | .5 | 0 |
| 64.5 | 3103.29 | .5 | 0 |
| 65 | 1379.577 | .5 | 0 |
| 65.5 | 345.1985 | .5 | 0 |
| 66 | 2.14869E-04 | .5 | 0 |

celkova davka paliva (mm^3) 263.8876

Ok

Prubeh tlaku paliva pri $n=2000$ 1/min



RUN

VYPOCET VTRIKOVACICH TLAKU A CELKOVE DAVKY PALIVA

CELKOVY OBJEM SDRUZENE VSTRIKOVACI JEDNOTKY (m³) Vc=? .00000271

OTACKY MOTORU (1/min) N=? 2000

OKAMZIK ZAVIRANI VENTILKU (DEG) ZV=? 25.5

OKAMZIK OTEVIRANI VENTILKU (DEG) QV=? 36

=====

! ALFA ! OK.TLAK P1 ! PRUT.SOUC. NV ! PRUT.SOUC. NT !

=====

Division by zero

Division by zero

Overflow

Overflow

Overflow

! 0 ! 5.877472E-39 ! .5 ! 0 !

Division by zero

! .5 ! 697.5524 ! .5 ! 0 !

! 1 ! 2782.038 ! .5 ! 0 !

! 1.5 ! 6253.532 ! .5 ! 0 !

! 2 ! 11112.08 ! .5 ! 0 !

! 2.5 ! 17357.69 ! .5 ! 0 !

! 3 ! 24990.54 ! .5 ! 0 !

! 3.5 ! 34010.77 ! .5 ! 0 !

! 4 ! 44418.57 ! .5 ! 0 !

! 4.5 ! 56214.06 ! .5 ! 0 !

! 5 ! 69397.41 ! .5 ! 0 !

! 5.5 ! 83968.96 ! .5 ! 0 !

! 6 ! 99929.11 ! .5 ! 0 !

! 6.5 ! 117278 ! .5 ! 0 !

! 7 ! 136015.9 ! .5 ! 0 !

! 7.5 ! 156143.1 ! .5 ! 0 !

! 8 ! 177660.3 ! .5 ! 0 !

! 8.5 ! 200567.7 ! .5 ! 0 !

! 9 ! 224865.5 ! .5 ! 0 !

! 9.5 ! 250554.4 ! .5 ! 0 !

! 10 ! 277635.2 ! .5 ! 0 !

! 10.5 ! 306108.3 ! .5 ! 0 !

! 11 ! 335973.8 ! .5 ! 0 !

! 11.5 ! 367232.1 ! .5 ! 0 !

! 12 ! 399884.4 ! .5 ! 0 !

! 12.5 ! 433931.1 ! .5 ! 0 !

| | | | | |
|------|--------------|--------------|----------|--|
| 13 | 469373 | .5 | 0 | |
| 13.5 | 506210.8 | .5 | 0 | |
| 14 | 544444.8 | .5 | 0 | |
| 14.5 | 584076.1 | .5 | 0 | |
| 15 | 625105.4 | .5 | 0 | |
| 15.5 | 667533.6 | .5 | 0 | |
| 16 | 711361.6 | .5 | 0 | |
| 16.5 | 756589.2 | .5 | 0 | |
| 17 | 803218.6 | .5 | 0 | |
| 17.5 | 851249.5 | .5 | 0 | |
| 18 | 900683.9 | .5 | 0 | |
| 18.5 | 951522.5 | .5 | 0 | |
| 19 | 1003766 | .5 | 0 | |
| 19.5 | 1057416 | .5 | 0 | |
| 20 | 1112472 | .5 | 0 | |
| 20.5 | 1168937 | .5 | 0 | |
| 21 | 1226810 | .5 | 0 | |
| 21.5 | 1286095 | .5 | 0 | |
| 22 | 1346790 | .5 | 0 | |
| 22.5 | 1408899 | .5 | 0 | |
| 23 | 1472421 | .5 | 0 | |
| 23.5 | 1537359 | .5 | 0 | |
| 24 | 1603713 | .5 | 0 | |
| 24.5 | 1671484 | .5 | 0 | |
| 25 | 1740675 | .5 | 0 | |
| 25.5 | 1811286 | .5 | 0 | |
| 26 | 2496168 | .4166667 | 0 | |
| 26.5 | 3757521 | .3333334 | 0 | |
| 27 | 6044819 | .2500001 | 0 | |
| 27.5 | 1.041346E+07 | .1666667 | 0 | |
| 28 | 1.913057E+07 | .0833334 | 0 | |
| 28.5 | 3.674031E+07 | 7.450581E-08 | .1333333 | |
| 29 | 5.340769E+07 | 0 | .2666667 | |

| | | | |
|------|--------------|--------------|--------------|
| 29.5 | 6.867282E+07 | 0 | .4 |
| 30 | 8.219031E+07 | 0 | .5333333 |
| 30.5 | 9.339014E+07 | 0 | .6666666 |
| 31 | 1.020921E+08 | 0 | .8 |
| 31.5 | 1.082034E+08 | 0 | .8 |
| 32 | 1.140614E+08 | 0 | .8 |
| 32.5 | 1.196827E+08 | 0 | .8 |
| 33 | 1.250822E+08 | 0 | .8 |
| 33.5 | 1.30273E+08 | 0 | .8 |
| 34 | 1.35267E+08 | 0 | .8 |
| 34.5 | 1.400746E+08 | 0 | .8 |
| 35 | 1.447054E+08 | 0 | .8 |
| 35.5 | 1.491682E+08 | 0 | .8 |
| 36 | 1.53471E+08 | 0 | .8 |
| 36.5 | 1.322286E+08 | 8.333333E-02 | .8 |
| 37 | 9.429431E+07 | .1666667 | .8 |
| 37.5 | 5.311904E+07 | .25 | .8 |
| 38 | 2.212064E+07 | .3333333 | .6666667 |
| 38.5 | 7212331 | .4166666 | .5333334 |
| 39 | 2630426 | .5 | .4 |
| 39.5 | 1894629 | .5 | .2666667 |
| 40 | 1783375 | .5 | .1333334 |
| 40.5 | 1764408 | .5 | 5.960465E-08 |
| 41 | 1758823 | .5 | 0 |
| 41.5 | 1698246 | .5 | 0 |
| 42 | 1630717 | .5 | 0 |
| 42.5 | 1563415 | .5 | 0 |
| 43 | 1497382 | .5 | 0 |
| 43.5 | 1432768 | .5 | 0 |
| 44 | 1369589 | .5 | 0 |
| 44.5 | 1307849 | .5 | 0 |
| 45 | 1247547 | .5 | 0 |

