Vysoká škola: strojní a textilní v Liberci

Katedra: pístových strojů

Fakulta: strojní

Školní rok: 1963/64

DIPLOMNÍ ÚKOL

pro Josef Dvořák

obor

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

Název tématu: Sací potrubí pro motor Škoda 706 RT

Pokyny pro vypracování:

Navrhněte alternativy úprav sacího potrubí, popř. celého sacího traktu, pro motor Škoda 706 RT, směřující ke zvýšení dopravní účinnosti; využijte dynamických účinků vzdušiny v sání.

Obecné posouzení jevů proveďte na zkušebním jednoválci, ověření jedné navržené alternativy proveďte přímo na motoru Š 706 RT.

K ověření úlohy použijte jednoduchou početní metodu a dvě nezávislé metody experimentální. Na základě výsledků zhodnoťte použitelnost zvolených metod pro tento problém.

Autorské právo se řídí směrnicemi MŠK pro státní závěrečné zkoušky č. j. 31 727/62-III/2 ze dne 13. července 1962-Věstník MŠK XVIII, sešit 24 ze dne 31. 8. 1962 § 19 autorského zákona č. 115/53 Sb.

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC, JAROŠOVA 5

V 69/1964 5

Rozsah grafických laboratorních prací:

Rozsah průvodní zprávy:

Seznam odborné literatury:

Lenin : Těorija dvigatělej, Mašgiz Moskva 1958

List : Der Ladungswechsel der Verbrennugskraftmaschinen, Springer - Verlag Wien 1950

Vedoucí diplomní práce:

Inž. Zdeněk K o v á ř, CSc

Konsultanti:

Datum zahájení diplomní práce: 1. června 1964

Datum odevzdání diplomní práce: 11. července 1964

L. S.

Vedoucí katedry

Děkan

V Liberci dne 4. června 1964

VŠST LIBEREC	Ssací potrubí motoru ŠKODA 706 RT	DP-STR.
		11. ČERVENCE 1964
		Josef Dvořák

OBSAH: Strana:

I. Úvod 1

II. Rozbor činitelů majících vliv na plnění válce. 1

A/ Popis

1/Vliv otáček motoru 2

2/Vliv rozvodových dat sacího ventilu 5

3/Vliv průřezu ventilu 6

4/Vliv délky sacího potrubí 7

B/ Zhodnocení 8

III. Vymezení úkolu 9

IV. Měření na zkušebním jednoválci 10

A/Popis měřící aparatury 10

B/Popis měření 11

V. Měření na motoru ŠKODA 706 RT 12

A/Popis měřící aparatury 12

B/Popis měření 13

C/ Zhodnocení 16

VI. Navržení konstruční úpravy 18

VII. Početní metody.

1/Výpočet dle prof. J.M.Lenina 22

2/Výpočet dle prof. dr. H.Lista 25

3/ Zhodnocení 26

VIII. Legenda ke grafům v příloze 28

IX. Závěr 31

X. Tabulky 32

Grafy pro vyhodnocení. č. 1-15

Grafy v příloze

VŠST LIBEREC	Sací potrubí motoru ŠKODA 706 RT	DP-STR. 11. ČERVENCE 1964 Josef Dvořák

I. Úvod

Přibližně před půl stoletím se vyskytly první snahy využít dynamických účinků při proudění vzduchu potrubím pro zlepšení plnění válců spalovacích motorů. Z nedostatečné znalosti probíhajících dějů pocházely však chyby, které způsobily, že výsledky byly horší než byle očekáváne.

Rozvoj spalovacích motorů v poválečných letech si vynutil oživení pokusů o vytvoření výpočtové methody, která by umožnila předem určit vhodnou úpravu sacího a výfukového systému. Bylo vytvořeno několik teorií,které se snažily zvládnout pracovní procesy spalovacích motorů početní mehodou,při čemž náročnost na početní techniku musela být podmíněna nutností širokého rozšíření a praktického použití.

Dnes je všeobecně známo, že správnou konstrukcí sacího a výfukového potrubí lze podstatně zlepšit charakteristiku motoru.

Při vývoji spalovacích motorů je snaha o zlepšení všech parametrů motoru,zejména o snížení měrné spotřeby a zvýšení litrových výkonů.Oba tyto parametry především ovlivňuje objemová účinnost sání motoru.V současné době je naftový motor již na poměrně vysoké technické úrovni jak pokud jde o mechanickou účinnost,tak pokud jde o zvládnutí spalovacího procesu. Také objemová účinnost je poměrně vysoká,což je dosaženo použitím dmychadla.Ke zlepšení objemové účinnosti lze také výhodně použít dynamických účinků vzduchu v sacím potrubí..

Z tohoto důvodu byl pro diplomovou práci zvolen úkol nalézt způsob zlepšení objemové účinnosti při použití dynamických účinků sání.

Úkol byl rozdělen do dvou hlavních částí:

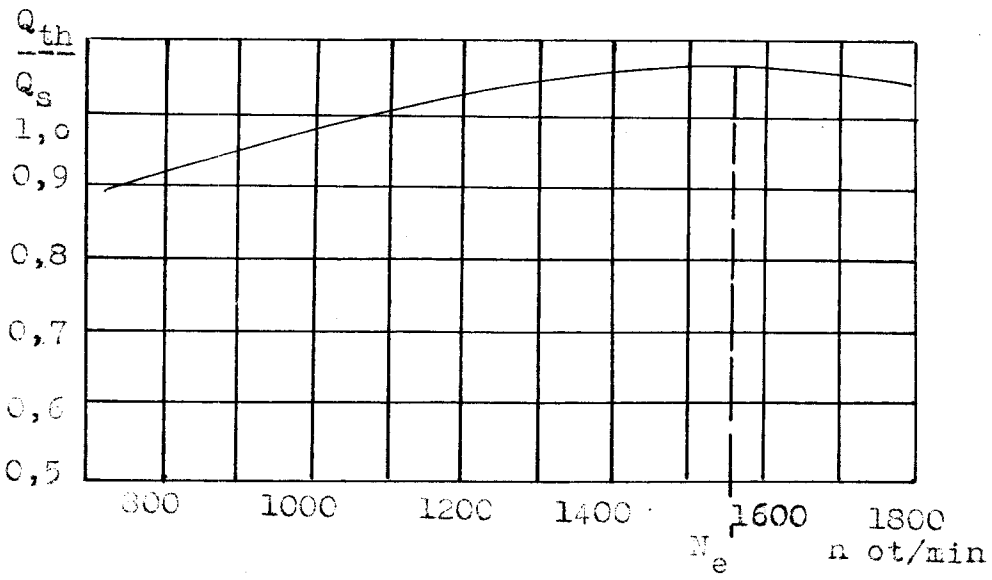
1/získání všeobecných zkušeností a experimentálních výsledků na zkušebním jednoválci jako podklad pro další vývojové práce na tomto problému.

2/aplikace získaných výsledků na motor ŠKODA 706 RT

II Rozbor činitelů mající vliv na plnění válce.

A/Popsání činitelů ovlivňujících plnění válce.Jsou to zejména tito činitelé:

1/Otáčky motoru:



Vliv otáček na plnění válce.

Q_{th} /l/sec./ ....teoretické množství vzduchu nasáté motorem

Q_s /l/sec./ ....změřené množství vzduchu

Závislost je vynesena pro konstantní délku sacího potrubí a neproměnná rozvodová data.

Z diagramu je zřejmé, že při otáčkách Ne dostáváme nejlepší plnění válce. Při nižších otáčkách klesá dynamické přeplňování a může zde nastat unikání vzduchu z válce motoru Viz. diagr. II/1 Průsečík N je poměrně daleko od bodu zavírání ssacího ventilu. Při dalším pohybu pístu je ve válci vyšší tlak než v ssacím potrubí a vzduch uniká z válce do ssacího potrubí.

Při větším počtu otáček než Ne se zvětšuje rychlost vzduchu a společně s tím i dynamické přeplňování, které zvyšuje tlak ve válci. Současně však je třeba většího podtlaku pro urychlení sloupce vzduchu v ssacím potrubí a tím se snižuje tlak ve válci. Třetím faktorem, který se zde začíná silněji projevovat jsou pasivní odpory ssacího systému. Tyto odpory se skládají z odporu v ssacím potrubí a odporu v ssacím ventilu a lze je vyjádřit na příklad vzorcem dle Lista:

$$P_2 = c \frac{\gamma}{g} \frac{Wr^2}{2} \qquad \text{II (1)}$$

$$c = \lambda \frac{lr}{dr} + \frac{1}{(\mu\sigma)^2} \left(\frac{dr}{D} \right)^4 \qquad \text{II(1a)}$$

γ (kg/m^3) ..... měrná váha vzduchu

Wr(m /s) .... rychlost vzduchu v potrubí

dr(m) .....průměr ssacího potrubí

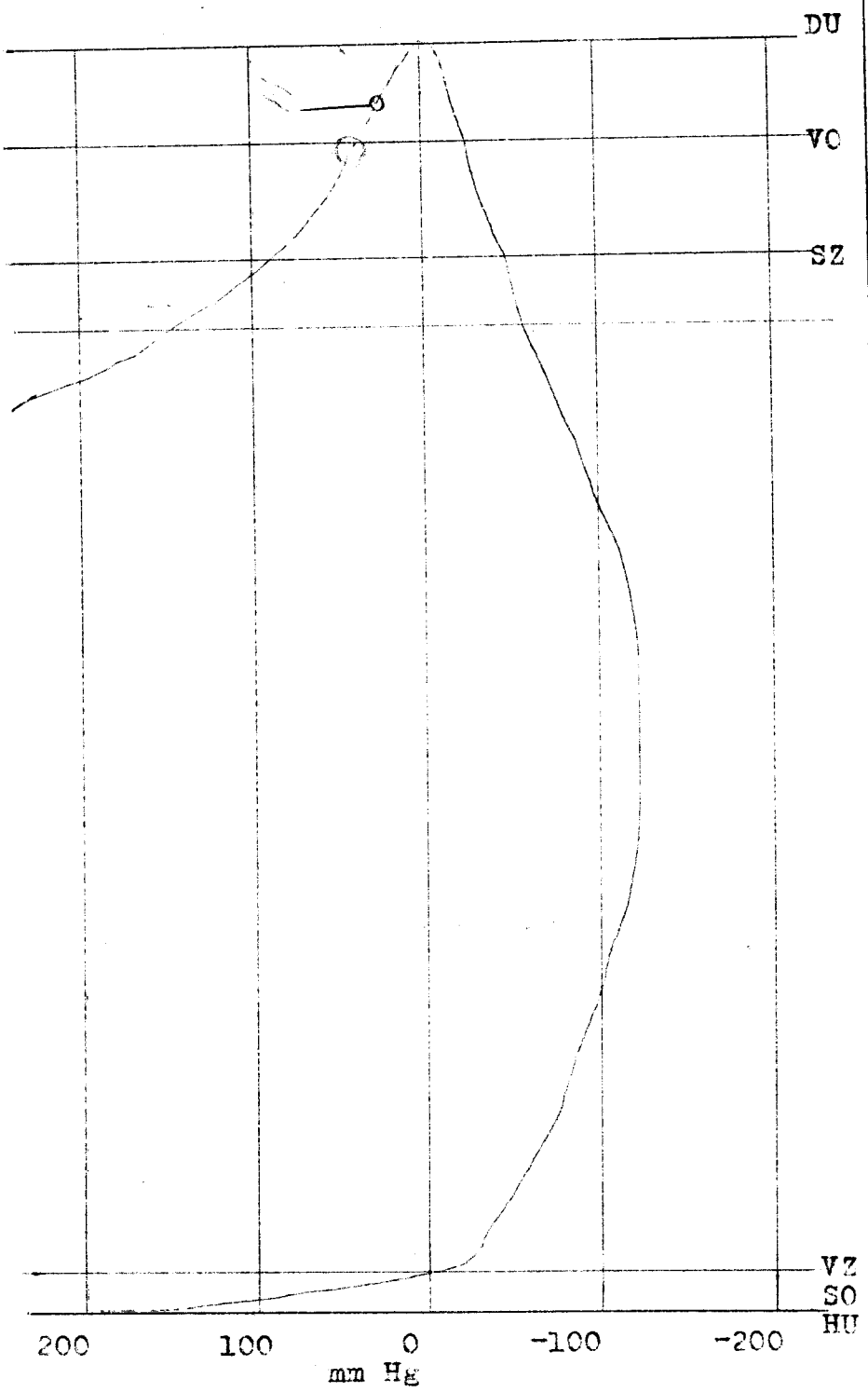
D (m) ..... průměr válce

$\mu\sigma$ ..... poměrný užitečný průřez

g = 9,81 m/s^2

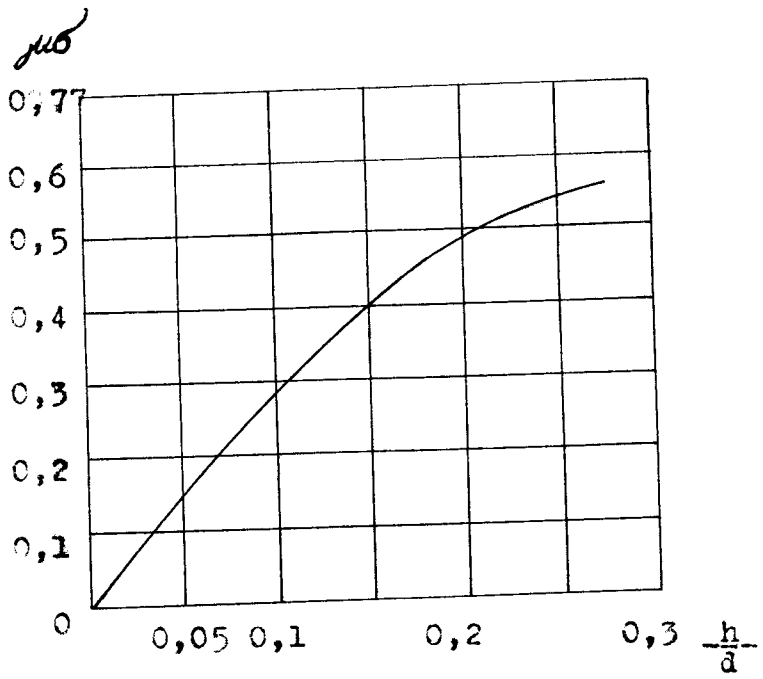
Poslední dva faktory začínají převládat a křivka začíná klesat.

VŠST LIBEREC	Sací potrubí motoru ŠKODA 706 RT	DP-STR. 4
		11. ČERVENCE 1964
		Josef Dvořák



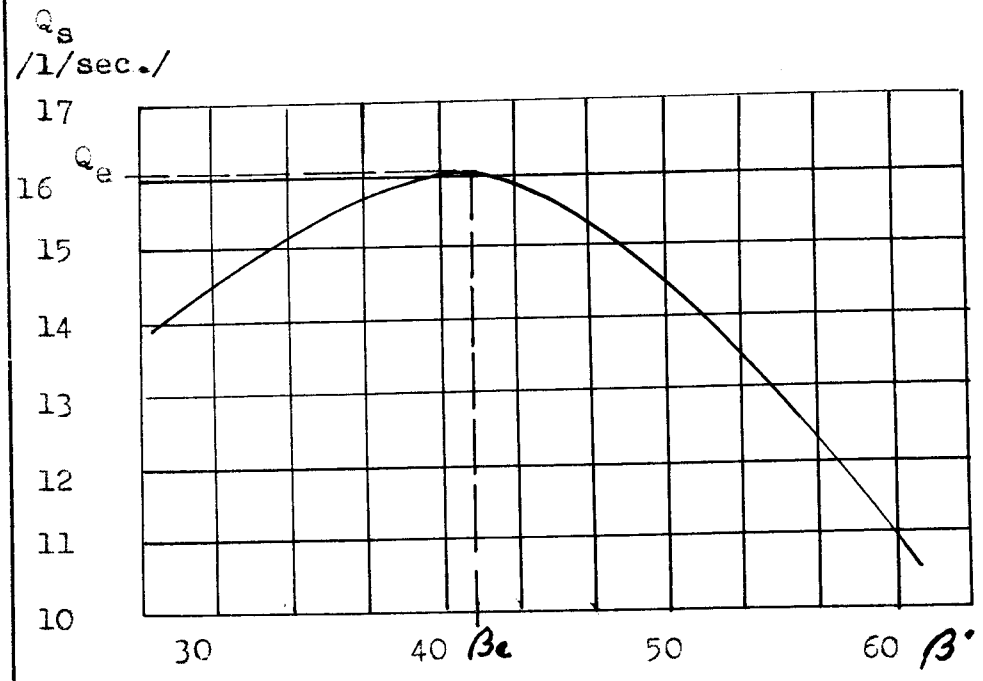
2/ Vliv průřezu ventilu

Při plnění jsou odpory sacího traktu určeny především odporem při průtoku vzduchu sacím ventilem. Vyplývá to ze zeškrcení průtokového průřezu, při čemž je odpor větší než při průtoku vzduchu trubkou. Lze to také dokázat porovnáním obou členů ve vzorci II (1a). První člen dosahuje vlivem malého součinitele λ (který bývá asi 0,024) řádu $1\,0^{-1}$. Druhý člen nabývá hodnot řádu $1\,0^{-1}$, zde má hlavní vliv koeficient μ_0 viz graf:



Z uvedeného vyplývá, že plnění válce lze ovlivnit zvětšením průtokového průřezu ventilu a zvětšením buď zdvihu nebo zvětšením t,zv. časového průřezu ventilu.

3/ Vliv rozvodových dat ssacího ventilu.



Vliv rozvodových dat ssacího ventilu na nasáté množství vzduchu.

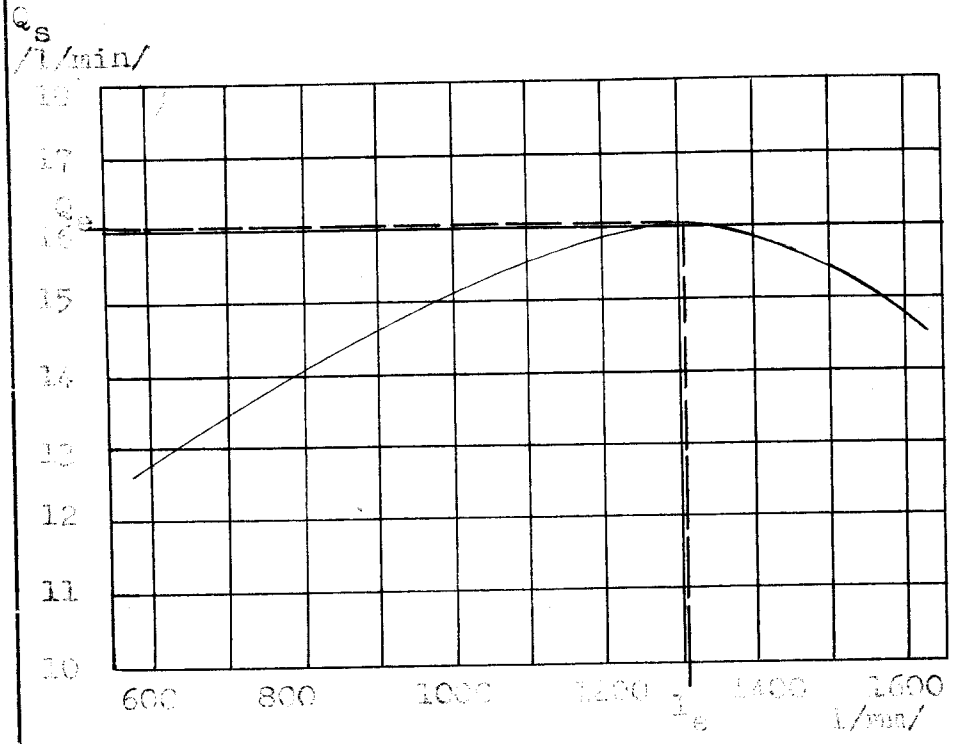
Q_s /l/sec./ .....změřené nasáté množství vzduchu

β .....úhel, odpovídající zavírání ssacího ventilu

Závislost $Q_s = f(\beta)$ je znázorněna pro konst. délku ssacího potrubí a neproměnné otáčky. Z průběhu vidíme, že při β_e nastává nejlepší plnění válce. Při β menším než β_e křivka klesá. Je to způsobeno nedokonalým využitím dyn. přetlaku v ssacím potrubí viz. diagr. II 1. Průsečík N může být za bodem M, tlak v potrubí vzrůstá i při zavřeném ssacím ventilu

Při β větším než β_e nastává zpětný výtok vzduchu do ssacího potrubí a tím klesá množství nasátého vzduchu.

4/ Vliv délky sacího potrubí



Qs (ℓ/sec) .... změřené nasáté množství vzduchu

l(m) ..... délka sacího potrubí

Závislost Qs = f(l) je sestrojena pro konstantní otáčky neproměnná rozvodová data.z jejího průběhu je zřejmé maximum nasátého vzduchu při délce le. Při zvětšování délky sacího potrubí působína průběh znázorněná funkce tito činitelé:

a/ zvětšuje se dynamické přeplňování vlivem zvětšení celkové hmoty,která svou kinetickou energií zvětšuje tlak ve válci.

b/zvětšuje se podtlak,potřebný pro urychlení sloupce vzduchu a tím se zmenšuje celkový tlak ve válci.

c/Rostou pasivní odpory dle vzorce II(1) a II(1a).

Pro délky menší než le převládá činitel a .Pro délky větší než le začínají převládat činitele b a c.

B/Zhodnocení popsaných činitelů majících vliv na plnění válce

ad1/ekolnosti,žepří jistých otáčkách je nejlepší plnění lze nejlépe použít pro stacionární motory. Je zde možno nastavit nejvýhodnější režim motoru s přihlédnutím ke všem ostatním činitelům,majících vliv na přeplňování motoru.Často se u stacionárních motorů vyžaduje chod při určitých otáčkách. V tomto případě je nutné zvolit nejvhodnější činitele pro dané otáčky.

U vozidlových motorů,které pracují v širokém rozsahu otáček není možno plně využít přeplňování motoru.Je však nutné upravit současně všechny činitele ovlivňující plnění tak,aby charakteristika motoru měla co nejlepší průběh pro konkrétní použití.

ad 2/Jak bylo uvedeno na plnění má také vliv průtokový průřez ventilu,zdvih ventilu a časový průřez ventilu. Zvětšování průtokového průřezu se provádí buď zvětšováním průměru ventilu nebo zvětšením počtu ventilů.Uvedené změny jsou však omezeny konstrukcí motoru,také zdvih ventilu je omezen konstrukcí motoru. Zvětšování časového průřezu je možno urychlením otvírání a zavírání ventilu, což je omezeno dynamikou rozvodu.

ad 3,4/ Vliv rozvodových dat a vhodné délky ssacího potrubí lze opět plně využít u stacionárního motoru.U vozidlových motorů je nutné tyto činitele zvolit pro otáčky,při kterých motor nejčastěji pracuje resp.při kterých je maximální kroutící moment.

III. Vymezení úkolu .

1/ Zjištění vlivu délky sacího potrubí a vlivu rozvodových dat měřením na zkušebním jednoválci.

Základní technické údaje:

Vrtání válce ⌀ 120mm

Zdvih pístu 130 mm

Rozsah otáček (600- 1800) ot/min

Otvírání sacího ventilu je stavitelné v rozmezí od 22° před horní úvratí až po 8° za horní úvrať.

Zavírání sacího ventilu je stavitelné v rozmezí 30° až 60° za dolní úvratí.

Kompresní poměr 14,5.

2/ Zjištění nejvýhodnější délky sacího potrubí pro motor ŠKODA 706 - RT na základě výsledků měření na jednoválci.

Technické údaje sériově vyráběného motoru ŠKODA 706 RT:

Vrtání válců ⌀ 125 mm

Zdvih 160 mm

Kompresní poměr 16,5

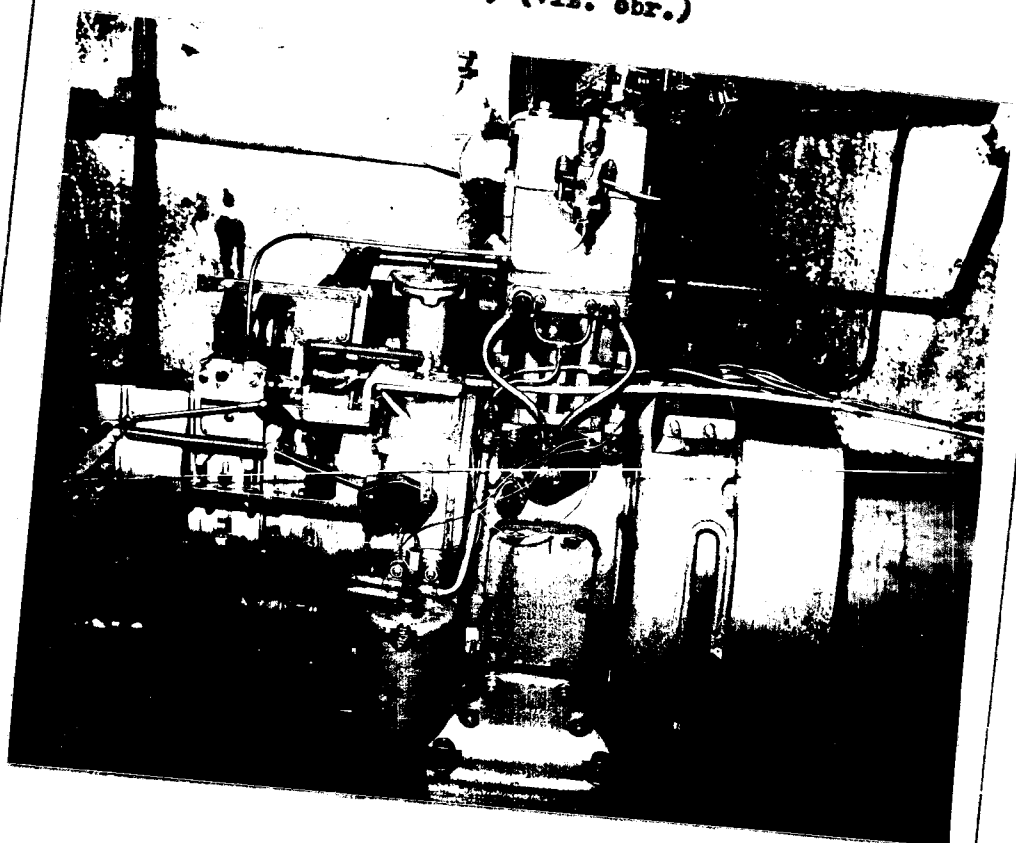
Výkon motoru 160 k při 1900 ot/min

Největší kroutící moment 70 kpm při 1200 ot/min

Motor je šestiválcový. Hlavy společně vždy pro dva válce. Sací kanály jsou pro oba válce ve hlavě spojeny, sací potrubí společné vždy pro dva válce.

IV. Měření na zkušebním jednoválci.

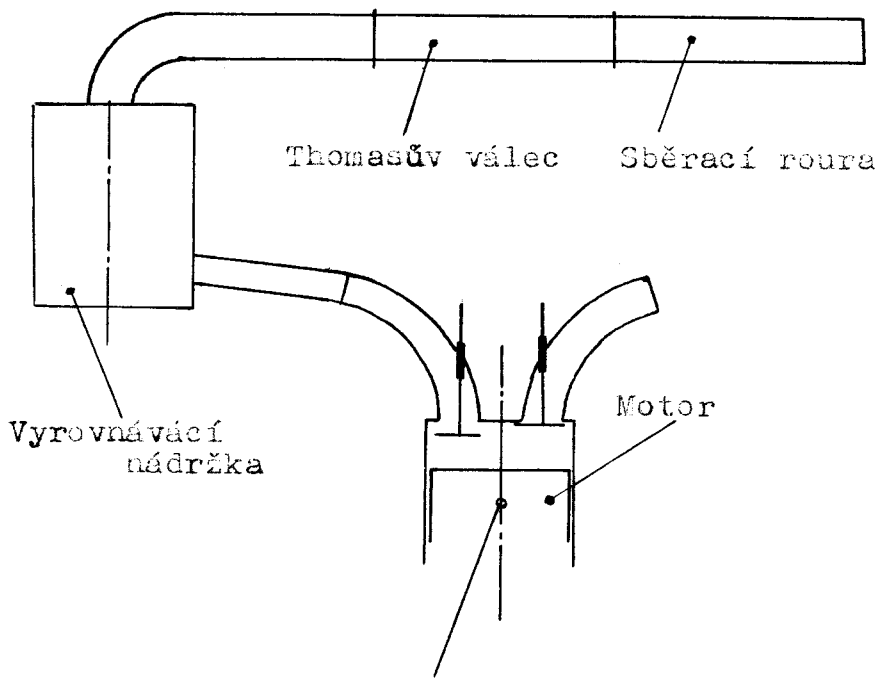
A/ popis měřící aparatury (viz. IV.1 obr.)



Obr.IV_1 Celkový pohled na zkušební jednoválec.

pro měření množství nasávaného vzduchu bylo třeba utlumit pulsaci v sacím potrubí a docílit rovnoměrného průtoku vzduchu.Proto sací potrubí ústilo do vyrovnávací nádržky, na ni byl napojen Thomasův válec měřící průtok vzduchu.

Viz schema:



Vhlavě motoru byla zvolena dvě měřicí místa pro upevnění nízkotlakých snímačů tlaku, ke kterým byl snímaný tlak veden z válce a ze ssacího potrubí krátkými přímými kanály. Jednoválec byl na jedné straně spojen s dynamometrem zatím co na druhé straně byl připevněn registrační válec indikátoru.

B/ Popis měření

Při měření bylo nutno válec odpojit od palivového systému, protože používané nízkotlaké snímače tlaku by se porušily vysokým tlakem při spalování paliva. Motor byl protáčen dynamometrem. Touto úpravou se sice změnily poměry při vyplachování válce, ale poněvadž překytí ventilu je poměrně malé lze vzniklou chybu zanedbat.

Měření bylo provedeno v tomto rozsahu:

1/ počet otáček se měnil od 800 ot/min po 1800ot/min po 200ot/min.

2/ úhel zavírání ssacího ventilu za dolní úvratí se měnil v rozsahu od 30° do 60° po 10°.

3/délka ssacího potrubí se měnila v těchto hodnotách:

l_1 = 610 mm

l_2 = 780 mm

l_3 = 970 mm

l_4 = 1270 mm

l_5 = 1430 mm

l_6 = 1580 mm

Byla prováděna dvě na sobě nezávislá měření.

1/Měřilo se množství vzduchu Thomasovým válcem Typ M 057.

2/ Byl snímán průběh tlaku ve válci a v ssacím potrubí (pouze nízké tlaky).Bylo použito pneumatico - elektrického indikátoru firmy DOBBIE Mc INNES GLASGOW.

Pro vyhodnocení byly tabulkovány tyto údaje:

1/ nasáté množství vzduchu naměřené Thomasovým válcem

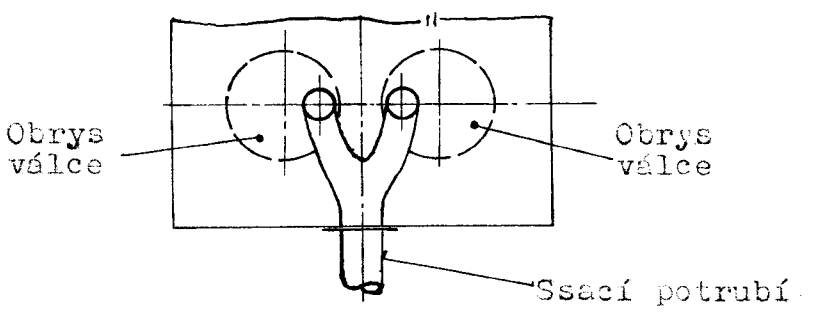
2 / tlak na kompresní čáře při poloze pístu odpovídající úhlu 60° pootočení kliky za spodní úvratí viz.diagram II 1 bod 1

Tento tlak byl zvolen jako porovnávací,protože zde v každém měření nastává čistá komprese a nedochází již v žádném případě ke změně množství vzduchu ve válci.

V. Měření na motoru ŠKODA 706 - RT

A / Popis měřící aparatury.

Hlava motoru je společná pro dva válce.Ssací kanály jsou v hlavě spojeny tak,že ssací potrubí je vždy společné pro dva válce . Viz. schema:



Obr.VI Celkové uspořádání měřící aparatury.

Celkové uspořádání je vidět z obr. V 1

Vlevé části obrázku je vidět Thomasův válec a část vyrovnávací nádržky. Uprostřed na stole jsou umístěny potřebné přístroje pro Thomasův válec a indikátor,který je vidět v pravé části obrázku. Vpozadí je vidět vodní brzda,na kterou byl motor připojen. Různých délek sacího potrubí bylo dosaženo vkládáním trubky mezi vyrovnávací nádržku a trubku připevněnou k sacímu otvoru v hlavě,Při měření byl měřený válec odpojen od palivového systému ze stejného důvodu, jako u jednoválce.Do otvoru pro vtřikovací trysku byl vložen nástavec pro upevnění nízkotlakého snímače tlaku viz.obr. V 2 Z obrázku je také zřejmé upevnění nízkotlakého snímače tlaku a sacím potrubí.

B / Popis měření

Měření bylo provedeno v tomto rozsahu:

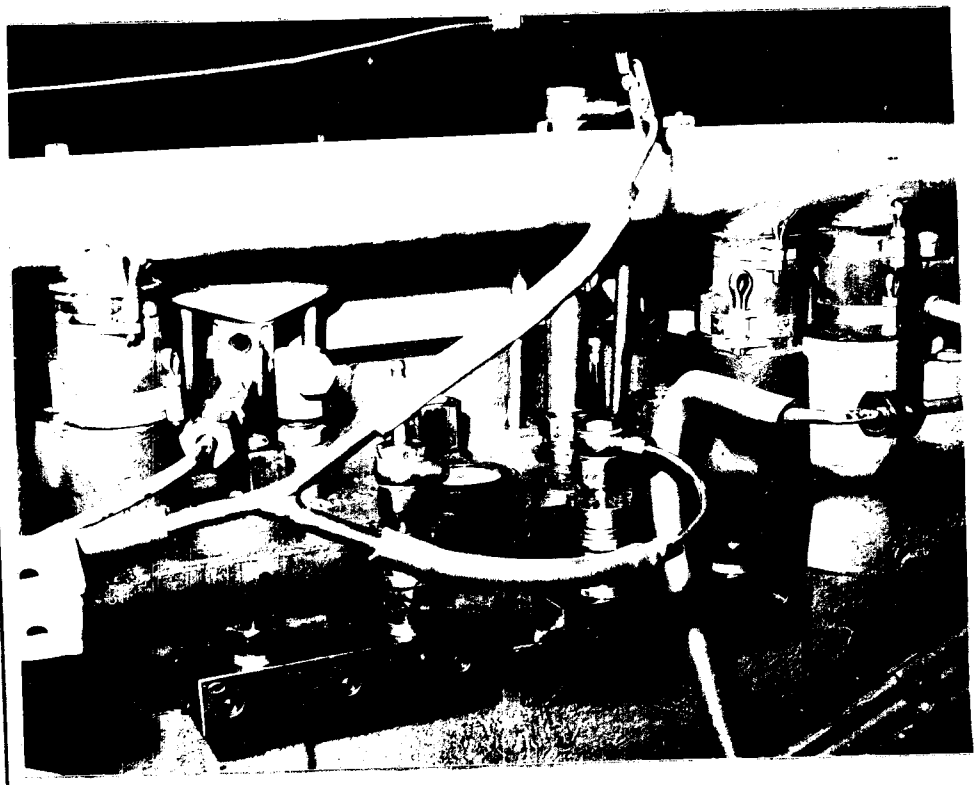
1/počet otáček v od 800ot/min do 1800 ot/min po 200 ot/min

2/délka sacího potrubí se měnila v těchto hodnotách:

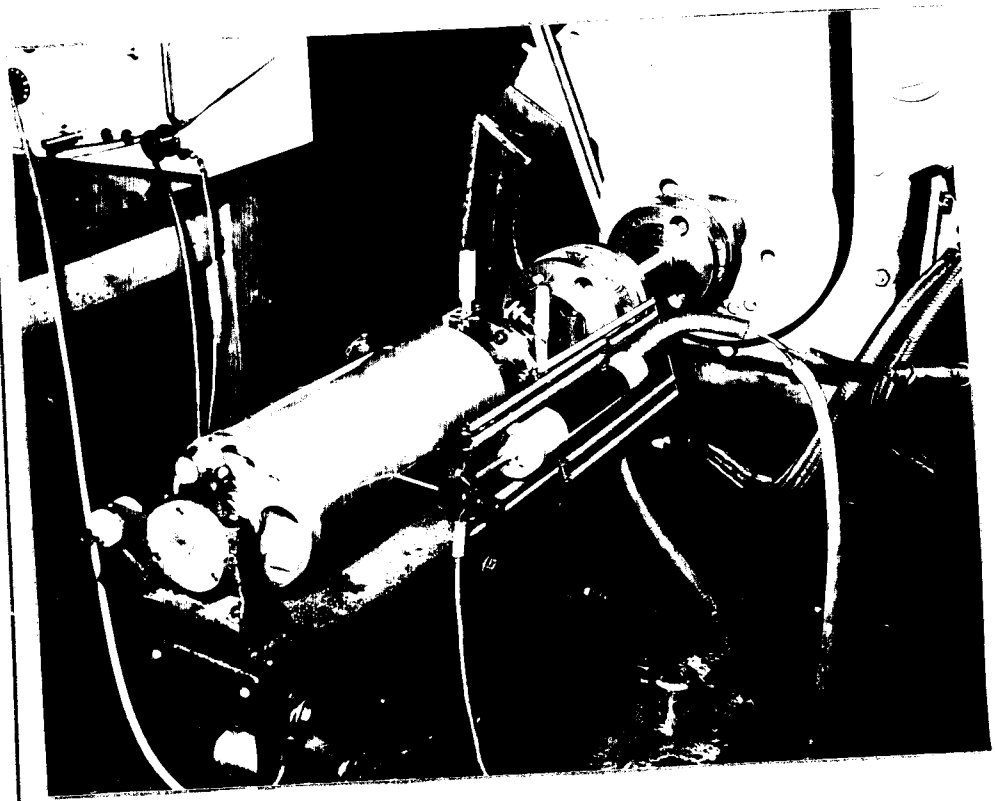
l_1 = 113 0 mm

l_2 = 1380 mm

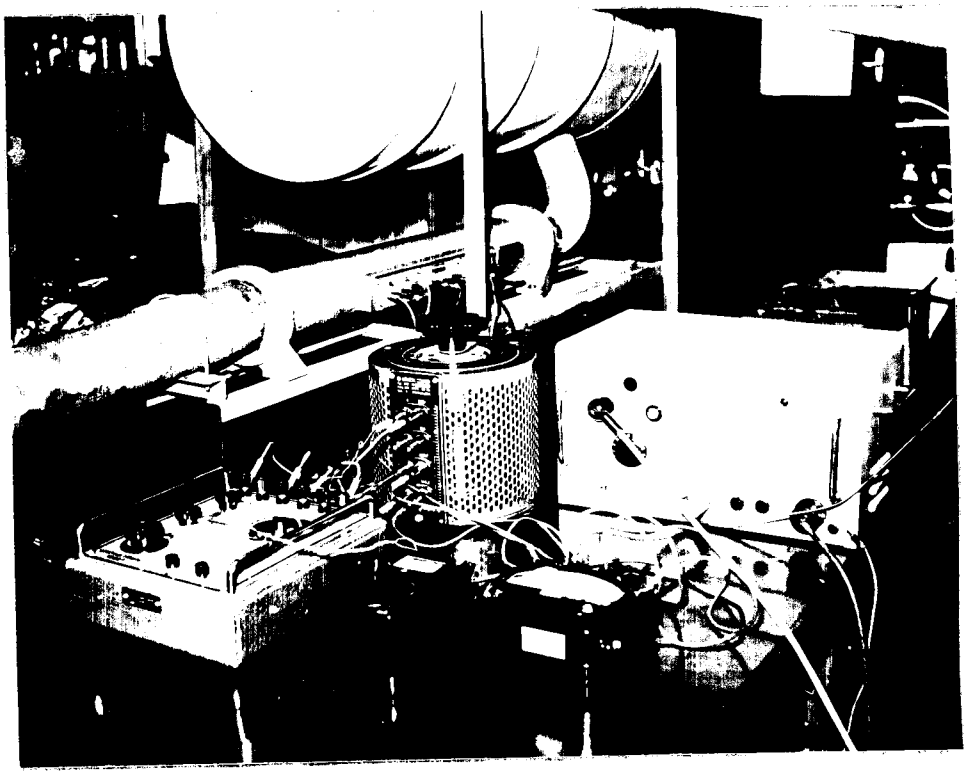
l_3 = 1590 mm



Obr. V 2 Zabudování nízko tlakých snímačů tlaku v hlavě motoru ŠKODA 706 RT



Obr. V 3 Pneumaticko-elektrický indikátor.



Obr. V 4 Thomasův válec

Délka sacího potrubí byla měněna v oblasti předpokládané nejvýhodnější délky na základě výsledků z jednoválce

Byla prováděna tato měření:

1/ množství nassátého vzduchu bylo měřeno Thomasovým válcem viz obr. V 4

2/ Průběh tlaku v sacím potrubí a ve válci byl snímán pneumaticko - elektrickým indikátorem obr. V 3. Pro vyhodnocení bylo použito stejných hodnot jako pro jednoválec.

C/ Zhodnocení výsledků měření.

Měření na jednoválci

Z naměřených množství vzduchu byla sestavena tabulka č. 1

Z těchto hodnot byly sestaveny tyto grafy:

1/ Závislost množství nassátého vzduchu na úhlu β - uzavírání sacího ventilu viz.grafy č. 1 až 6

Z grafů je zřejmé, že se stoupajícími otáčkami se zvětšuje strmost grafů. Působí zde větší setrvačnost vlivem větší rychlosti vzduchu a na druhé straně se zvětšují ztráty. Srtmost před maximem je větší než za maximem. Je to patrně způsobeno různou rychlostí proudícího vzduchu,před maximem je rychlost vtékajícího vzduchu větší než v druhém případě, kdy je nutné pohyb sloupce vzduchu nejprve obrátit a pak teprve urychlovat, aby nastal výtok vzduchu z válce.

Zpporovnání jednotlivých grafů je vidět, že množství nassátého vzduchu pro jednotlivé délky se mění a dosahuje maxima mezi délkou l_4 = 1270 m m a l_5 = 1430 mm. Důležitá je též poloha maxima. Pro l_1 = 610 mm, l_2 = 780 mm není maximum dostatečně zřetelné. Pro délku l_3 je již zřejmé poloha maxima v těsném okolí β = 40° Totéž potvrzují grafy pro l_4, l_5, a l_6.

2/ Závislost délky sacího potrubí na množství nassátého vzduchu viz,graf č. 7 až 10

Porovnáním grafů vidíme, že nejlepší plnění nastává přibližně při $\beta = 40^\circ$. Se vzrůstající délkou vlivem zvětšené hmoty, která je při nasávání v pohybu, se křivka zpočátku zvedá až dosáhne maxima. Zde začíná převládat zvětšený odpor potrubí a zvyšující se podtlak potřebný pro urychlení sloupce vzduchu, křivka začíná klesat.

S ohledem na předchozí vyhodnocení nejvýhodnějšího úhlu zavírání sacího ventilu se omezíme na úhel zavírání sacího ventilu $\beta = 40^\circ$ viz. grav č. 8 Z grafů je zřejmé, že maximální plnění nastává v rozmezí délek 1200 mm až 1400mm Nejvíce nás zajímá graf pro 1400 ot/min, poněvadž při těchto otáčkách předpokládáme maximální kroutící moment.

Pro rozbor uvádíme tabulku:

n(ot/min)	l(mm)	1000	1100	1400	1300	1400	1500	1600
1400	V(l/sec)	15,1	15,5	15,9	16,0	16,0	15,7	14,7
	Δ V %	-0,8	-4,0	27,2	28	28	25,6	17,8

V(l/sec) ..... směřené množství nasátého vzduchu

Δ V% ..... přírůstek nasátého množství vzduchu, vztažený na množstvínasátého vzduchu při délce sacího potrubí 600 m.

Z tabulky lze určit nejvhodnější délku sacího potrubí t.j.délku (1300 až 1400 mm), průběh procentního přírustku a maximální procentní přírustek množství vzduchu.

Z výsledků indikace byla sestavena tabulka č. 2

K porovnání s výsledky Thomasova válce viz, graf č, 13

Z průběhu je vidět, že poloha maxima a tvar křivky je podobný odpovídajícímu grafu pro nasáté množství t.j. pro n =1000ot/ n = 1000 ot/min $\beta = 30^\circ$.

Zhodnocení výsledků měření pro motor ŠKODA 706 RT

Z naměřených množství nasátého vzduchu byla

sestavena tabulka č. 4;5 a sestrojeny grafy č. 11;12
Měření bylo provedeno pro první a druhou hlavu. Předpokládálo se, že u první a třetí hlavy probíhá sání přibližně stejně. Srovnáním grafů pro první a druhou hlavu je zřejmý rozdíl mezi absolutní hodnotou množství nasátého vzduchu. Je to způsobeno různým sledem sání jednotlivých válců. U druhé hlavy je sání válců pootočeno o 360°, takže sání každého z válců probíhá bez vzájemného působení. U první hlavy však nastává překrytí sání jednotlivých válců. Na konci sání druhého válce začíná sání prvního válce a tím z větší části zamezí přeplňování druhého válce (podrobněji dále).

Z výsledků indikace byla sestrojena tab.č. 3.
K porovnání s výsledky z Thomasova válce viz graf č. 14.

VI. Navržení konstrukční úpravy

Z vyhodnocení výsledků měření vyplynuly dvě varianty úprav:

1/ zlepšení plnění zvětšováním délky sacího potrubí
: výkres 2 DP 00 3

2/ zlepšení plnění oddělením sacího potrubí jednotlivých válců ze současného použití zlepšení plnění zvětšením délky sacího potrubí, výkres 2 DP 002, 2DP 001

odl/ Pro navržení této úpravy lze přímo použít výsledků měření viz.tab:

Nasáté množství při původním provedení:

n(ot/min)	V(l/sec)
800	62
1000	77
1200	93
1400	109

(ot/min)	l(mm)	1ooo	11oo	12oo	13oo	14oo	15oo	16oo
1ooo	V(l/sec)	78,5	8o,o	8o,5	8o,5	8o,5	78,25	77
	ΔV %	1,y	3,8	4,5	4,5	4,5	1,8	1,3
12oo	V(l/sec	y4,5	y6	y6,75	y6,75	y6,75	y5,5	y4,25
	ΔV %	1,7	3,2	4,o	4,o	4,o	2,8	1,3
14oo	V(l/sec)	111	11o,3	113	112,5	112	11o,75	1oy,5
	ΔV %	1,8	3,o	3,2	3,1	2,8	2,5	1,8

Hodnoty ΔV jsou staženy na původní provedení z tabulky je zřejmé maximum V pro (12oo - 14oo) ot/min. Při úpravě sání byly použity tyto délky sacího potrubí:

l_1 = 145o - 1 hlava
l_2 = 115o - 2 hlava
l_3 = 135o - 3 hlava

Celkové nasáté množství pro tuto úpravu pro 12oo ot

$$V_c = \frac{96,75 + y6,4 + y6,15}{3} = y6,63 \text{ l/sec}$$

$$V = \frac{V_c}{V_1} - 1 = 0,03y = 3,y\ \%$$

Zvýšení množství nasátého vzduchu činí 3,9 %

Zvýšení množství nasátého vzduchu oddělením sacího potrubí jednotlivých válců by vyžadovalo výměnu sacího kanálu ve hlavě motoru. Bylo nutno rozdělit původní jeden kanál na dva samostatné , výkres 1 DP oo2. Při úpravě sání byly použity tyto délky sacího potrubí:

l_1= 1ooo mm - 1 válec
l_2= 1o5o mm - 2 válec
l_3= 95o mm - 3 válec
l_4= y5o mm - 4 válec
l_5= 11oo mm - 5 válec
l_6= 12oo mm - 6 válec

V případě, že uvažujeme zvýšení množství nasátého vzduchu pouze na úroveň 3 a 4 válce odstraněním překrýváním sání použijeme této tabulky :

(ot/min)	l(mm)	1ooo	11oo	12oo	13oo	14oo	15oo
1ooo	V(l/sec)	81	82,5	83,1	83,1	82,5	81,75
	ΔV%	5,2	7,2	7,9	7,y	7,2	6,1
12oo	V(l/sec)	y7,5	y8	y9,75	y9,75	y9,75	y9
	ΔV %	4,8	6,4	7,3	7,3	7,3	6,4

1400	V(l/sec)	113,45	114,75	116,45	117	117	116,45
	△ V %	3,9	5,2	6,8	7,45	7,45	6,8

Celkové množství nasátého vzduchu pro 1400 ot .

$$V_c = \frac{97,5 + 98,3 + 95,8 + 99 + 99,75}{6} = 97,69 \text{ l/sec.}$$

$$V = \frac{V_c}{V_p} - 1 = 0,05$$

V_p – původní množství vzduchu

Zvýšení množství nasátého vzduchu činí 5 %

Dosáhnout maximálního zvýšení pro 1400/ ot/min (t.j.7,3 %) nebylo možno,protože pro délky ssacího potrubí odpovídající maximálnímu zvýšení nebylo místo pro zabudování. Zvětšení délky ssacího potrubí by bylo možné přebudováním polohy startéru. Tato úprava by však vyžadovala větší úpravy konstrukční a změnu výrobní linky, čímž by vznikly velké potíže, které by pravděpodobně nebyly vyváženy konečným efektem t.j. zvýšením nasátého množství vzduchu.

V případě použití nejvýhodnější délky ssacího potrubí s potrubím pro každý válec samostatně je možno očekávat větší zvýšení množství nasátého vzduchu. Plyne to s porovnání grafů pro jednoválec a 2 hlav motoru Škoda 706 – RT viz graf č.: 15

Aby bylo možno tyto dvě závislosti porovnávat provedli jsme úpravu hodnot zaměřených na motor Škoda 706 – RT. Množství nasátého vzduchu jsme redukovali v poměru zdvihových objemů :

$$V_{red} = V \frac{V_j}{V_s}$$

V(l/sec) naměřené nasáté množ ství vzduchu na př.3.válcem motoru Škoda 706 – RT

Vj(l) zdvihový objem jednoválce

Vš (l) zdvihový objem motoru Škoda 706 – RT

Tím jsme získali V red, které je možno srovnávat s množstvím vzduchu nasátým jednoválcem. Z grafu vidíme že množství nasáté jednoválcem je asi o 23 % větší než u motoru Škoda. Je to především způsobeno tím, že :

1.) Průměr ssacího potrubí byl u obou motorů stejný při čemž u motoru Škoda tímto potrubím proudil vzduch na dva válce. V důsledku toho vzrostly odpory a tím i množství proudícího vzduchu.

2.) Rozvodové data ssacího ventilu nejsou nastavena s

ohledem na přeplňování.

3.) Na jednoválci je průběh přeplňování lepší než u motoru Škoda 706 RT , kde jsou sací kanály propojeny.

Odstraněním těchto nepříznivě působících činitelů by se docílilo dalšího zvětšení nasátého množství vzduch. Vzhledem k velkému rozdílu maximálních hodnot lze přibližně odhadnout celkové zvýšení nasávaného množství vzduchu asi na 10 % .

VII. Početní metody.

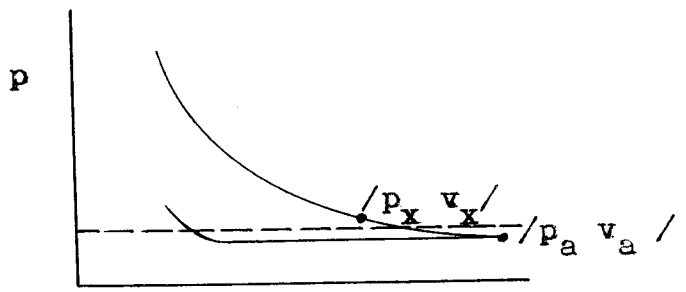
1/Výpočet dle prof. J.M. Lenina

Při plnění válce s dynamickým přeplňování se celkové celkové nasáté množství určí:

$$G_{celk} = G_{180} + G_{dop} \qquad (1)$$

G_{180} ..... množství vzduchu nasáté při proběhnutí pístu z horní do dolní úvratě za konstantního tlaku p_a viz obr.

G_{dop} ..... množství vzduchu,které teče do válce během



Průběh tlaku ve válci:

Tlak p_a vypočítáme z této úvahy:

Vzduch je hnán do válce přetlakem $p_o - p_a$ rychlostí:

$$w = \varphi \sqrt{2g \cdot \frac{k}{k-1} \cdot p_o v_o \left[1 - \left(\frac{p_a}{p_o}\right)\right] \frac{k-1}{k}}$$

φ ..... koeficient odporu při sání

k ..... měrný objem vzduchu před sacím traktem

Rychlost vzduchu lze vypočítat z rovnosti objemu protekléh o sacím ventilem a objemu uvolněného pístem.

$$w = \frac{\varepsilon - \delta}{\varepsilon - 1} \cdot V_a \cdot \frac{n}{30 f}$$

ε ..... kompresní poměr

δ ..... koeficient zahrnující vliv expanse zbytku plynu ve válci na začátku sání.

V_z ..... zdvihový objem

n ..... počet otáček motoru

f ..... průtokový průřez sacího ventilu odpovídající střednímu zdvihu.

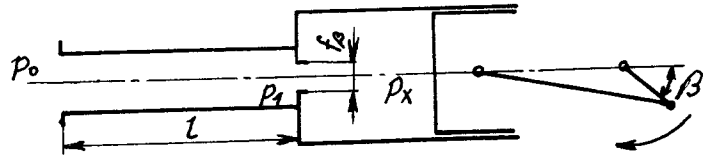
Porovnáním těchto rychlostí dostaneme:

$$\varphi \sqrt{2g \frac{k}{k-1} p_o v_o \left[1 - \left(\frac{p_a}{p_o}\right)\right] \frac{k-1}{k}} = \frac{\varepsilon - \delta}{\varepsilon - 1} V_z \frac{n}{30 f}$$

z toho

$$p_a = p_o \left[1 - \frac{n^2}{2g \frac{k}{k-1} p_o v_o \cdot 30^2} \left(\frac{V_z}{f}\right)^2 \frac{1}{\varphi^2} \left(\frac{\varepsilon - \delta}{\varepsilon - 1}\right)^2\right] \frac{k}{k-1}$$

Při přeplňování působí v průtokovém průřezu z jedné strany tlak v sacím potrubí a tlak vzniklý zpožďováním proudícího vzduchu, z druhé strany tlak ve válci viz obr. VII 1



Tlakové poměry v sacím ventilu.

Doplňování nastává platí-li

$$p_1 + p_{in} > p_x \qquad (3)$$

Výtok z válce nastává při:

$$p_1 + p_{in} < p_x \qquad (3a)$$

Tlak p_1 lze přib lišně brát:

$$p_1 = \frac{p_o + p_a}{2}$$

Setrvačná síla proudícího vzduchu:

$$P_{in} = \varphi_s \, f \, l \, \gamma \, \frac{1}{g} \, a_v$$

φ_s ..... koeficient odporu při sání

f .....průtokový průřez sacího ventilu

γ ..... měrná váha vzduchu

a_v ..... zpoždění vzduchu

l ..... délka sacího potrubí

z toho inerční tlak

$$p_{in} = \frac{P_{in}}{f} = \varphi_{sl} \gamma \frac{1}{g} a_v \qquad (4)$$

zpoždění vzduchu se dá přibližně určit:

$$a_v = a_p \cdot \frac{F_p}{f} \qquad (4a)$$

a_p ..... zrychlení pístu

F_p ..... plocha pístu

Zrychlení pístu se dá určit z rovnice :

$$a_p = r\omega^2 \left(\cos\beta - \frac{1}{\lambda} \cos 2\beta \right)$$

r ..... poloměr kliky

ω ..... úhlová rychlost kliky

β ..... úhel pootočení kliky za dolní úvratí.

dosadíme-li za:

$$\omega = \frac{\pi n}{30}; \quad F_p r = \frac{1}{2} V_h \quad a \quad \pi^2 = g$$

dostaneme:

$$p_{in} = \varphi_{sl} \gamma \frac{V_a}{1800} \left(\cos\beta - \frac{1}{\lambda} \cos 2\beta \right) \frac{n^2}{T_\beta} \qquad (4b)$$

T lak ve válci určit:

$$p_x = p_a \left(\frac{V_a}{V_x} \right)^n \qquad (5)$$

Doplňující množství vzduchu:

$$G_{dop} = \mu f_\beta \tau_\beta \sqrt{2g \left(p_1 + p_{in} - p_x \right) \gamma} \cdot 10^6 \qquad (6($$

μ ..... koeficient odporu ssacího kanálu

τ_B ..... doba,kterou proběhne píst z dolní úvratě do bodu,kdy zavírá ssací ventil

2/ Výpočet dle prof. dr. Hanse Lista

Pro pohyb v troubě a ventilu při zanedbání sloupce vzduchu lze psát::

$$p_e - p_z = \frac{\gamma}{g} l_r \frac{dw_r}{dt} + c \frac{\gamma}{g} \cdot \frac{W_r^2}{2} \qquad (7)$$

l_r ..... délka ssací trouby

dr..... průměr ssací trouby

γ ..... měrná váha vzduchu

Wr..... rychlost vzduchu v ssací troubě

kde je

$$c = \lambda \frac{l_r}{d_r} + \left(\frac{1}{\mu_0}\right)^2 \left(\frac{d_r}{D}\right)^4 \qquad (8)$$

λ ..... koeficient odporu při průtoku ssací troubou

μ_0 ..... poměrný užitečný průřez ventilu

D ..... průměr válce

Pro změnu tlaku ve válci platí vzorec

$$\frac{dp_z}{dt} = \frac{\varkappa p_e}{s} \left(\frac{f_r \cdot W_r}{V_h} - \frac{dz}{dt}\right) \qquad (9)$$

Vh ..... zdvihový objem

z ..... poměr okamžitého objemu válce a objemu zdvihového

Zavedením:

$$t = \frac{\alpha}{\omega_m} \; ; \quad W_r = 180 \frac{F \cdot C_m}{f_r} u$$

dostaneme:

$$\frac{d^2u}{d\alpha^2} = -A \frac{1}{s}\left(u - \frac{dz}{d}\right) - B\,u \frac{du}{d\alpha} \qquad (10)$$

$$\frac{du}{d\alpha} = -\frac{A}{\varkappa}\left(1 - \frac{p_z}{p_e}\right) - \frac{B}{2} u^2 \qquad (10a)$$

kde

$$A = \frac{\varkappa \cdot p_o \cdot g}{6n,1,180 W_{mr}}$$

$$B = C \frac{30}{nl} W_{mr}$$

$$W_{mr} = \frac{F \cdot cm}{\mu_r}$$

u ..... koeficient určující jak je zaplňován prostor uvolněný pístem

Koeficient u vypočítáme použitím řady:

$$u(a) = u(0) + \frac{\acute{u}(0)(a-0)}{1!} + \frac{\acute{u}(0)(a-0)^2}{2!} \quad (11)$$

ostatní členy zanedbáme.

Plnící účinnost bude $\lambda_e = \int u \, da$ (12)

3/ Zhodnocení

Metoda prof. J. M. Lenina.

Tato metoda má několik nedostatků. V rovnici (2) pro výpočet tlaku p_a není brán zřetel na vliv délky sloupce vzduchu v sacím potrubí. Při zvětšování délky sacího potrubí je třeba většího podtlaku pro urychlení vzduchu a tím se změní tlak ve spodní úvrati.

Dost značná nepřesnost vzniká ve vzorci (4A) pro výpočet zrychlení vzduchu v sacím potrubí. Vzduch v sacím potrubí nesleduje přesně pohyb pístu a tato nepřesnost se mění se změnou délky sacího potrubí.

Výpočet je nutno provést pro zvolená dostatečně malé intervaly a vždy na začátku každého intervalu je nutno zvýšit tlak ve válci s ohledem na zvětšené množství vzduchu ve válci při přeplňování během předcházejícího intervalu.

Výpočet je vhodný pro přibližné přiblížení k dané problematice. Pro přesný výpočet však vzhledem k uvedeným nepřesnostem danou methodu nelze použít.

Methoda prof. dr. Hanse Lista

Tato metheda se zřejmě velmi přibližuje ke skutečným poměrům poněvadž je zde brán zřetel ke všem hlavním dějům při sání a přeplňování.

Je však nutné provést výpočet pro celé sání, což je velmi pracné a zdlouhavé.

VII Legenda pro orientaci v grafech uved. v příloze.

Tyto grafy ukazují průběh tlaku ve válci a v ssacím potrubí. V obou případech jsme se zaměřili na nízké tlaky. Tlak v ssacím potrubí je zakreslen jen v oblasti ssání, takže je vidět jen část pulsací při zavřeném ssacím ventilu. Na začátku ssání je dobře vidět rychlý pokles tlaku jak v ssacímpotrubí, tak ve válci. Je dobře vidět, že tlak v ssacím potrubí se na začátku ssaní opožďuje za tlakem ve válci, což je nutné pro vytvoření přetlaku ženoucího vzduch do válce. Ve střední části grafu se tlaky navzájem tvarem sledují. Ke konci ssaní se začíná rozdíl mezi tlakem ve válci a tlakem vssacím potrubí zvětšovat. Je to způsobeno urychleným zvyšováním tlaku v ssacím potrubí v důsledku počínajícího působení dynamického tlaku proudícího vzduchu. Na konci ssaní probíhá, při přetlaku v ssacím potrubí, dynamické přeplňování. Při porovnání grafů je názorně vidět účinek dříve popsaných vlivů/t.j. hlavně délky ssacího potrubí a časování ssacího ventilu./ Na příklad je dobře vidět vliv ssání prvního válce na ssání druhého válce u motoru ŠKODA 706RT. Nejzřetelněji je to vidět z průběhu tlaku v ssacím potrubí. U druhého válce je dobře vidět seříznutí špičky v průběhu tlaku na konci ssání.

Při pečlivém prostudování těchto grafů je možno získat dobrou představu o tlakových poměrech při sání.

Seřazení grafů:

Zkušební jednoválec.

Délka sacího potrubí: /mm/	Zavírání sacího ventilu za DU	str.
L_3: 970mm	60	1-6
	50	7-12
	40	13-18
	30	19-24
L_2: 780mm	60	25-30
	50	31-36
	40	37-42
	30	43-48
L_1: 610mm	60	49-54
	50	55-60
	40	61-66
	30	67-72
L_4: 1270mm	60	73-78
	50	79-84
	40	85-90
	30	91-96
L_5: 1430mm	60	97-102
	50	103-108
	40	109-114
	30	115-120

Délka ssacího potrubí: /mm/	Zavírání ssacího ventilu za DU	str.
L_6: 1530mm	60	121-126
	50	127-132
	40	133-138
	30	139-144

Válec č.:	Délka ssacíhopotrubí	str.
1.	1130mm	145-150
	1380mm	151-156
	1590mm	157-162
2.	1590mm	163-168
	1380mm	169-174
	1130mm	175-180
4.	1130mm	181-186
	1380mm	187-192
	1590mm	193-198
3.	1590mm	199-204
	1380mm	205-210
	1130mm	211-216

Závěr:

Porovnáme-li vliv délky potrubí a vliv proměnného zavírání ssacího ventilu na nassáté množství vidíme, ževliv zavírání ssacího ventilu je větší. Vyplývá to z větší strmosti křivek. Této okolnosti je proto třeba věnovat zvětšenou pozornost. Avšak také volba otvírání ssacího ventilu má zřejmě vliv na plnění válce. Vyplývá to z průběhu tlaku v ssacím potrubí, který pulsuje vlivem přerušovaného průtoku vzduchu. Bylo by výhodné využít této pulsace a otvírat ssací ventil v okamžiku největšího tlaku v ssacím potrubí.

Poměry při plnění válce jsou také zřejmě ovlivňovány průměrem ssacího potrubí, se kterým se mění rychlost vzduchu v ssacím potrubí. Tímto se hlavně mění odpor vzduchu a využívaná kinetická energie vzduchu. Z uvedených okolností, které ovlivňují plnění válce, vyplývá další vývoj využívání dynamického přeplňování jak všeobecně, tak specielně pro motor ŠKODA 706 RT.

VŠST LIBEREC	Sací potrubí motoru Škoda 706 RT	DP-STR.
		11. ČERVENCE 1964
		Josef Dvořák

Tab. č. 1.

β°	n (ot/mi)	Nasáté množství vzduchu (l/sec)					
		l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	l_6
30	800	8,0	8,5	8,5	9,0	9,0	8,5
	1000	10,0	11,0	11,0	11,5	11,5	11,0
	1200	12,0	12,0	13,5	14,5	14,5	14,0
	1400	16,0	16,0	16,5	17,0	17,0	16,5
	1600	18,0	18,0	19,0	19,5	19,5	19,0
	1800	20,5	20,5	21,5	21,5	21,0	20,5
40	800	8,0	8,5	9,0	10,0	9,5	9,0
	1000	10,5	11,0	12,5	13,5	13,5	13,0
	1200	13,0	13,5	15,0	16,0	16,0	15,0
	1400	15,5	16,5	18,0	19,0	19,5	19,0
	1600	18,0	19,3	21,0	22,0	22,5	22,5
	1800	21,0	22,5	23,0	25,0	24,5	24,5
50	800	8,0	8,3	8,3	8,5	9,0	8,0
	1000	11,5	11,5	12,0	12,0	12,0	11,5
	1200	13,0	13,5	13,5	14,5	14,5	14,0
	1400	16,0	16,5	17,0	16,5	17,5	16,5
	1600	19,0	18,5	19,0	19,0	20,0	18,5
	1800	21,0	21,5	22,0	21,0	22,0	20,5
60	800	7,5	8,0	8,5	8,0	8,0	7,0
	1000	10,5	10,5	11,0	11,0	9,0	9,5
	1200	12,8	12,5	13,0	11,0	10,5	11,0
	1400	15,5	15,0	15,75	13,5	12,5	12,5
	1600	17,5	17,5	18,0	17,0	17,0	16,5

VŠST LIBEREC	Sací potrubí motoru Škoda 706 RT	DP-STR.
		11. ČERVENCE 1964
		Josef Dvořák

Tab. č. 2

β°	n (ot/min)	p (mm Hg) l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	l_6
30	800	164	15<	132	140	142	148
	1000	148	152	156	172	155	168
	1200	168	156	160	176	206	213
	1400	176	17<	152	168	213	219
	1600	160	156	15<	188	<45	<06
	1800	144	164	180	180	187	168
40	800	156	144	148	105	136	1<3
	1000	180	15<	164	148	155	148
	1<00	156	188	172	136	181	181
	1400	188	180	168	161	<06	213
	1600	17<	188	160	213	2 5<	2<6
	1800	184	<1<	1>2	22 6	187	181
50	800	100	124	112	97	97	110
	1000	1<8	1< 8	1<4	14<	1<<	136
	1<00	144	156	144	148	155	<06
	1400	168	17<	15<	155	187	<00
	1600	144	164	15<	<3<	-3<	<58
	1800	164	1>6	< 00	<3<	< 06	<06
60	1800	40	84	-0	71	5<	84
	1000	60	84	60	97	110	97
	1<00	80	104	76	103	136	148
	1400	11<	140	7<	1<>	161	168
	1600	104	116	84	181	<06	-<0
	1800	1<0	148	156	1>4	1>4	174

Tab. č. 3

válec č.	n (ot/min)	p(m m Hg) 800	1000	1200	1400	1600	1800
1.	l_1	74,4	96,6	149	168	155	54,8
	l_2	83,8	116	165	180	136	-149
	l_3	96,7	129	187	148	65	-103
2.	l_1	64,5	103	135	155	140	90,4
	l_2	6887	96,7	180	165	136	65
	l_3	72,4	142	161	168	90,4	-38,8
3.	l_1	45,8	122	135	174	104	58
	l_2	71	130	174	181	84	57
	l_3	90,4	142	172	142	80,4	5 0
4.	l_1	77,4	110	122	181	116	45,2
	l_2	64,5	110	170	180	104	45,2
	l_3	48,4	129	172	136	96,8	58

Tab. č. 4

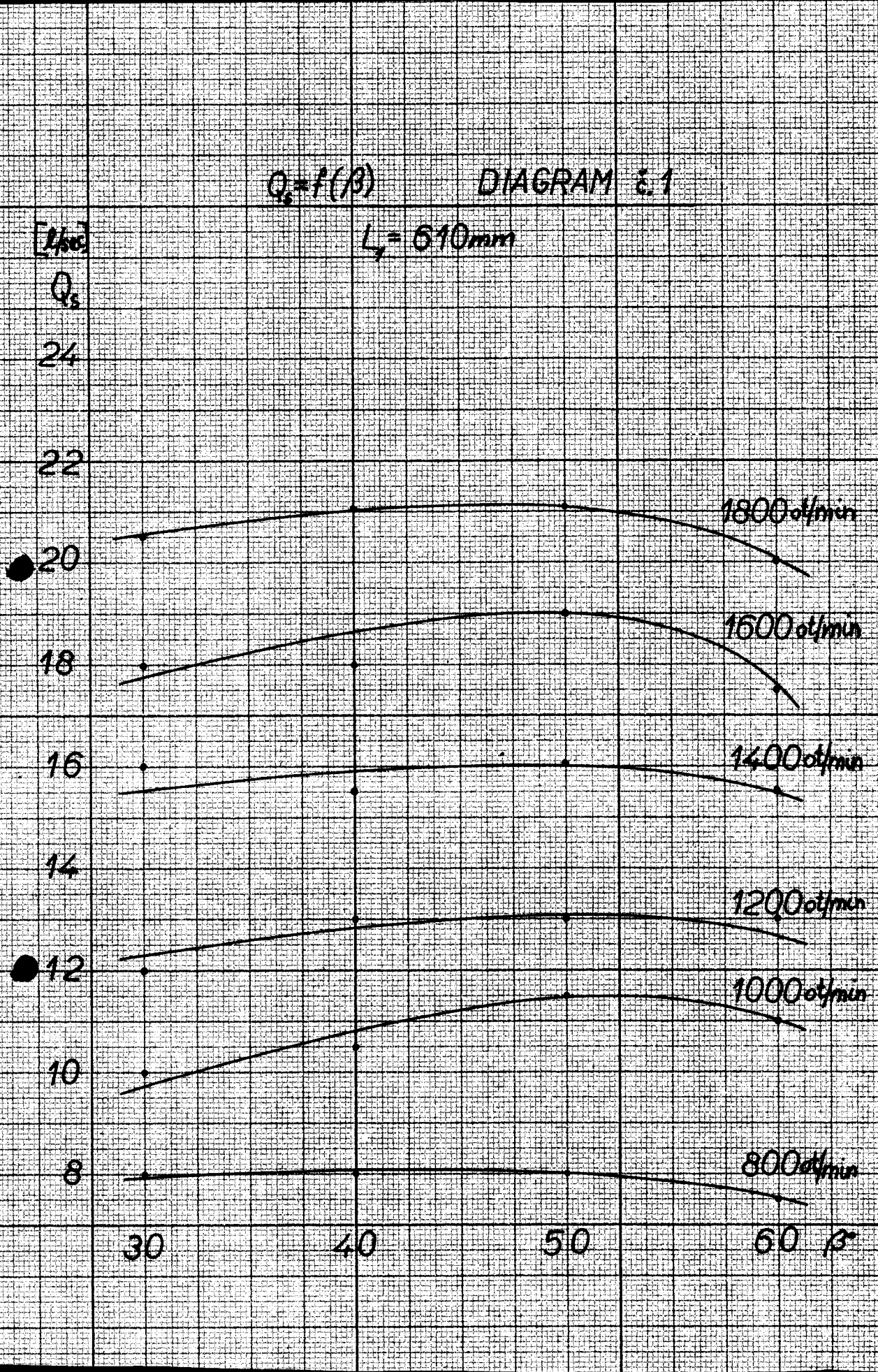
n (ot/min)	1. hlava 800	1000	1200	1400	1600	1800
l_1	41	52	63	74	81	86
l_2	41	52	63	73	81	88
l_3	40	50	62	71	78	81

Tab. č. 5

n (ot/min)	2. hlava 800	1000	1200	1400	1600	1800
l_1	41	55	66	77	84	89
l_2	42	55	66	78	81	88
l_3	41	54	68	76	82	86