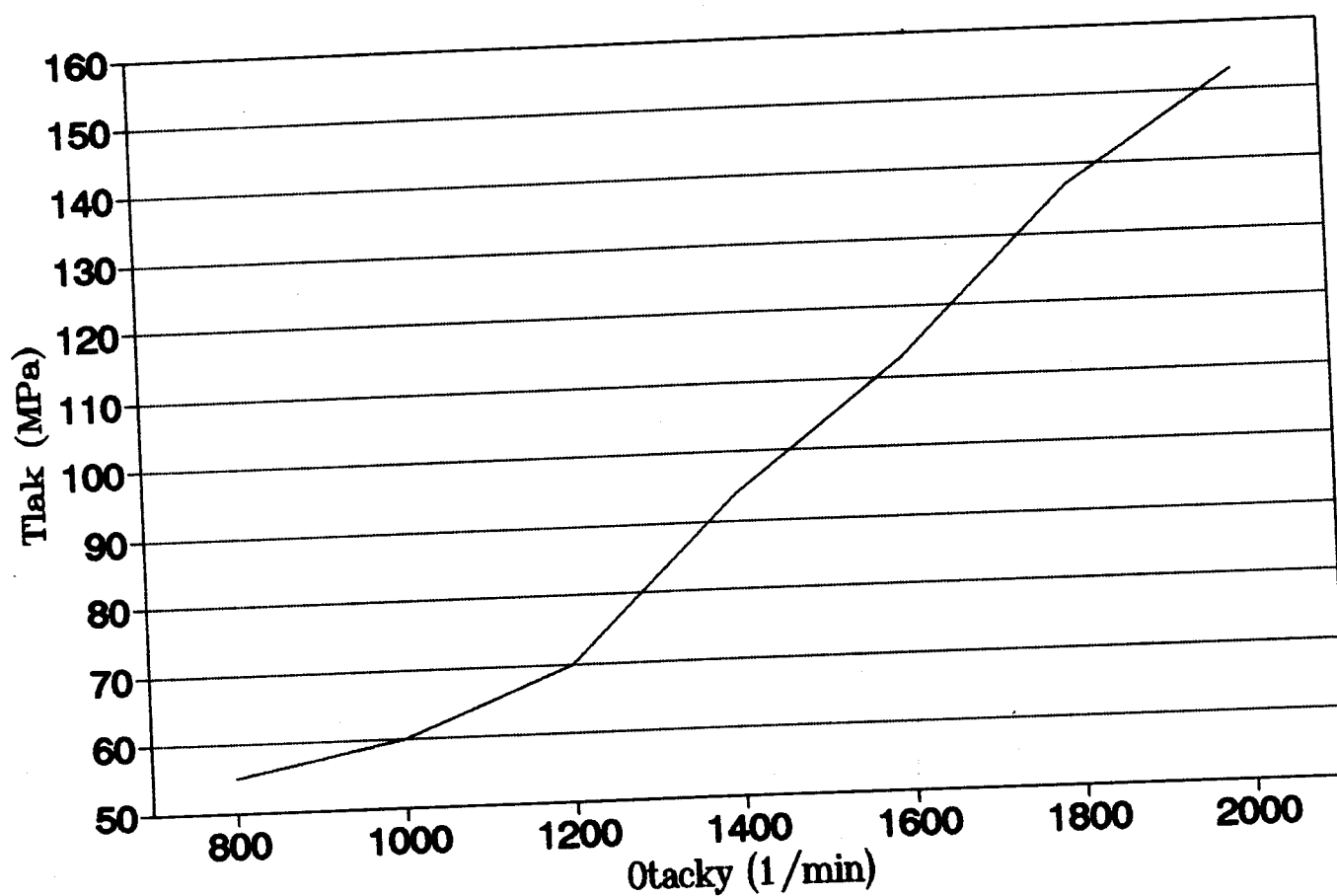
| | | | |
|------|----------|----|---|
| 45.5 | 1188679 | .5 | 0 |
| 46 | 1131248 | .5 | 0 |
| 46.5 | 1075248 | .5 | 0 |
| 47 | 1020681 | .5 | 0 |
| 47.5 | 967544.3 | .5 | 0 |
| 48 | 915838.9 | .5 | 0 |
| 48.5 | 865562.8 | .5 | 0 |
| 49 | 816712.9 | .5 | 0 |
| 49.5 | 769291.6 | .5 | 0 |
| 50 | 723295.6 | .5 | 0 |
| 50.5 | 678723.6 | .5 | 0 |
| 51 | 635576.3 | .5 | 0 |
| 51.5 | 593853.1 | .5 | 0 |
| 52 | 553551.8 | .5 | 0 |
| 52.5 | 514670.7 | .5 | 0 |
| 53 | 477211.8 | .5 | 0 |
| 53.5 | 441171.4 | .5 | 0 |
| 54 | 406551.3 | .5 | 0 |
| 54.5 | 373349.4 | .5 | 0 |
| 55 | 341565.3 | .5 | 0 |
| 55.5 | 311198.9 | .5 | 0 |
| 56 | 282247.9 | .5 | 0 |
| 56.5 | 254713.3 | .5 | 0 |
| 57 | 228594.8 | .5 | 0 |
| 57.5 | 203889.9 | .5 | 0 |
| 58 | 180600.4 | .5 | 0 |
| 58.5 | 158723.6 | .5 | 0 |
| 59 | 138260.6 | .5 | 0 |
| 59.5 | 119210.4 | .5 | 0 |
| 60 | 101573.1 | .5 | 0 |
| 60.5 | 85348.25 | .5 | 0 |
| 61 | 70534.3 | .5 | 0 |
| 61.5 | 57133.12 | .5 | 0 |

| | | | |
|------|--------------|----|---|
| 62 | 45142.45 | .5 | 0 |
| 62.5 | 34563.11 | .5 | 0 |
| 63 | 25394.3 | .5 | 0 |
| 63.5 | 17636.33 | .5 | 0 |
| 64 | 11288.65 | .5 | 0 |
| 64.5 | 6351.165 | .5 | 0 |
| 65 | 2824.14 | .5 | 0 |
| 65.5 | 707.0083 | .5 | 0 |
| 66 | 1.388931E-03 | .5 | 0 |