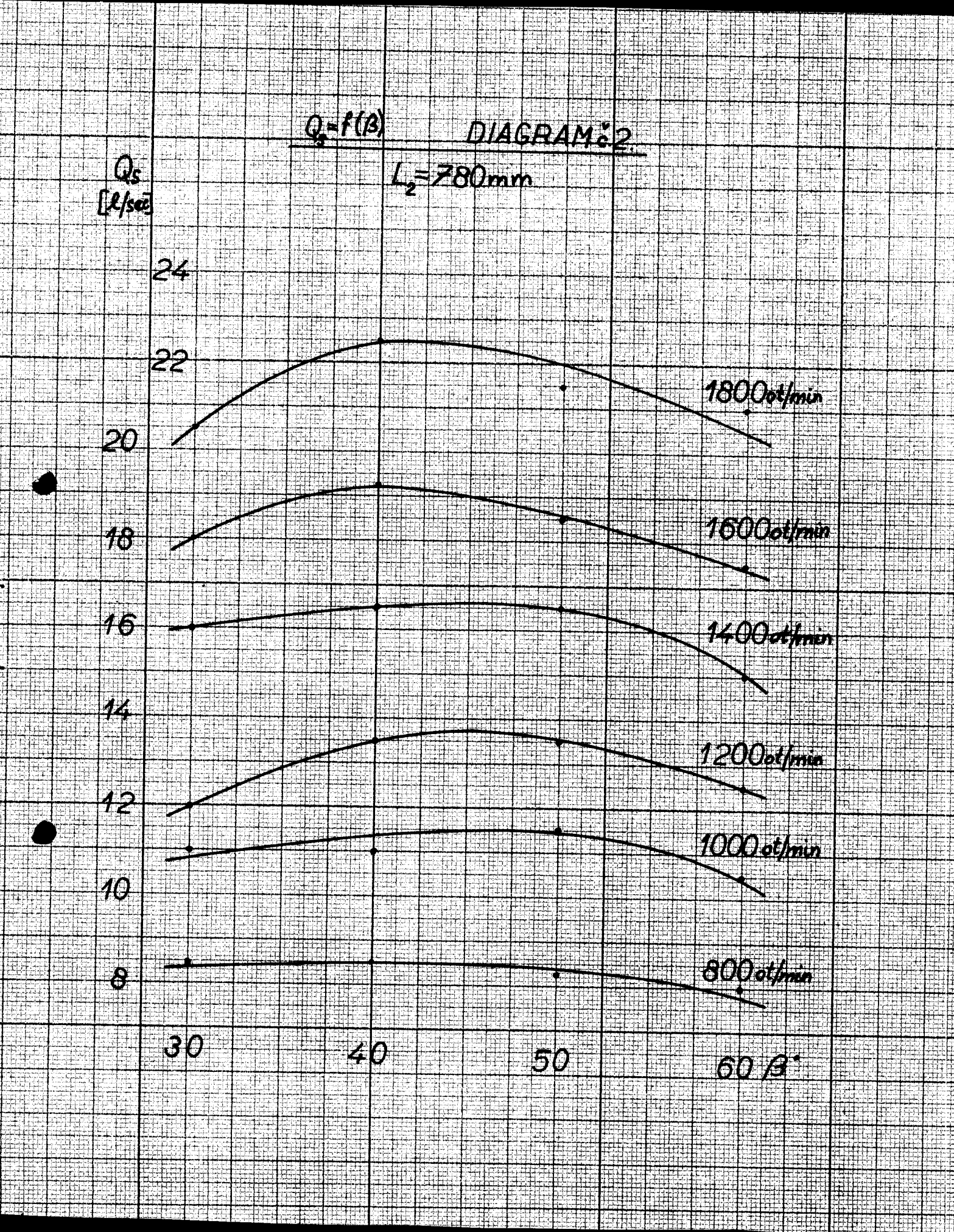
$Q_s = f(\beta)$ DIAGRAM č. 1

$L_r = 610mm$



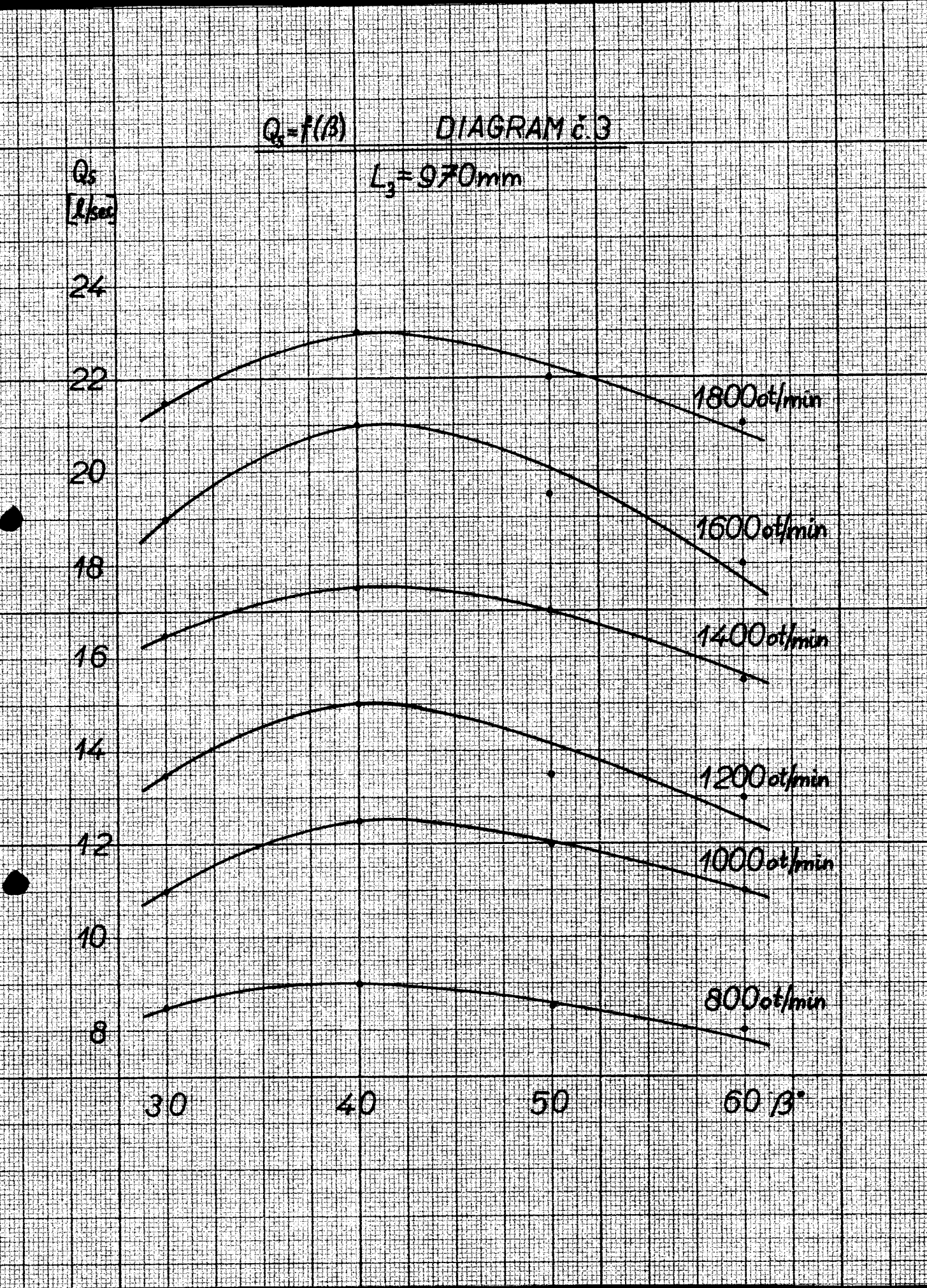
$Q_s = f(\beta)$ DIAGRAM nr. 2

$L_2 = 780$ mm



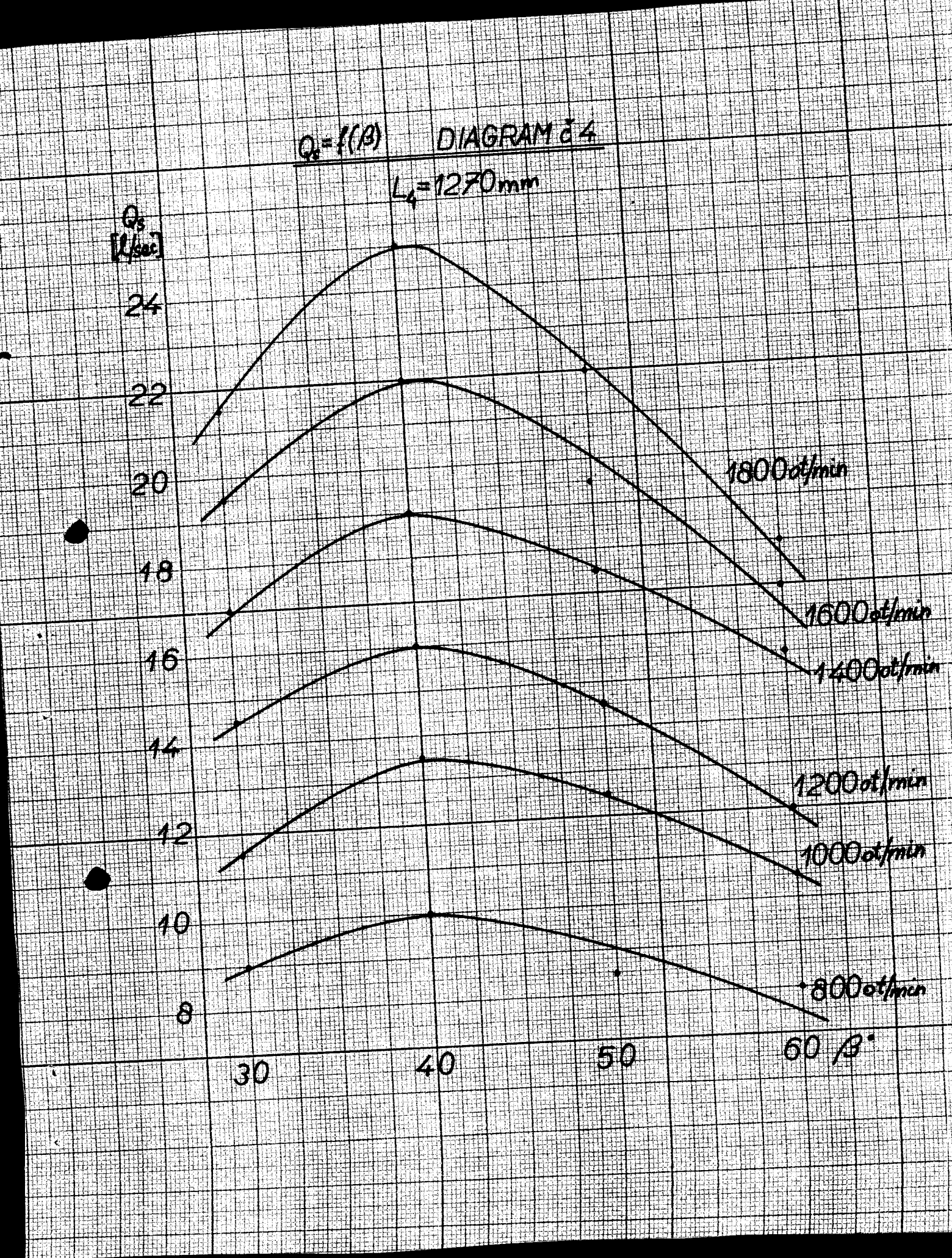
$Q_s = f(\beta)$ DIAGRAM č. 3

$L_3 = 970 mm$



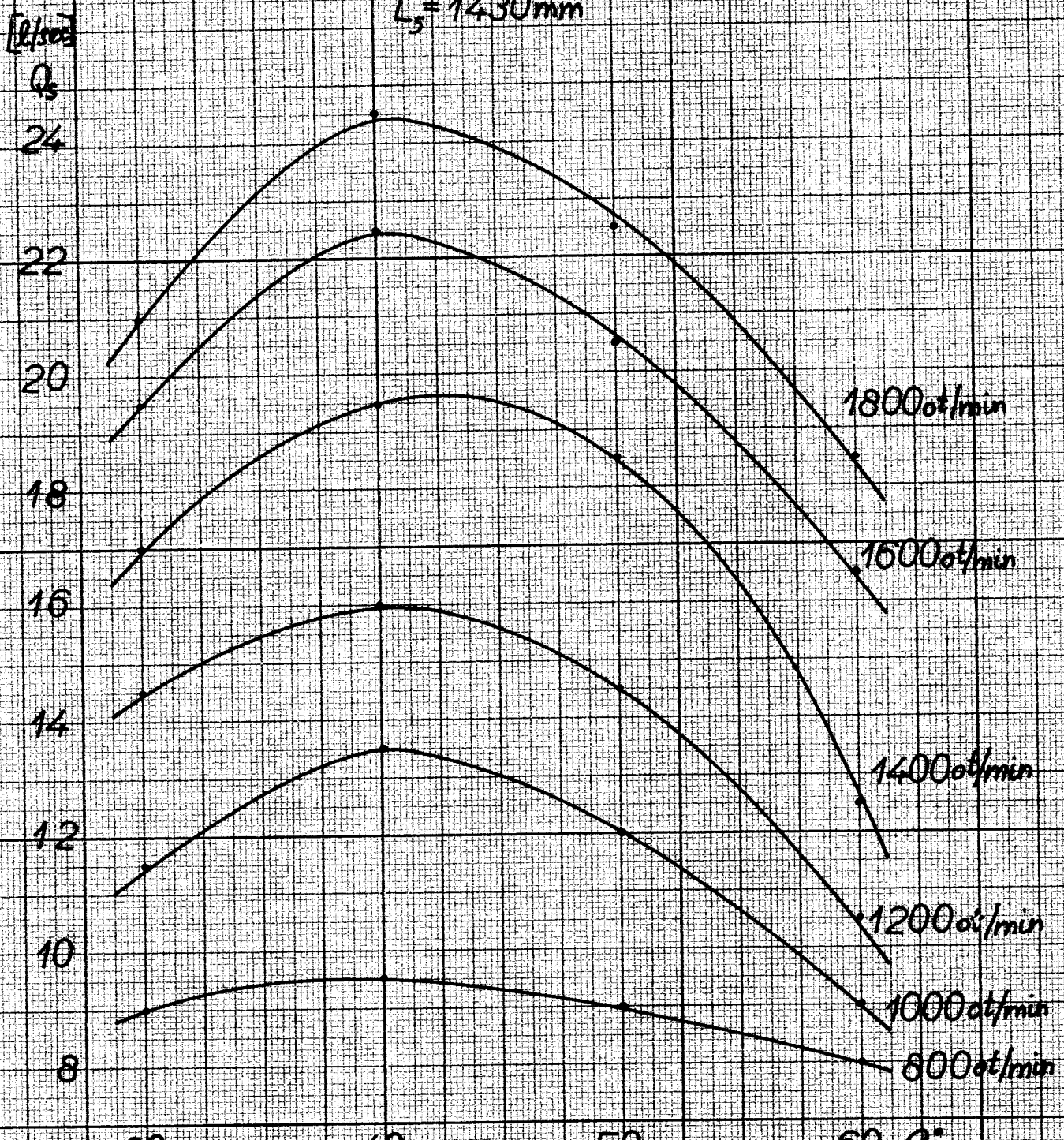
$Q_s = f(\beta)$ DIAGRAM č 4

$L_4 = 1270\,mm$



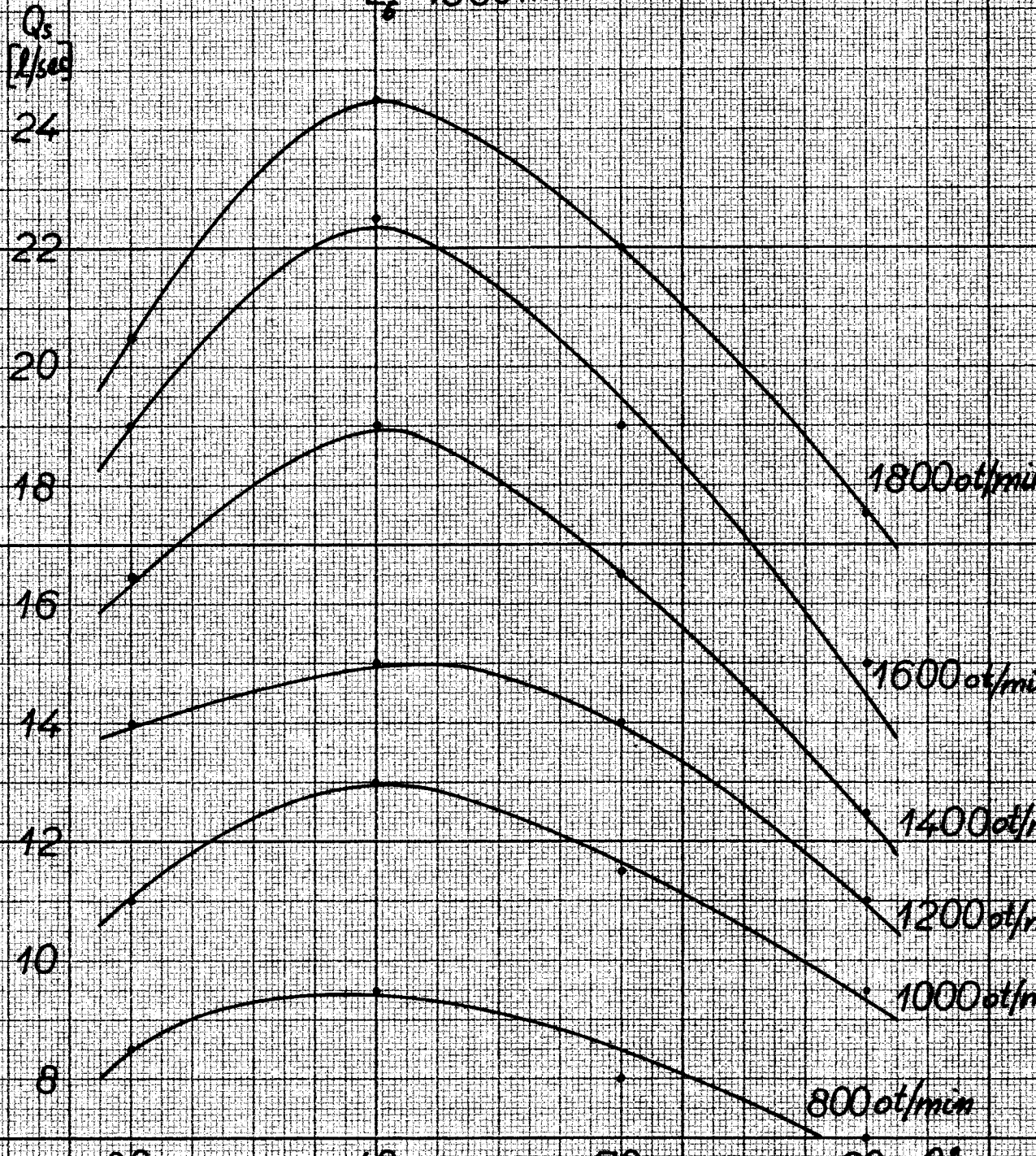
$Q_s = f(\beta)$ DIAGRAM č. 5

$L_s = 1430\,mm$



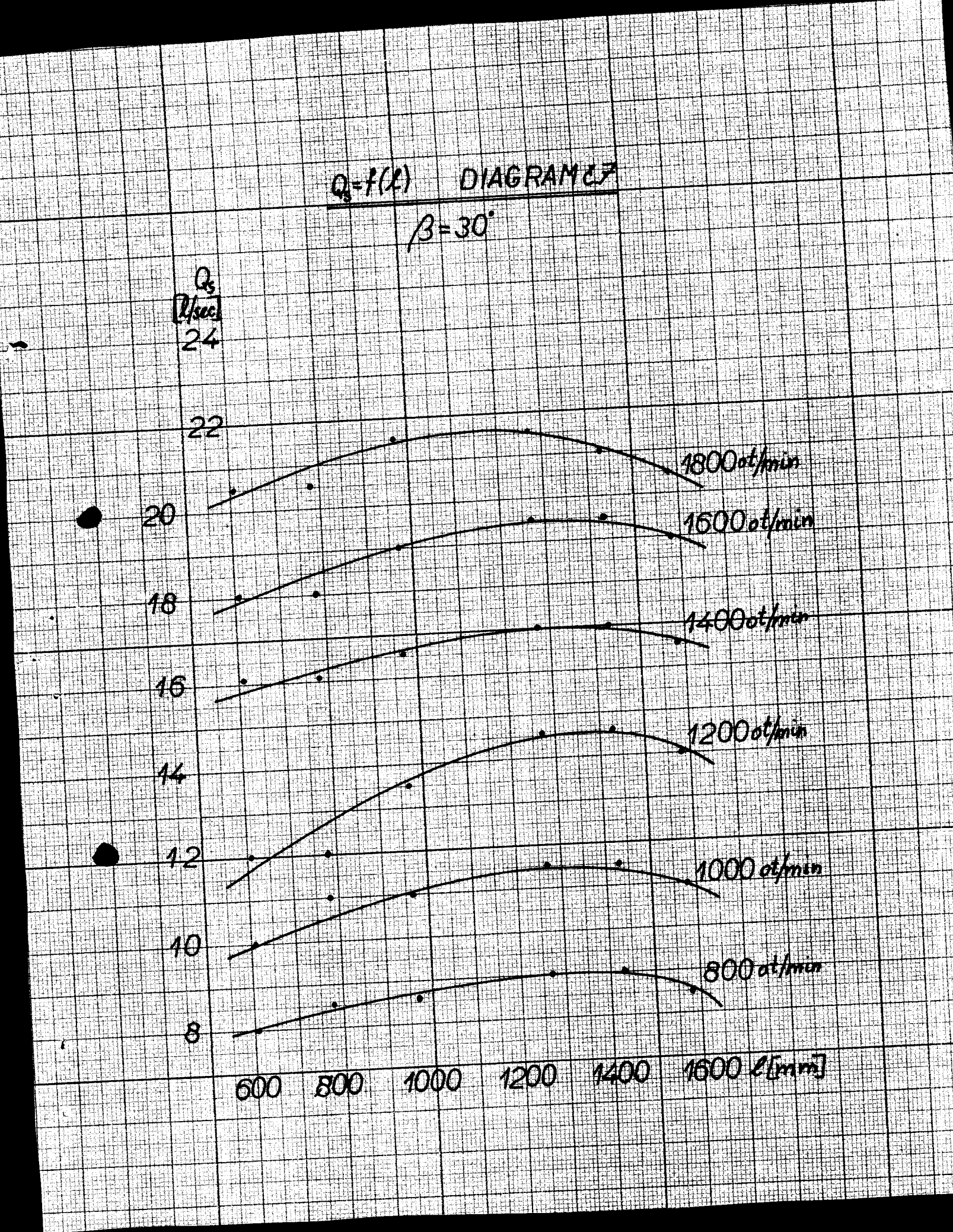
$Q_s = f(\beta)$ DIAGRAMA 6

$L_6 = 1580\,mm$



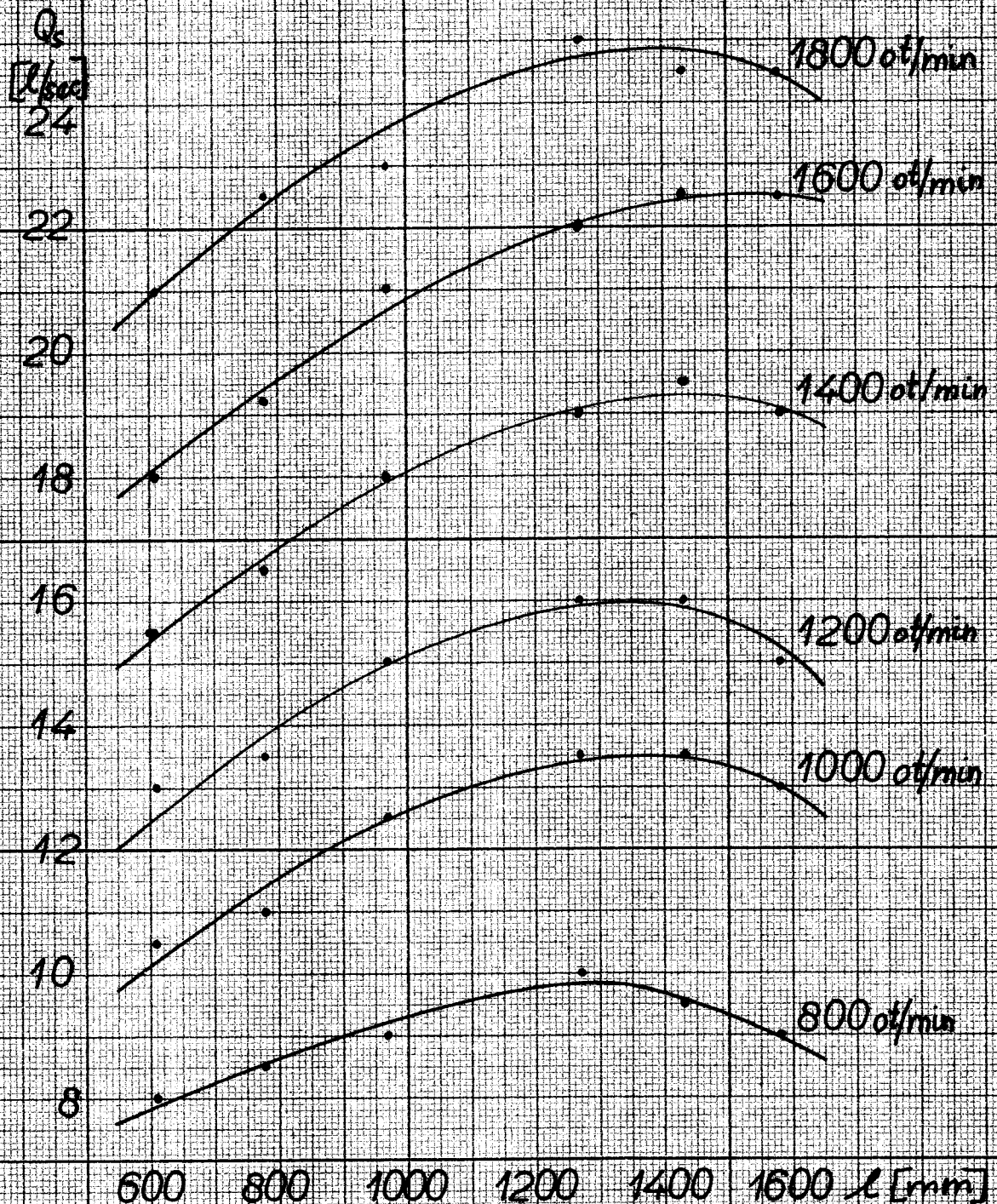
$Q_s = f(l)$ DIAGRAM

$\beta = 30°$



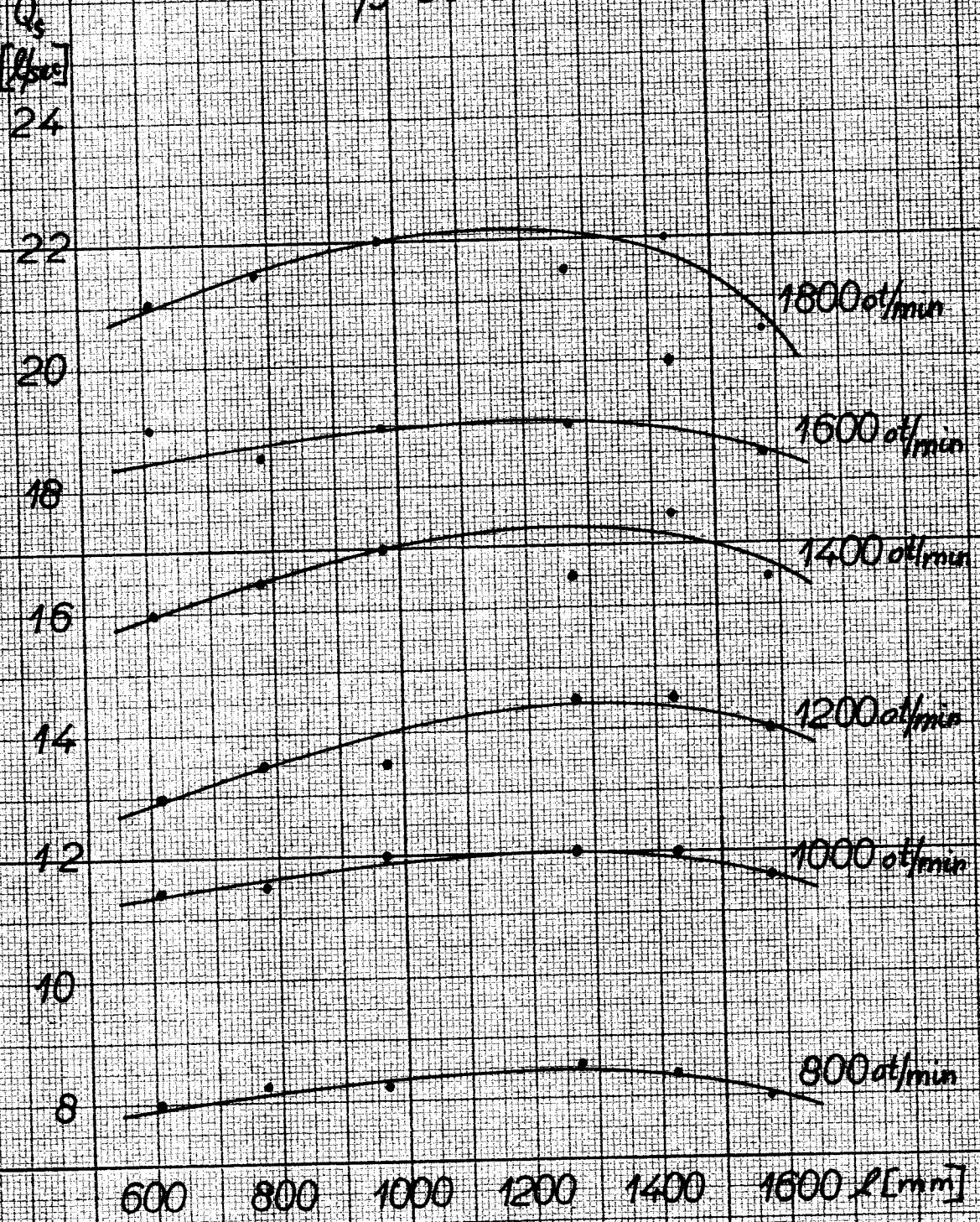
$Q_s = f(l)$ DIAGRAM Nr.8

$\beta = 40°$



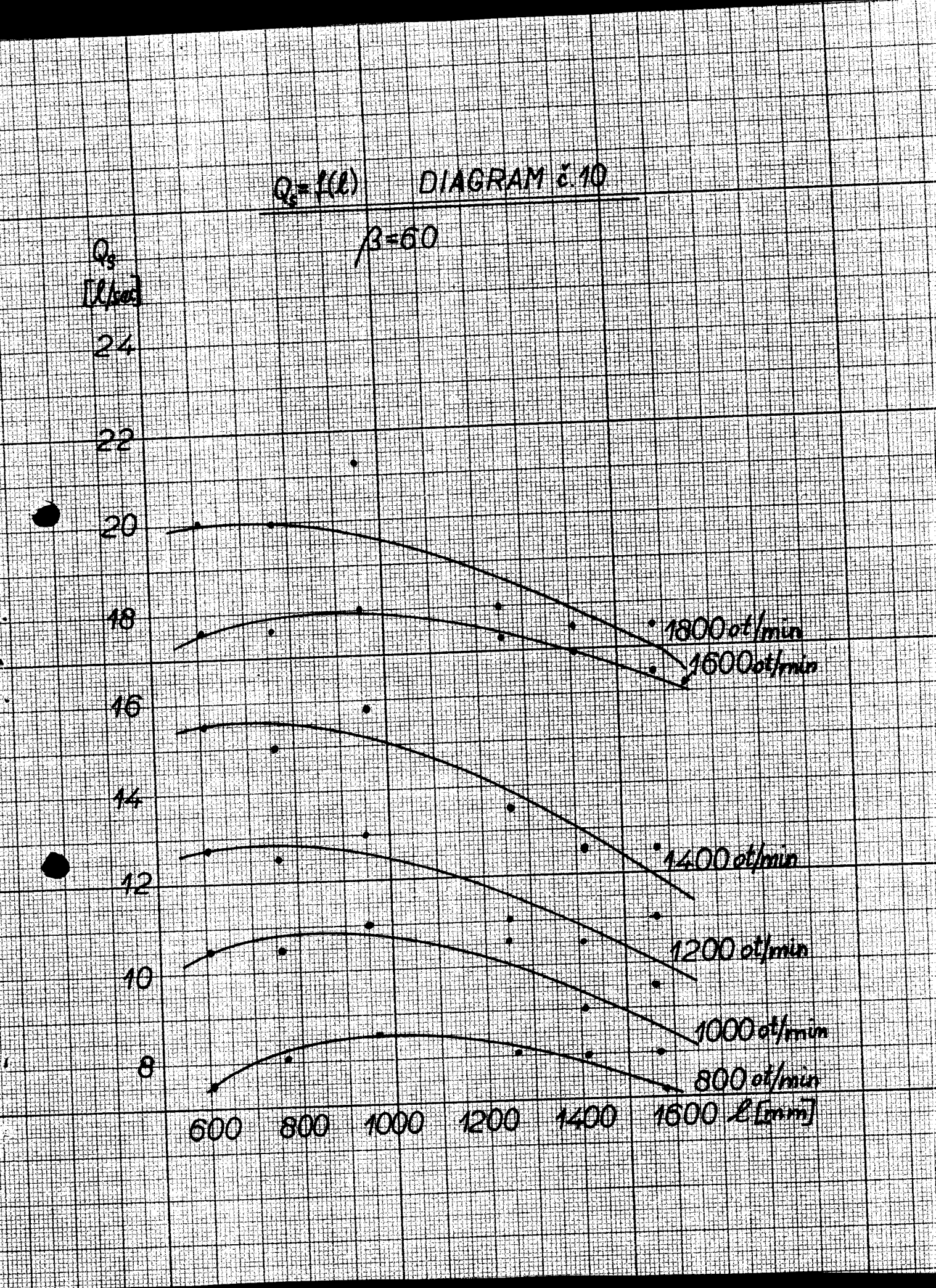
$Q_s = f(l)$ DIAGRAM č.9

$\beta = 50°$



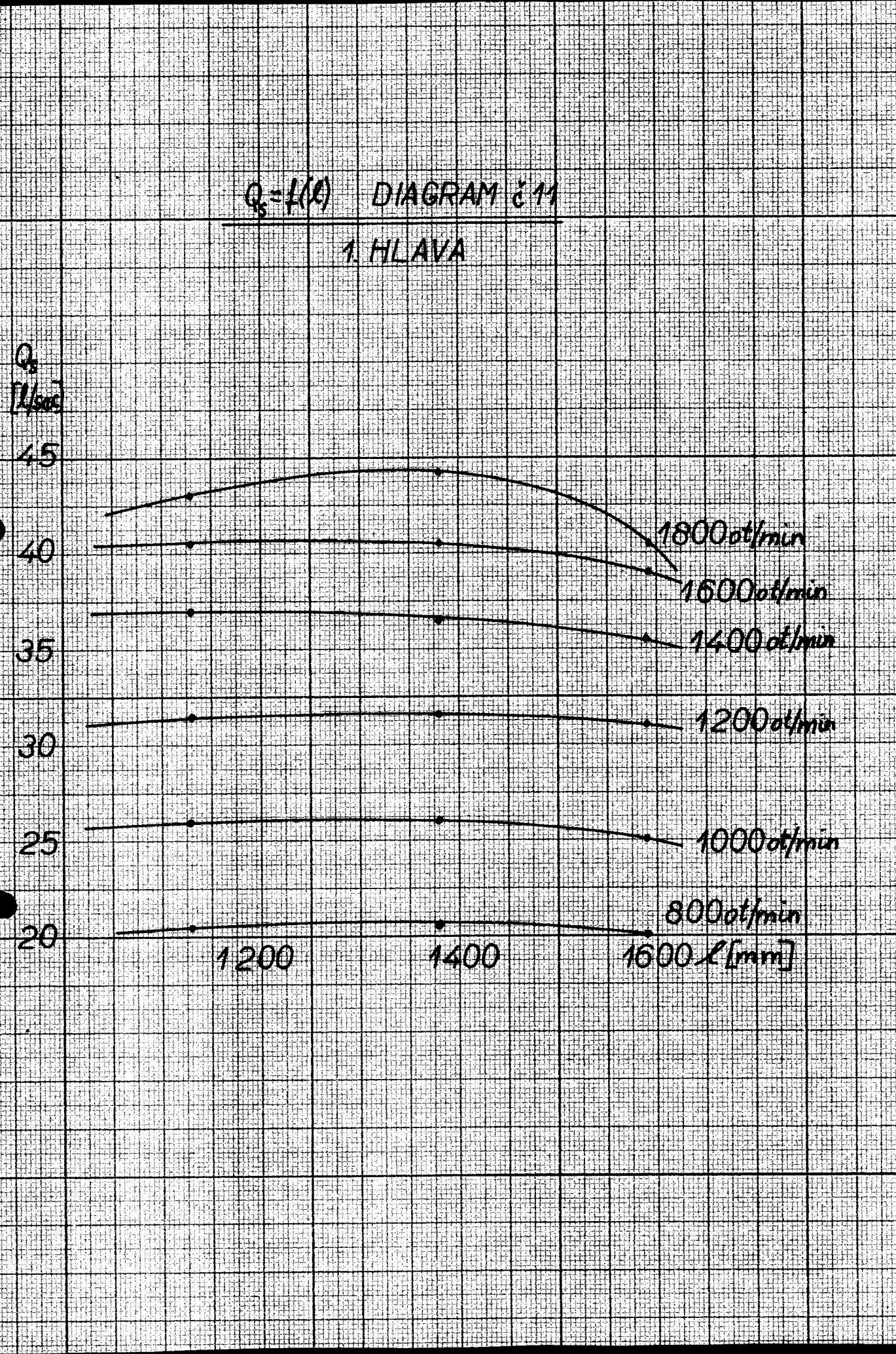
$Q_s = f(\ell)$ DIAGRAM č. 10

$\beta = 60$



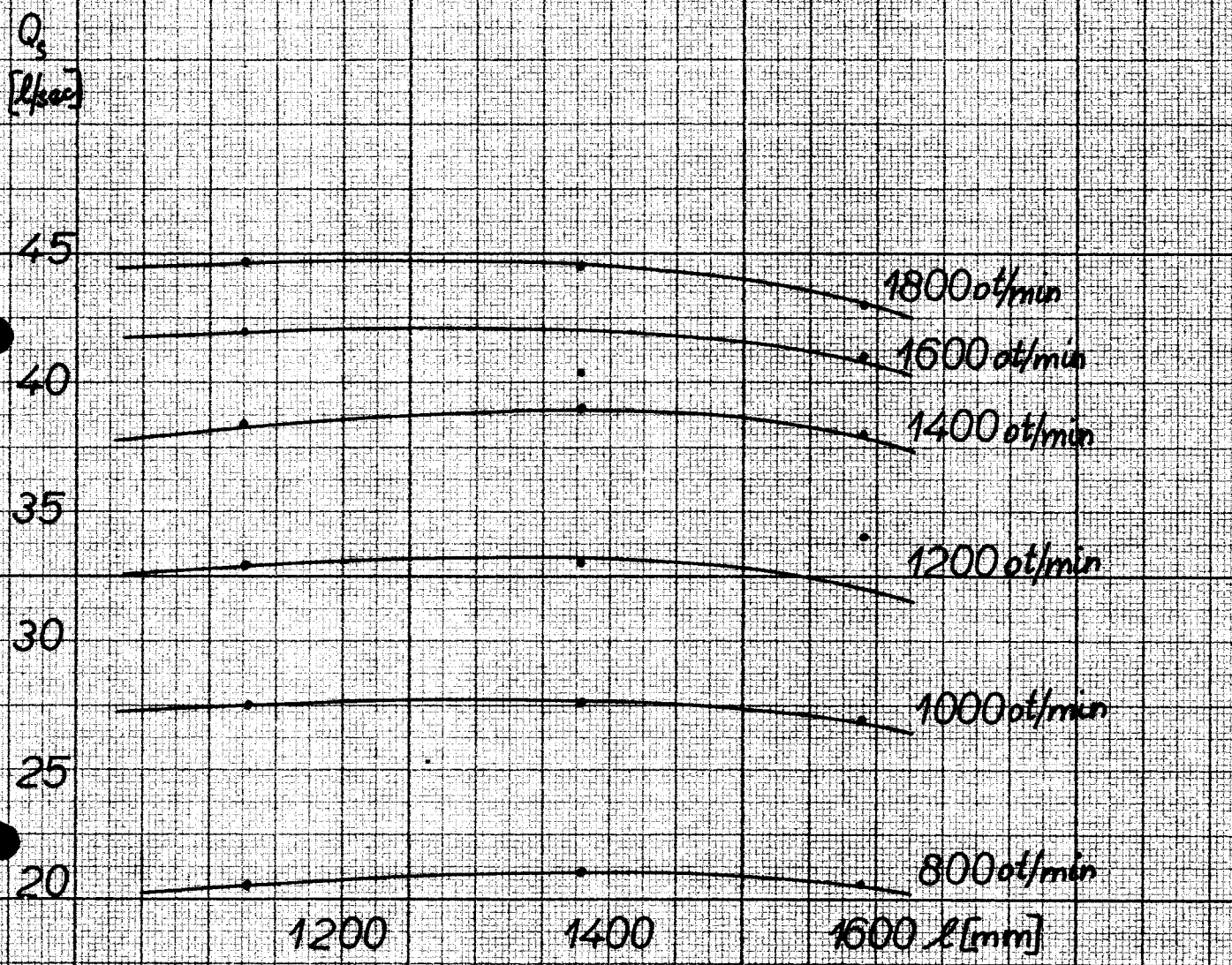
$Q_s = f(l)$ DIAGRAM č 11

1. HLAVA



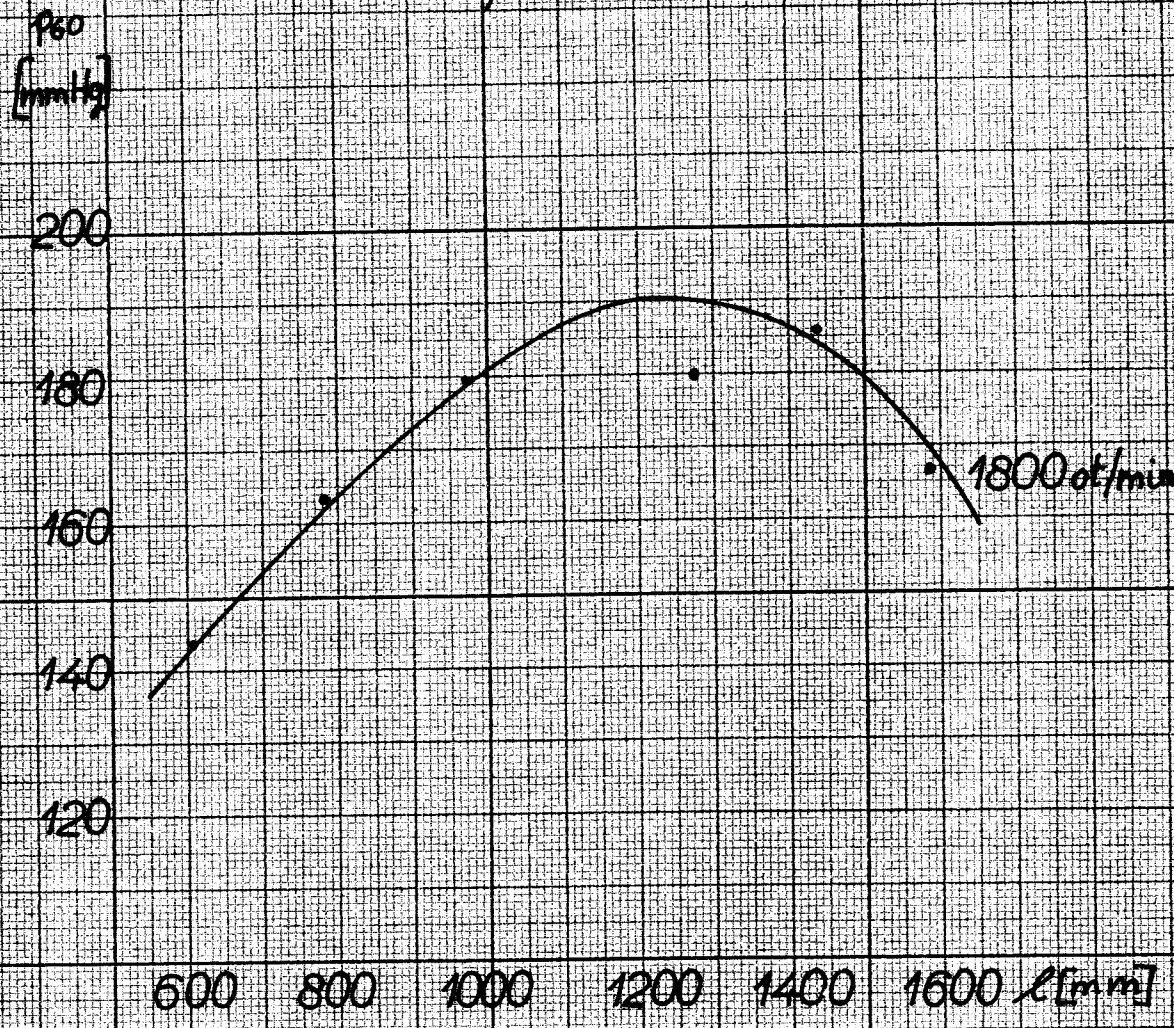
$Q_s = f(l)$ DIAGRAM 12

2 HLAVA



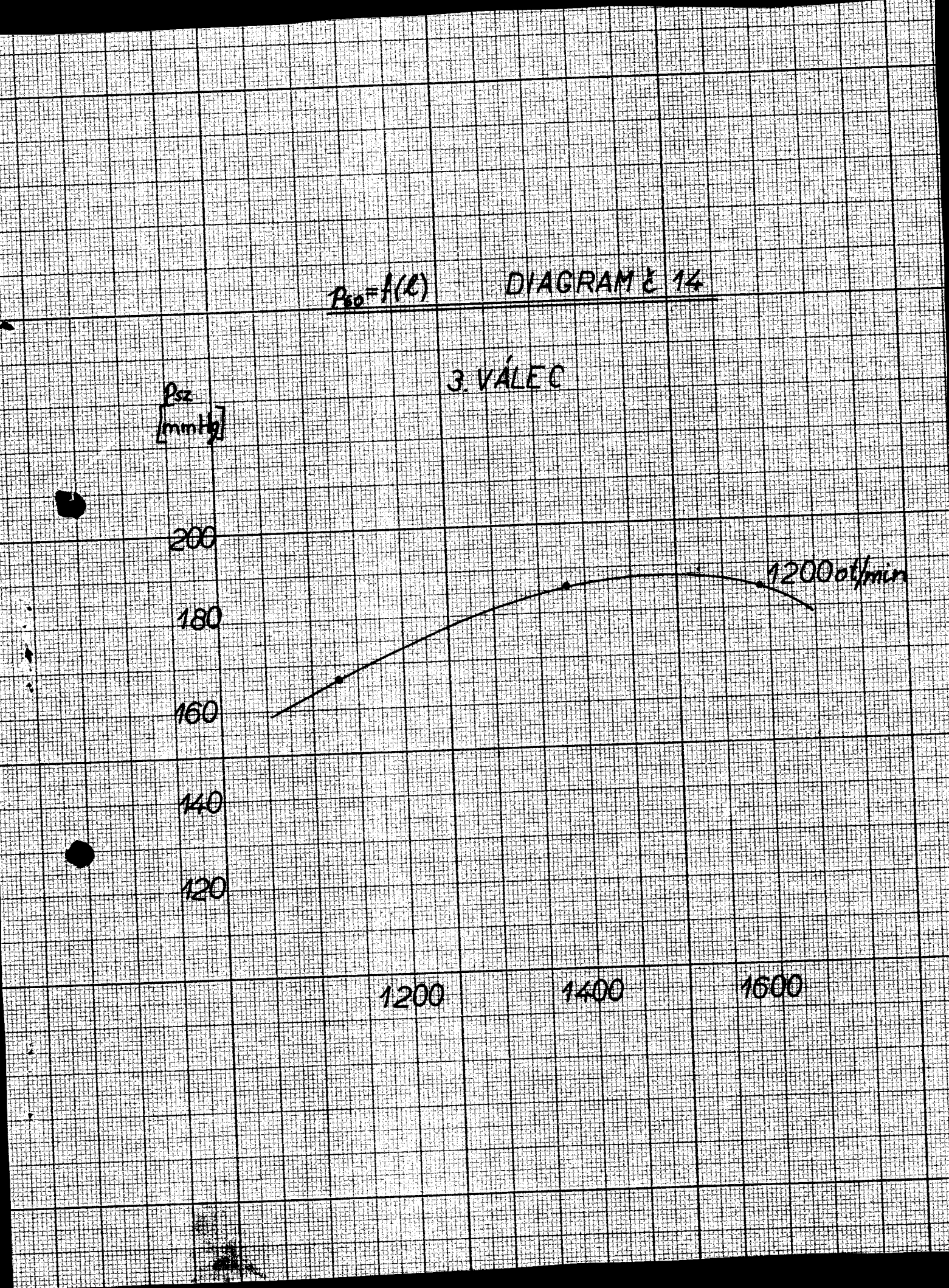
$p_{60} = f(l)$ DIAGRAM č 13

$\beta = 30°$



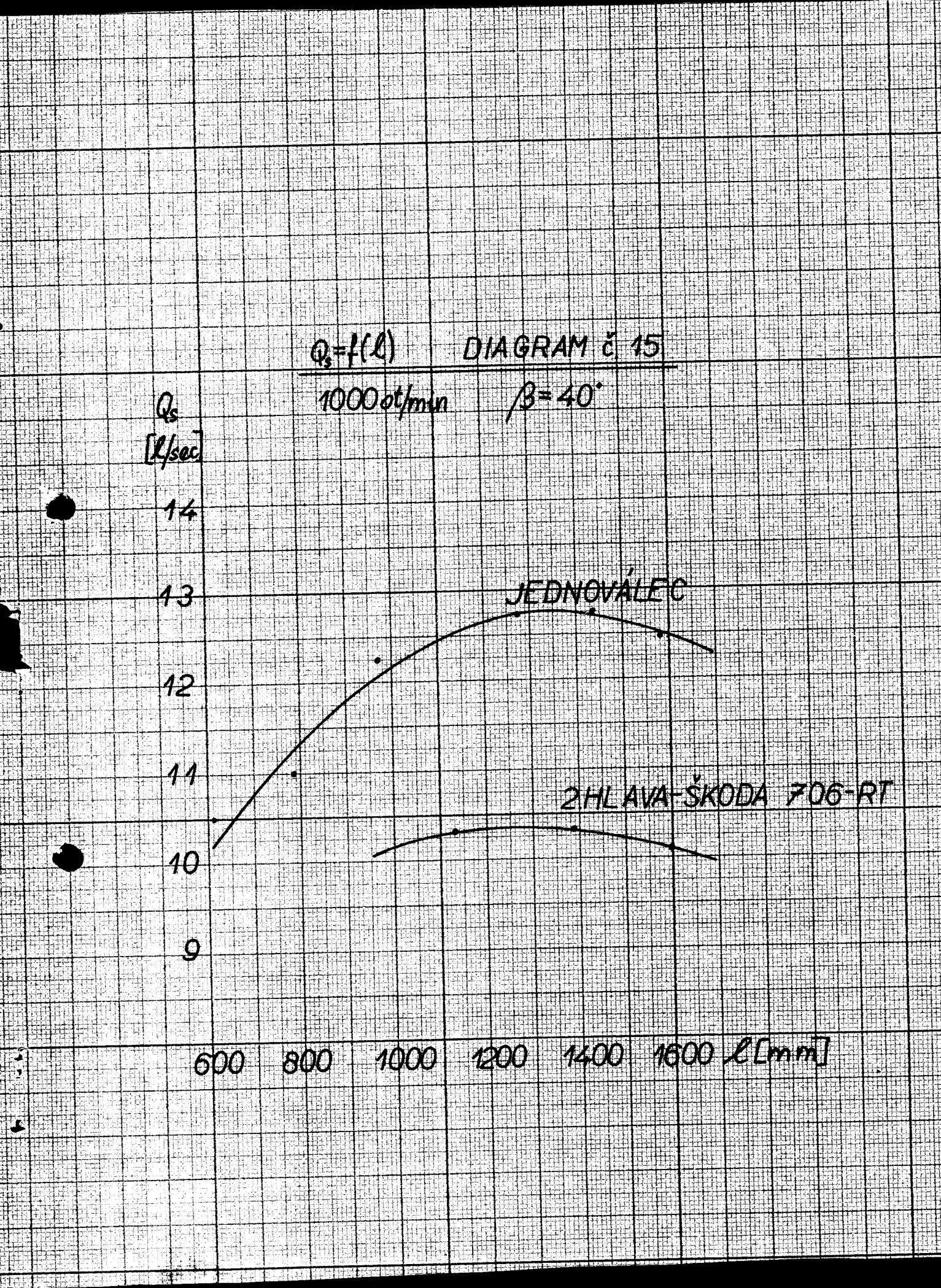
$p_{so} = f(\ell)$ DIAGRAM č. 14

3. VÁLEC



$Q_s = f(\ell)$ DIAGRAM č. 15

1000 ot/min $\beta = 40°$



		Tažená trubka	Ssací potrubí délky 1250 mm	1
		Tažená trubka	Ssací potrubí délky 1150 mm	2
		Tažená trubka	Ssací potrubí délky 1350 mm	3
			Původní motorová brzda	4
		Litina	Výfukové potrubí	5
			Napojení trub na pos.7	6
			Původní tlumič ssání	7
			Stahovací pás	8
			Nálitek pro uchycení trub	9
			Původní kryt motoru	10
			Původní hlava motoru	11

Dvořák Josef

11.7.64.

Vysoká škola strojní v Liberci
ústav plastových strojů

NÁVRH NA ÚPRAVU SSACÍHO POTRUBÍ

2 DP 003

		Tažená trubka	Ssací potrubí délky 1000 mm					1
		Tažená trubka	Ssací potrubí délky 1050 mm					2
		Tažená trubka	Ssací potrubí délky 950 mm					3
		Tažená trubka	Ssací potrubí délky 950 mm					4
		Tažená trubka	Ssací potrubí délky 1150 mm					5
		Tažená trubka	Ssací potrubí délky 1200 mm					6
			Původní motorová brzda					7
		Lehká slitina	Příruba ssacího potrubí					8
		Litina	Výfukové potrubí					9
			Napojení potrubí na pos.11					10
			Původní tlumič sání					11
			Stahovací pás					12
			Nálitek pro uchycení trub					13
			Původní kryt motpru					14
			Hlava motoru					15

Kusů pro 1 sest.	Číslo výkresu součásti, šablony	Materiál	Název a označení	Odpad	Čistá váha	Poznámka	Číslo souč.

Celková hg. čistá váha | Jiné údaje

Měřítko | Kreslil: Dvořák Josef | 11.7.64.

Přehlížel | Klasifikoval

Popis: d, c, b, a

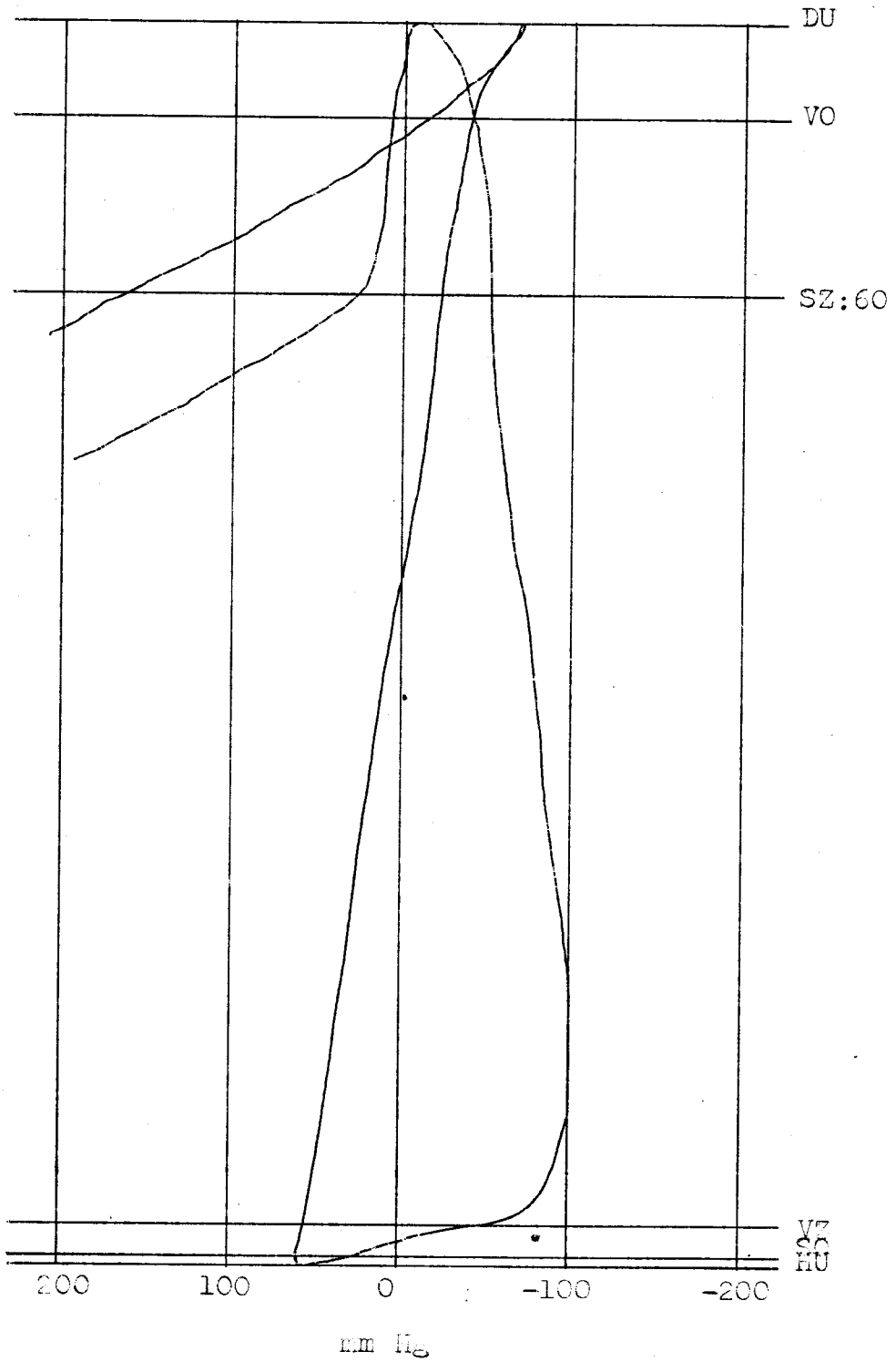
Vysoká škola strojní v Liberci
ústav pístových strojů

Název: NÁVRH NA ÚPRAVU SSACÍHO POTRUBÍ

2 DP 002

—— Průběh tlaků ve válci
tlaku
—— Průběh v sacím potrubí

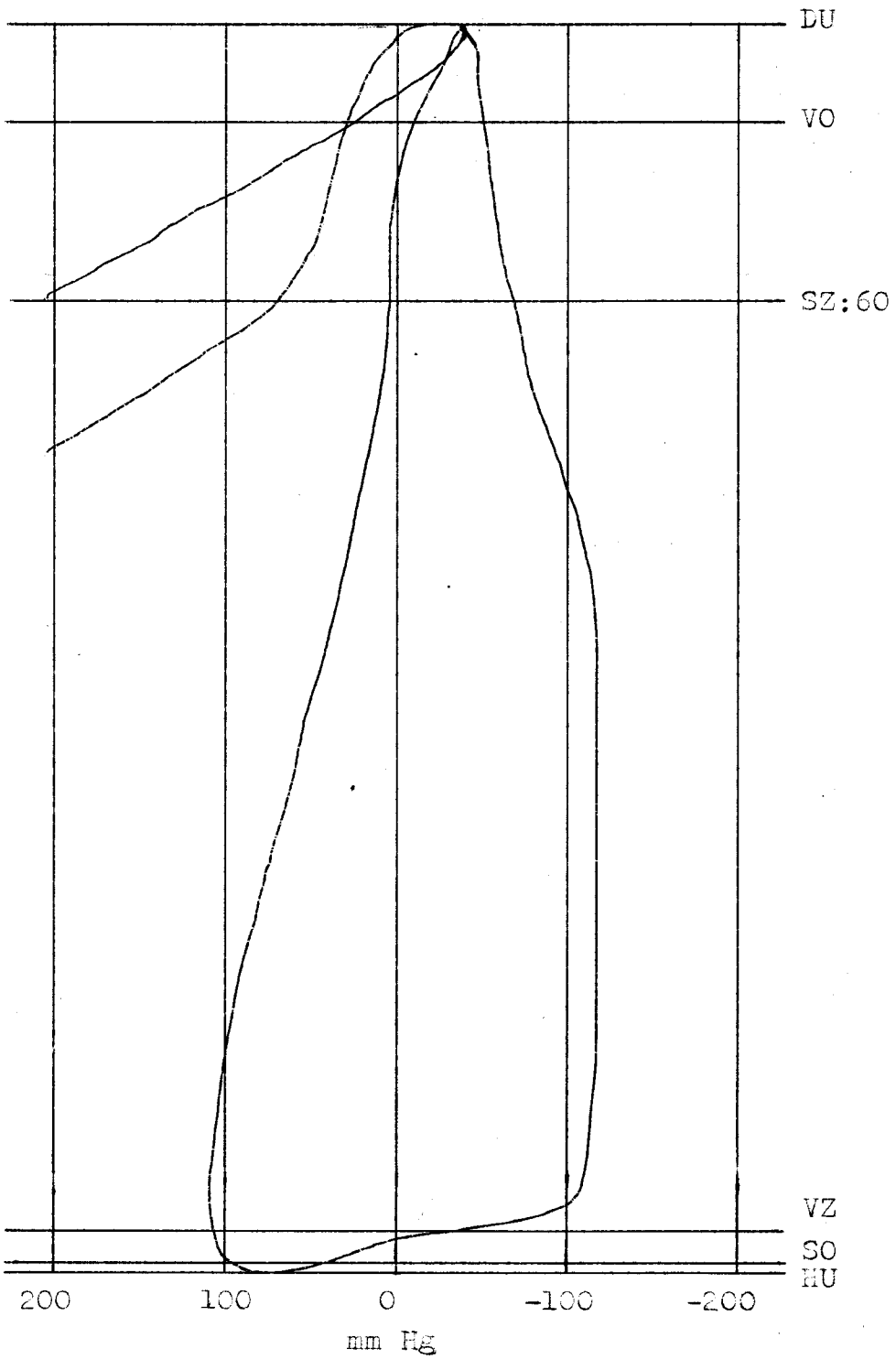
800 ot/min 1:970 mm



____ Průběh tlaků ve válci

____ Průběh tlaků v ssacím potrubí

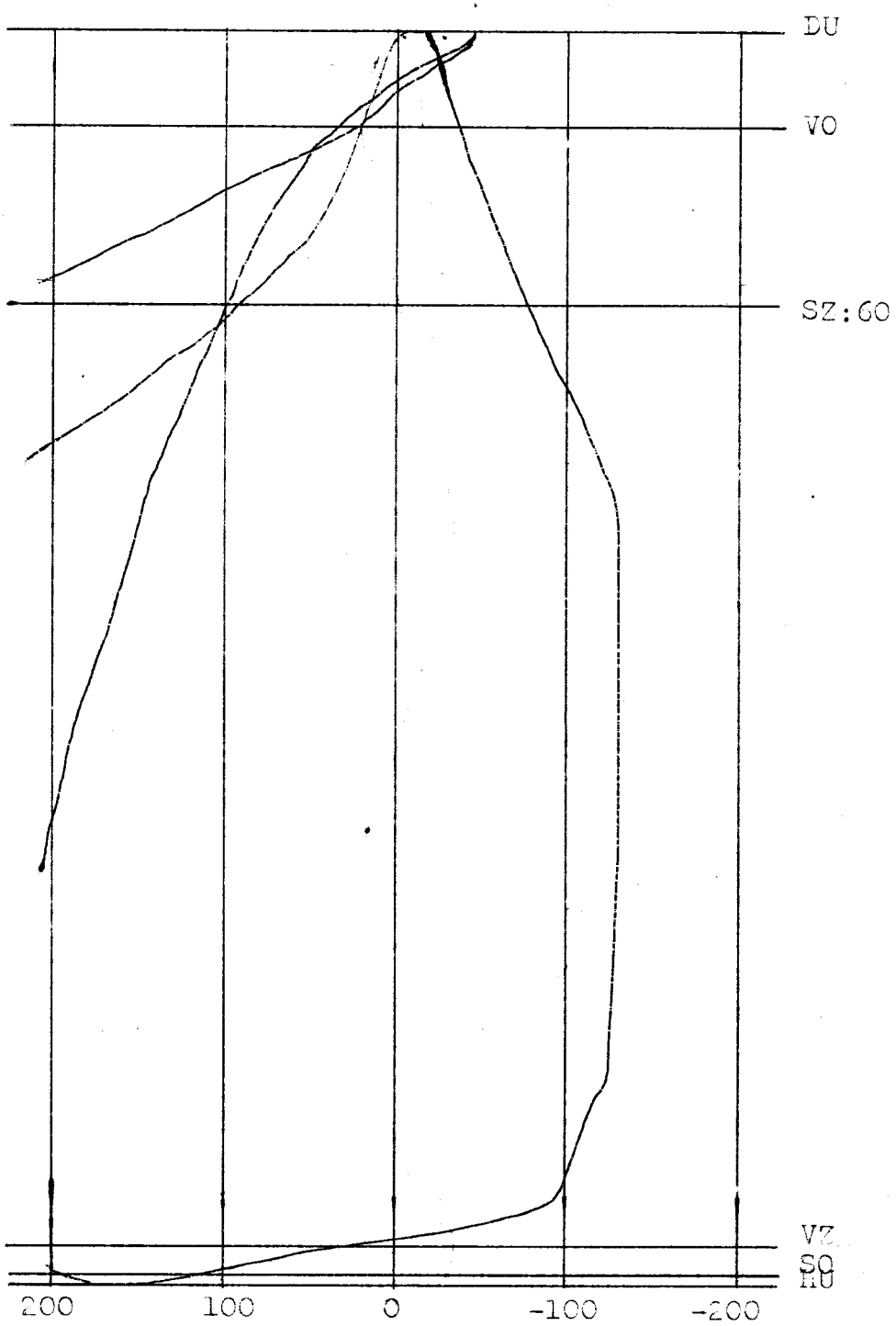
1000 ot/min 1:970 mm



—— Průběh tlaků ve válci

—— Průběh tlaků v ssacím potrubí

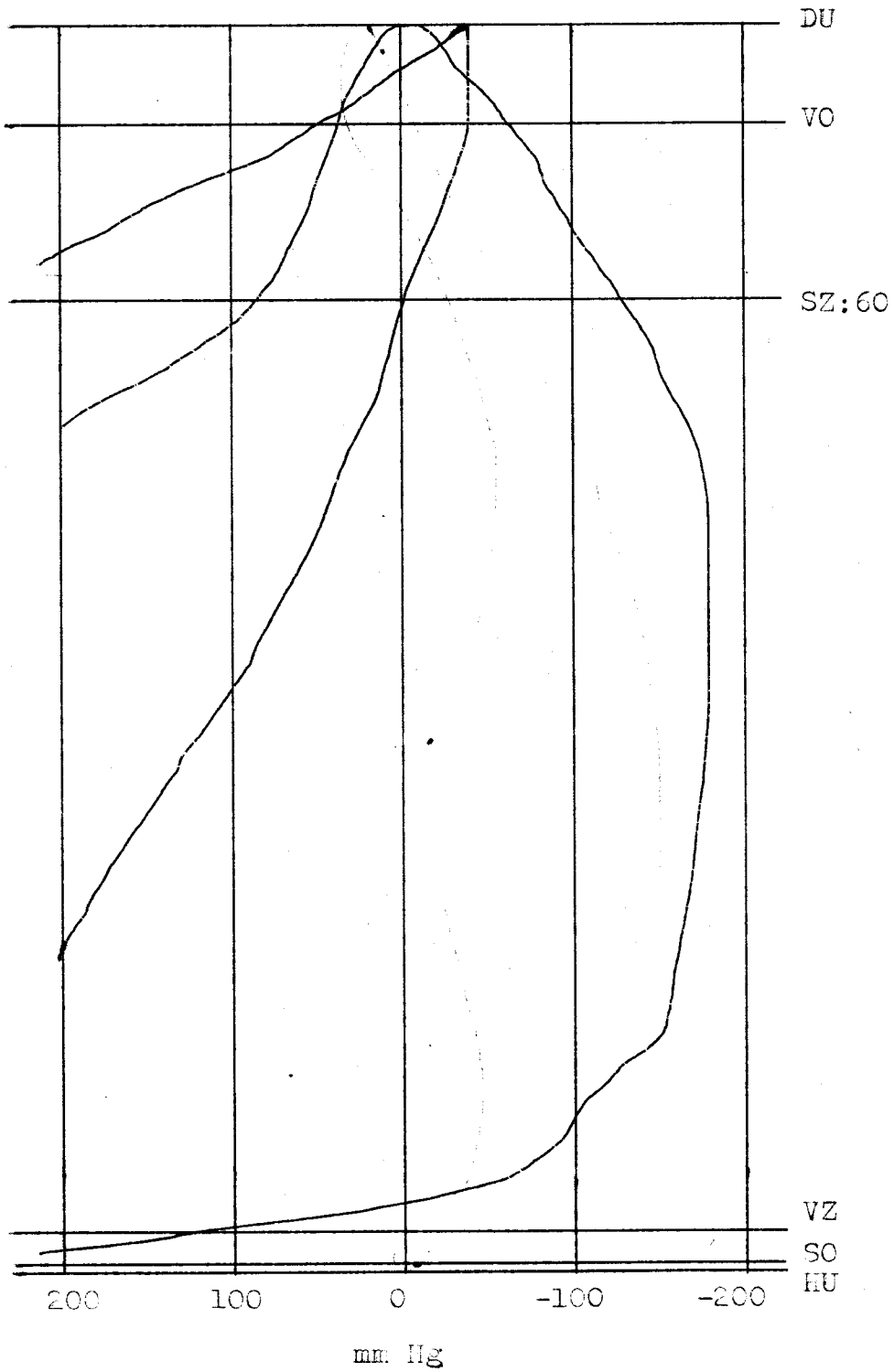
1200 ot/min 1:970 mm



—— Průběh tlaků ve válci

—— Průběh tlaků v ssacím potrubí

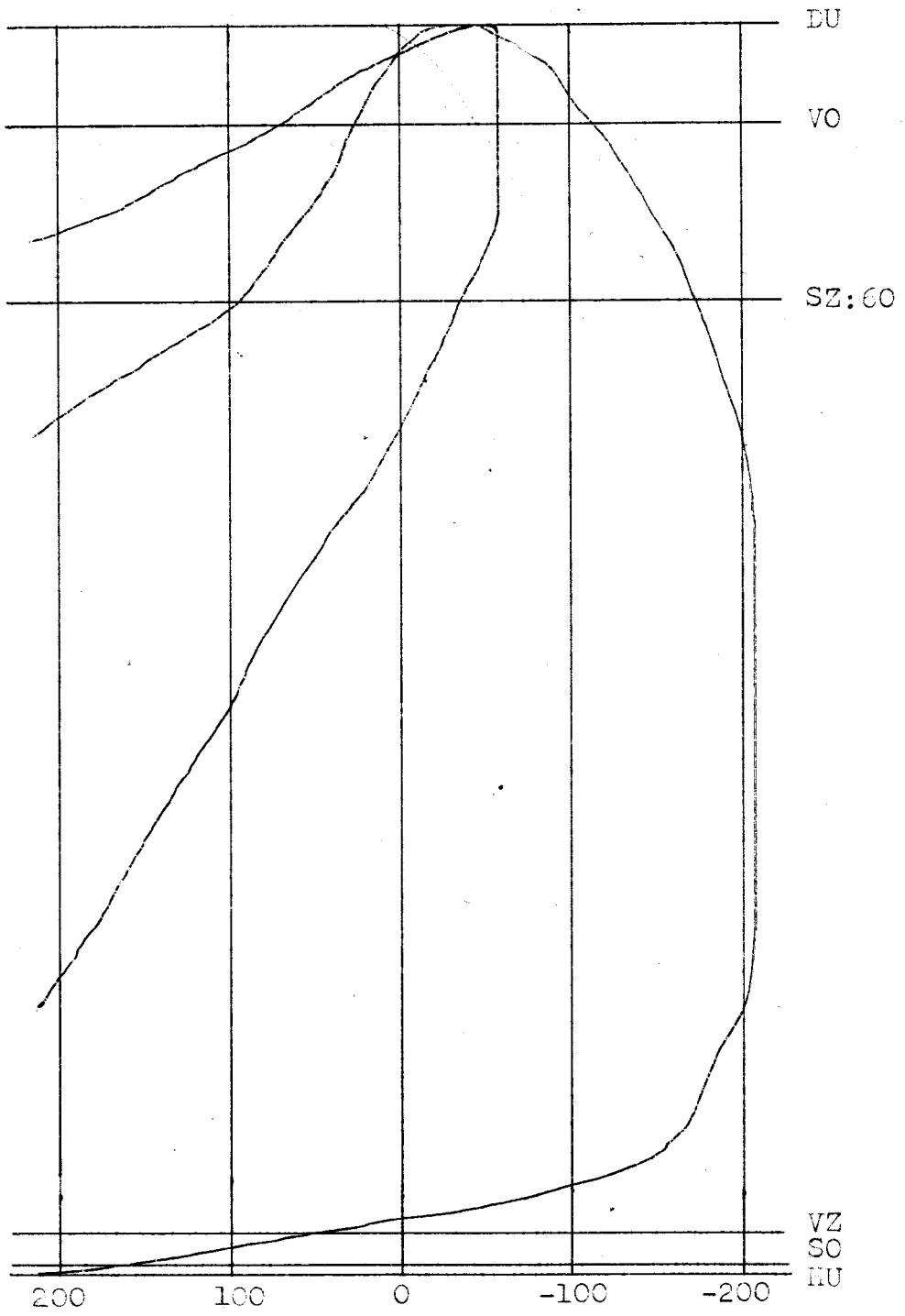
1400 ot/min 1:970 mm



—— Průběh tlaků ve válci

—— Průběh tlaků v sacím potrubí

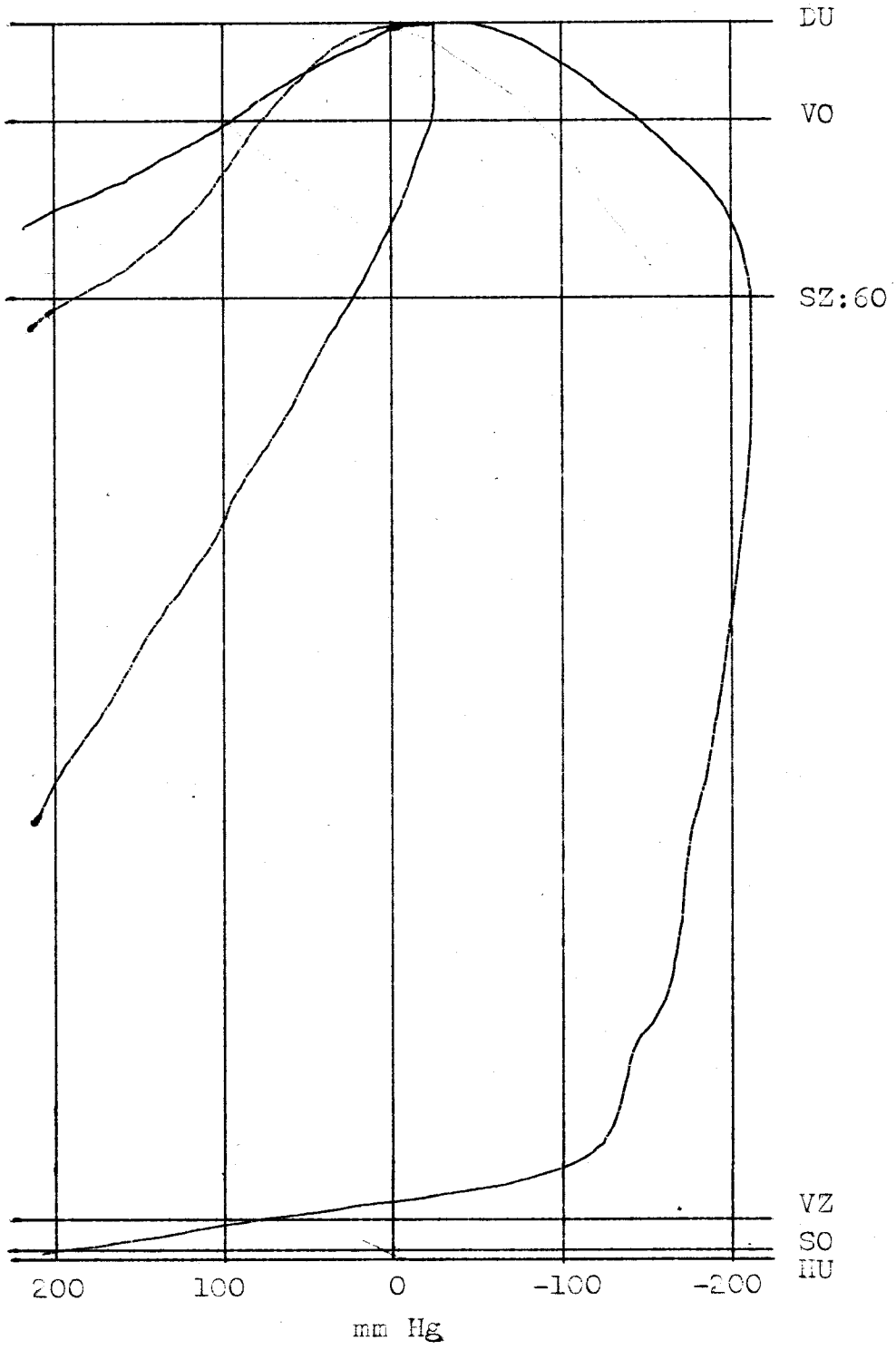
1600 ot/min 1:370 mm



_____Průběh tlaků ve válci

_____Průběh tlaků v ssacím potrubí

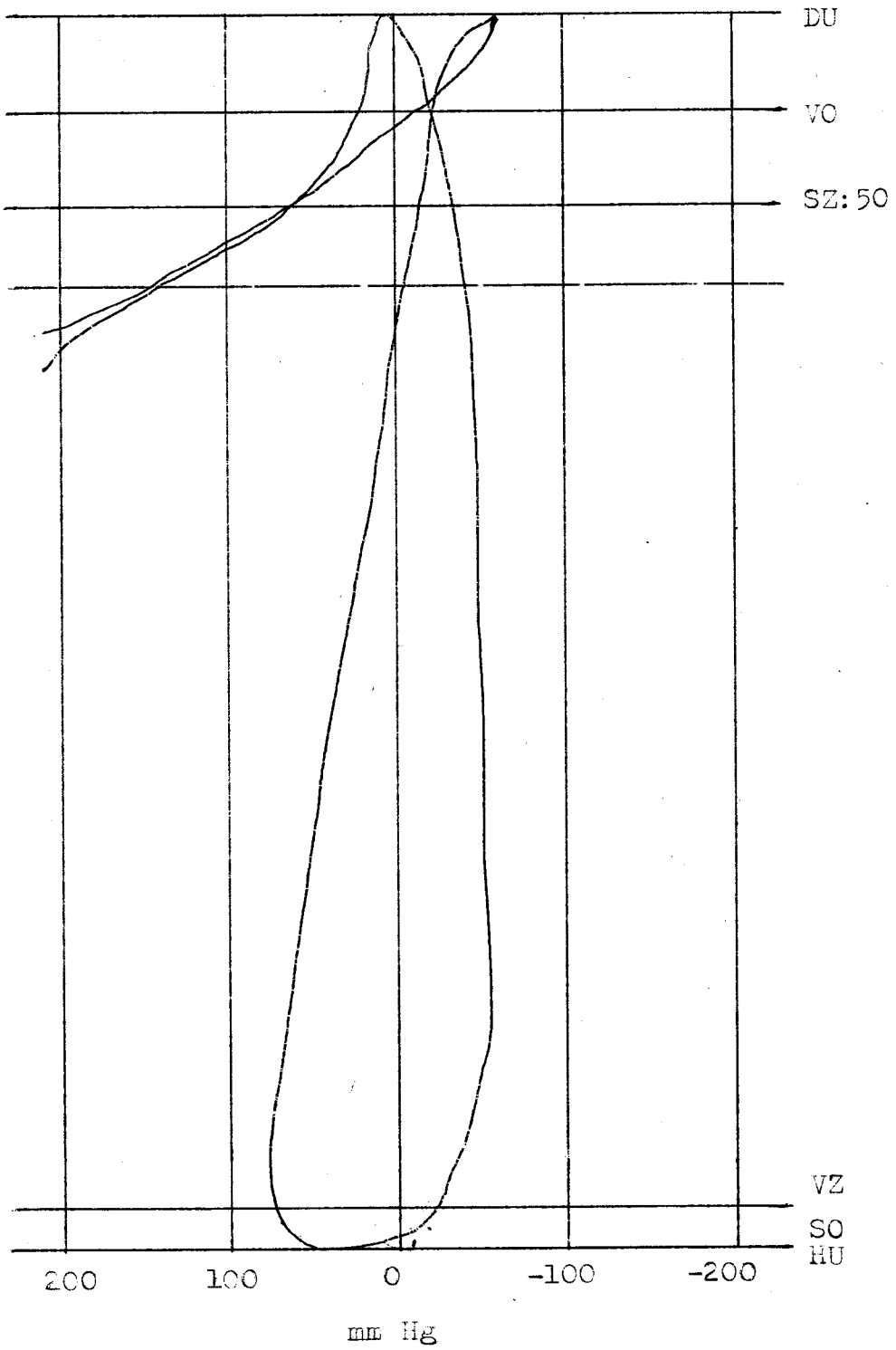
1800 ot/min 1:970 mm



——. Průběh tlaků v ssacím potrubí

—— Průběh tlaků ve válci

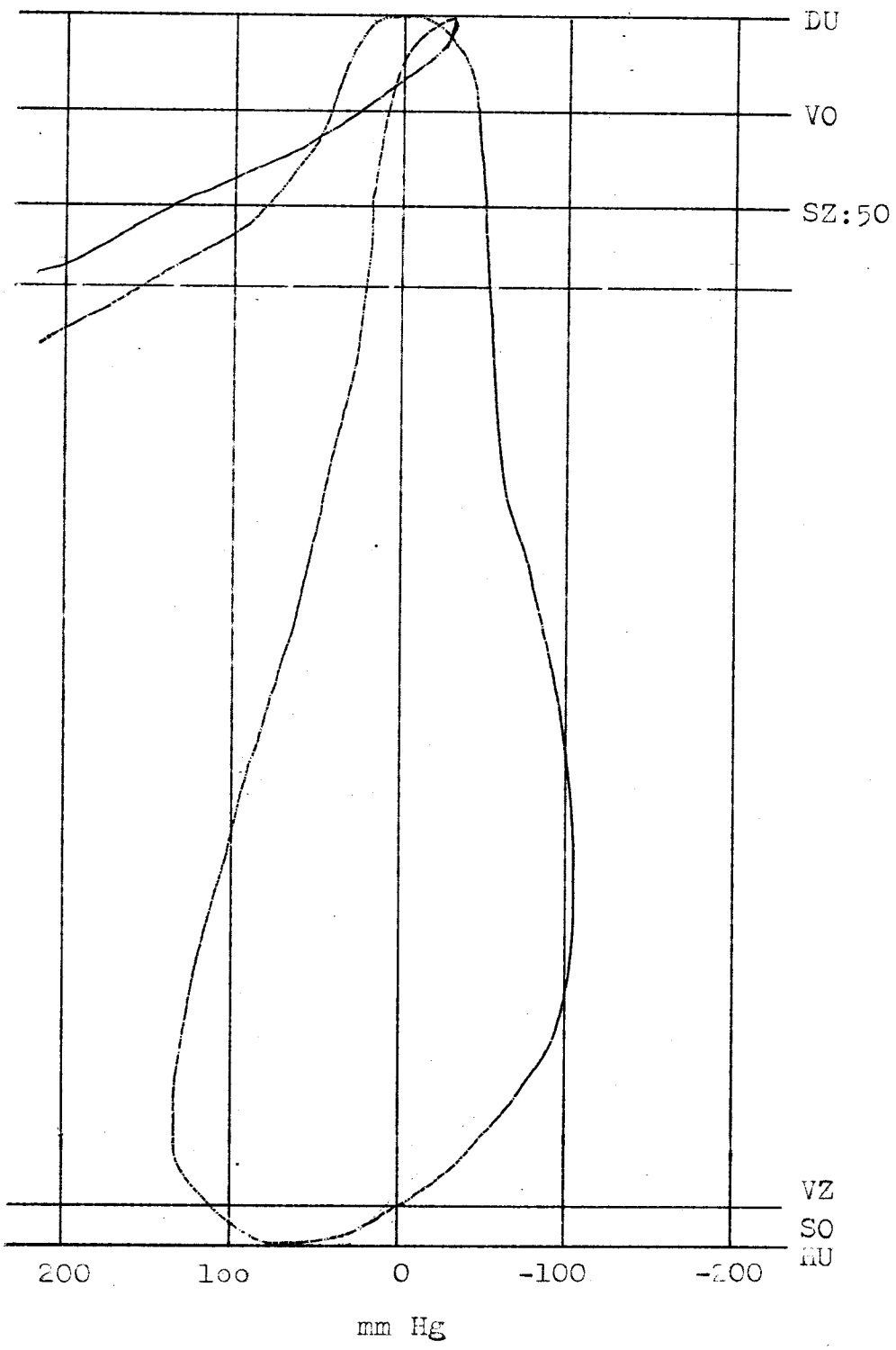
800 ot/min 1:970mm



—— Průběh tlaků ve válci

—— Průběh tlaků v sacím potrubí

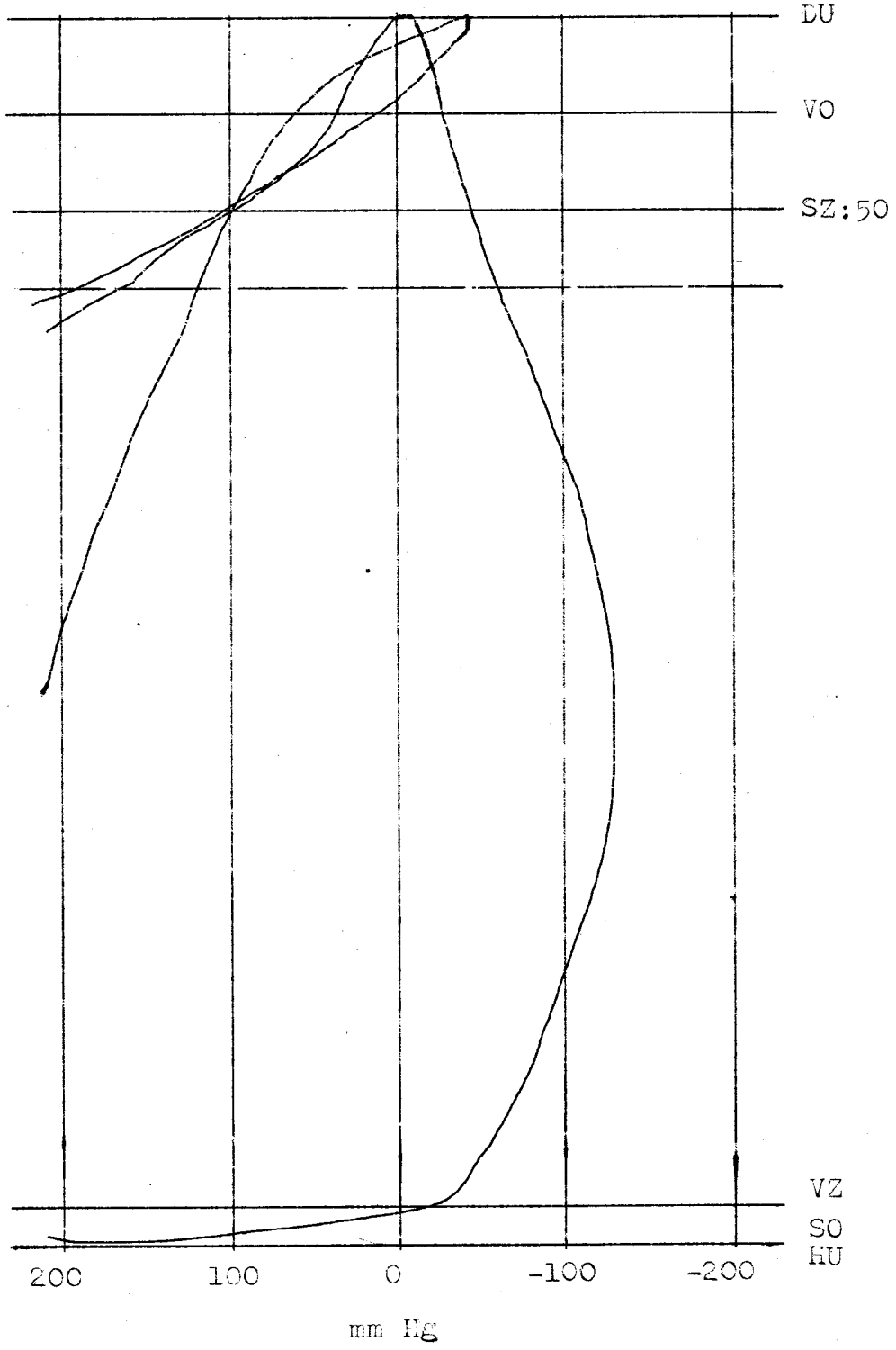
1000 ot/min 1:970 mm.