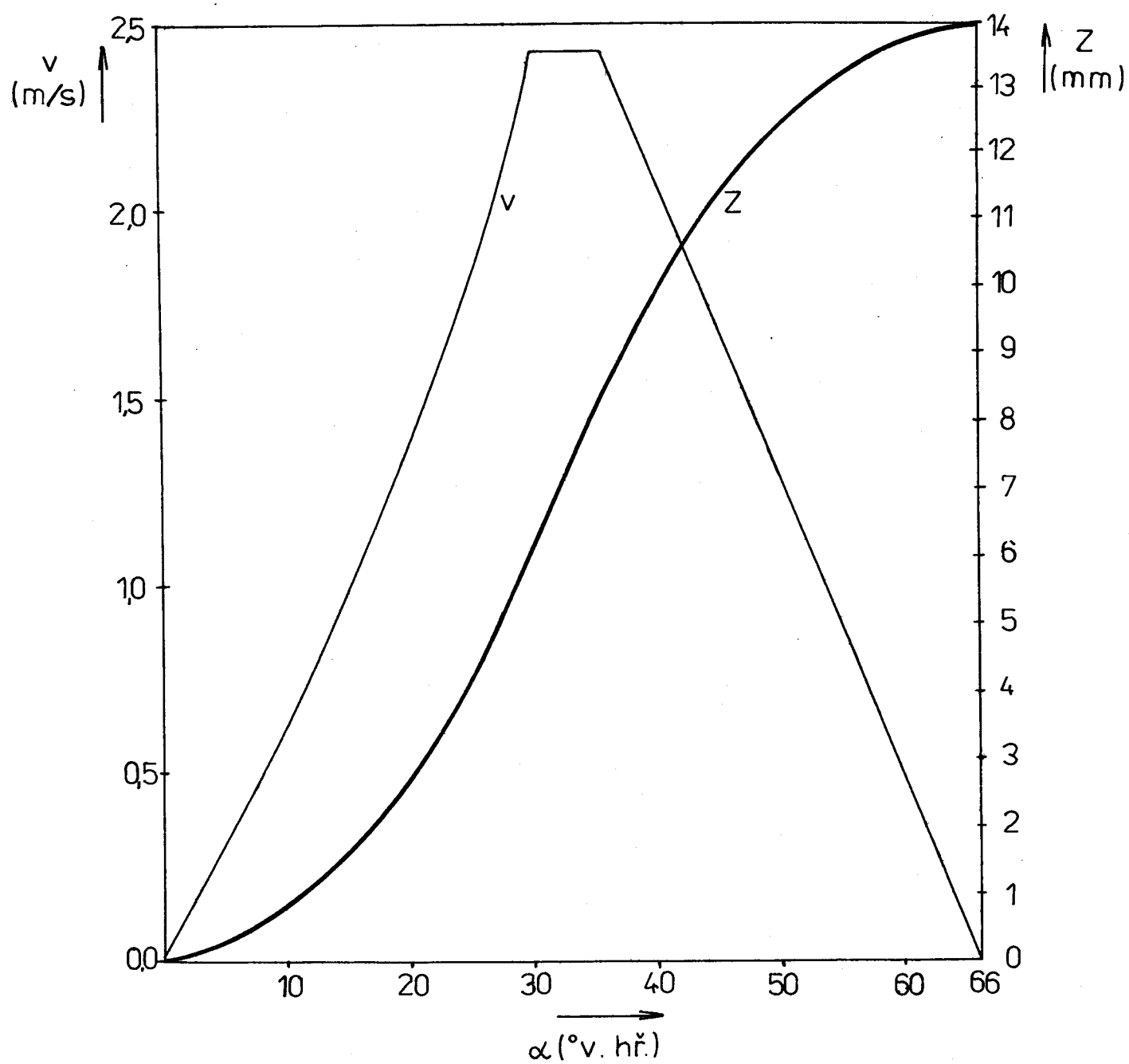
celkova davka paliva (mm^3) 263.8876

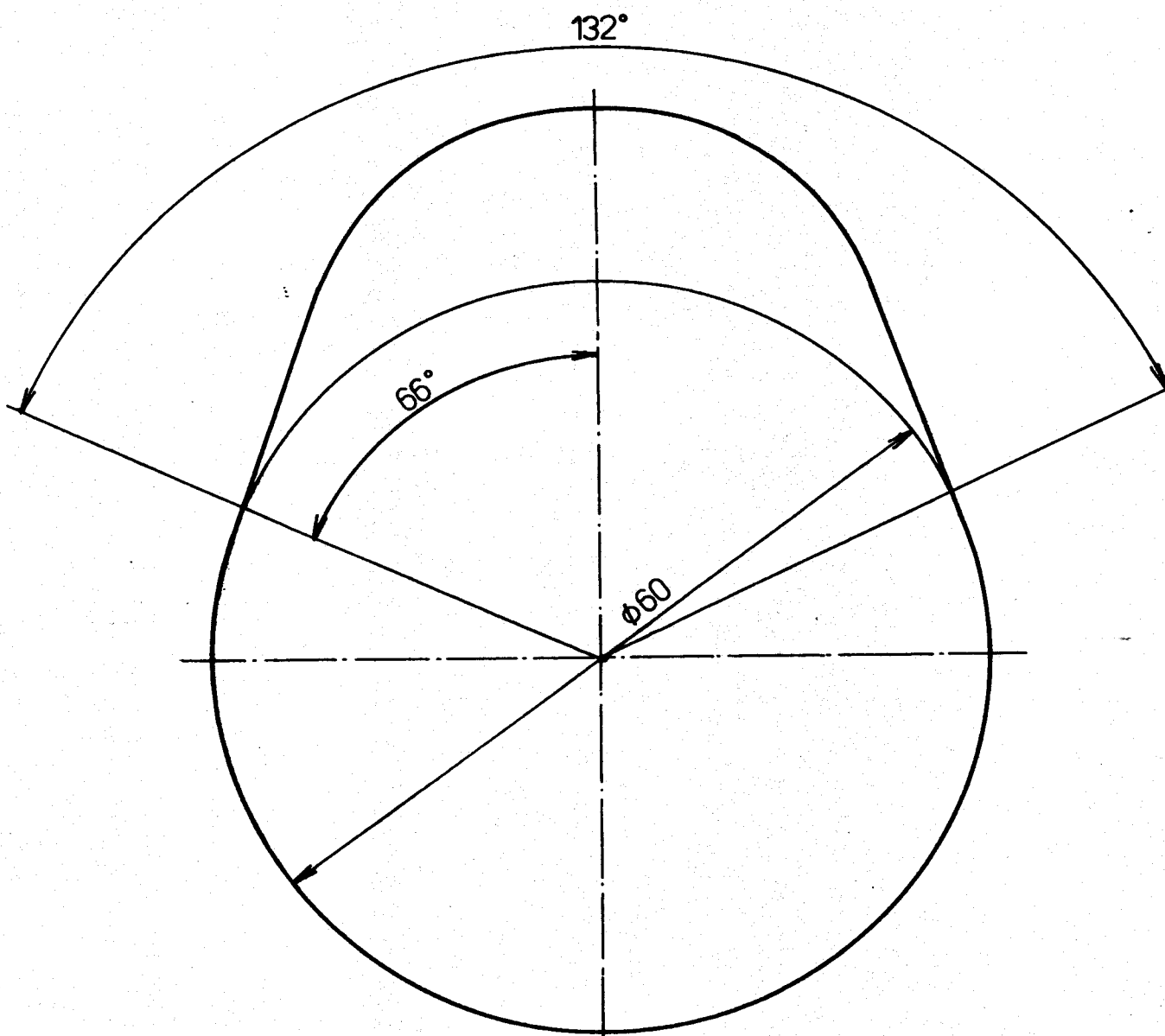
Ok

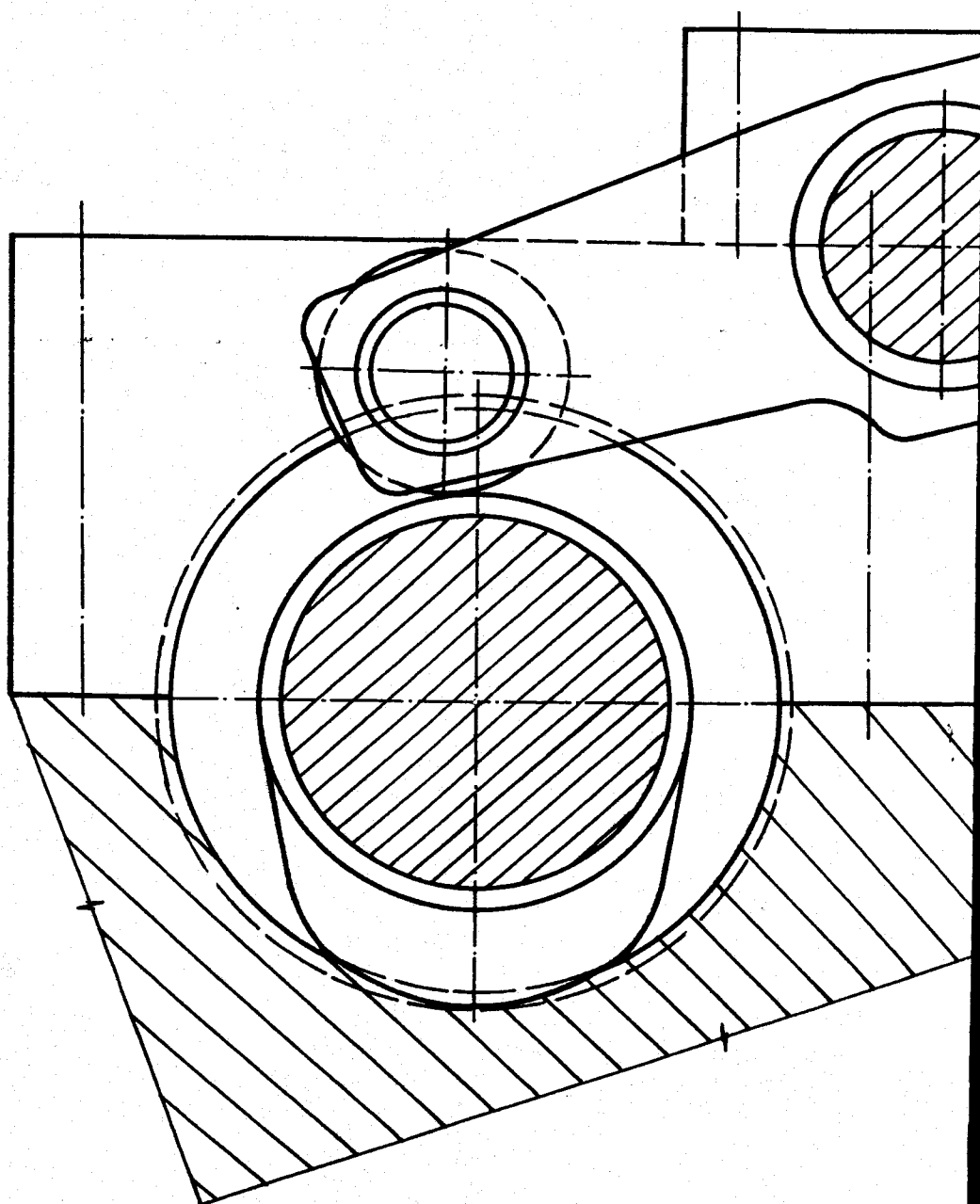
Prubeh tlaku paliva



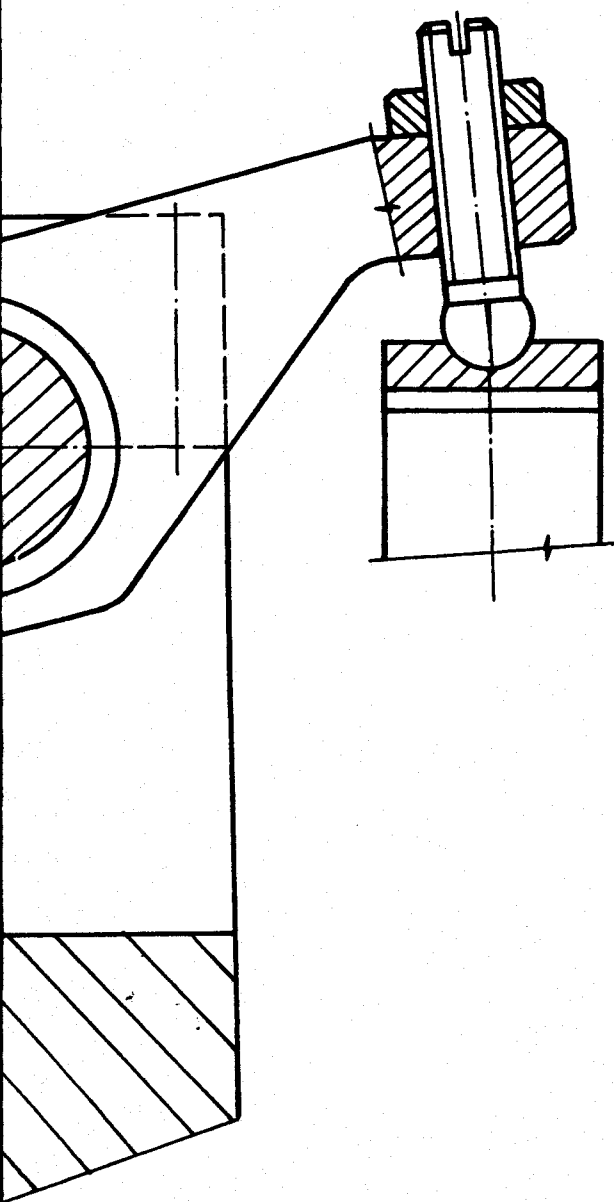
PŘÍLOHA č.7