——— Průběh tlaků ve válci

——— Průběh tlaků v ssacím potrubí

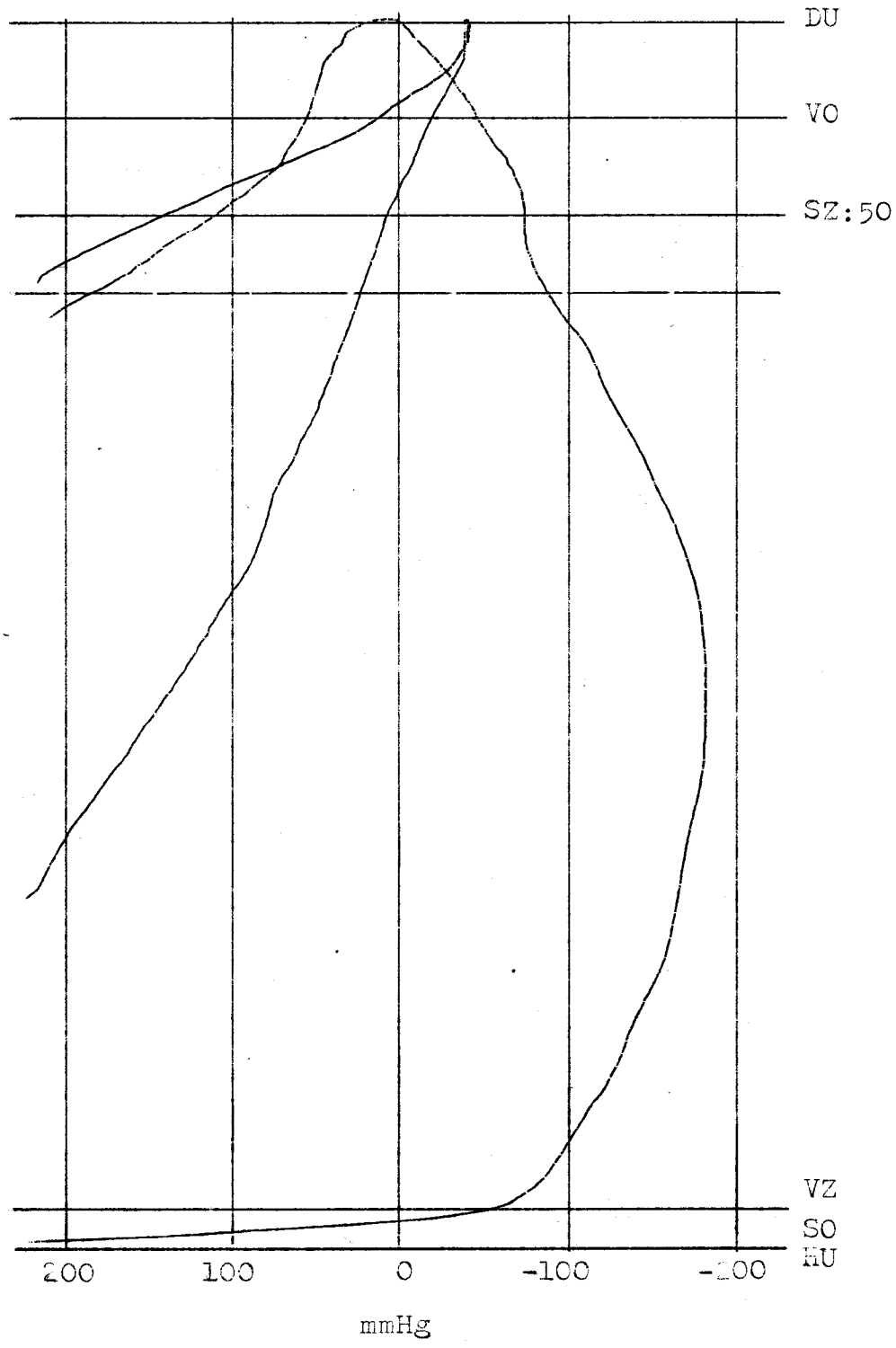
1200 ot./min 1:970 mm



——— Průběh tlaků ve válci

——— Průběh tlaků v ssacím potrubí

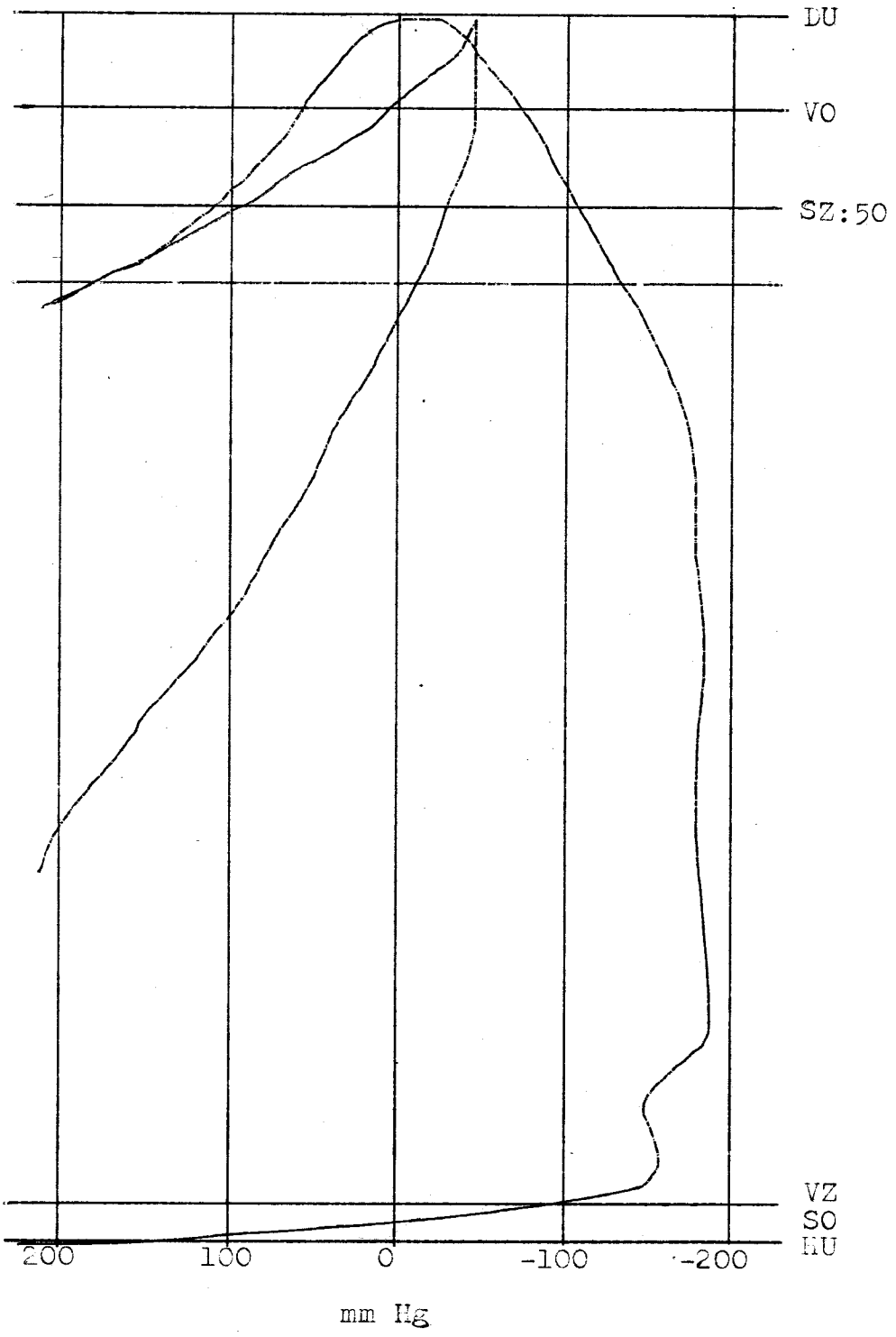
1400 ot./min 1:970 mm



—— Průběh tlaků ve válci

—— Průběh tlaků v ssacím potrubí

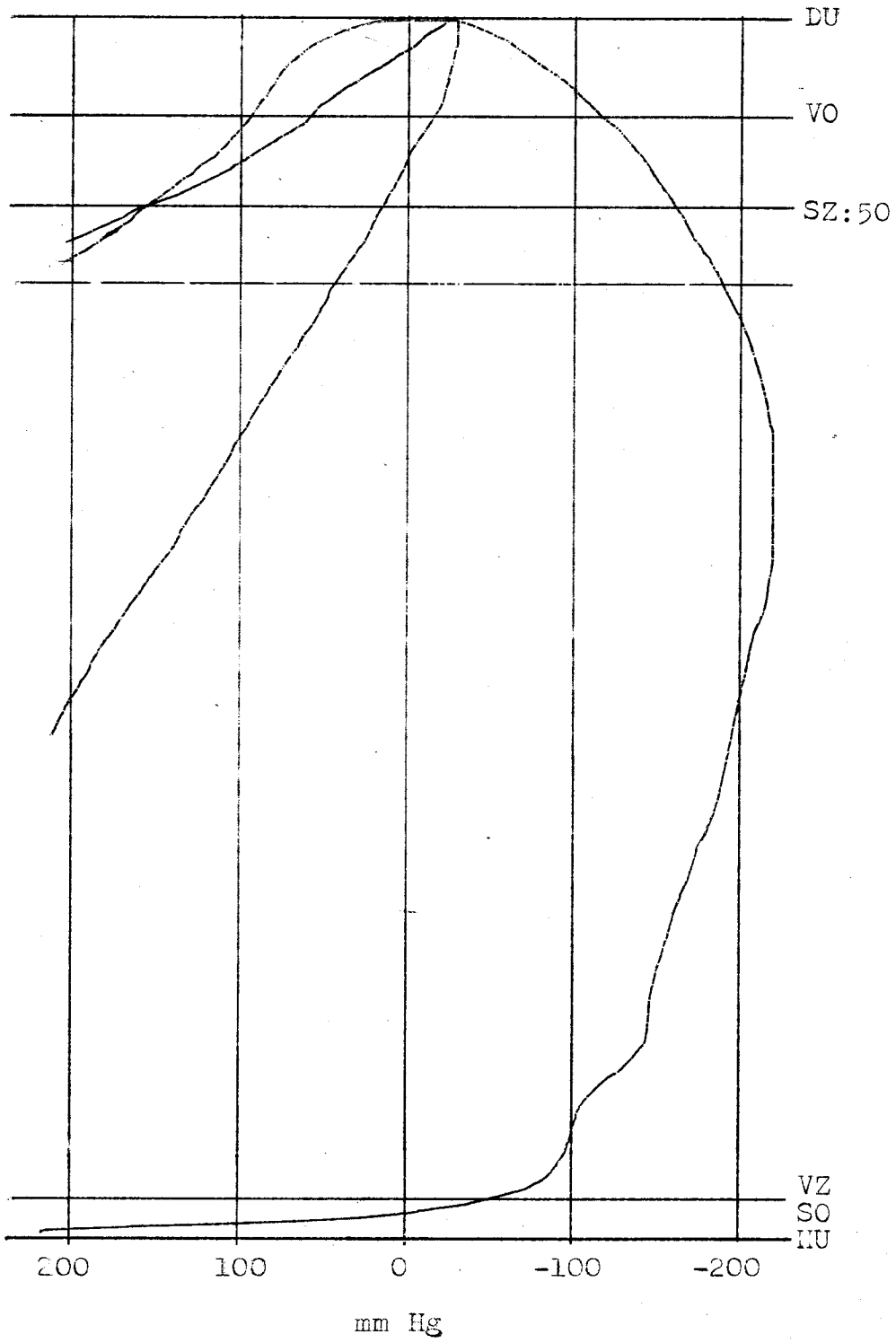
1600 ot/min 1:970 mm



—— Průběh tlaků ve válci

—— Průběh tlaků v ssacím potrubí

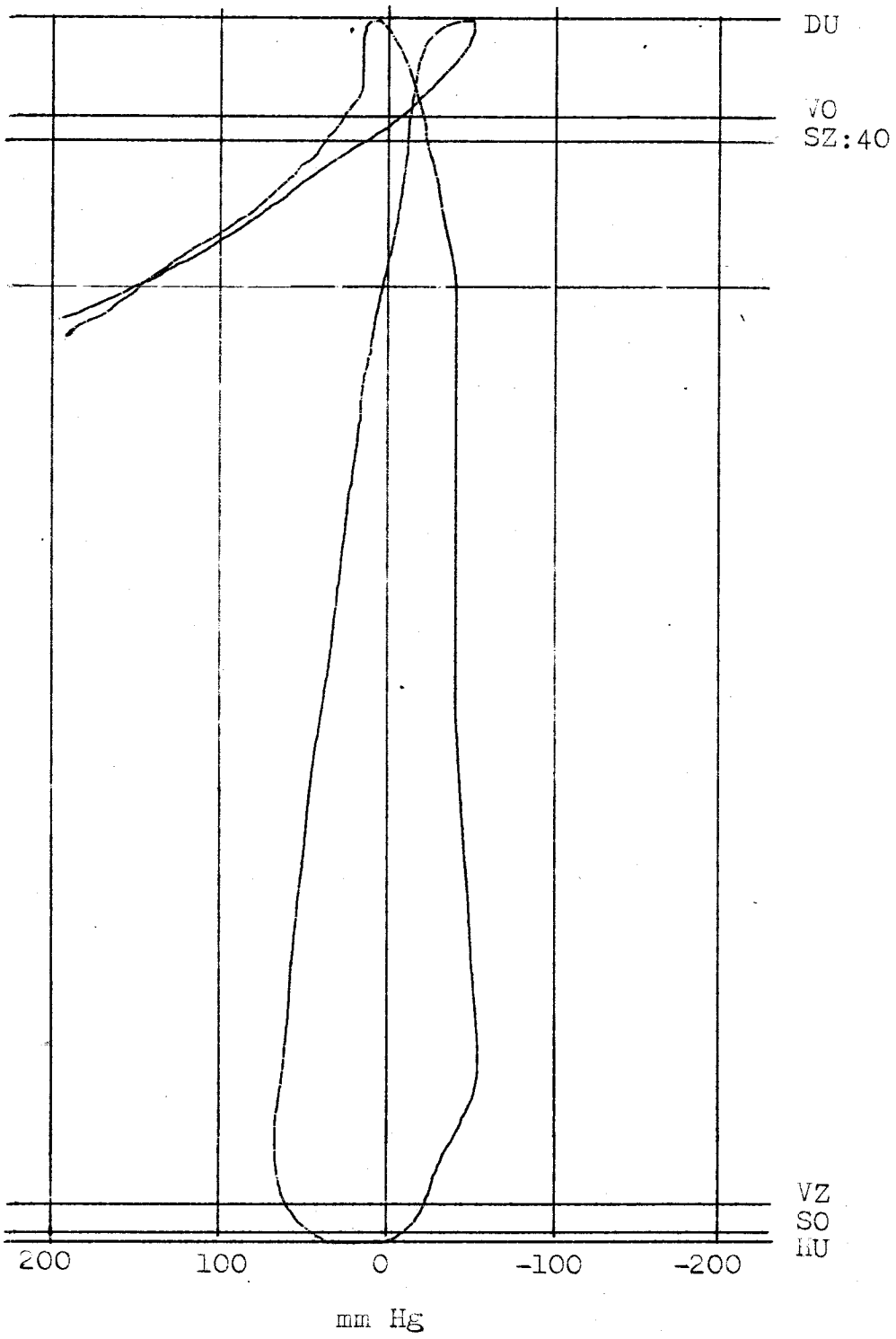
1800 ot/min 1:970 mm



—— Průběh tlaků ve válci

—— Průběh tlaků v ssacím potrubí

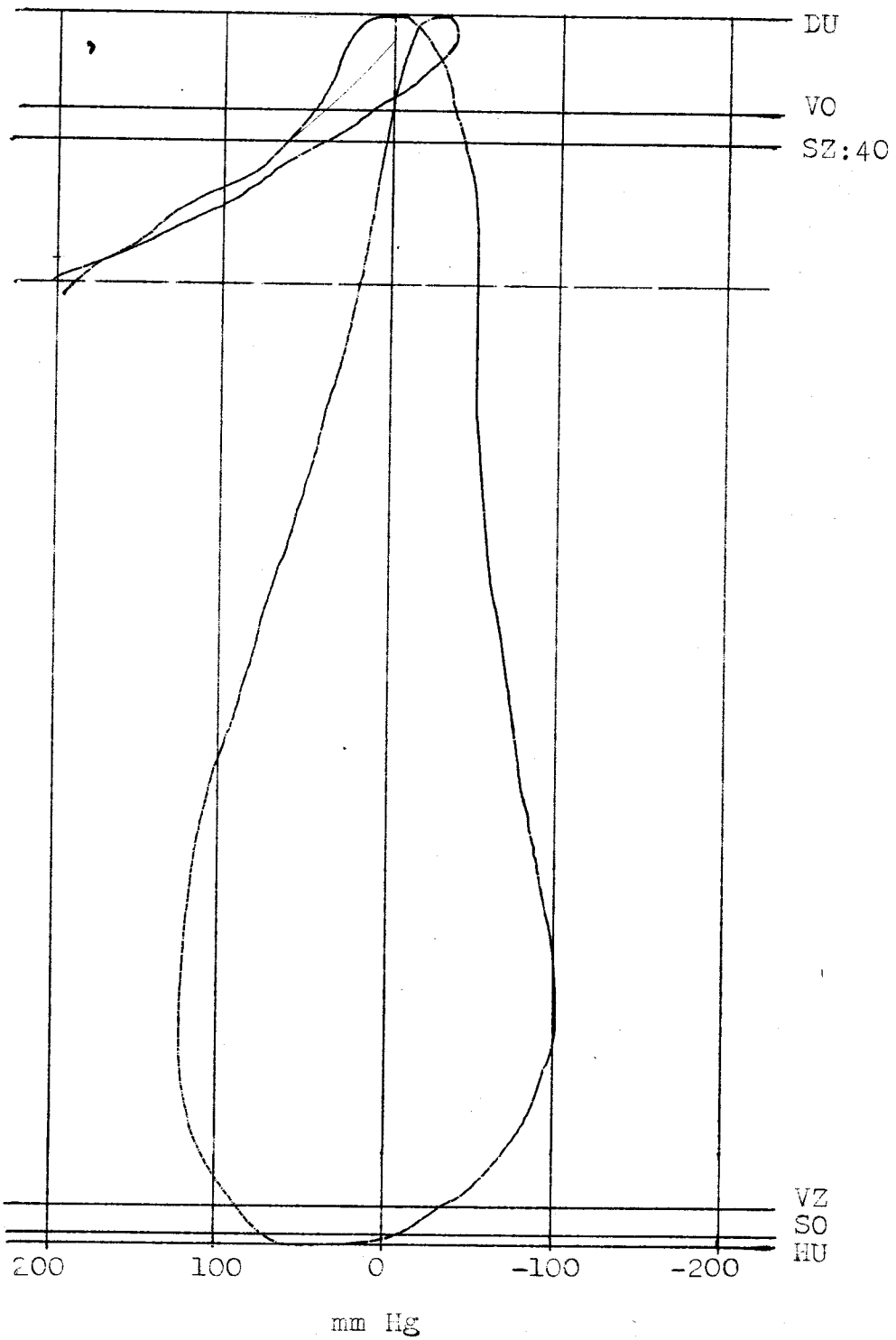
800 ot/min 1:970 mm



—— Průběh tlaků ve válci

—— Průběh tlaků v ssacím potrubí

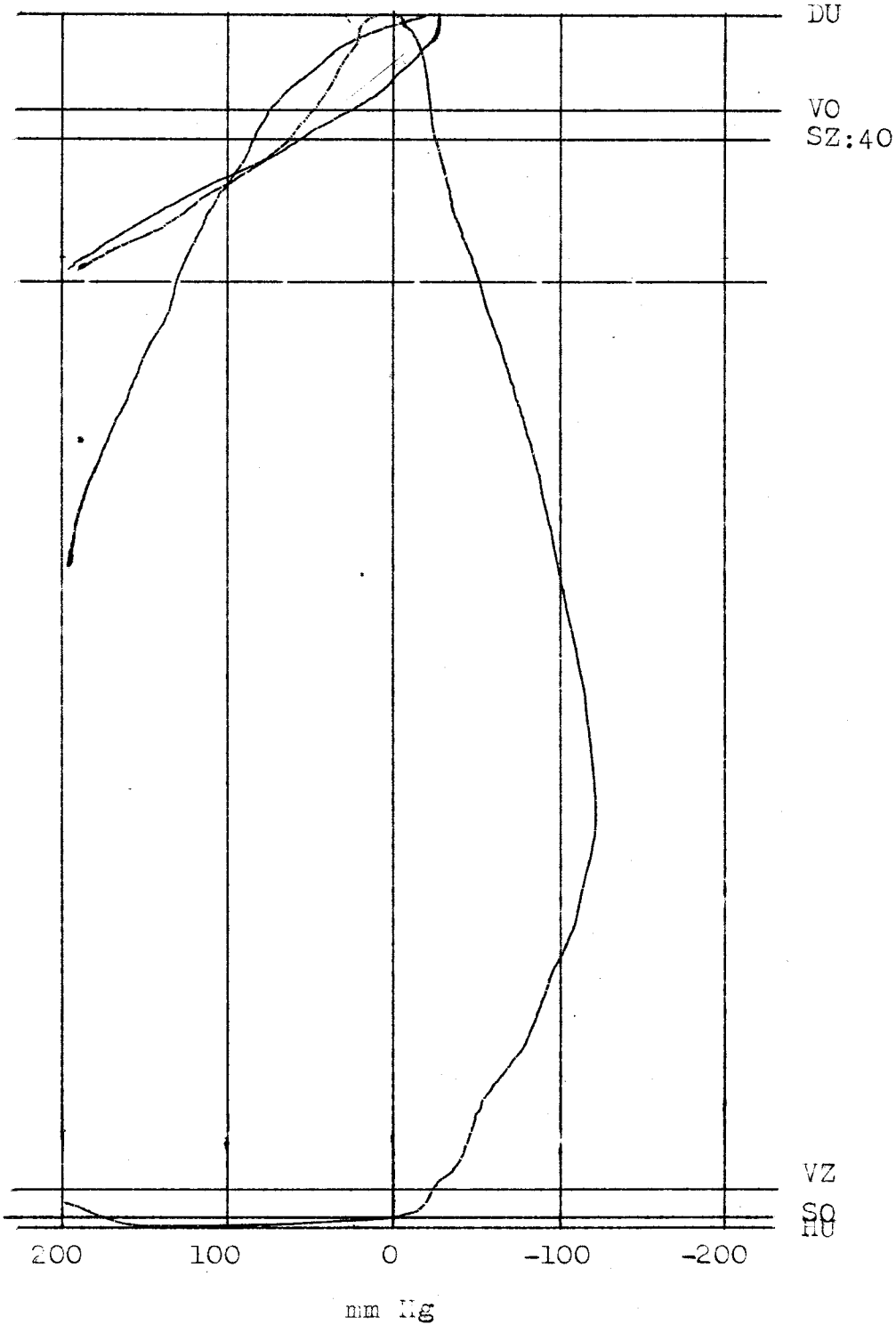
1000 ot/min 1:970 mm



——— Průběh tlaků ve válci

– – – Průběh tlaků v ssacím potrubí

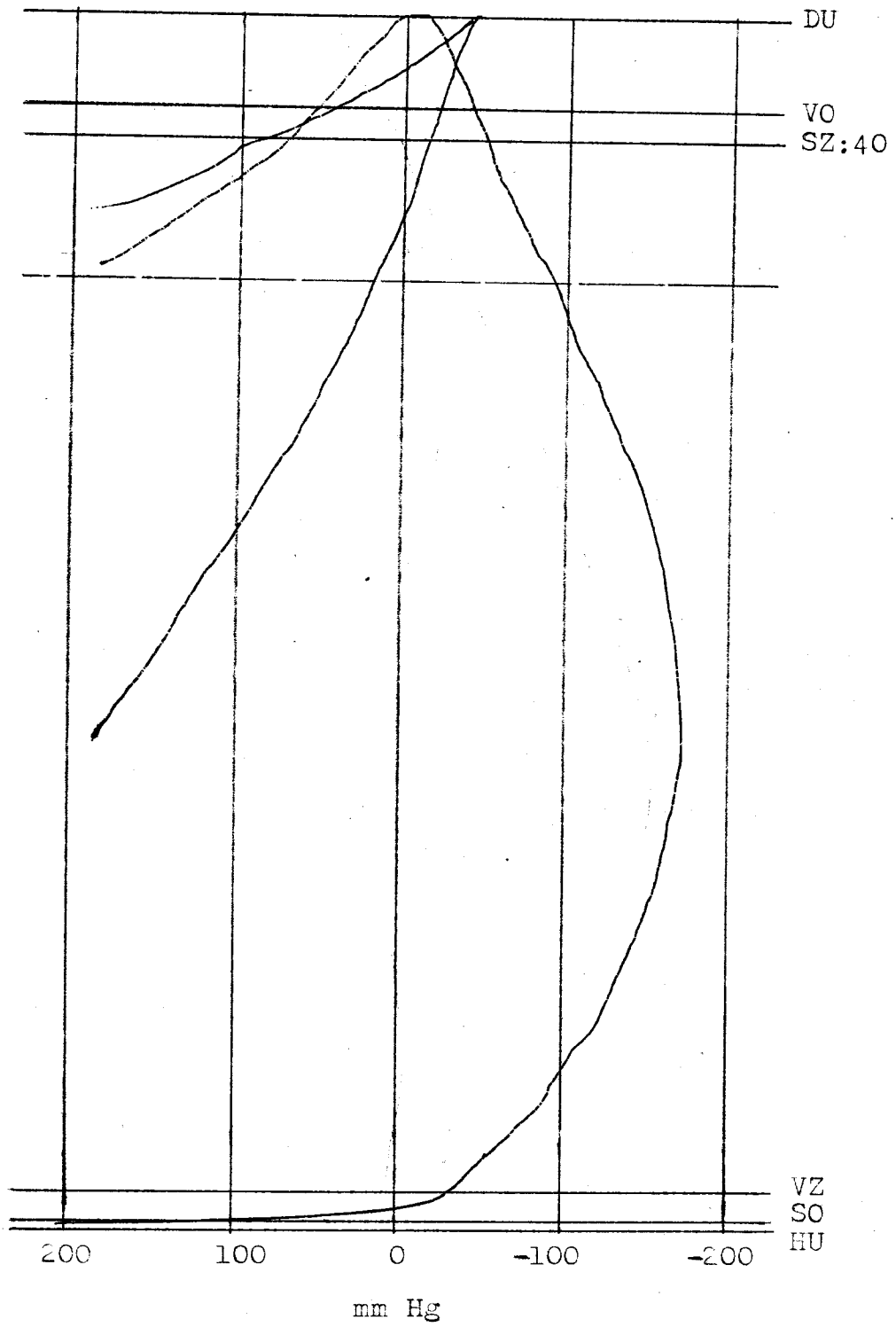
1200 ot/min 1:970 mm



—— Průběh tlaků ve válci

—— Průběh tlaků v ssacím potrubí

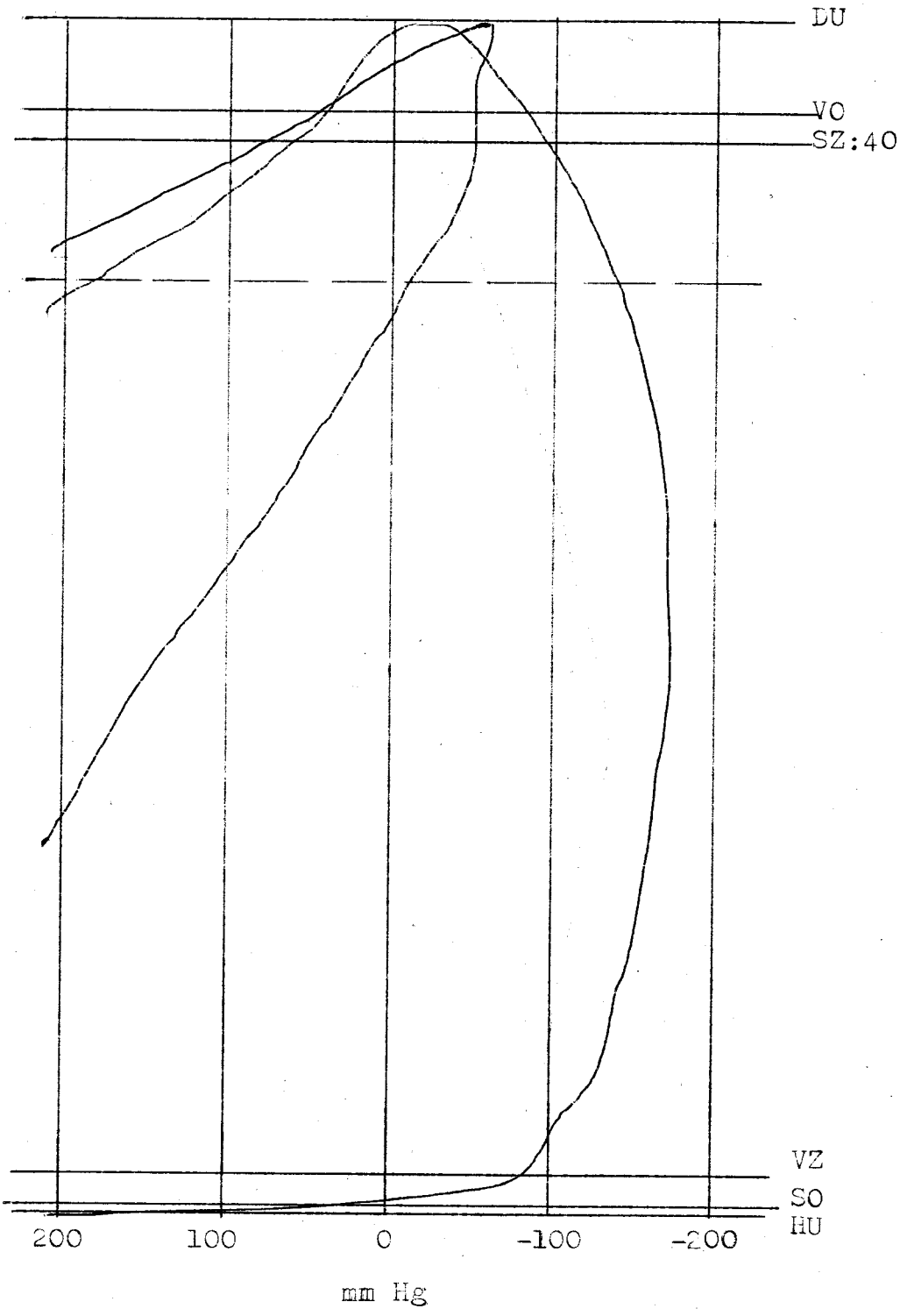
1400 ot/min 1:970 mm



——— Průběh tlaků ve válci

——— Průběh tlaků v ssacím potrubí

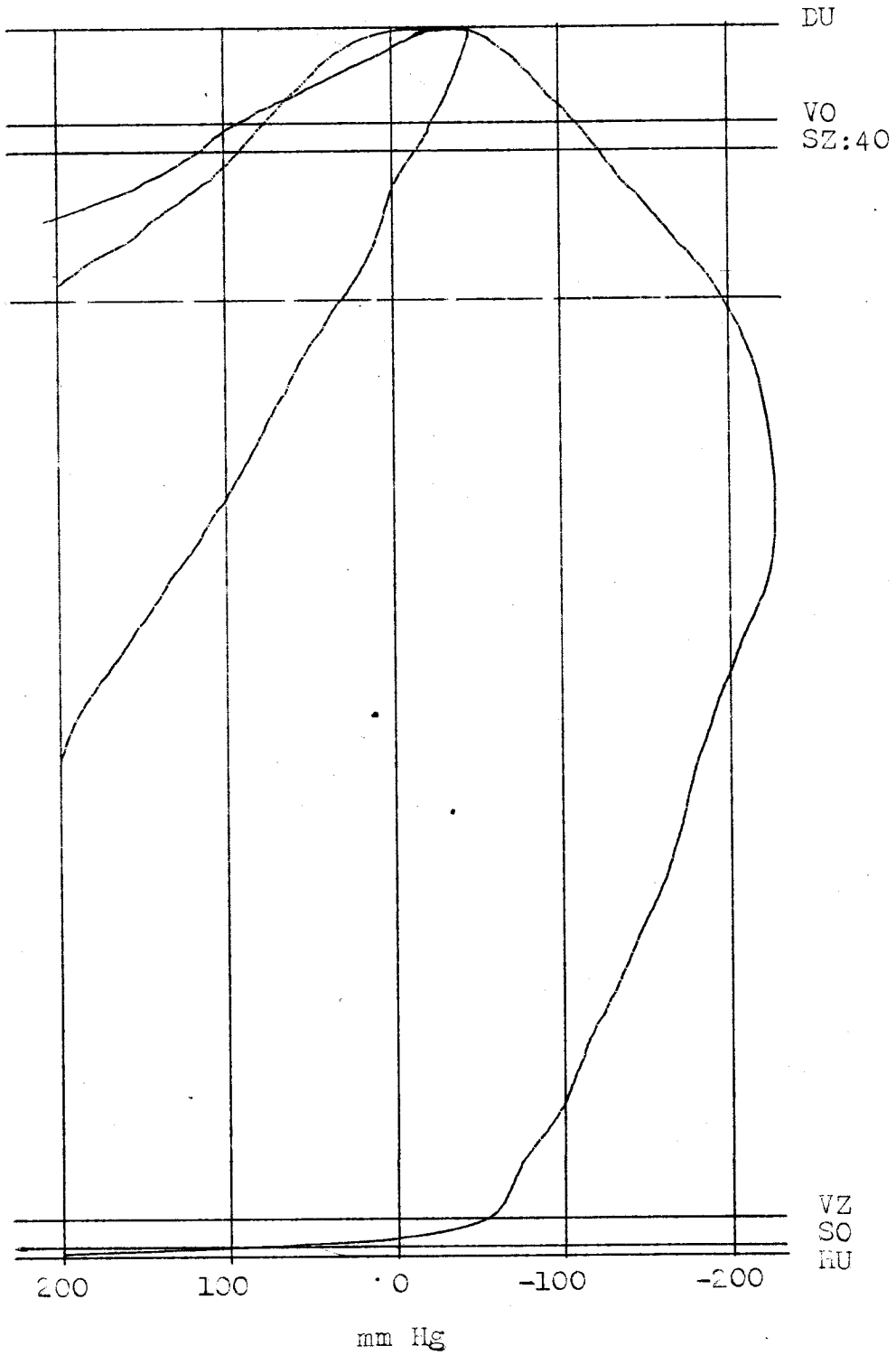
1600 ot/min 1:970 mm



—— Průběh tlaků ve válci

—— Průběh tlaků v ssacím potrubí

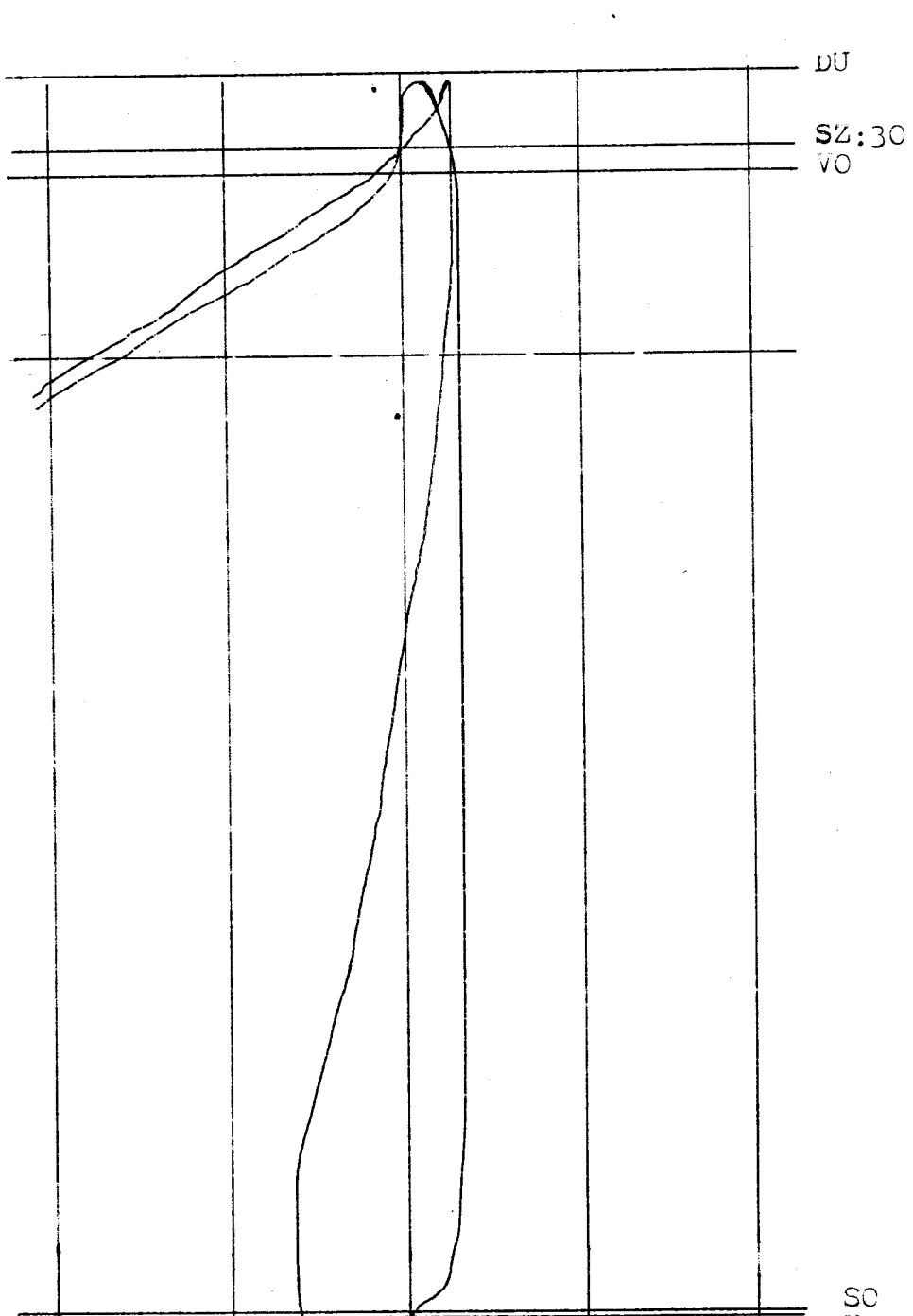
1800 ot/min 1:970 mm



____ Průběh tlaků ve válci

____ Průběh tlaků v ssacím potrubí

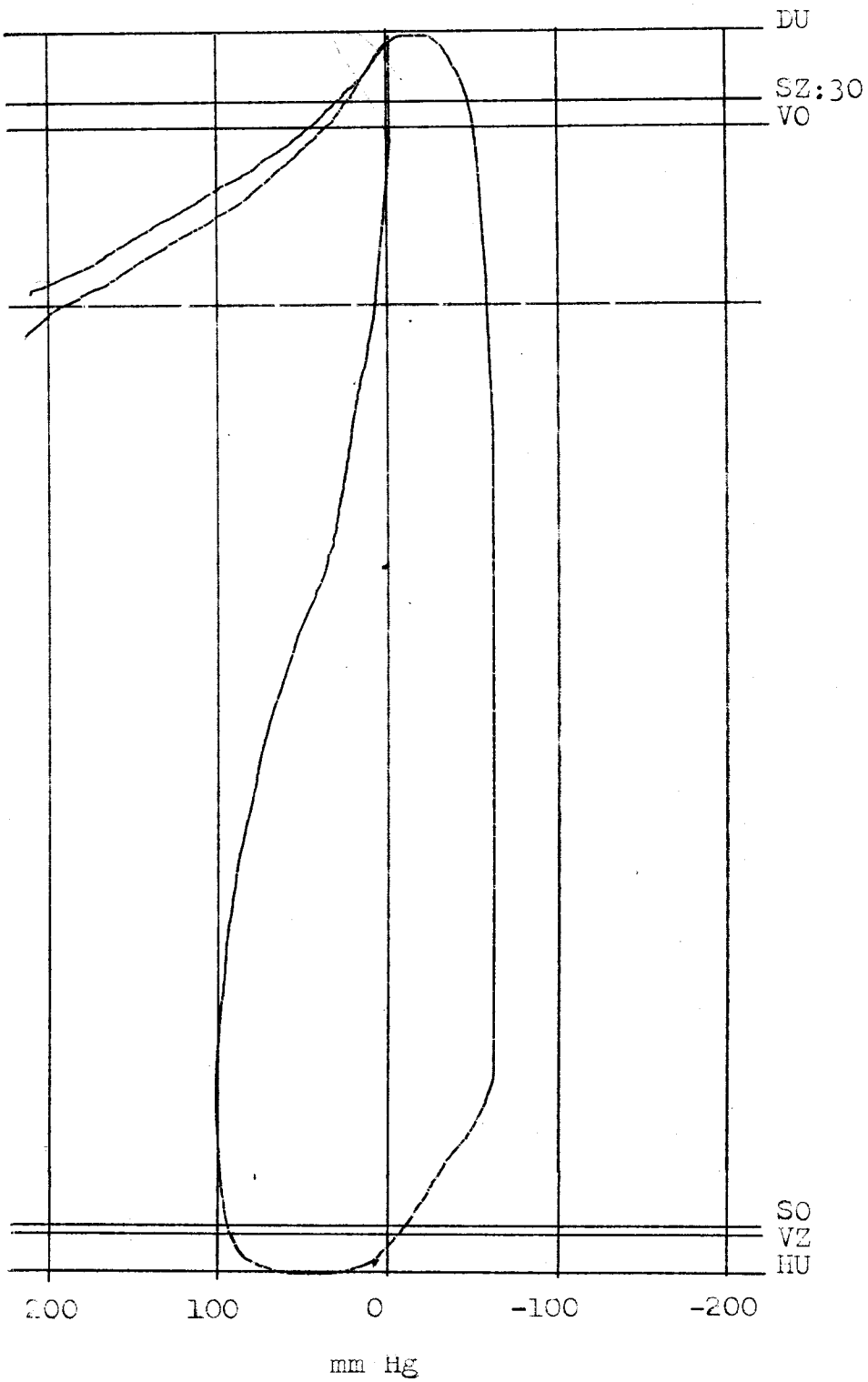
800 ot./min 1:970 mm



——— Průběh tlaků ve válci

——— Průběh tlaků v ssacím potrubí

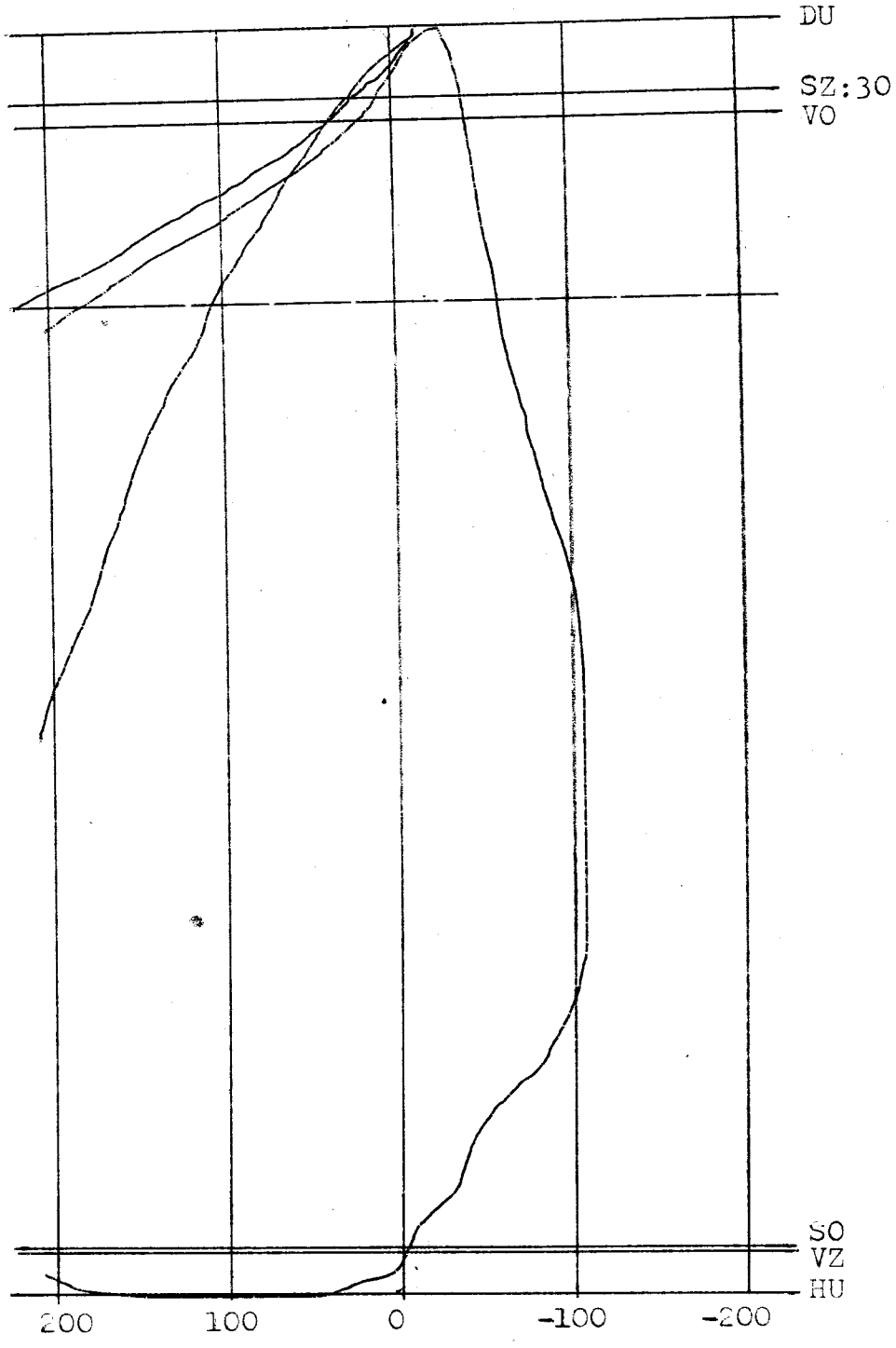
1000 ot/min 1:970 mm



____ Průběh tlaků ve válci

____ Průběh tlaků v ssacím potrubí

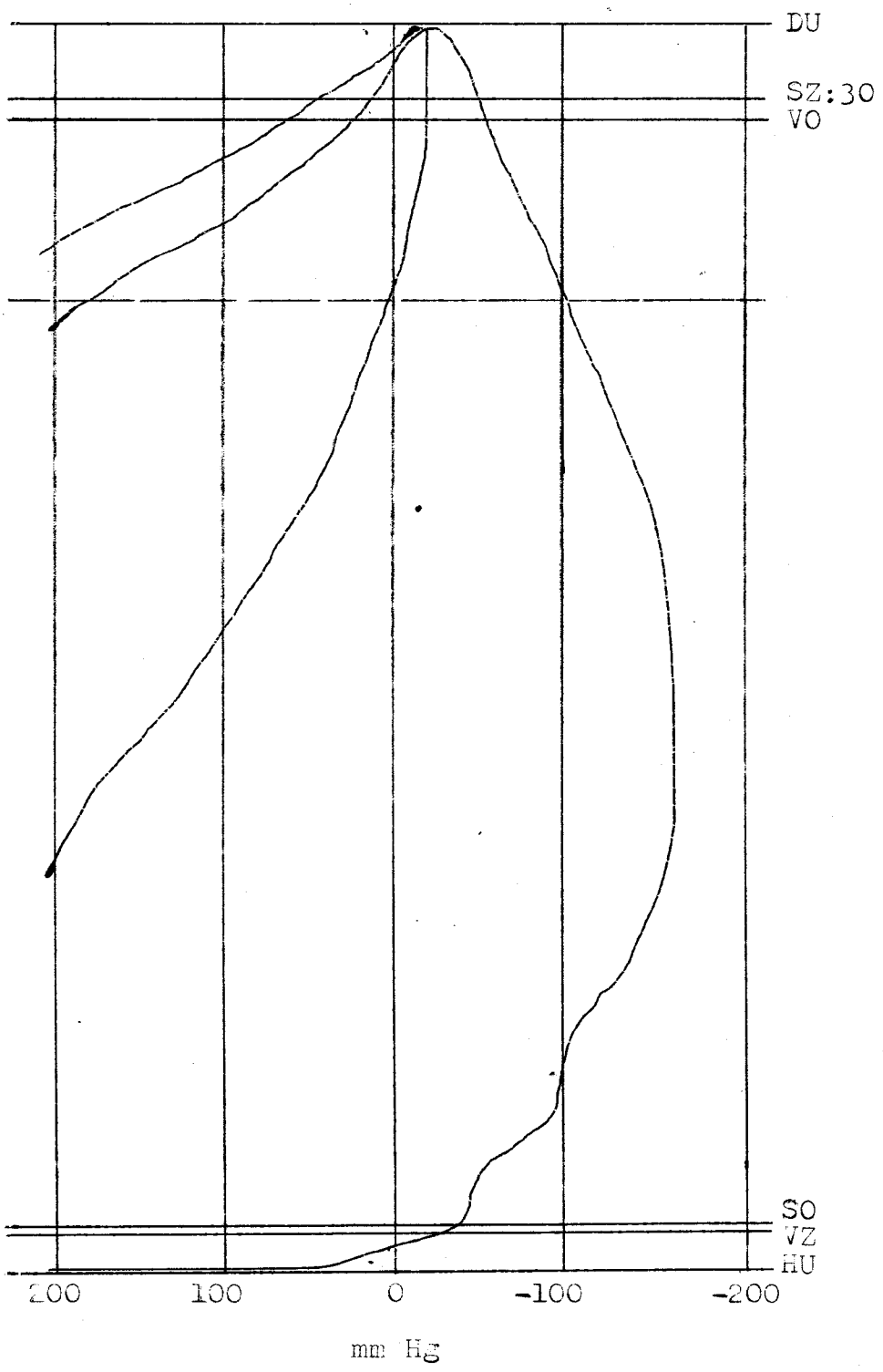
1200 ot/min 1:970 mm



—— Průběh tlaků ve válci

—— Průběh tlaků v ssacím potrubí

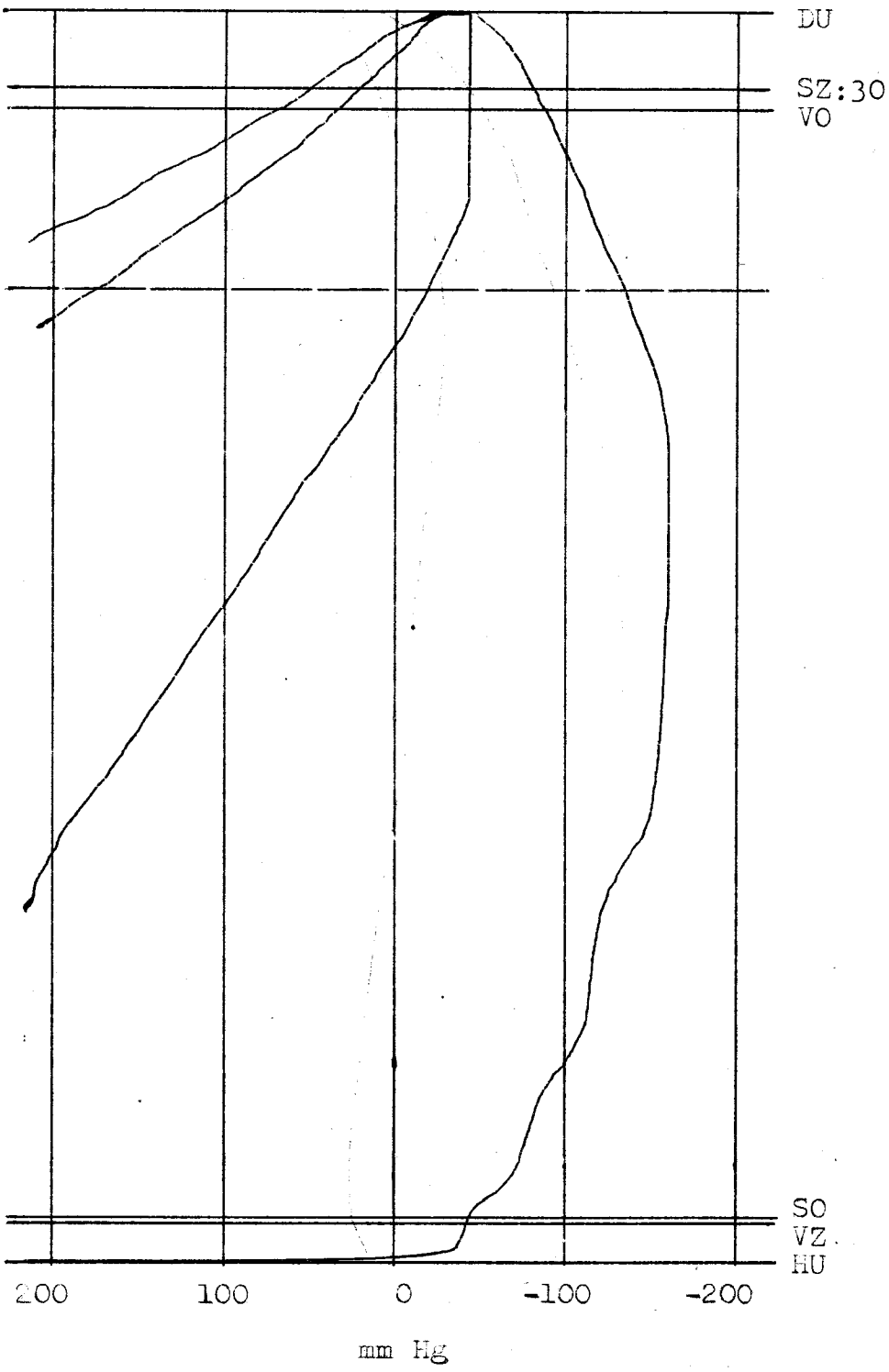
1400 ot/min 1:970 mm



——— Průběh tlaků ve válci

———— Průběh tlaků v ssacím potrubí

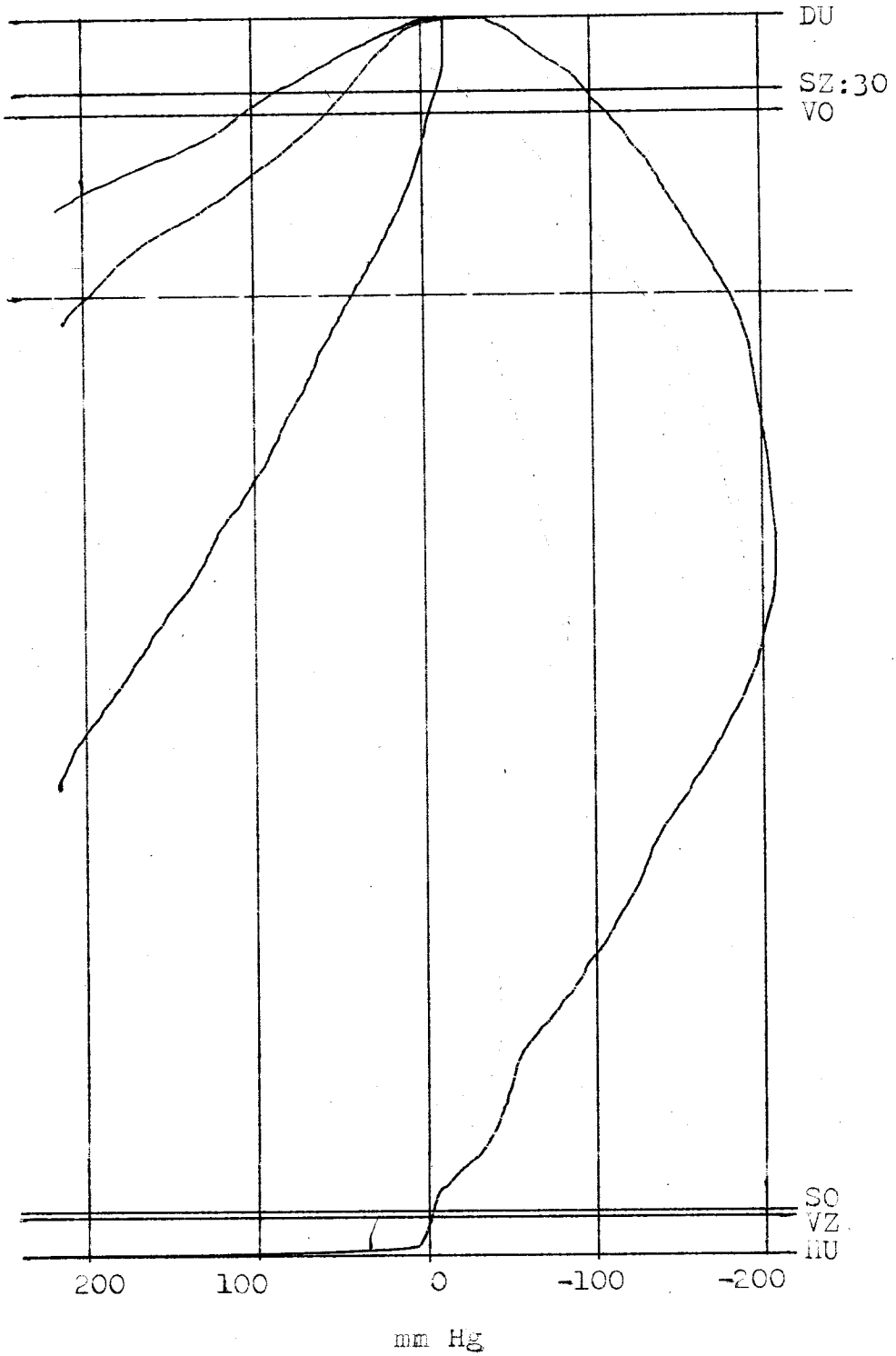
1600 ot/min 1:970 mm



—— Průběh tlaků ve válci

—— Průběh tlaků v ssacím potrubí

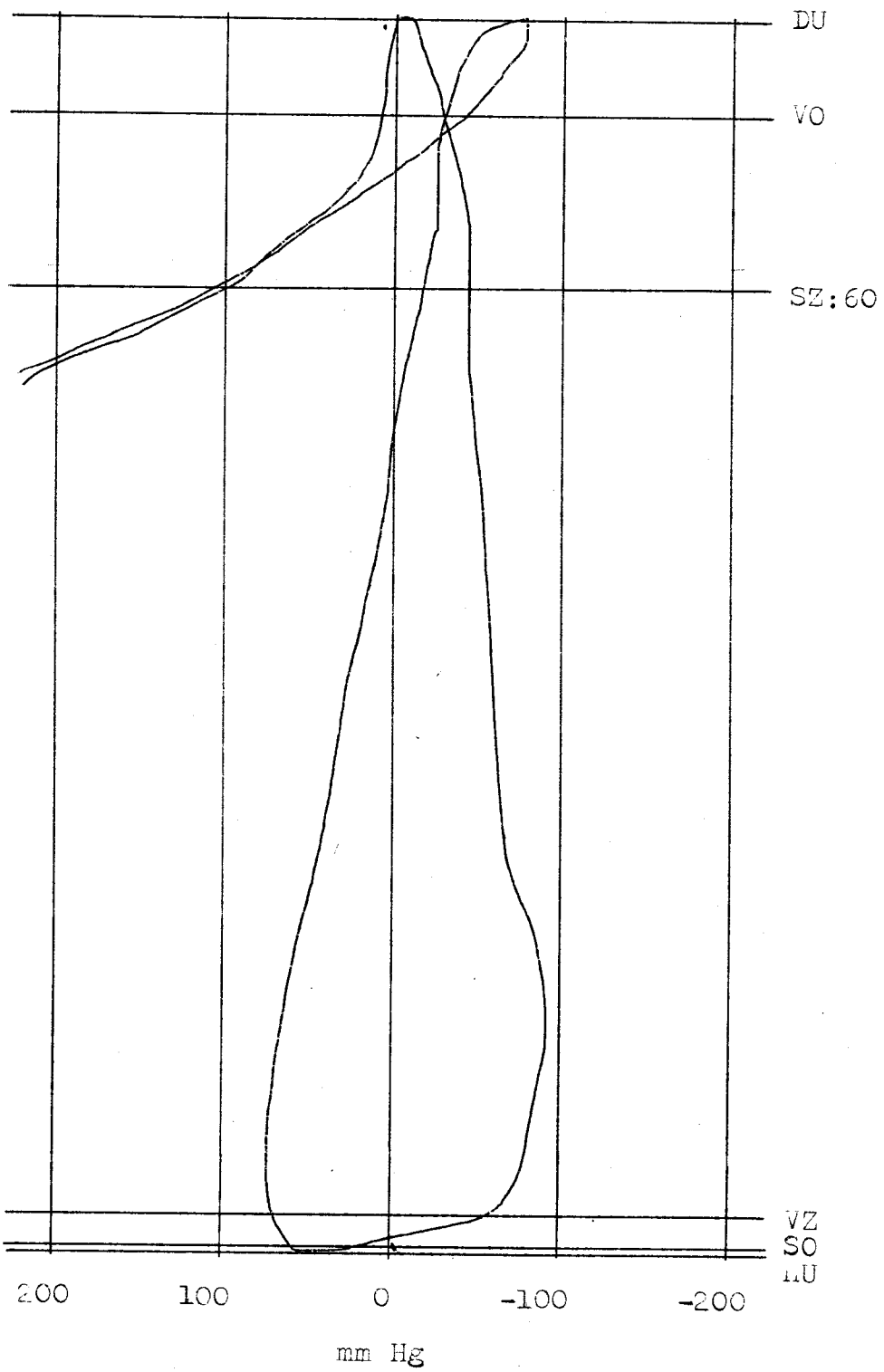
1800 ot/min 1:970mm



——— Průběh tlaků ve válci

——— Průběh tlaků v ssacím potrubí

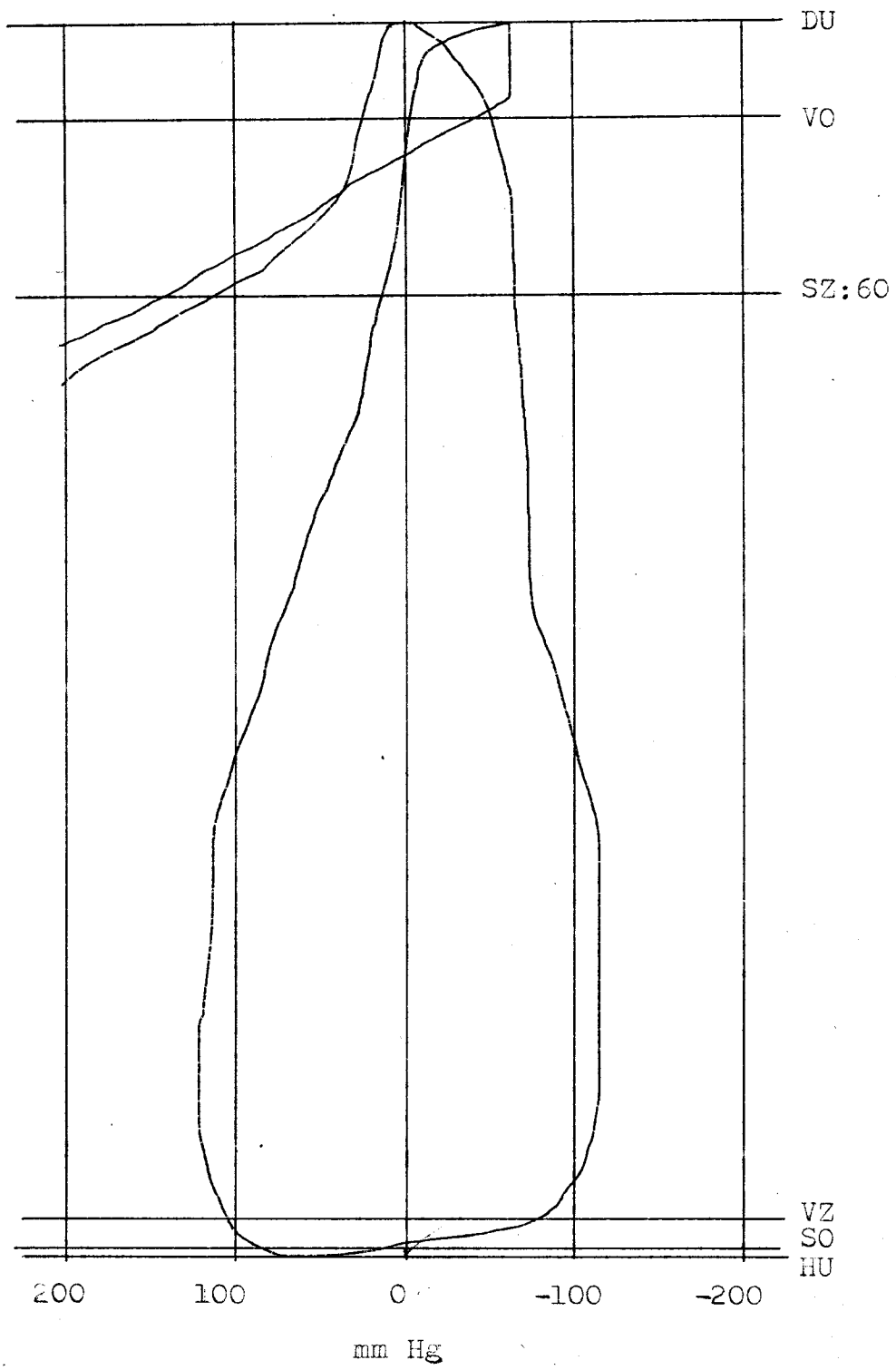
800 ot/min 1:780mm



_____ Průběh tlaků ve válci

_____ Průběh tlaků v ssacím potrubí

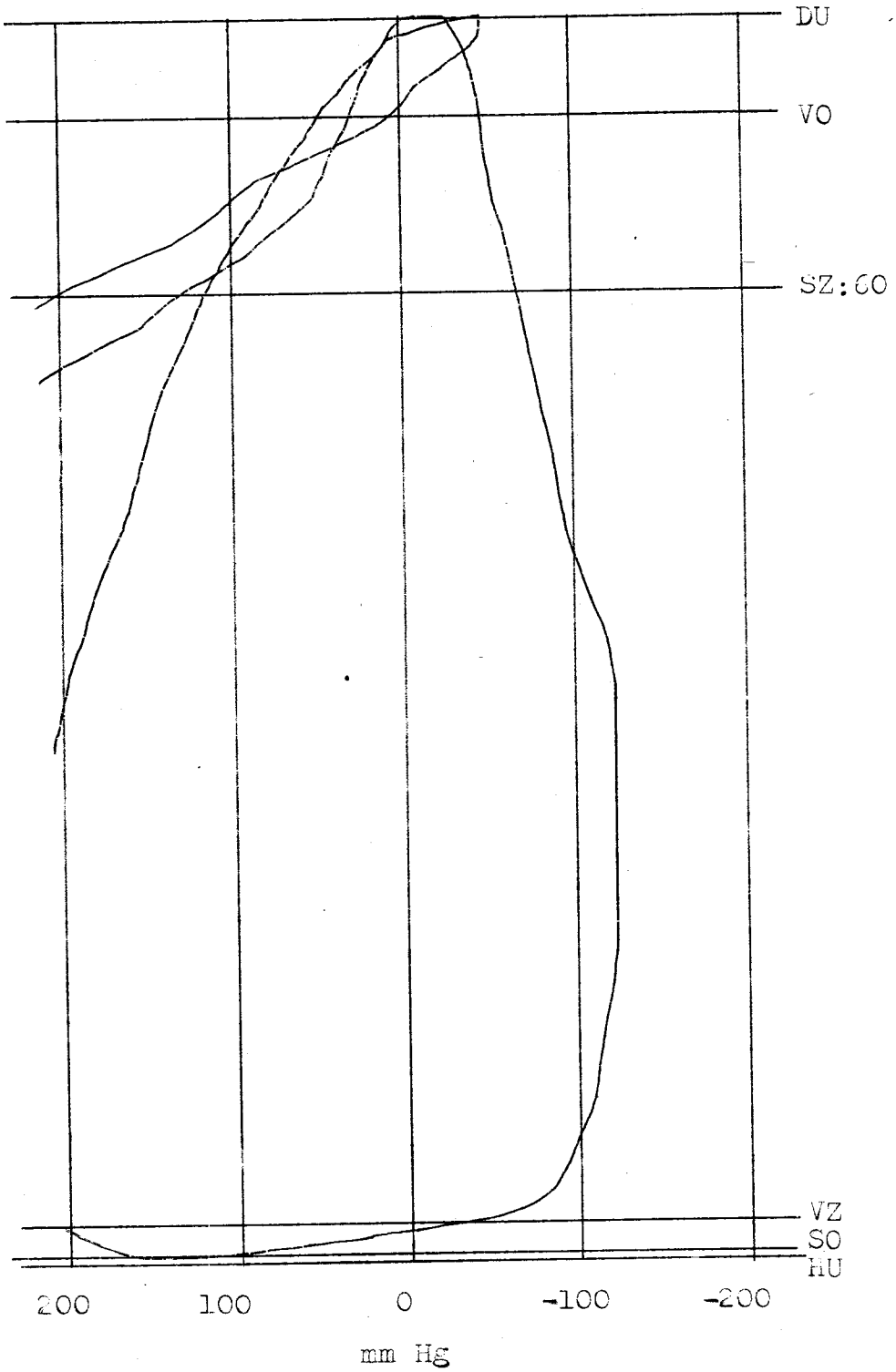
1000 ot/min 1:780 mm



——— Průběh tlaků ve válci

——— Průběh tlaků v ssacím potrubí

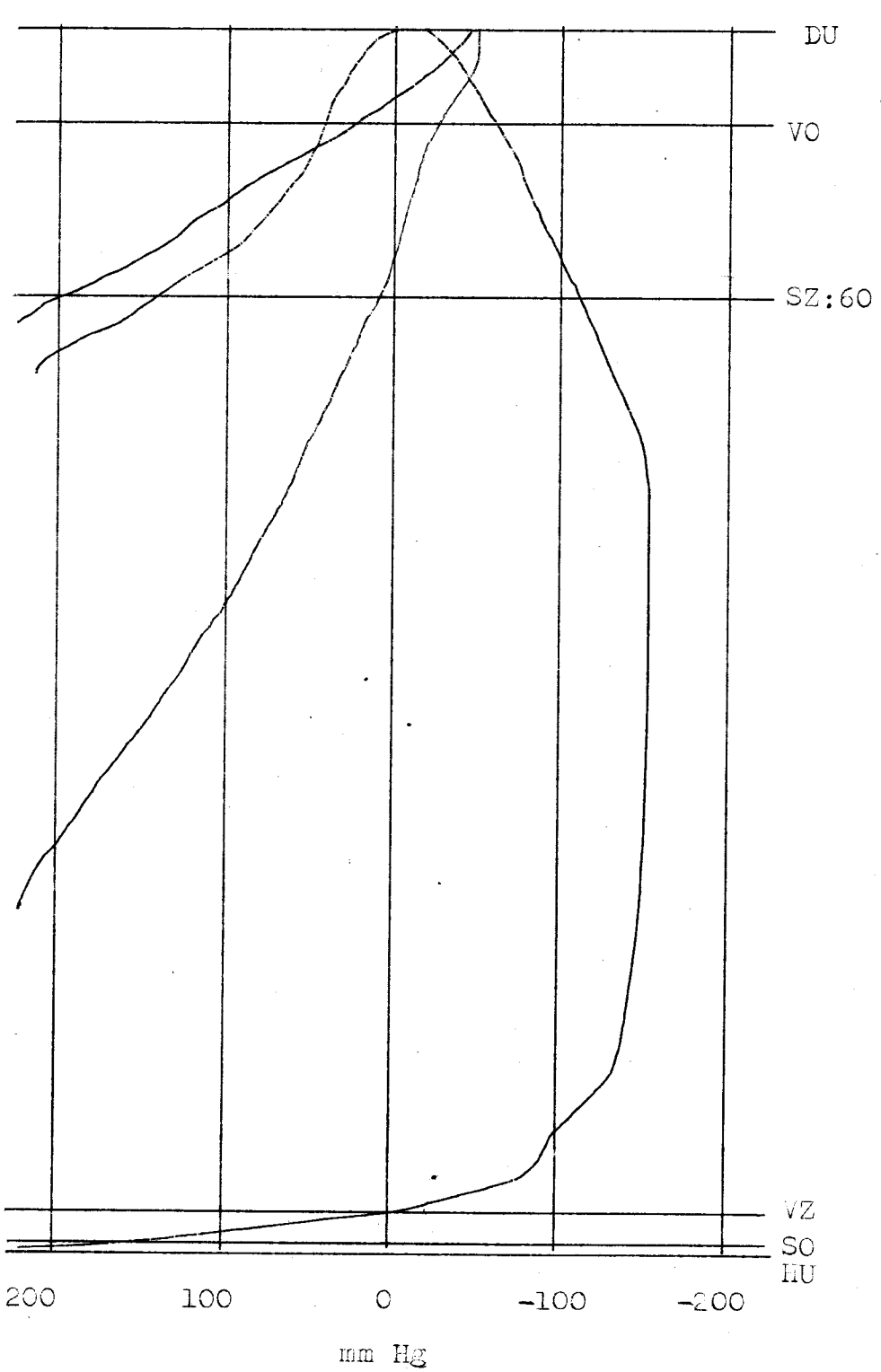
1200 ot/min 1:780mm



____ Průběh tlaků ve válci

____ Průběh tlaků v sacím potrubí

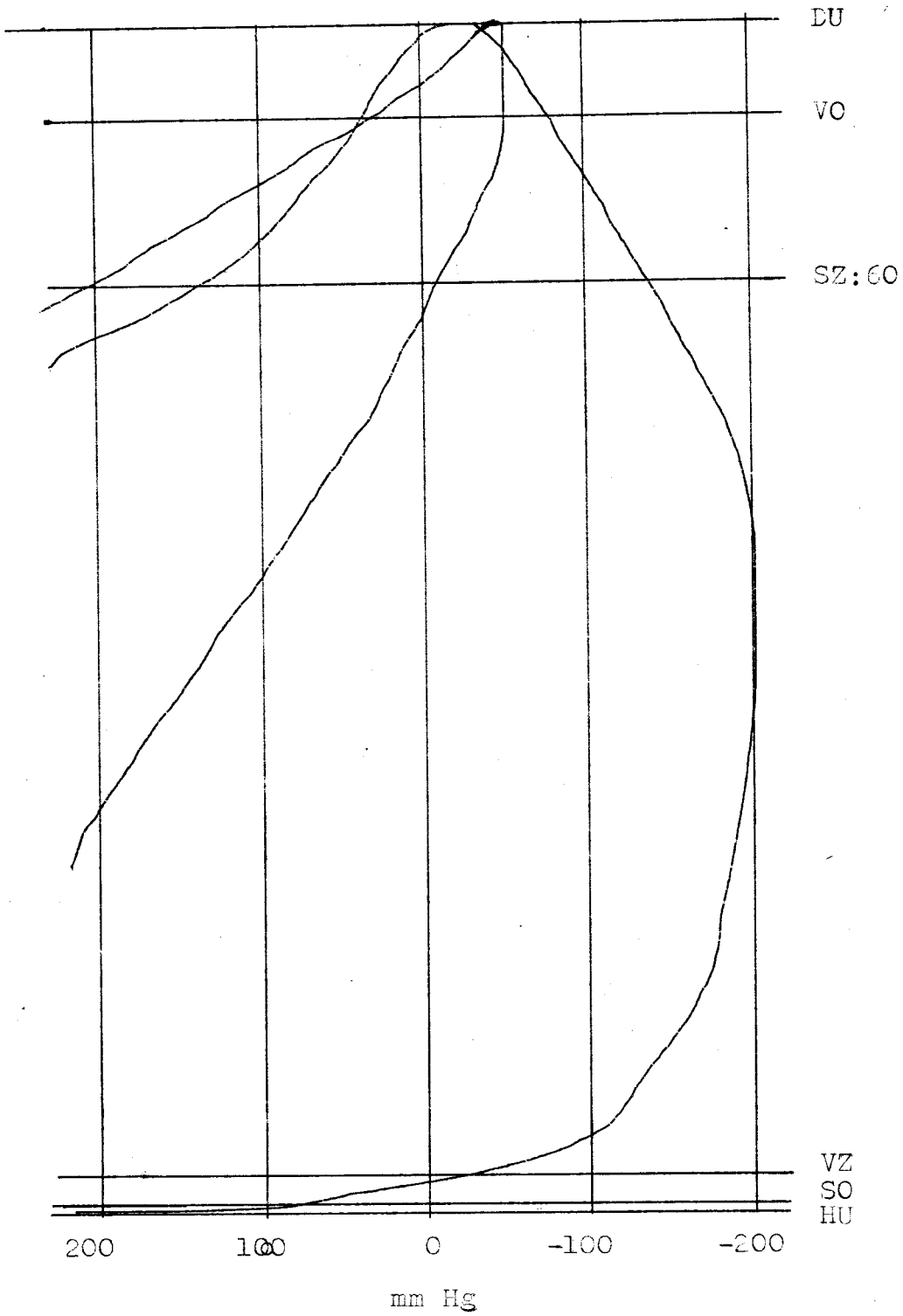
1400 ot/min 1:780 mm



____ Průběh tlaků ve válci

____ Průběh tlaků v ssacím potrubí

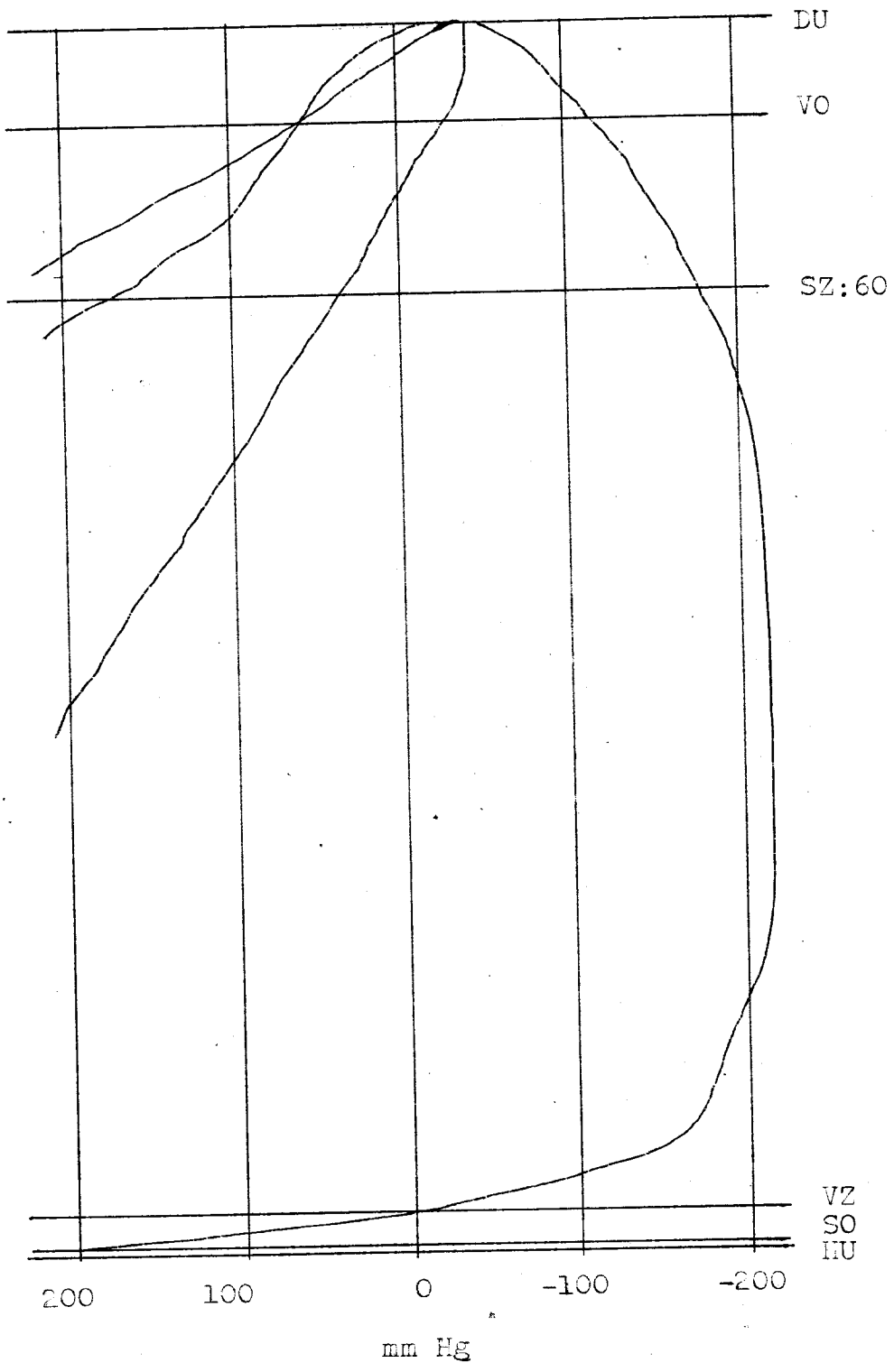
1600 ot/min 1:780 mm



____ Průběh tlaků ve válci

____ Průběh tlaků v ssacím potrubí

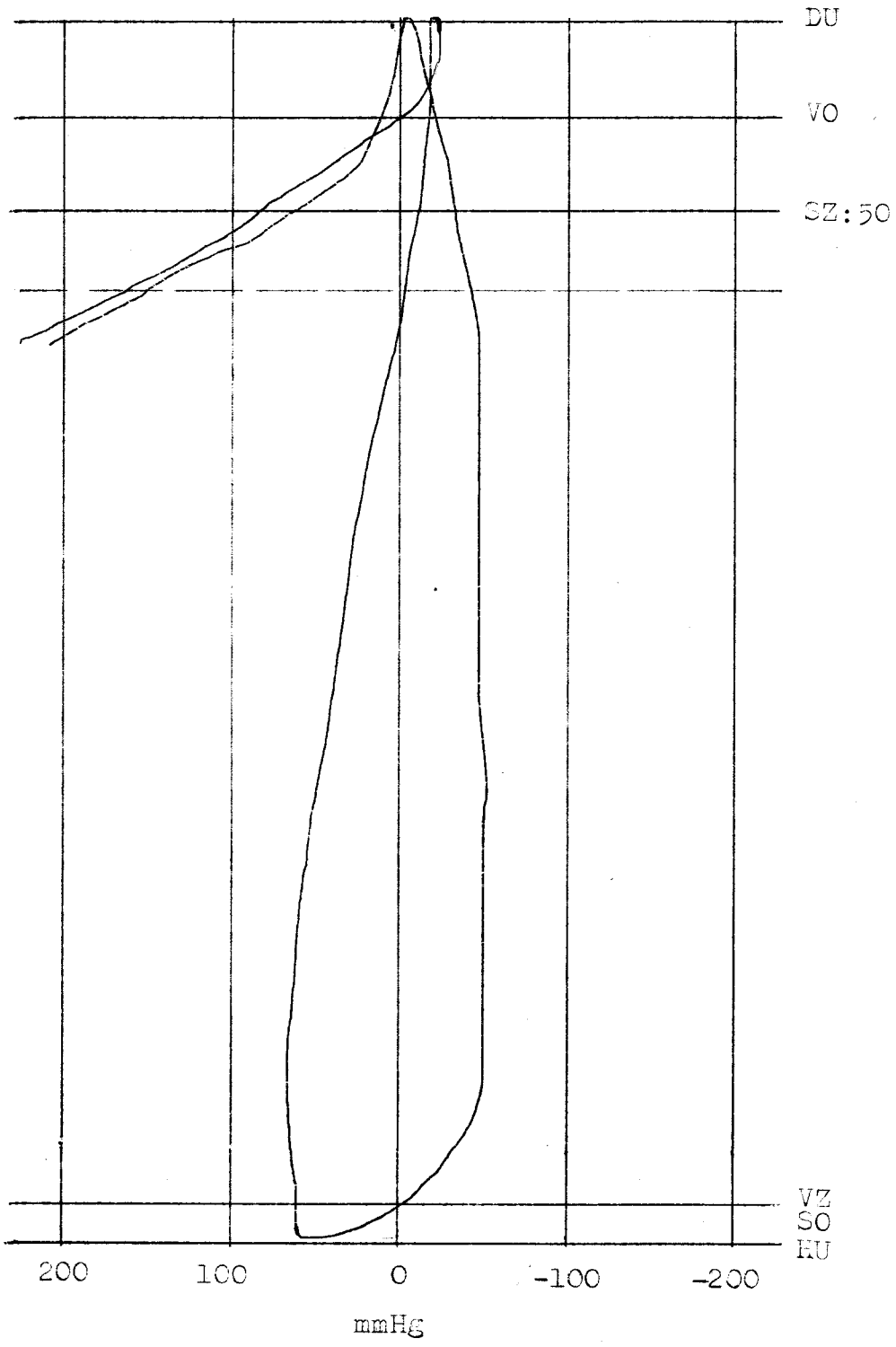
1800 ot/min 1:780 mm



——— Průběh tlaků ve válci

——— Průběh tlaků v ssacím potrubí

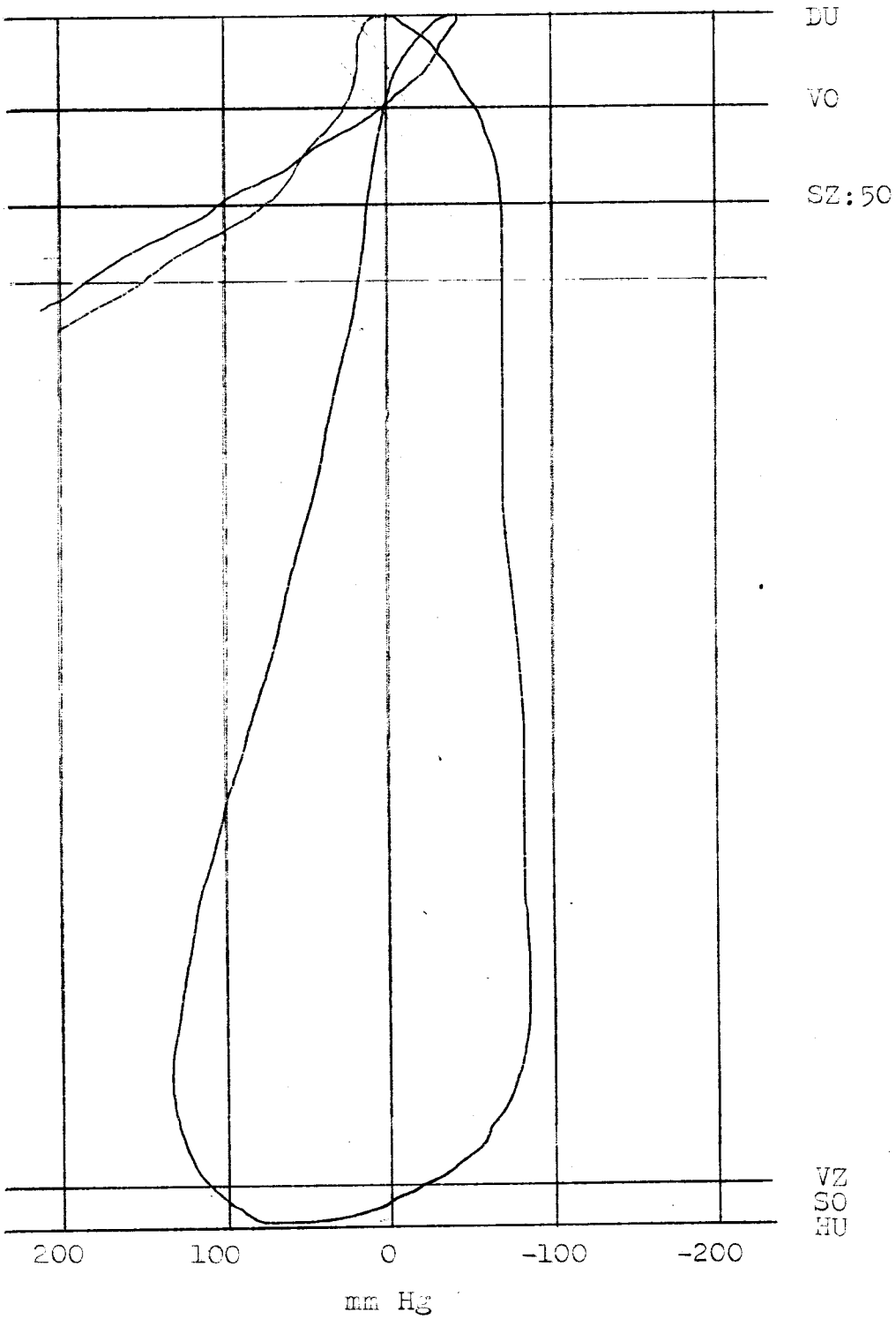
800 ot/min 1:780 mm



___ Průběh tlaků ve válci

___ Průběh tlaků v ssacím potrubí

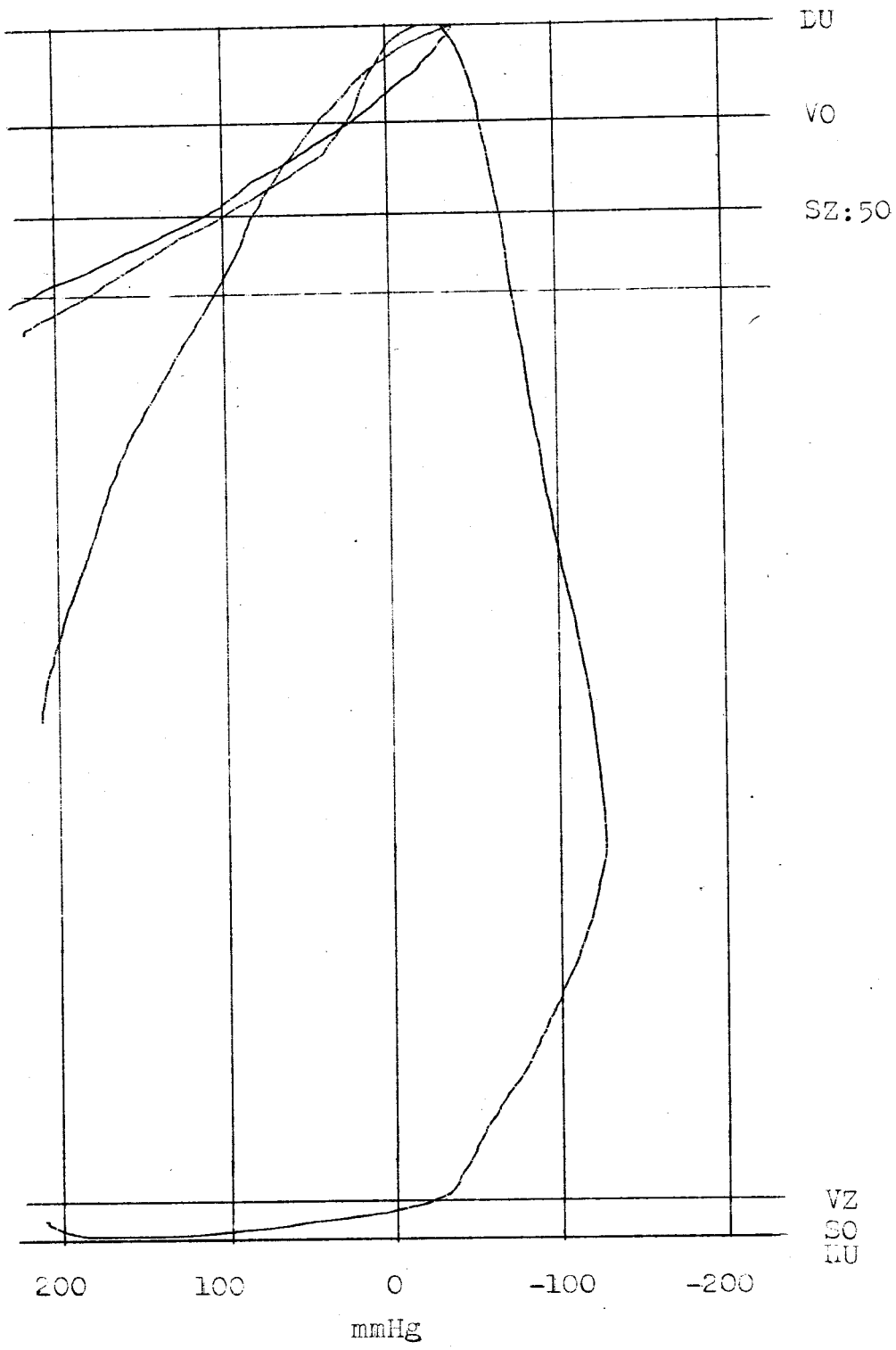
1000 ot/min 1:780 mm



____ Průběh tlaků ve válci

____ Průběh tlaků v ssacím potrubí

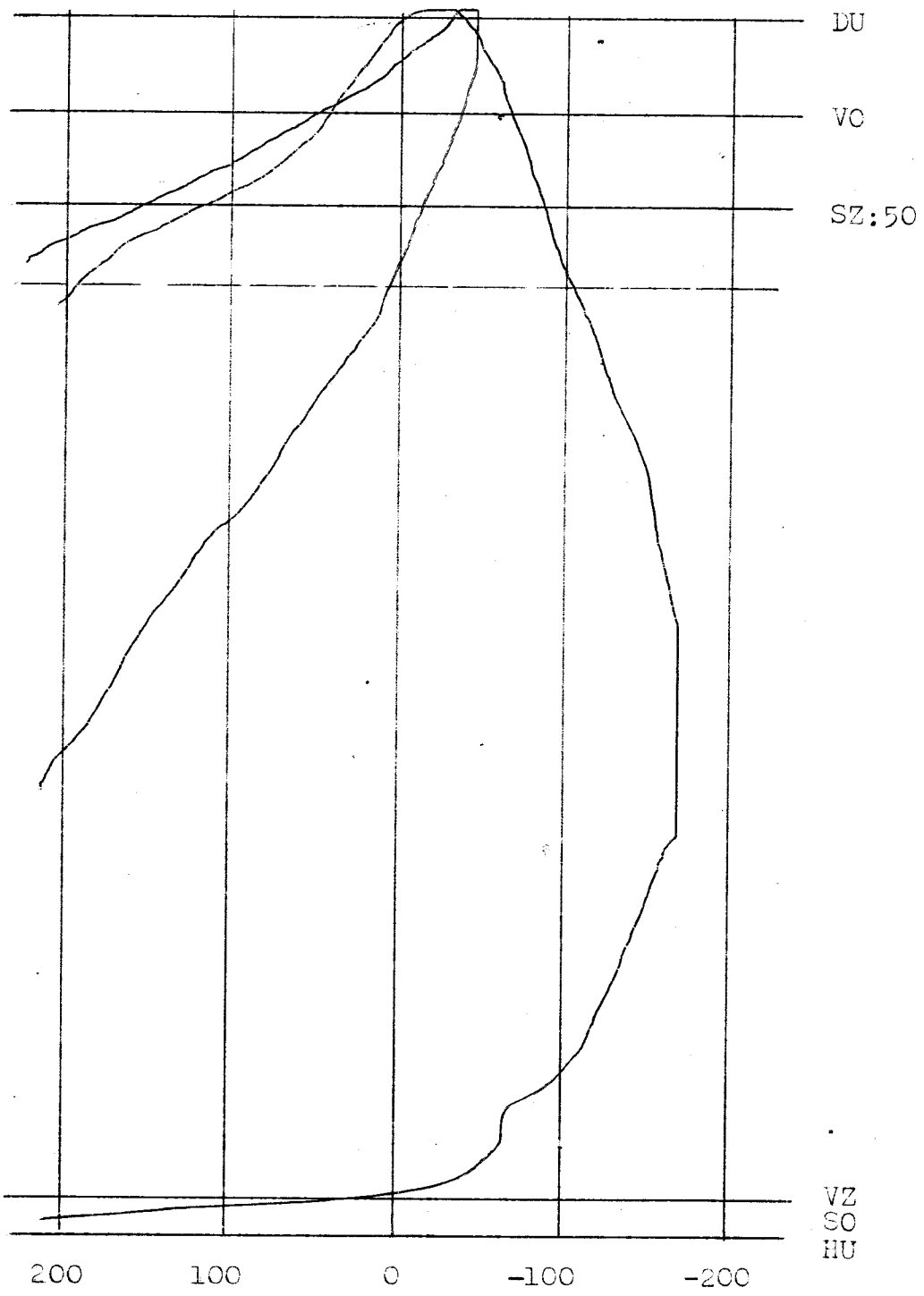
1200 ot/min 1:780 mm



—— Průběh tlaků ve válci