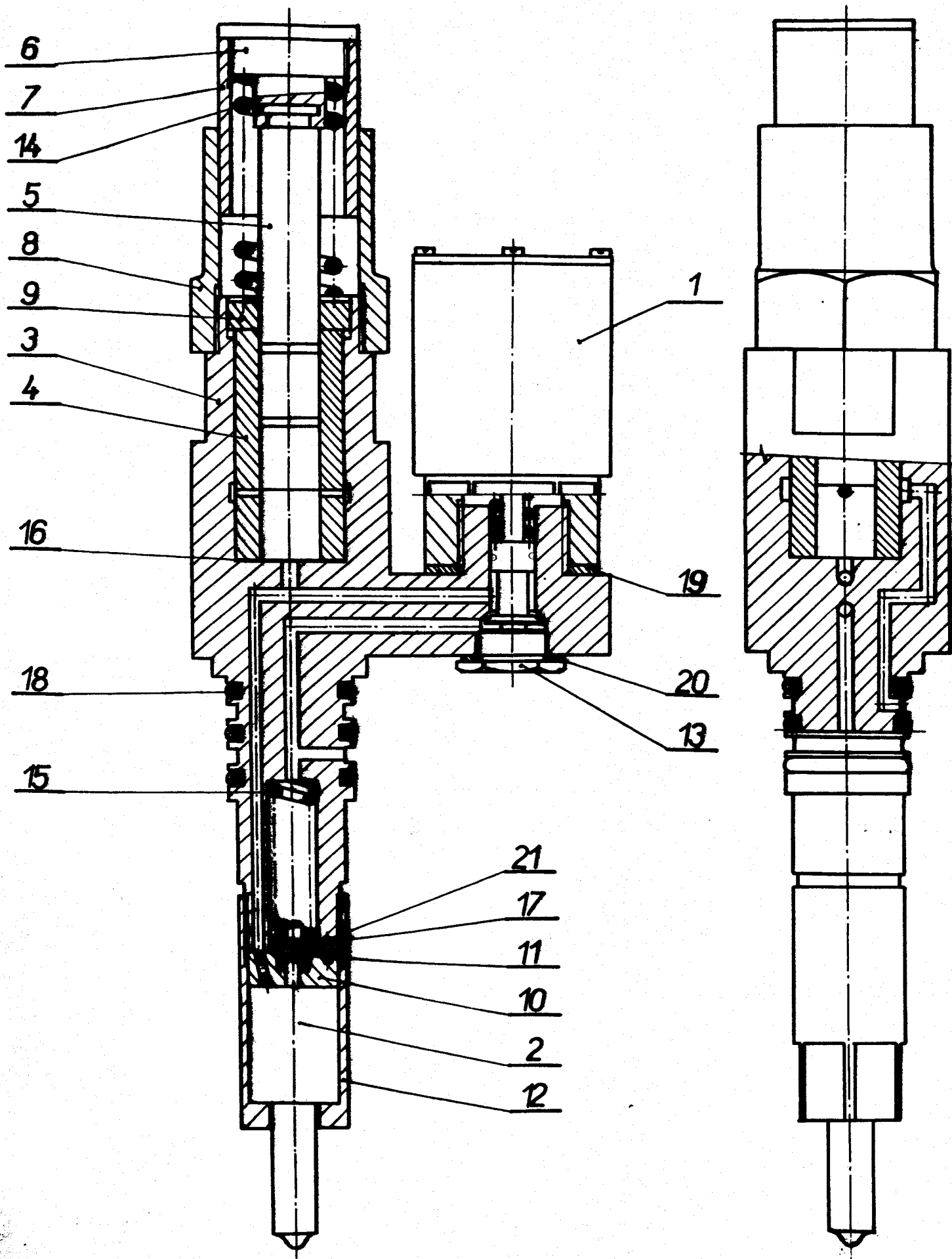






POHON SVJ

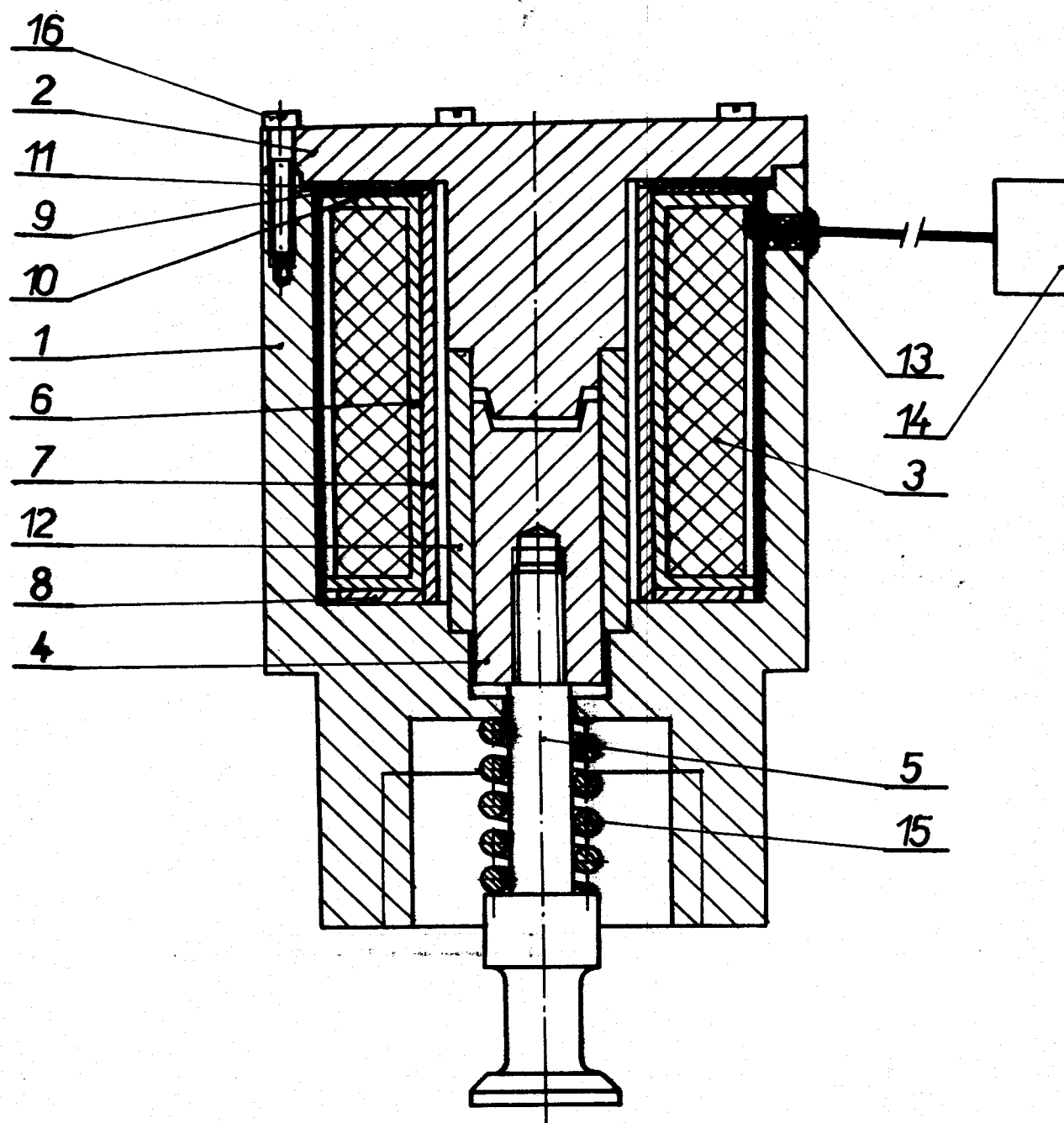




| | | | | | | | | | |
|---|---|--|-----------------------------|--|--------------------------------|-------------|-----------|---------------|--------|
| Počet
listů | Název - Ročník | Polotovce | Mat. konečný | Mat. výchozí | Třída
odp. | Č. hmoty | Hr. hmoty | Číslo výtisku | Prost. |
| Poznámka | | | | | Celková čistá hmoty v kg 1,615 | | | | |
| 1:1 | Jméno MATOUŠEK
Přechovatel
Norm. ref.
Výr. projednat | <i>Matoušek</i>

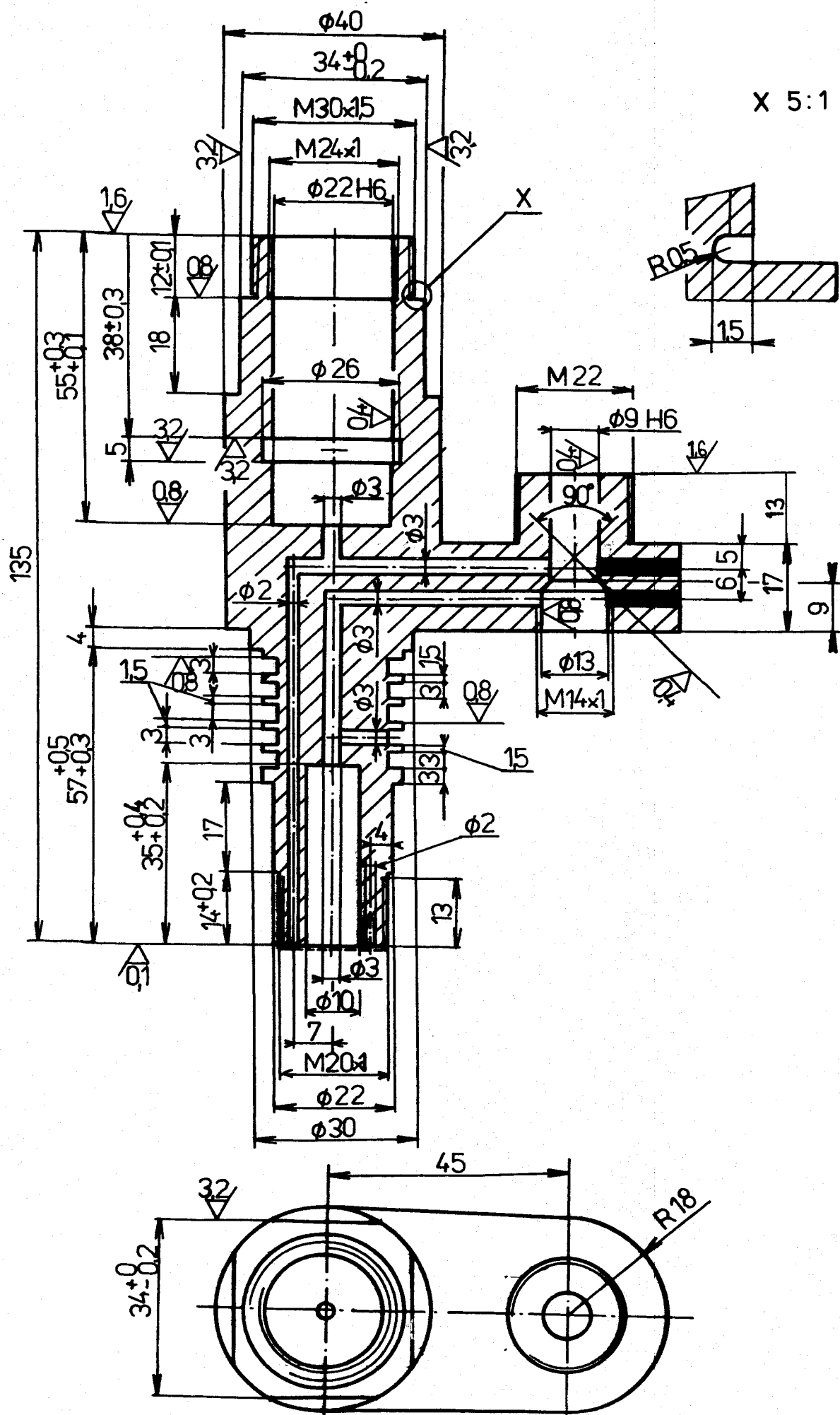
Schválil
One | Č. snímku

Č. transp. | <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> a
b
c
d
e
f
g
h
i
j
k
l
m
n
o
p
q
r
s
t
u
v
w
x
y
z </div> <div> 1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12 </div> </div> | | | | | |
| Typ | | Skupina | | Starý výkres | | Nový výkres | | | |
| P4 rev
SDRUŽENÁ VSTŘIKO -
VACÍ JEDNOTKA | | | | D 01 00
Počet listů | | | | | |
| | | | | List | | | | | |

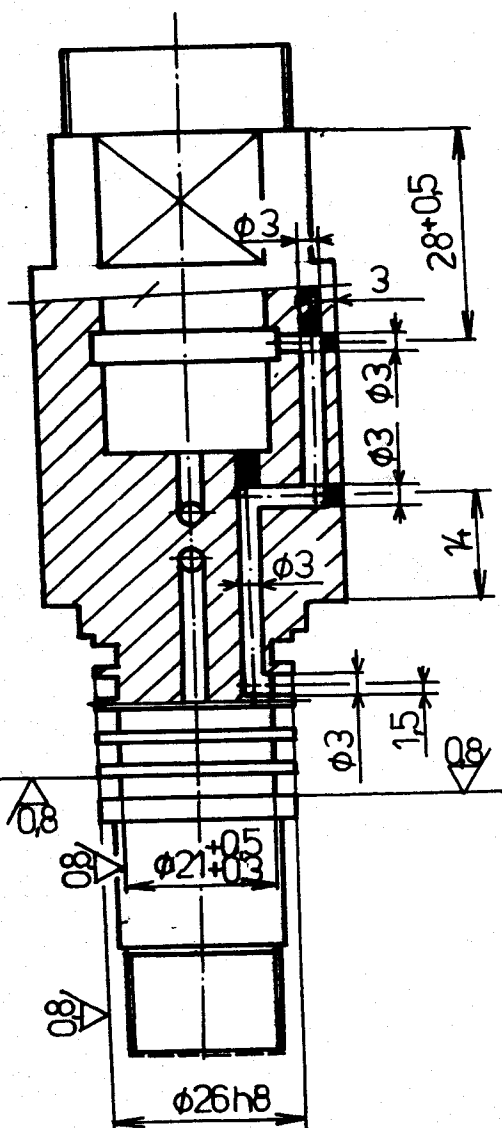


| | | | | | | | | | |
|----------------|--|------------|--------------|--|------------|----------|--|-------|------|
| Název | | Polotovary | Mat. konečný | Mat. výchozí | Třída odp. | Č. hmoty | Hr. hmoty | Číslo | Pos. |
| | | | | Celková čistá hmoty v kg 1,01 | | | | | |
| Název výrobce | | Č. snímku | | <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Číslo</div> <div style="flex-grow: 1;"> <div style="border-bottom: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div> <div style="border-bottom: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div> <div style="border-bottom: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div> <div style="border-bottom: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div> </div> </div> | | | <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Číslo</div> <div style="flex-grow: 1;"> <div style="border-bottom: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div> <div style="border-bottom: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div> <div style="border-bottom: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div> <div style="border-bottom: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div> </div> </div> | | |
| Středisko | | Č. transp. | | | | | | | |
| Norm. ref. | | Schvádk | | | | | | | |
| Výr. provedení | | Dne | | | | | | | |
| Typ | | Skupina | | Starý výkres | | | Nový výkres | | |
| Název | | | | <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="font-size: 2em; font-weight: bold;">ELEKTROMAGNET</div> <div style="font-size: 2em; font-weight: bold;">D 02 00</div> </div> | | | | | |
| | | | | Počet listů | | | List | | |