—— Průběh tlaků v sacím potrubí

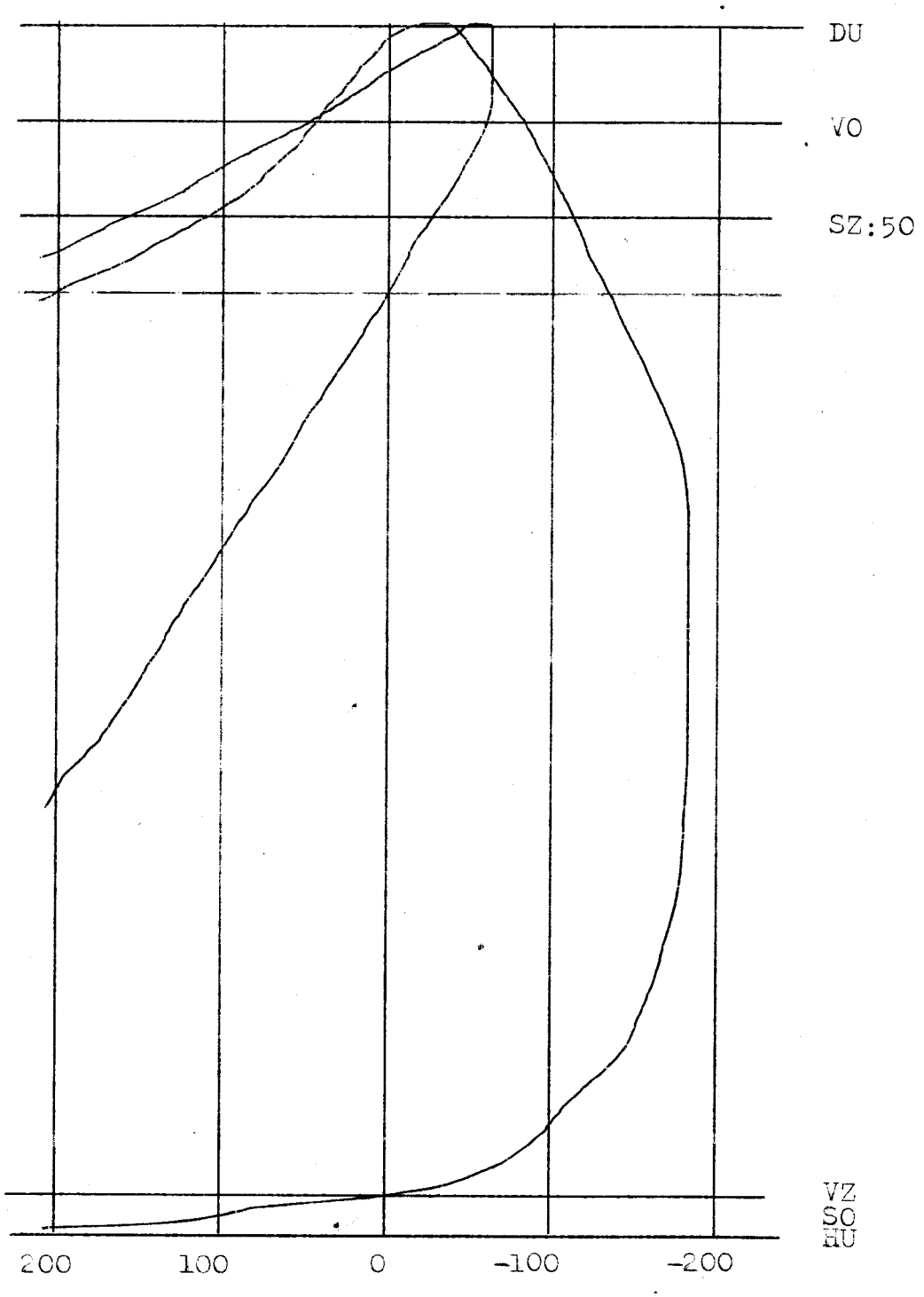
1400 ot/min 1:730mm



—— Průběh tlaků ve válci

—— Průběh tlakův ssacím potrubí

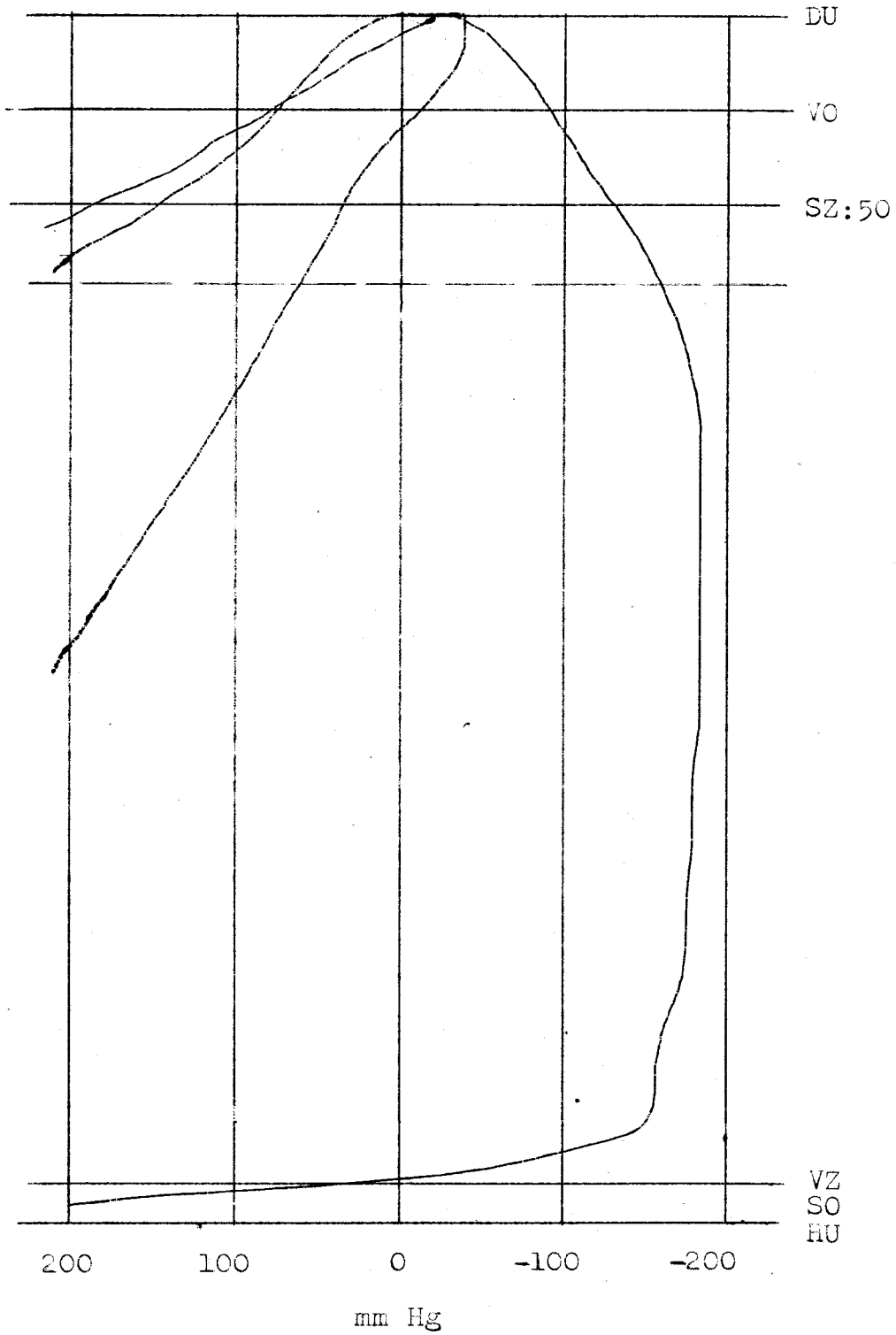
1600 ot/min 1:780 mm



——— Průběh tlaků ve válci

——— Průběh tlaků v ssacím potrubí

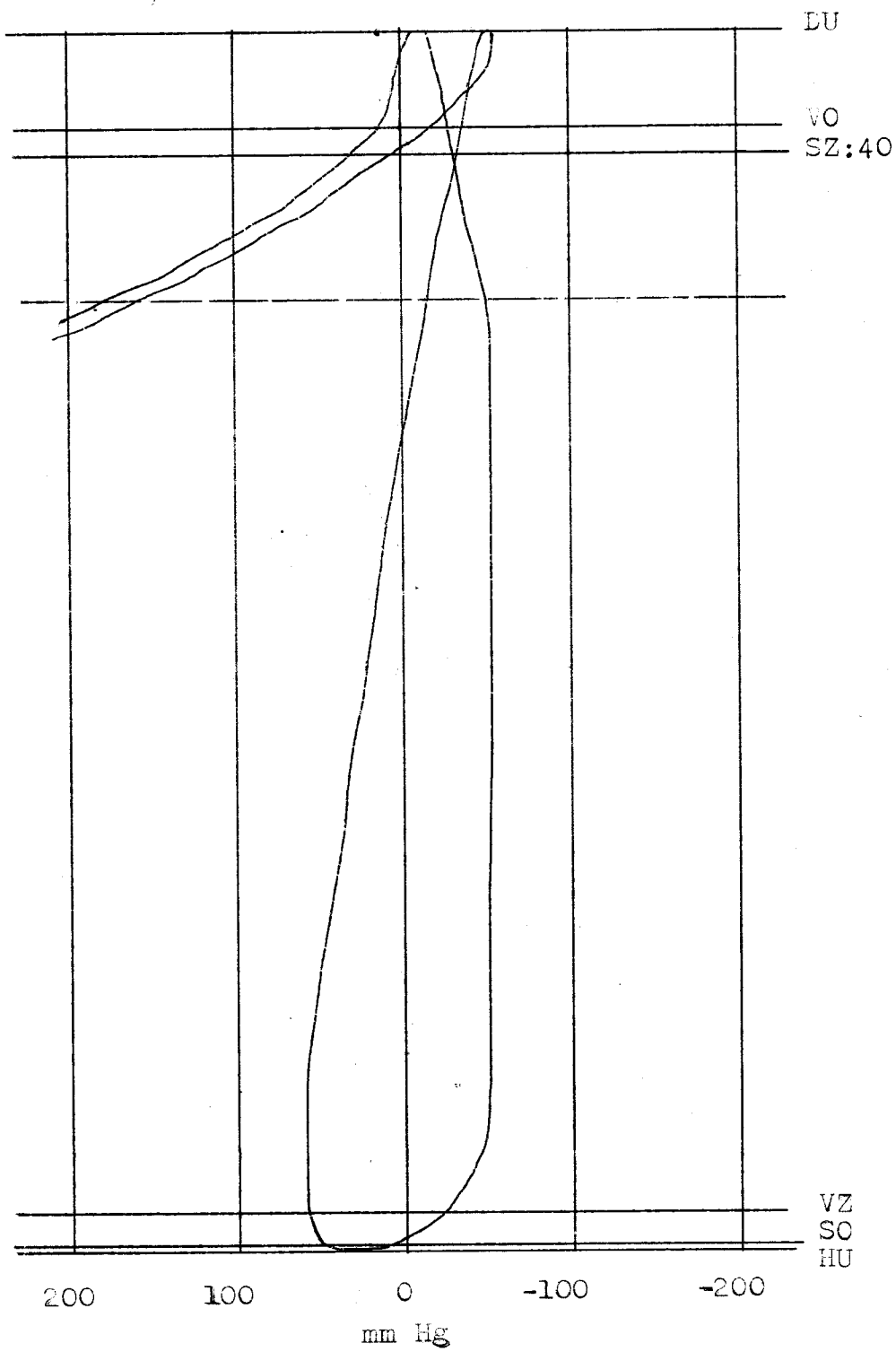
1800 ot/min 1:730 mm



_____ Průběh tlaků ve válci

_____ Průběh tlaků v sacím potrubí

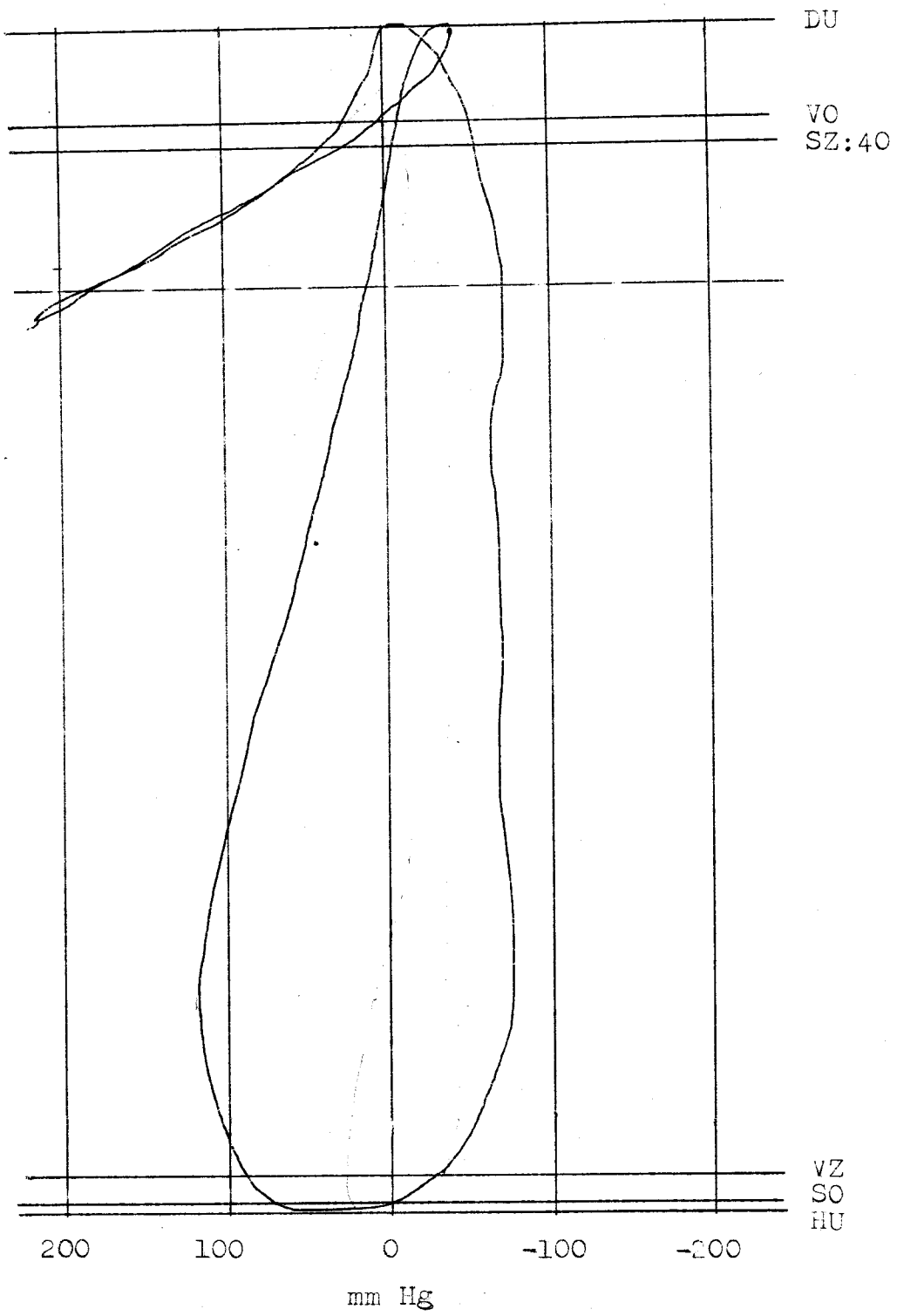
800 ot/min 1:780 mm



____ Průběh tlaků ve válci

____ Průběh tlaků v ssacím potrubí

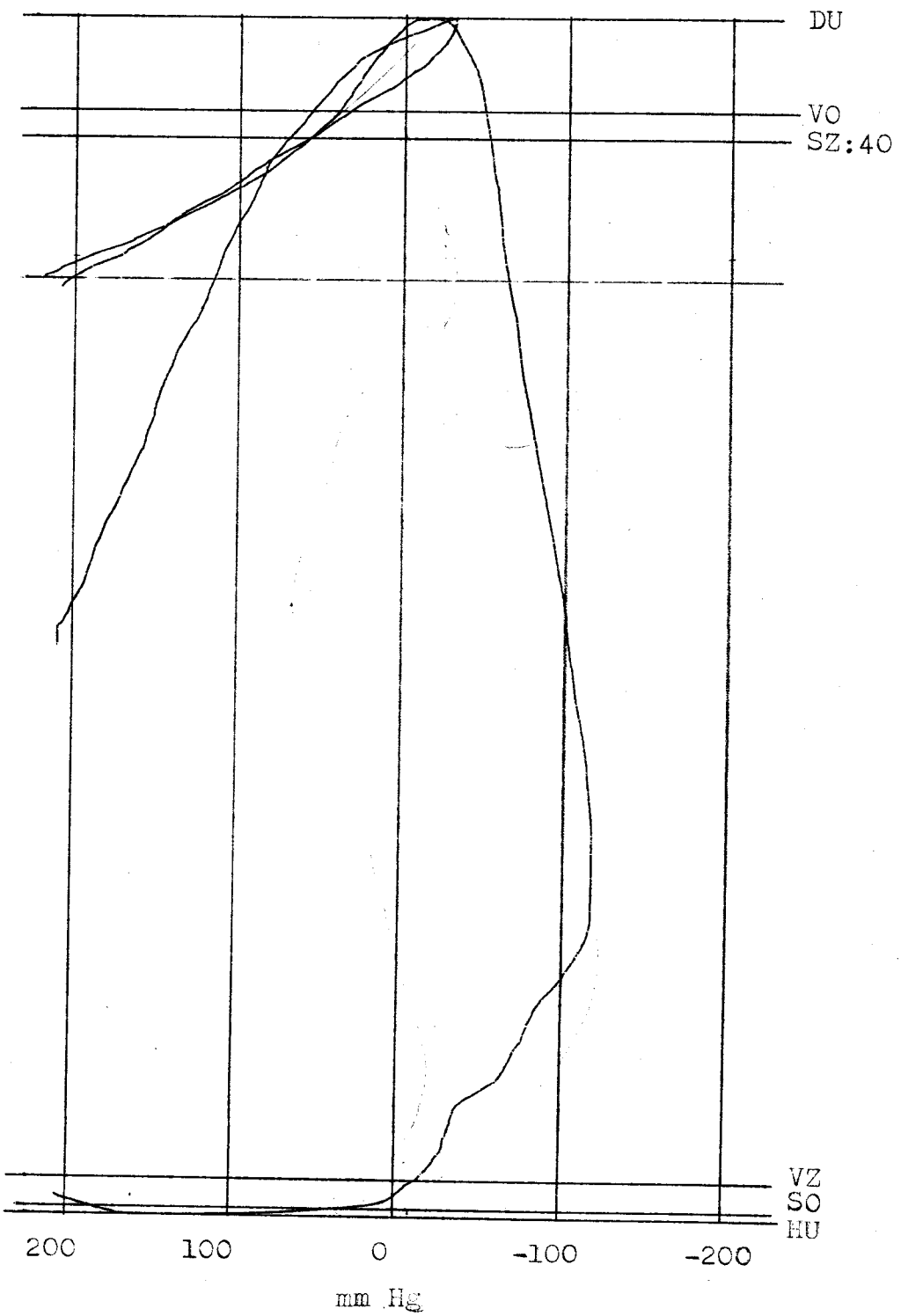
1000 ot/min 1:780 mm



——— Průběh tlaků ve válci

——— Průběh tlaků v ssacím potrubí

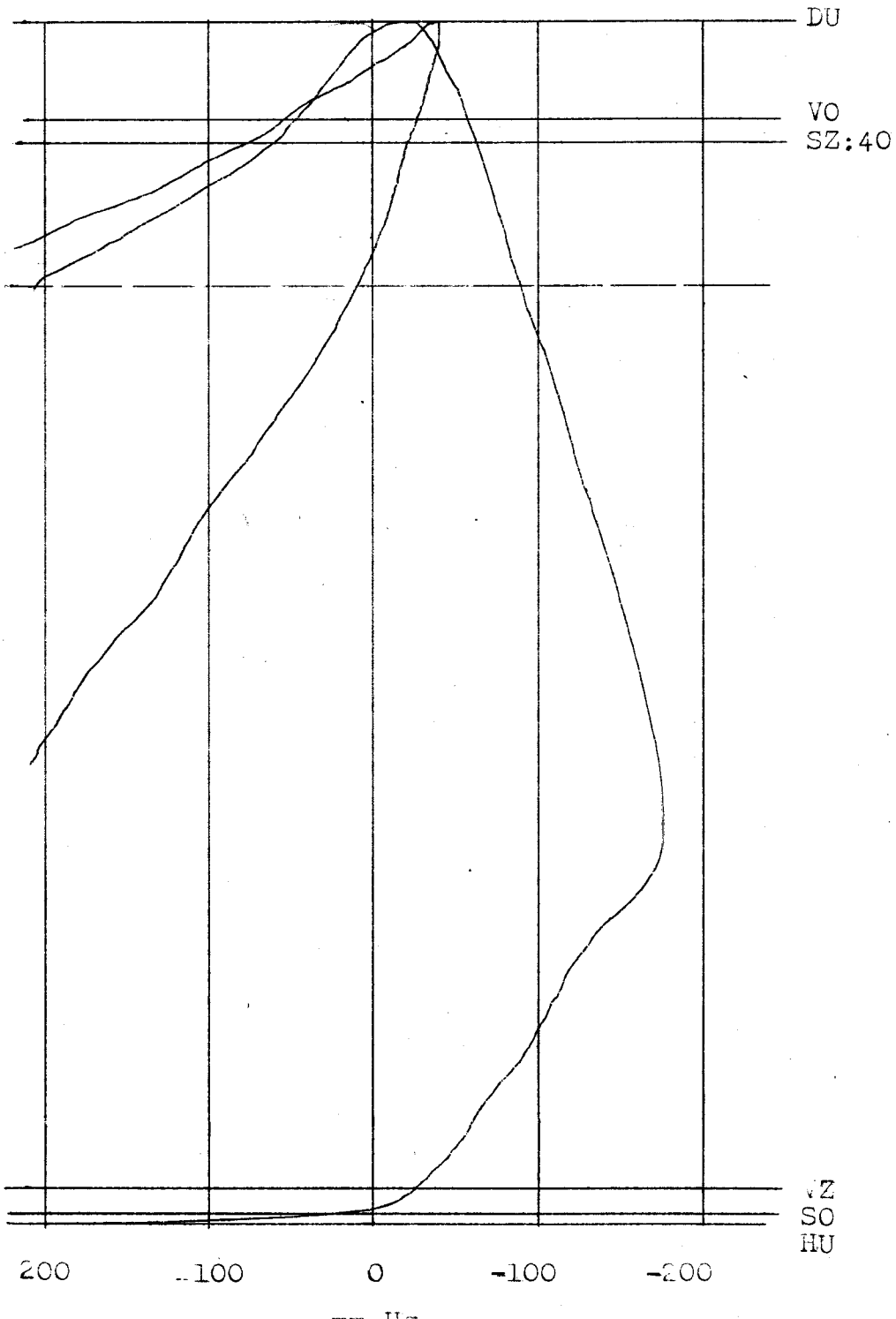
1200 ot/min 1:780 mm



____ Průběh tlaků ve válci

____ Průběh tlaků v ssacím potrubí

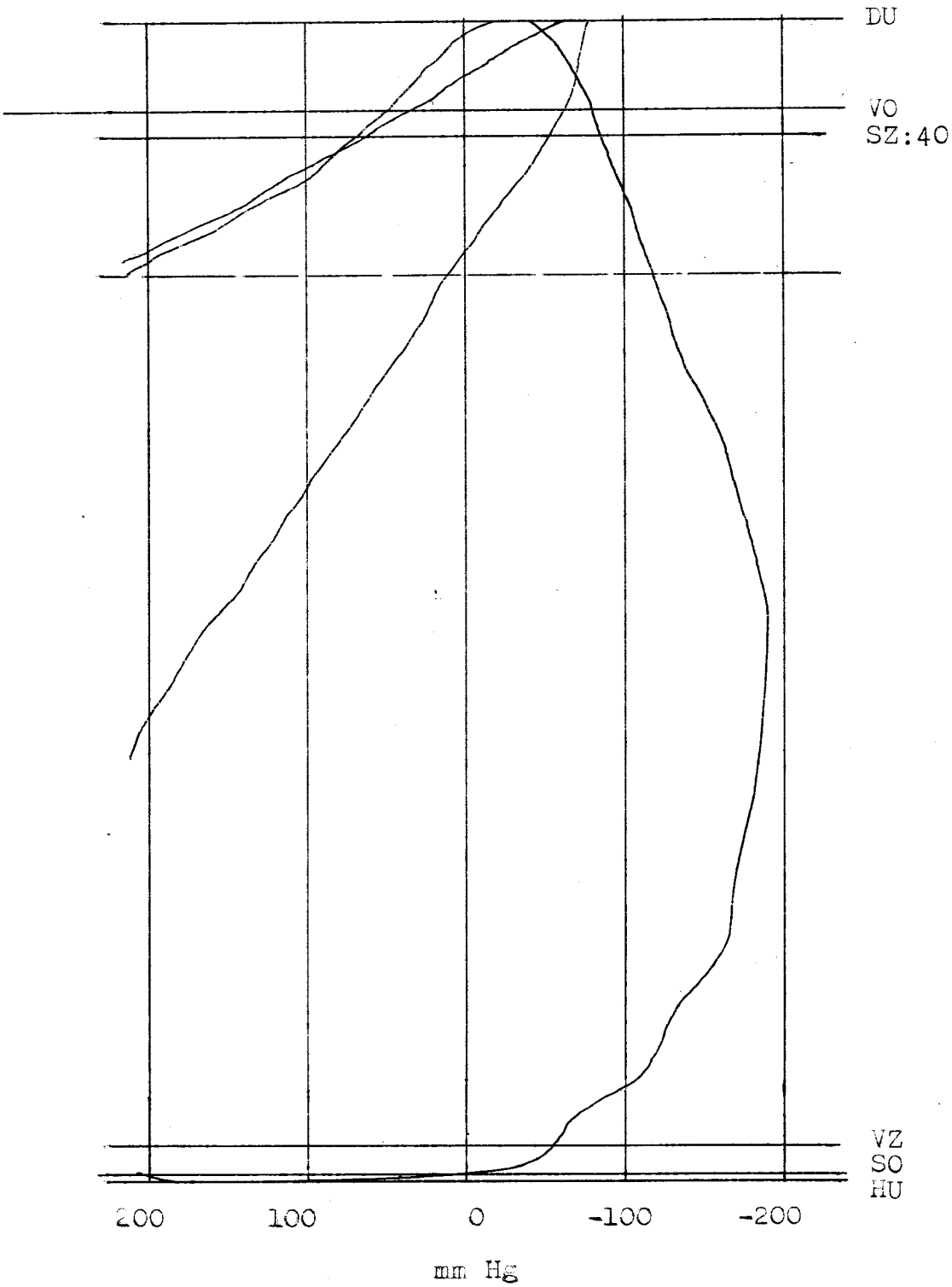
1400 ot./min 1:780 mm



___ Průběh tlaků ve válci

___ Průběh tlaků v ssacím potrubí

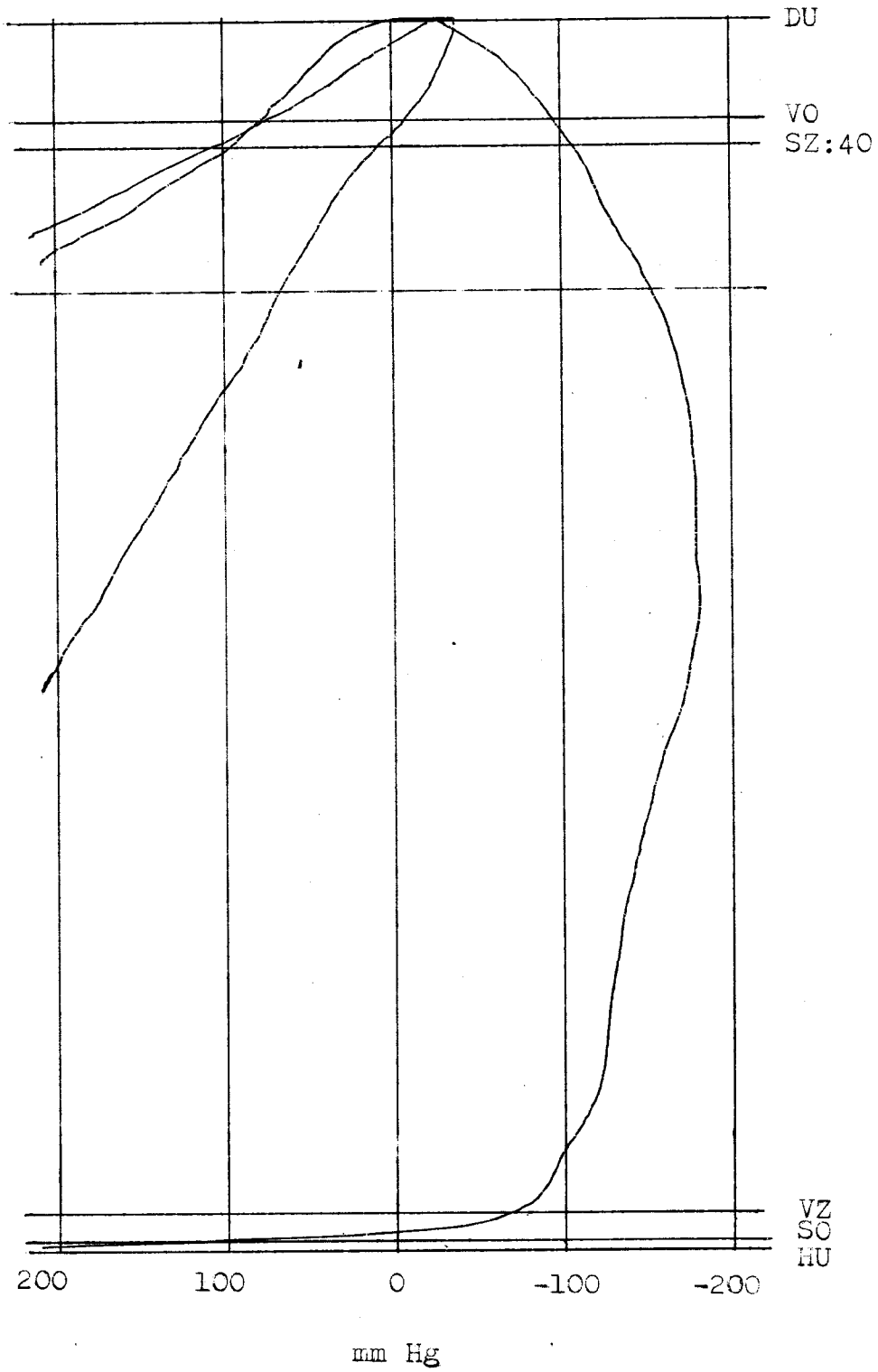
1600 ot/min 1:780 mm



____ Průběh tlaků ve válci

____ Průběh tlaků v ssacím potrubí

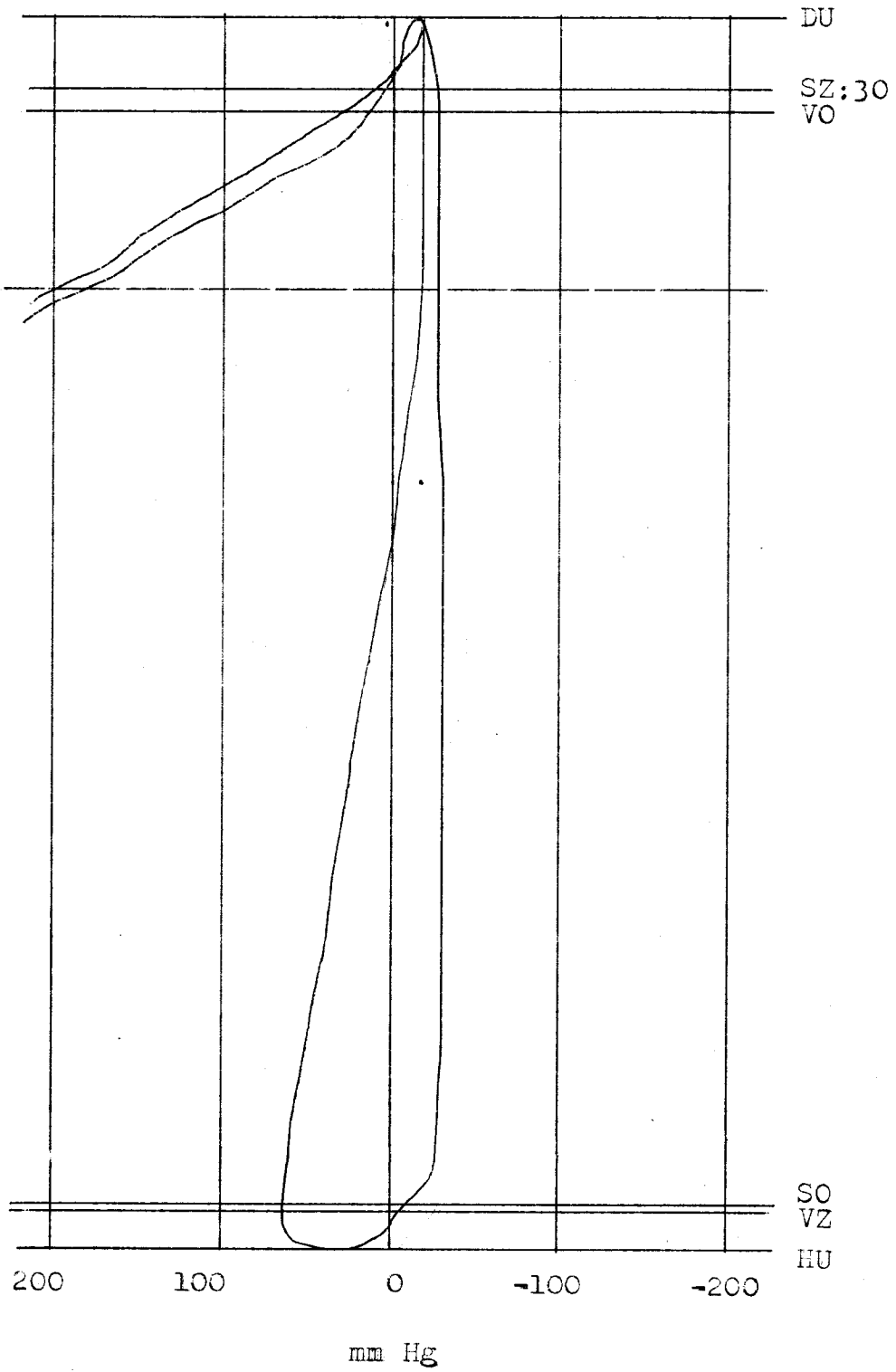
1800 ot./min 1:780 mm



——— Průběh tlaků ve válci

——— Průběh tlaků v ssacím potrubí

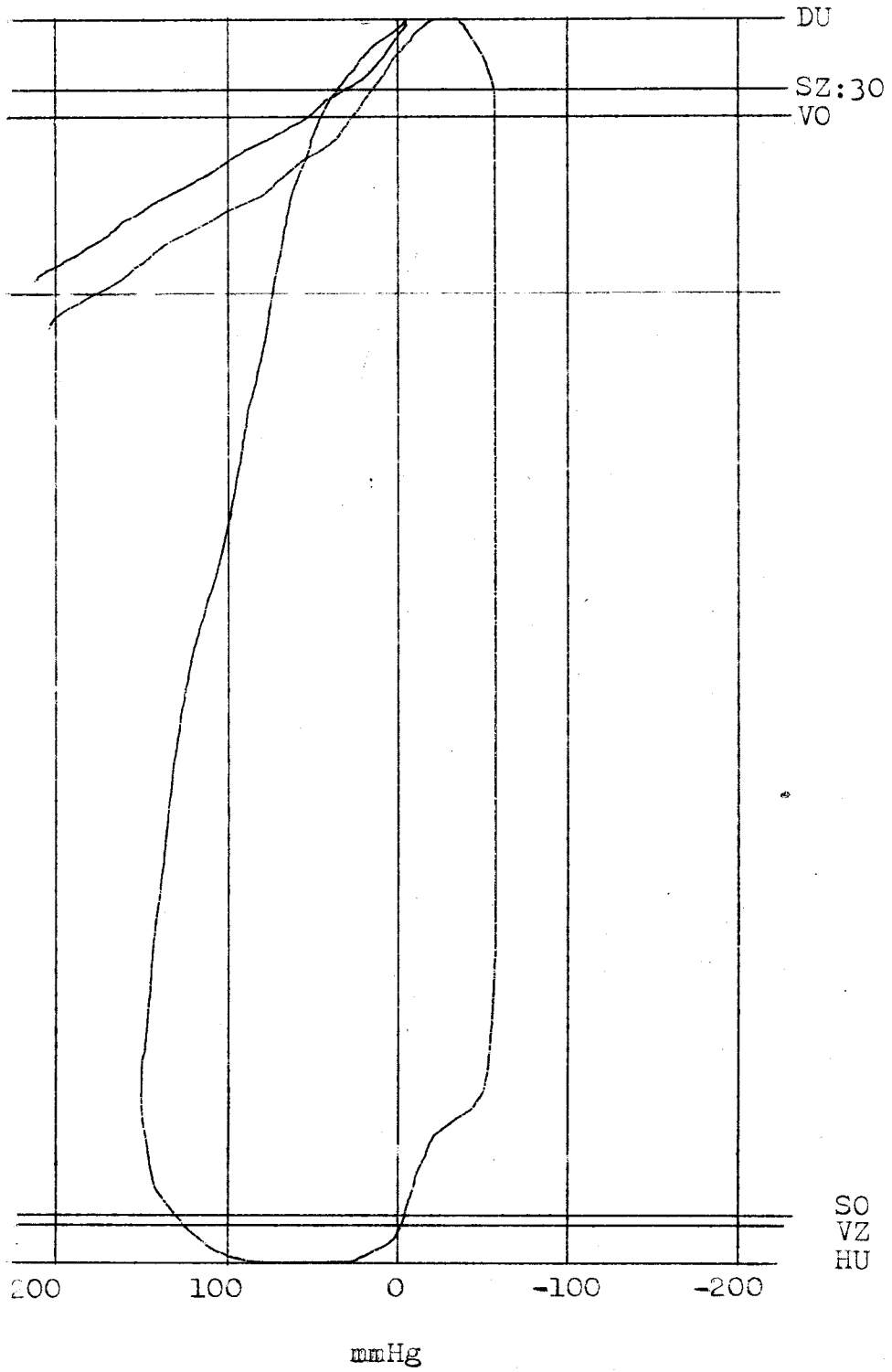
800 ot/min 1:780 mm



____ Průběh tlaků ve válci

____ Průběh tlaků v ssacím potrubí

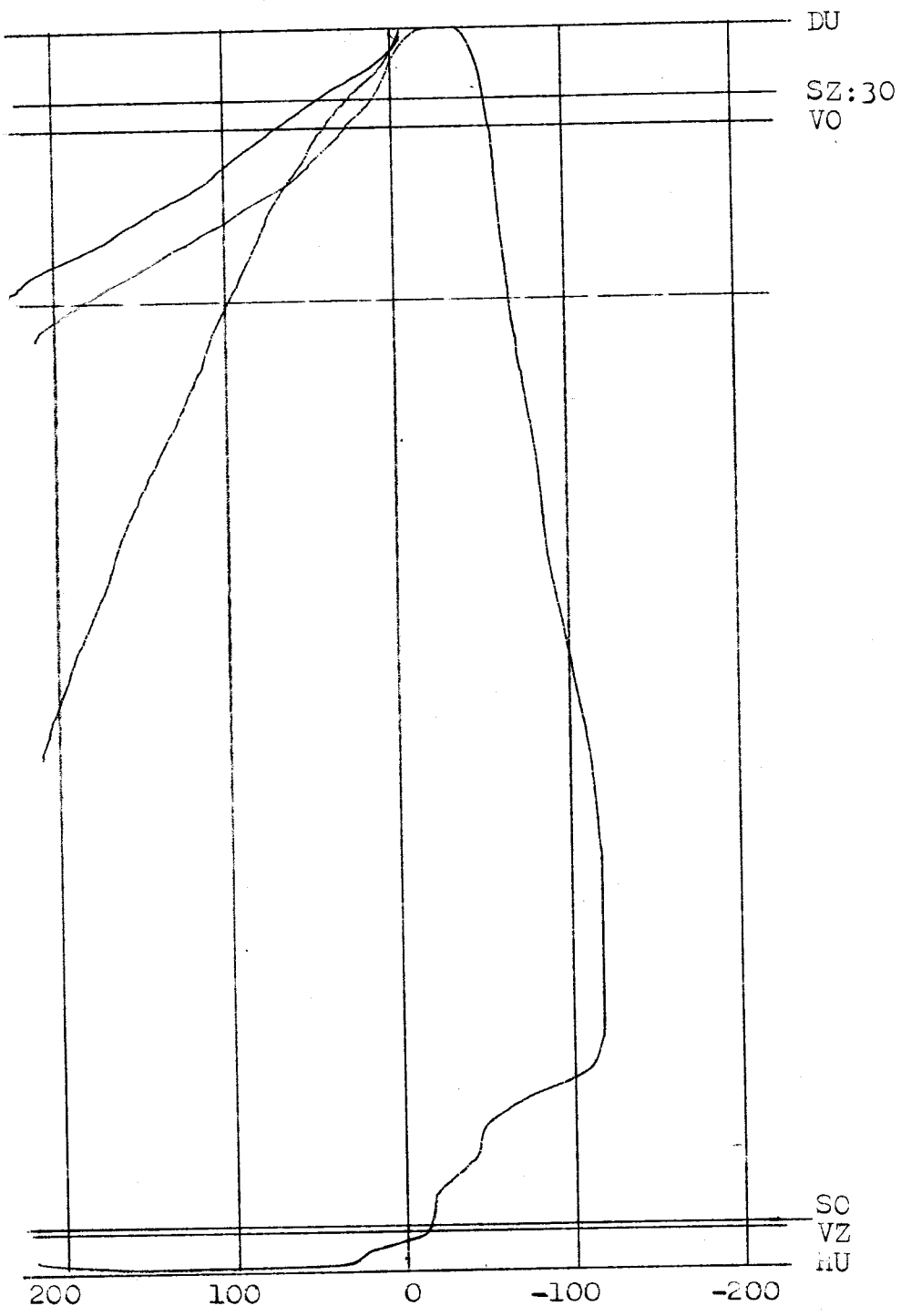
1000 ot/min 1:780 mm



____ Průběh tlaků ve válci

____ Průběh tlaků v ssacím potrubí

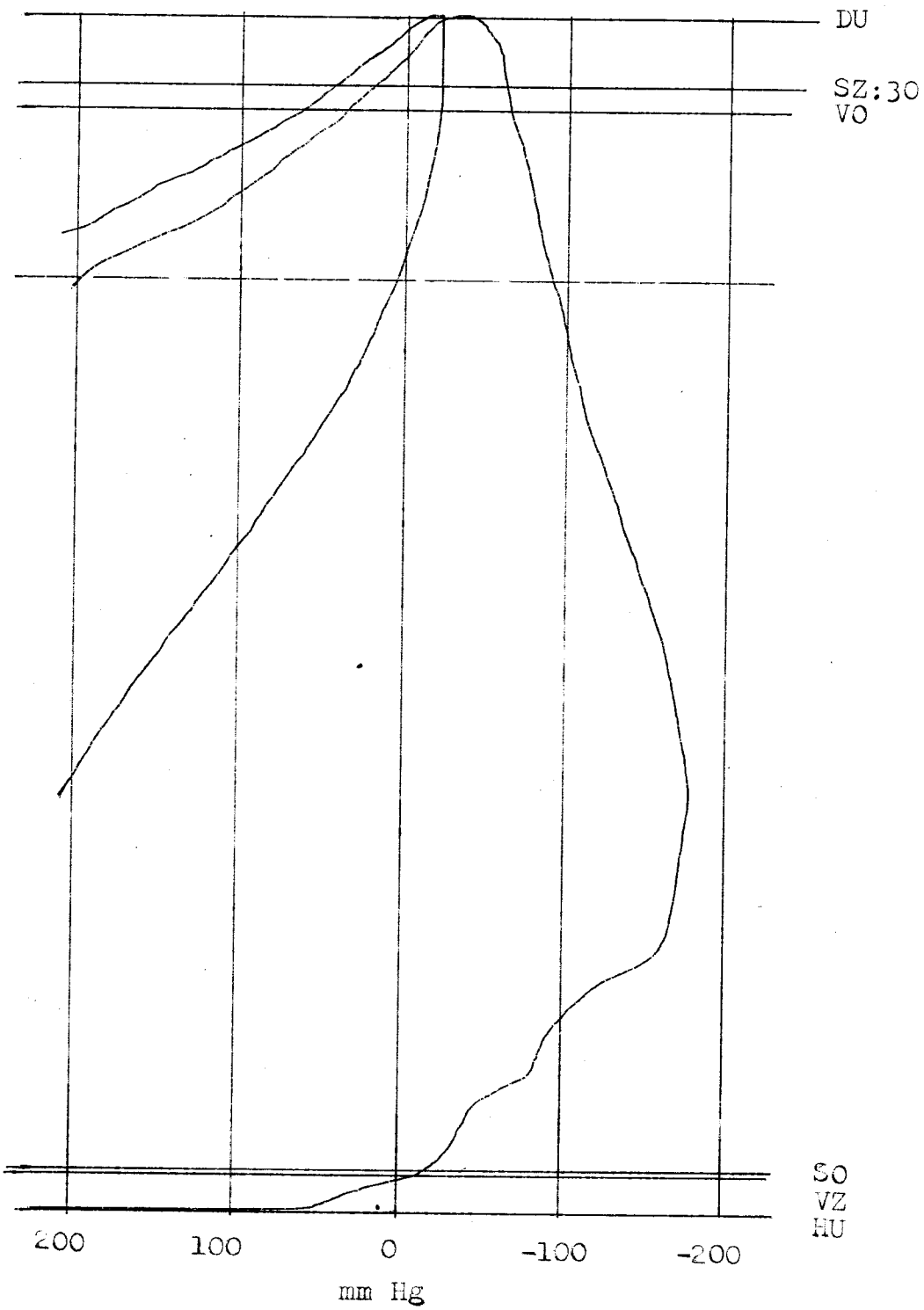
1200 ot/min 1:730 mm



—— Průběh tlaků ve válci

—— Průběh tlaků v ssacím potrubí

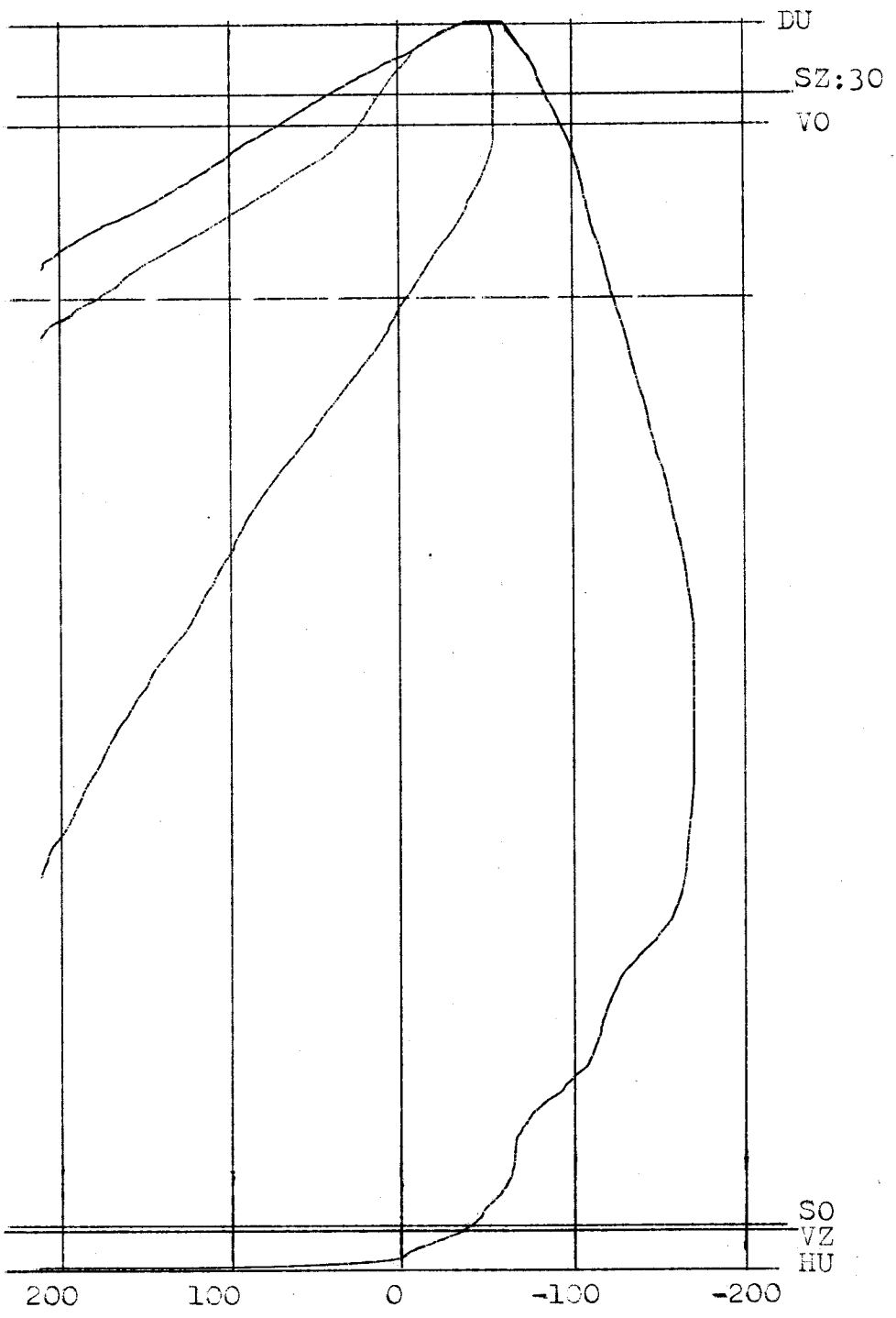
1400 ot/min 1:780 mm