| | | | | | | | | | |
|----------------|------------------|-----------------|--------------|-------------------------------|-------------|----------|-----------|---------------|--------------|
| Počet kusů | Název - Rozměr | Polotovár | Mat. konečný | Mat. výchozí | Třída odp. | Č. hmota | Hr. hmota | Číslo výkresu | Poz. |
| Poznámka | | | | Celková čistá hmota v kg 1,01 | | | | | |
| Měřítka | Kreslil MATOUŠEK | Schválil
Dne | Č. snímku | Změna | | Datum | | Podpis | Průběh změny |
| Přezkoušel | | | | | | | | | |
| Norm. ref. | | | | | | | | | |
| Výr. projednal | | | Č. transp. | | | | | | |
| Typ | | Skupina | Starý výkres | | Nový výkres | | | | |
| Název | | ELEKTROMAGNET | | D 02 00 | | List | | | |
| | | Počet listů | | List | | | | | |



63 / (✓)



ČERNĚNÉ OTVORY $\phi 3$ ZAKOLÍKOVAT
NEKÓTOVANÉ HRANY ZKOSIT NA $0,5 \times 45^\circ$
----- CEMENTOVAT DO HL. 0,8 mm A KALIT NA 58 ± 2 HRC

VÝKOVEK 12 020.4 12 020 0,65, 0,93 D 01 00

MATOUŠEK

Matoušek

C. snímek

1:1

projeď

projeď

Schválil

Dne

Skupina

Stary výkres

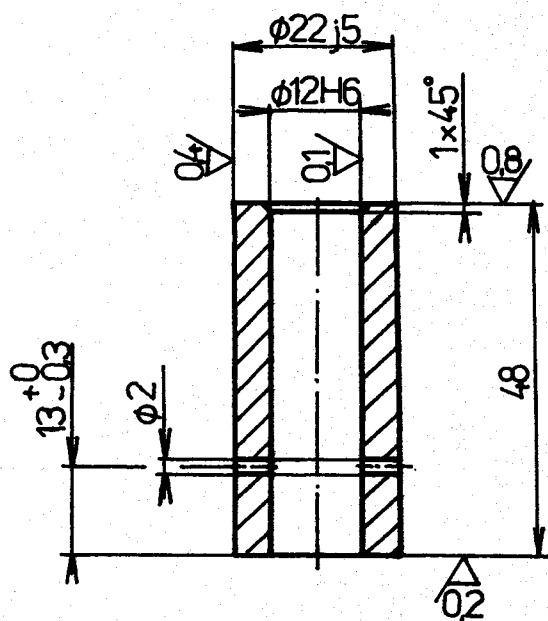
Nový výkres

Název

TELO

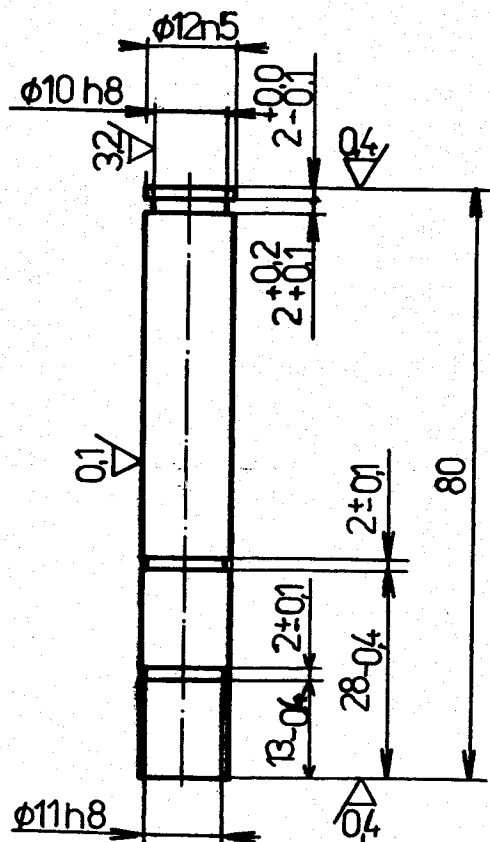
D 01 01

List



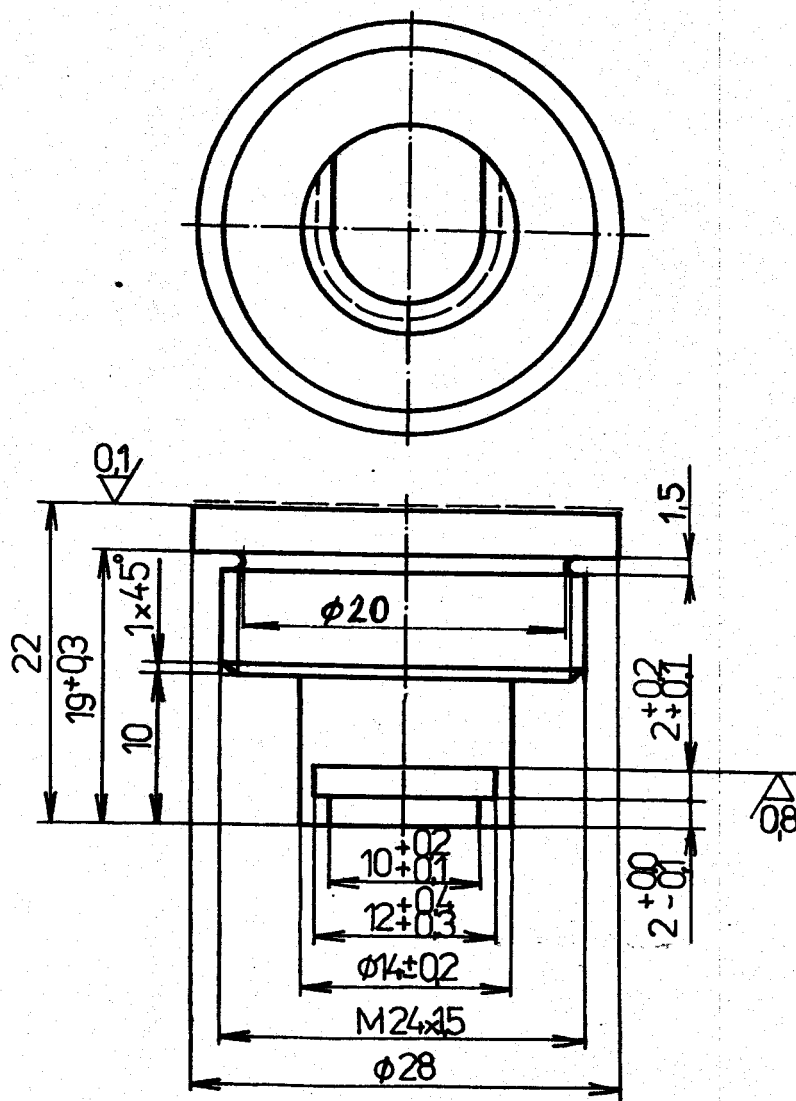
VNĚJŠÍ HRANY SRAZIT NA 05x45°

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|------------------|-------------|--------------|--|------------|-------------|-----------|---------------|------|----|----|----|----|----|----|---|---|---|----|
| φ 25 - 54 | | ČSN 42 5510 | 11 600 | | | 0,08 | 0,15 | D 01 00 | | | | | | | | | | | |
| Počet kusů | Název - Formár | Polotovár | Mat. konečný | Mat. výchozí | Třída odp. | Č. hmoty | Hr. hmoty | Číslo výkresu | Poz. | | | | | | | | | | |
| Poznámka | | | | Celková čistá hmoty v kg | | | | | | | | | | | | | | | |
| Měřítka | Kreslil MATOUSEK | Matoušek | Č. snímku | <table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td></tr> <tr><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td></tr> <tr><td>21</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td><td>29</td><td>30</td></tr> <tr><td>31</td><td>32</td><td>33</td><td>34</td><td>35</td><td>36</td><td>37</td><td>38</td><td>39</td><td>40</td></tr> </table> | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | | | | | | | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | | | |
| 11 | 12 | 13 | 14 | | | | | | | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | | | | |
| 21 | 22 | 23 | 24 | | | | | | | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | | | | |
| 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | | | | | | | | | | |
| 1:1 | Přezkoušel | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Norm. ref. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Výr. projednal | Schválil | Č. transp. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Dne | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Typ | | Skupina | | Starý výkres | | Nový výkres | | | | | | | | | | | | | |
| Název | | POUZDRO | | D 01 02 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Počet listů | | List | | | | | | | | | | | | | |



| | | | | | | | | | |
|----------------|----------------|-------------|--------------|--------------------------|-------------|----------|-----------|---------------|-------------|
| Ø15 - 85 | | ČSN 42 5510 | 11 600 | 001 | 0.09 | 0.11 | D 01 00 | | |
| Název - Rozměr | | Polotovár | Mot. konečný | Mot. výchozí | Třída odr. | Č. hmoty | Hr. hmoty | Číslo výkresu | |
| oznažka | | | | Celková čistá hmoty v kg | | | | | |
| Měřítko
1:1 | Kreslil | MATOUŠEK | Č. snímku | Z | | | Datum | Podpis | Index změny |
| | Přezkoušel | | | | | | | | |
| | Norm. ref. | | | | | | | | |
| | Výr. projednal | Schválil | | | | | | | |
| | | Dne | Č. transp. | | | | | | |
| Typ | | Skupina | Starý výkres | | Nový výkres | | | | |
| Název | | PÍSTEK | | D 01 03 | | | | | |
| | | Počet listů | | List | | | | | |

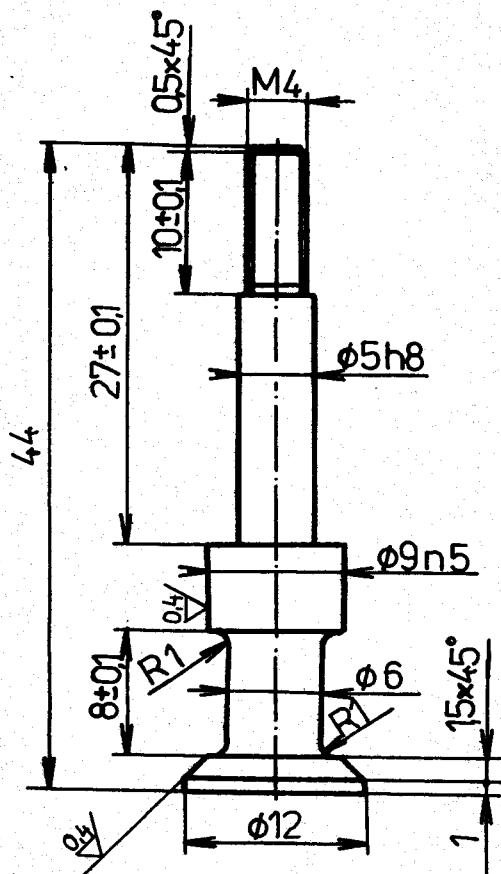
32 / (✓)



CEMENTOVAT DO HL. 08 A KALIT NA 62 ± 2 HRC

| | | | | | | | | |
|-------------|------------------|----------------|--------------|--------------------------|------------|----------|-----------|---------------|
| Ø 30-25 | ČSN 42 5510 | 12 0204 | 12 020 | | 0,009 | 0,019 | D 01 00 | |
| Počet kusů | Název - Rozměr | Paletovar | Mat. konečný | Mat. výchozí | Trída odp. | Č. hmoty | Hr. hmoty | Číslo výkresu |
| Poznámka | | | | Celková čistá hmoty v kg | | | | |
| Měřítko | Kreslil MATOUŠEK | Prozkoušel | Č. snímku | Změna | | Datum | Podpis | Průběh změny |
| 2:1 | Norm. ref. | Výr. projednal | Č. transp. | | | | | |
| | Schválil | Dne | | | | | | |
| Typ | Skupina | Stary výkres | Nový výkres | | | | | |
| Název | DRŽÁK PÍSTKU | | | D 01 04 | | | | |
| Počet listů | | | | List | | | | |

32 (✓)



| | | | | | | | | | |
|------------------|------------|--------------|--------------|--------------------------|-------------|-----------|---------------|---------|--|
| Ø15 - 50 | | ČSN 425510 | 11 500 | | 001 | 0.12 | 0.16 | D 02 00 | |
| Název - Formář | Polotovár | Mat. kotelny | Mat. výchozí | Třída odp. | Č. hmoty | Hr. hmoty | Číslo výkresu | Poz. | |
| Kreslil MATOUŠEK | | | | Celková čistá hmoty v kg | | | | | |
| 2:1 | Přezkoušel | Č. snímku | Změna | | | | | | |
| Norm. ref. | | | Datum | | | | | | |
| Výr. projednal | Schválil | Č. transp. | Podpis | | | | | | |
| | Dne | | Index změny | | | | | | |
| Typ | | Skupina | Starý výkres | | Nový výkres | | | | |
| Název | | VENTILEK | | D 02 04 | | | | | |
| | | Počet listů | | List | | | | | |