_____ Průběh tlaků ve válci

_____ Průběh tlaků v ssacím potrubí

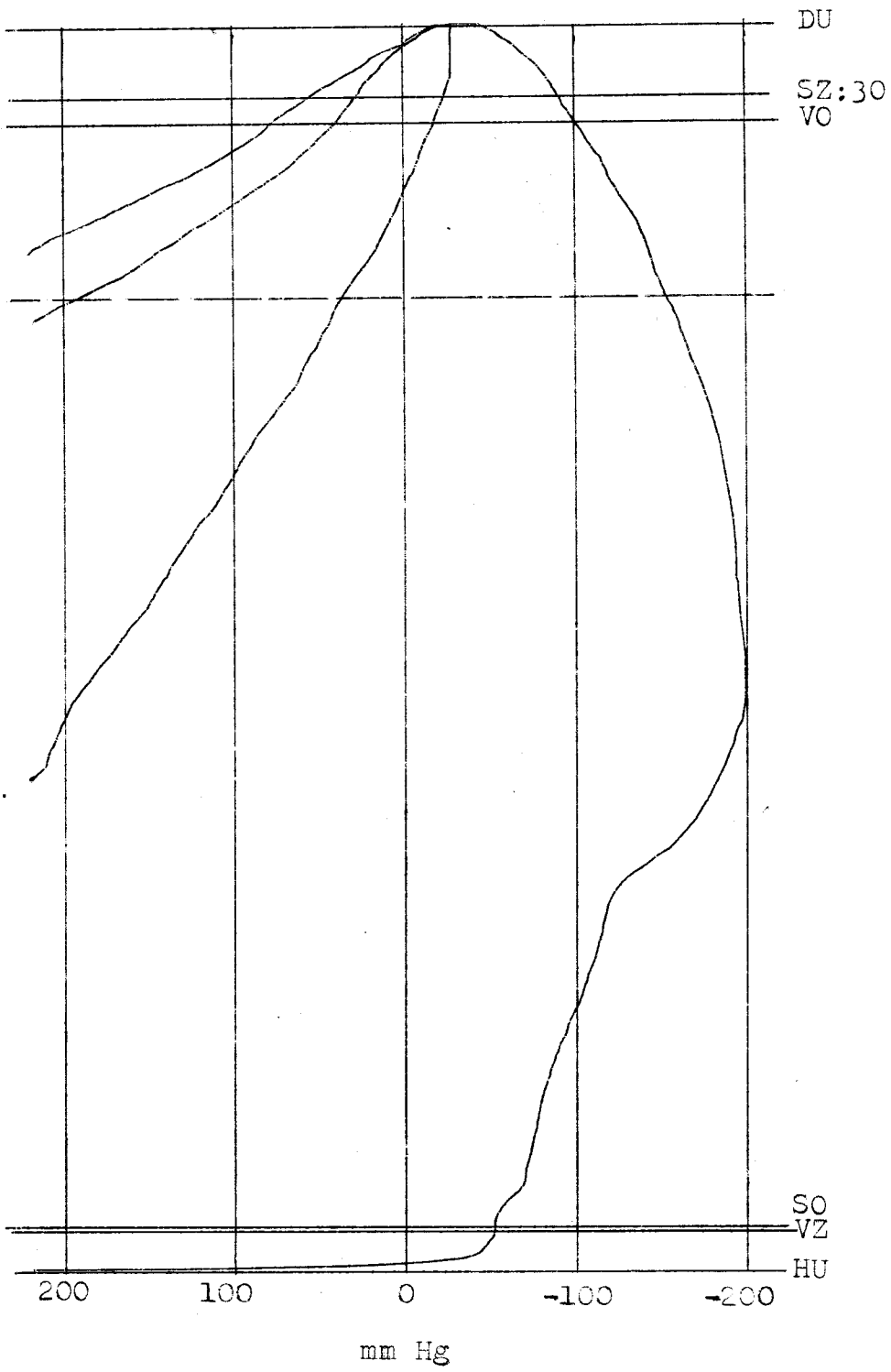
1600 ot/min 1:780 mm



___ Průběh tlaků ve válci

___ Průběh tlaků v ssacím potrubí

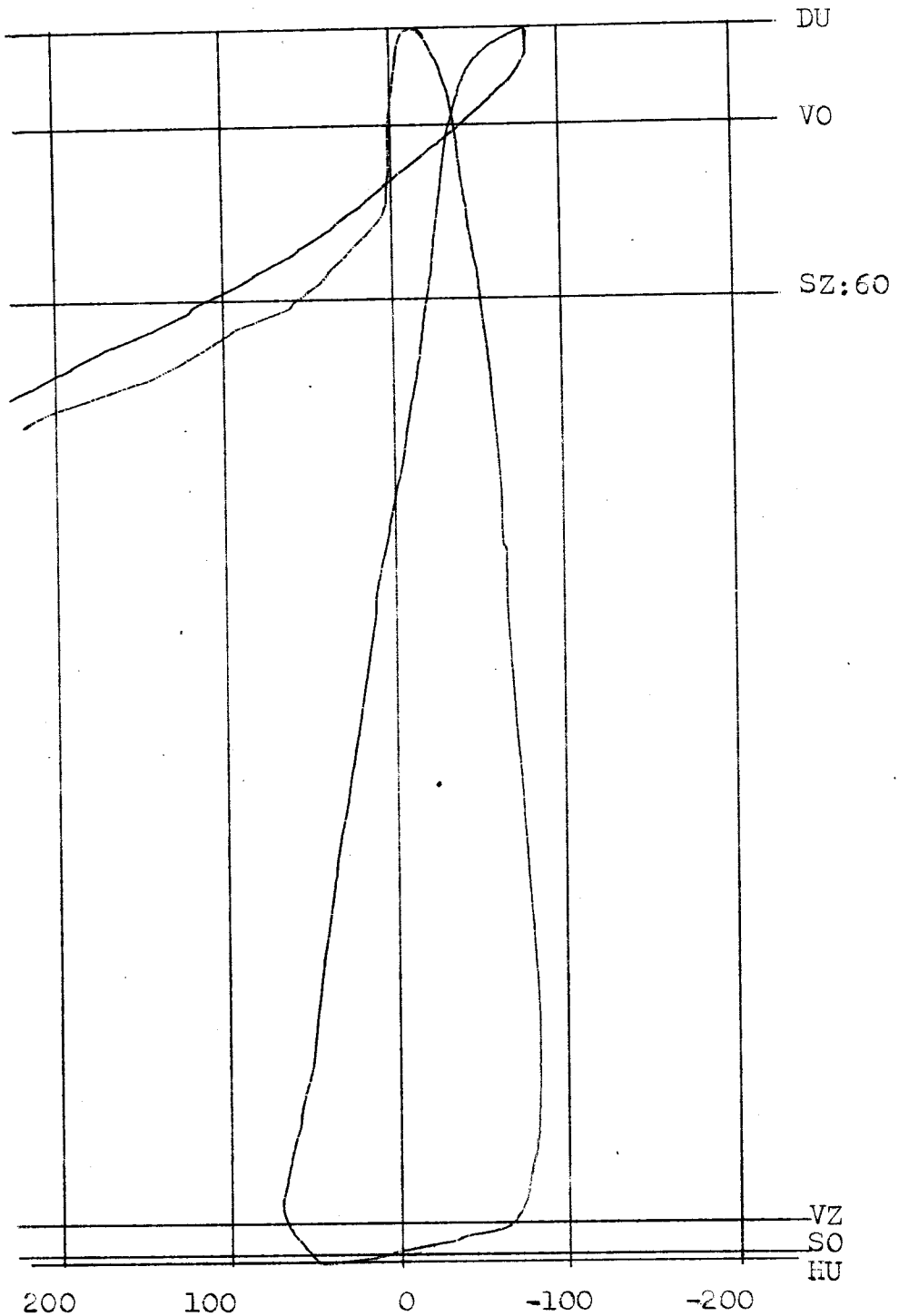
1800 ot/min 1:780 mm



____ Průběh tlaků ve válci

____ Průběh tlaků v ssacím potrubí

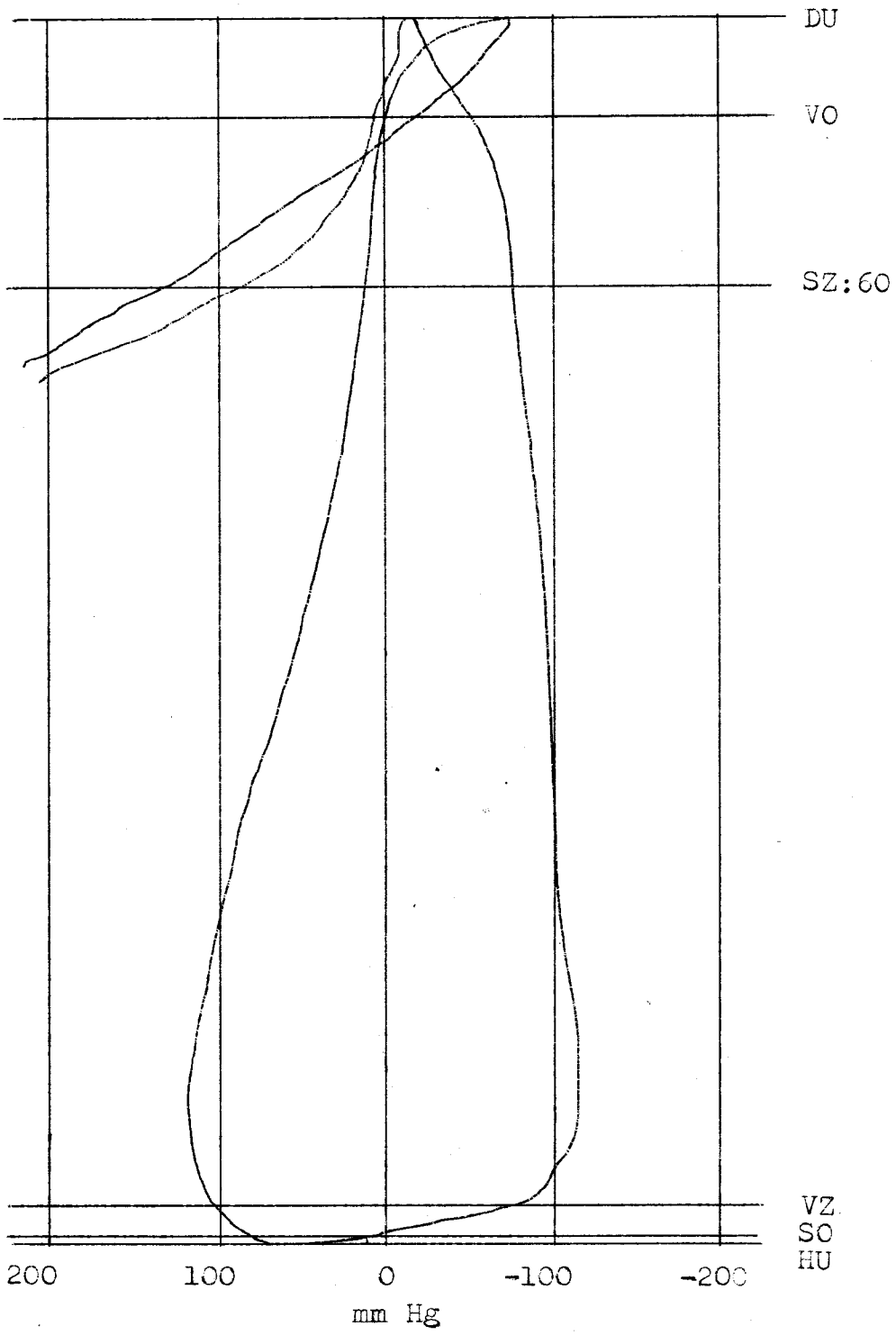
800 ot/min 1:610mm



—— Průběh tlaků ve válci

—— Průběh tlaků v ssacím potrubí

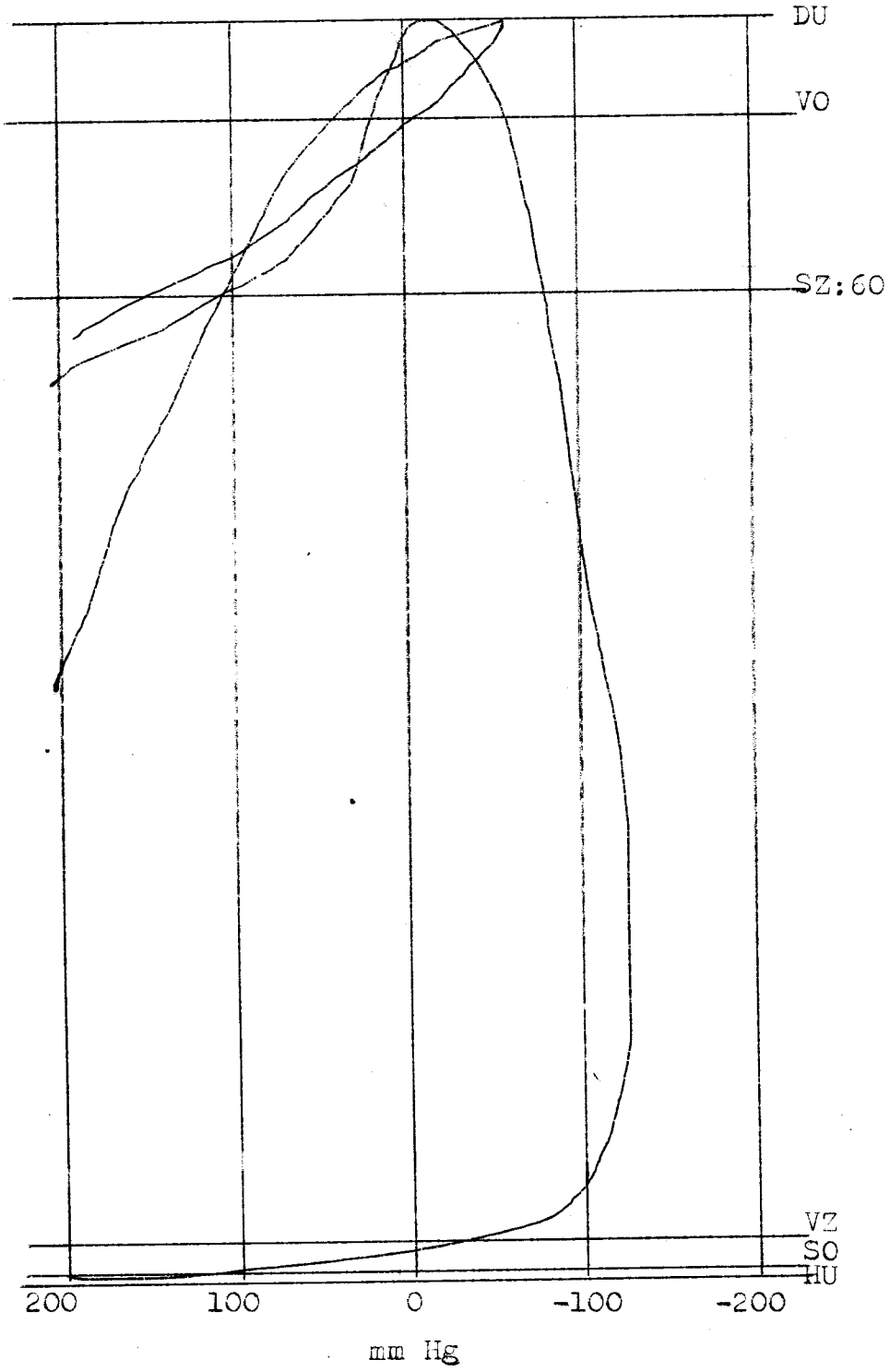
1000 ot/min 1:610 mm



____ Průběh tlaků ve válci

____ Průběh tlaků v ssacím potrubí

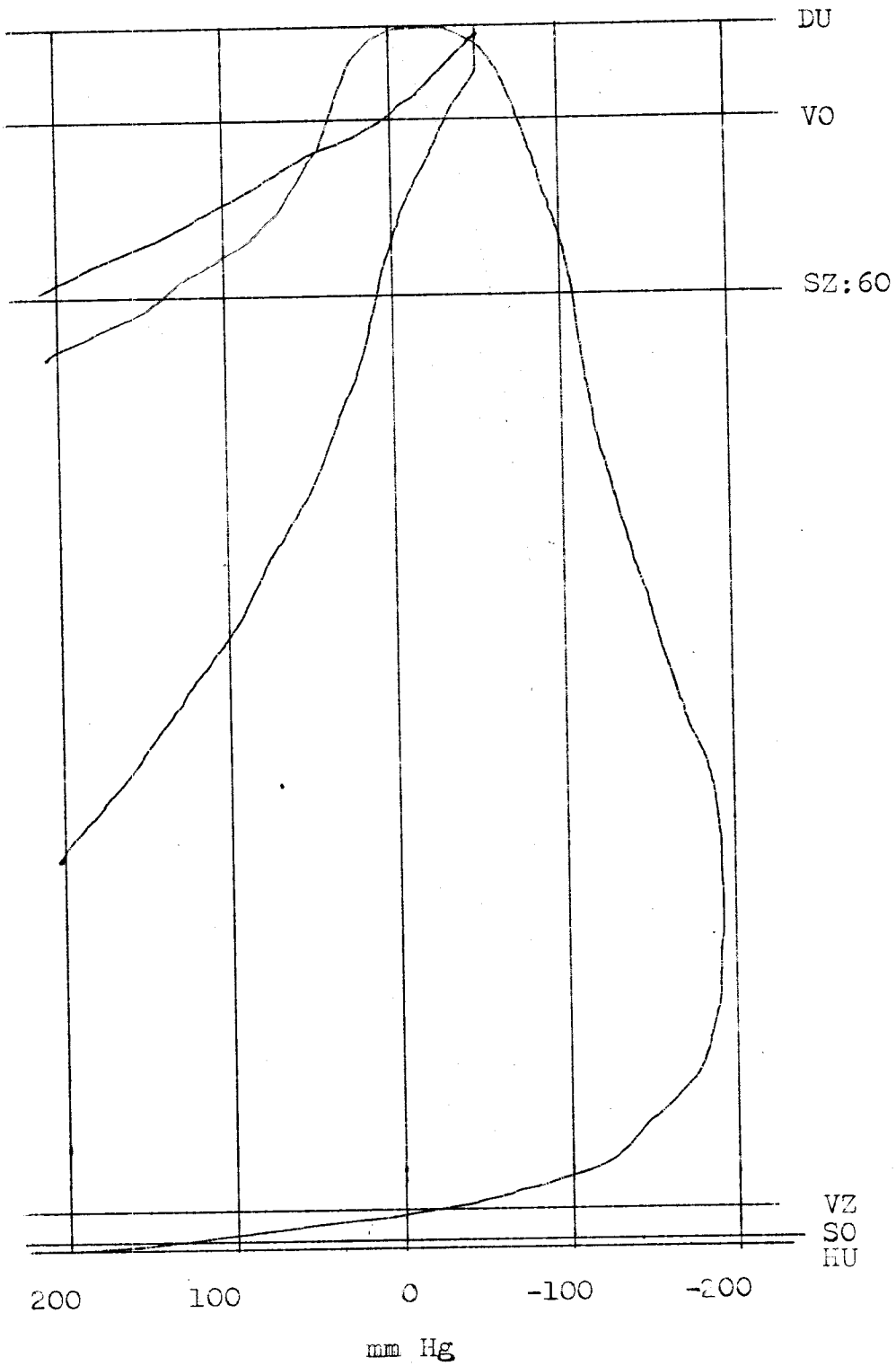
1200 ot/min 1:610 mm



____ Průběh tlaků ve válci

____ Průběh tlaků v ssacím potrubí

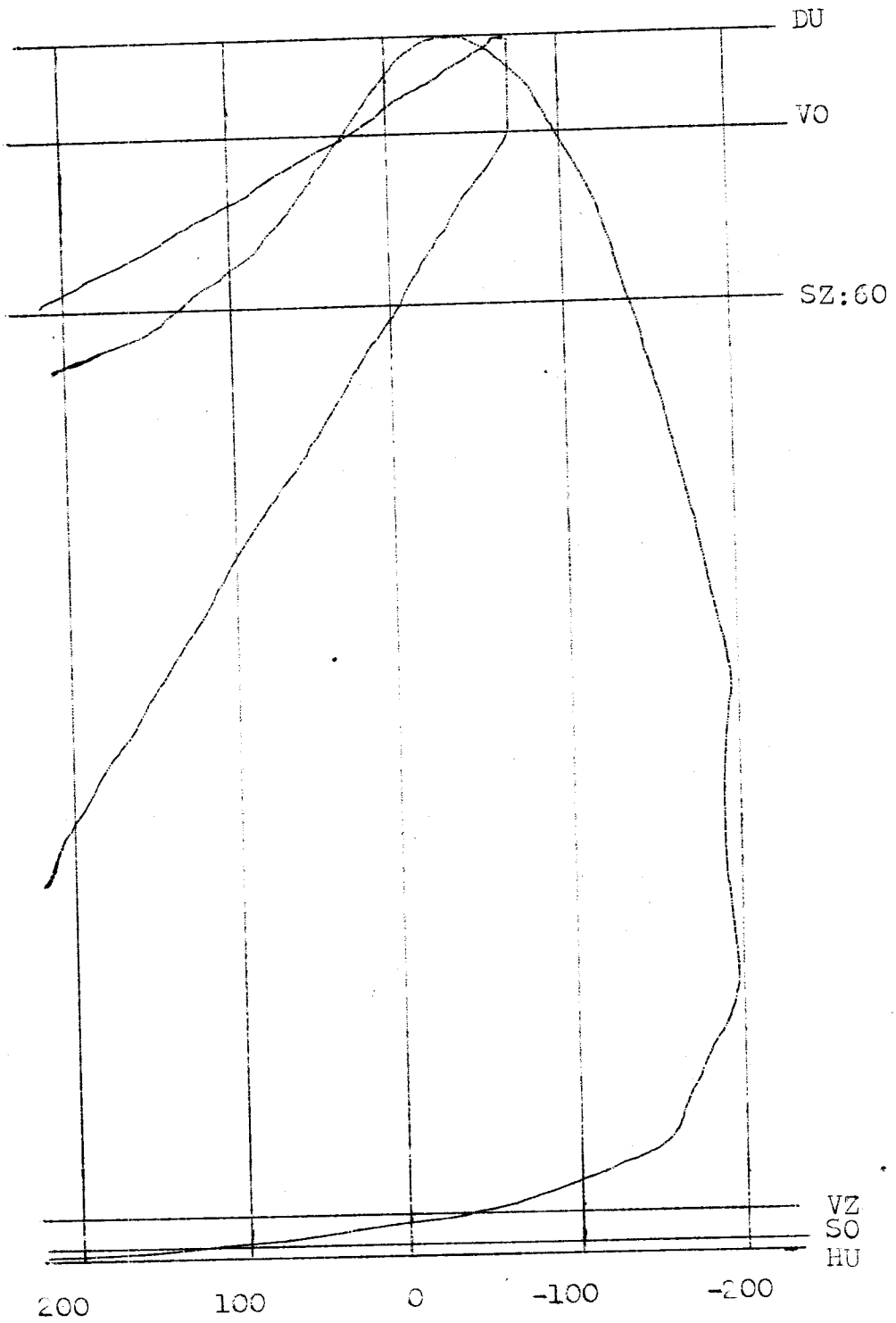
1400 ot/min 1:610 mm



____Průběh tlaků ve válci

____Průběh tlaků v ssacím potrubí

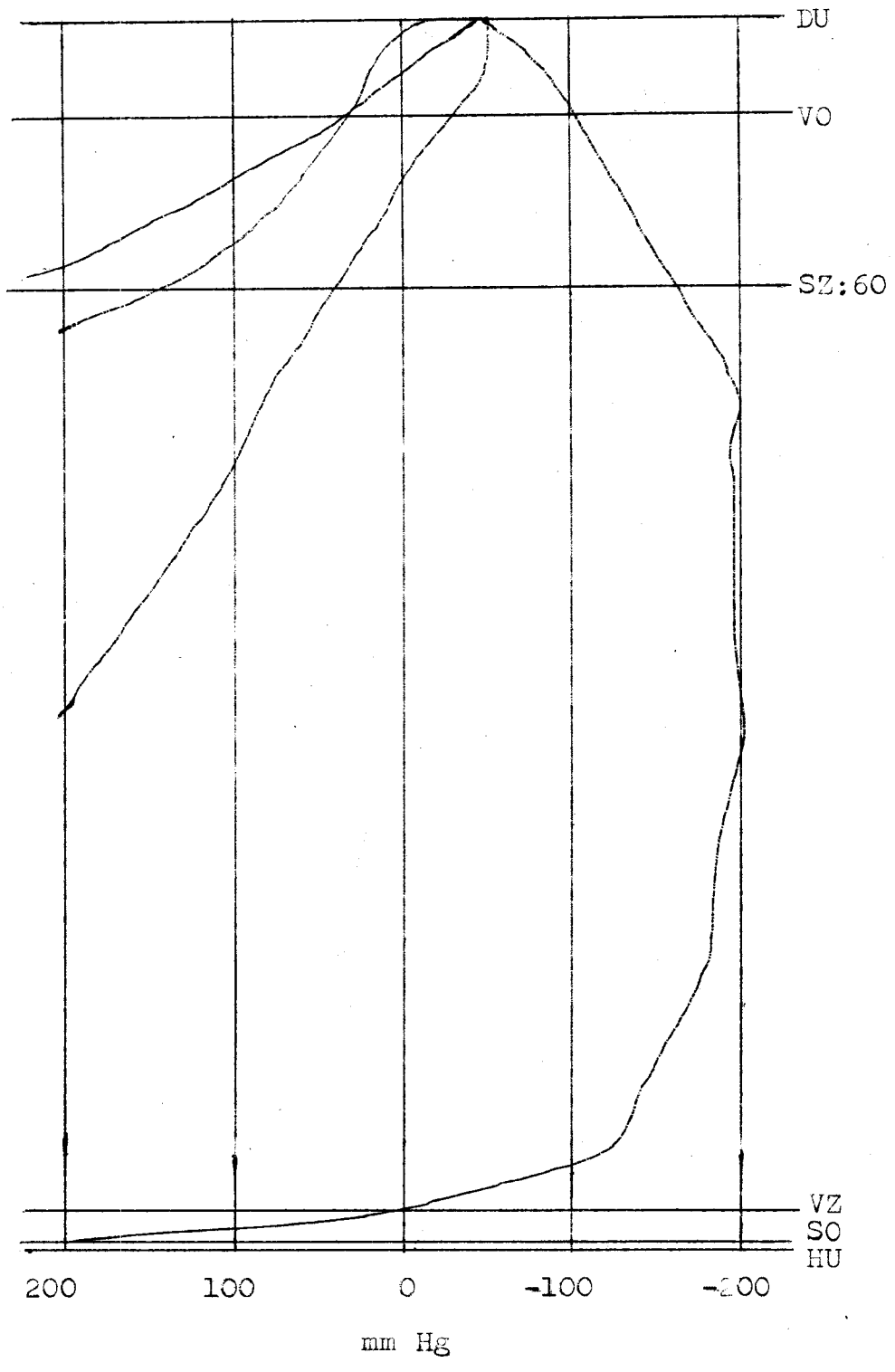
1600 ot/min 1:610 mm



____ Průběh tlaků ve válci

___ Průběh tlaků v ssacím potrubí

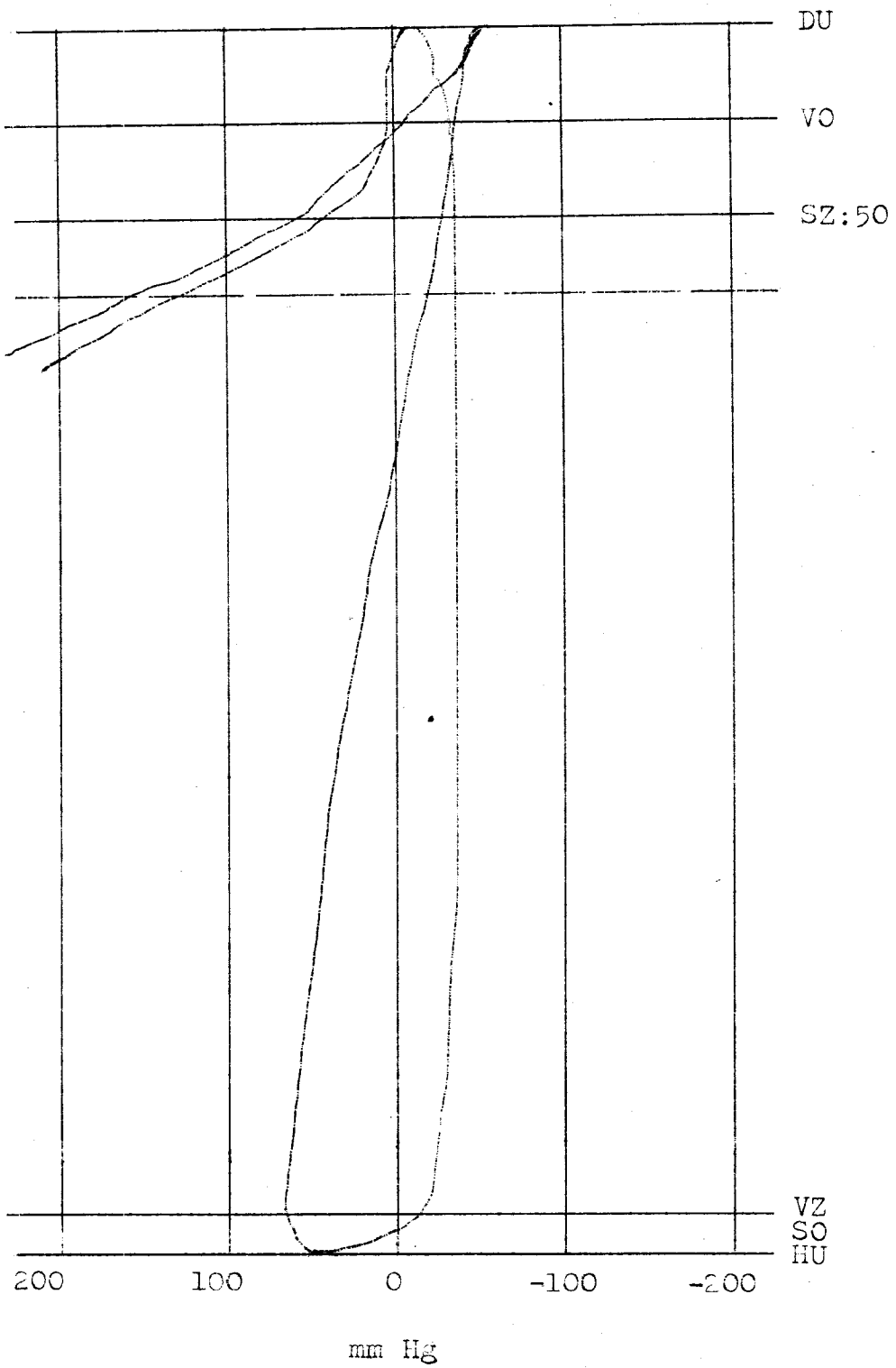
1800 ot/min 1:610mm



____ Průběh tlaků ve válci

____ Průběh tlaků v ssacím potrubí

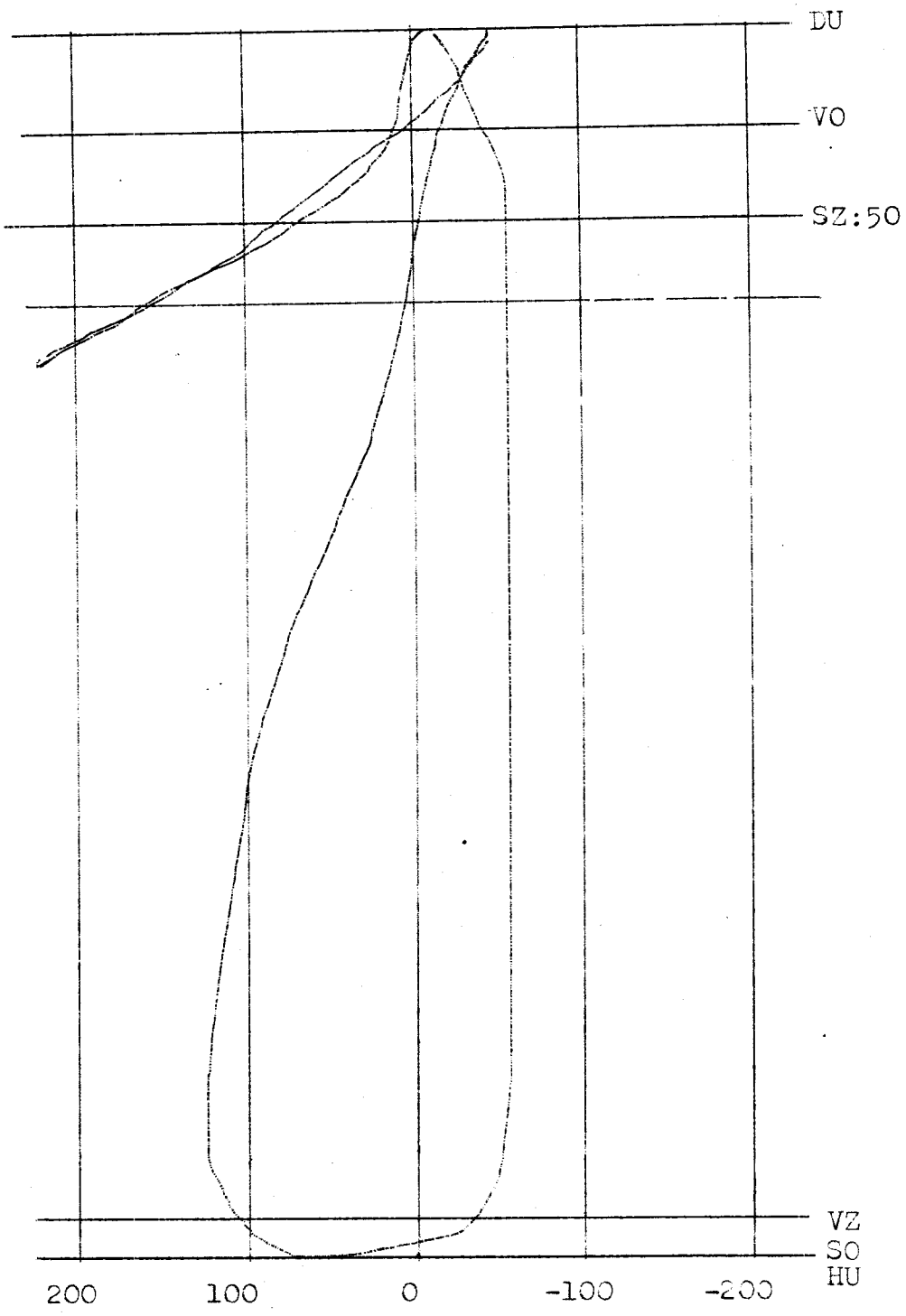
800 ot/min 1:610 mm



____ Průběh tlaků ve válci

____ Průběh tlaků v ssacím potrubí

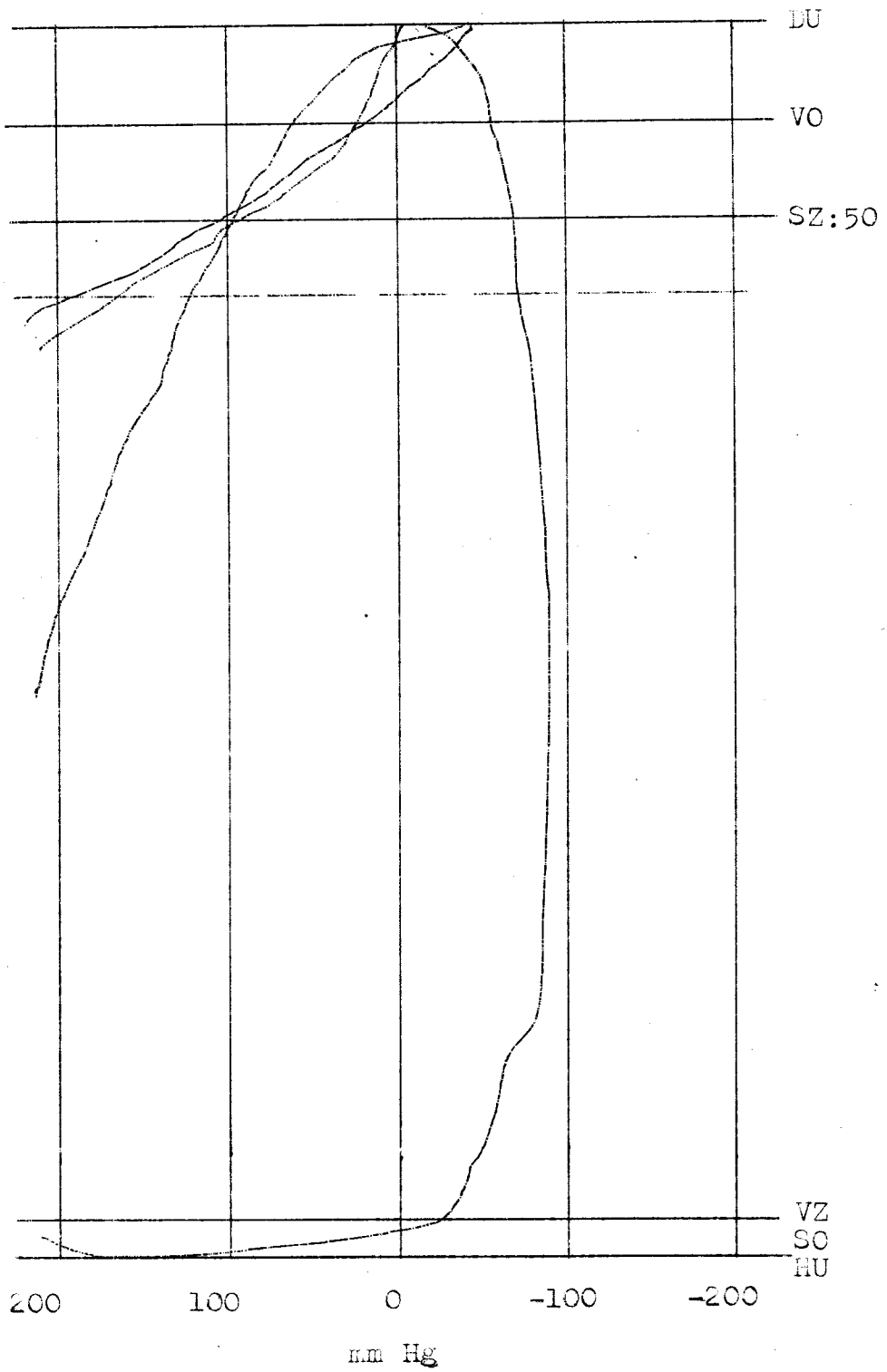
1000 ot/min 1:610 mm



____ Průběh tlaků ve válci

____ Průběh tlaků v ssacím potrubí

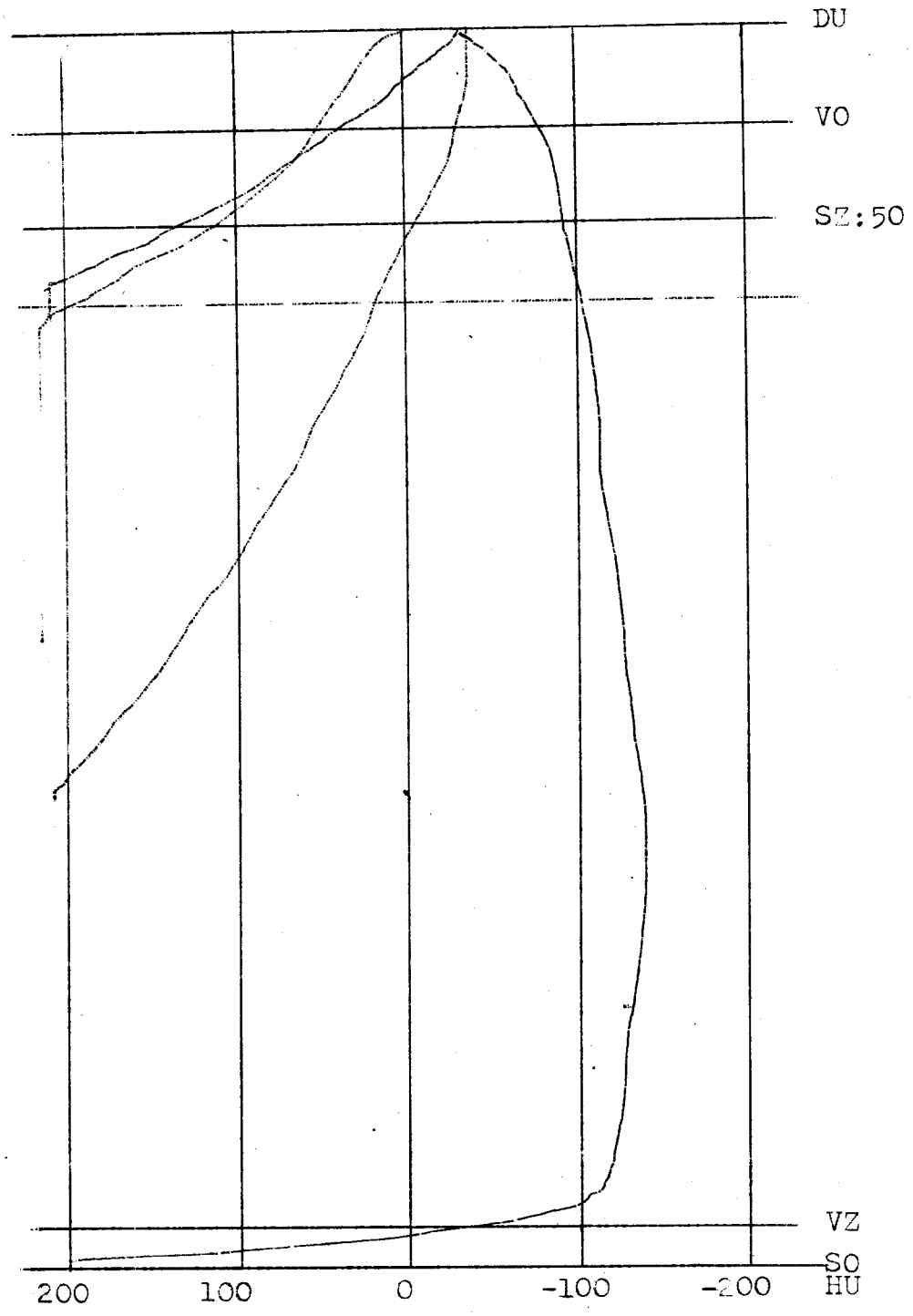
1200 ot/min 1:610 mm



____ Průběh tlaků ve válci

____ Průběh tlaků v ssacím potrubí

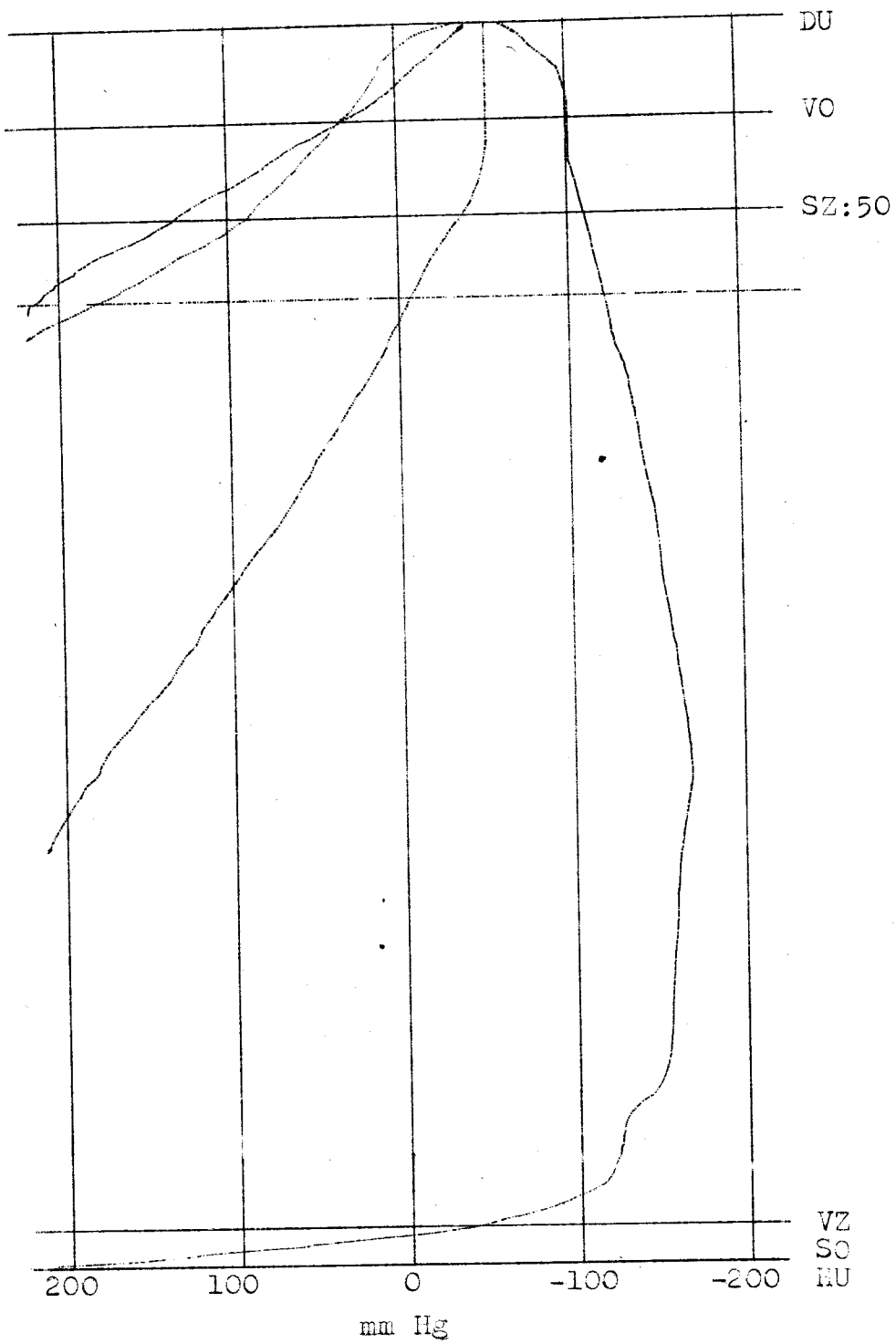
1400 ot/min 1:610 mm



____ Průběh tlaků ve válci

____ Průběh tlaků v ssacím potrubí

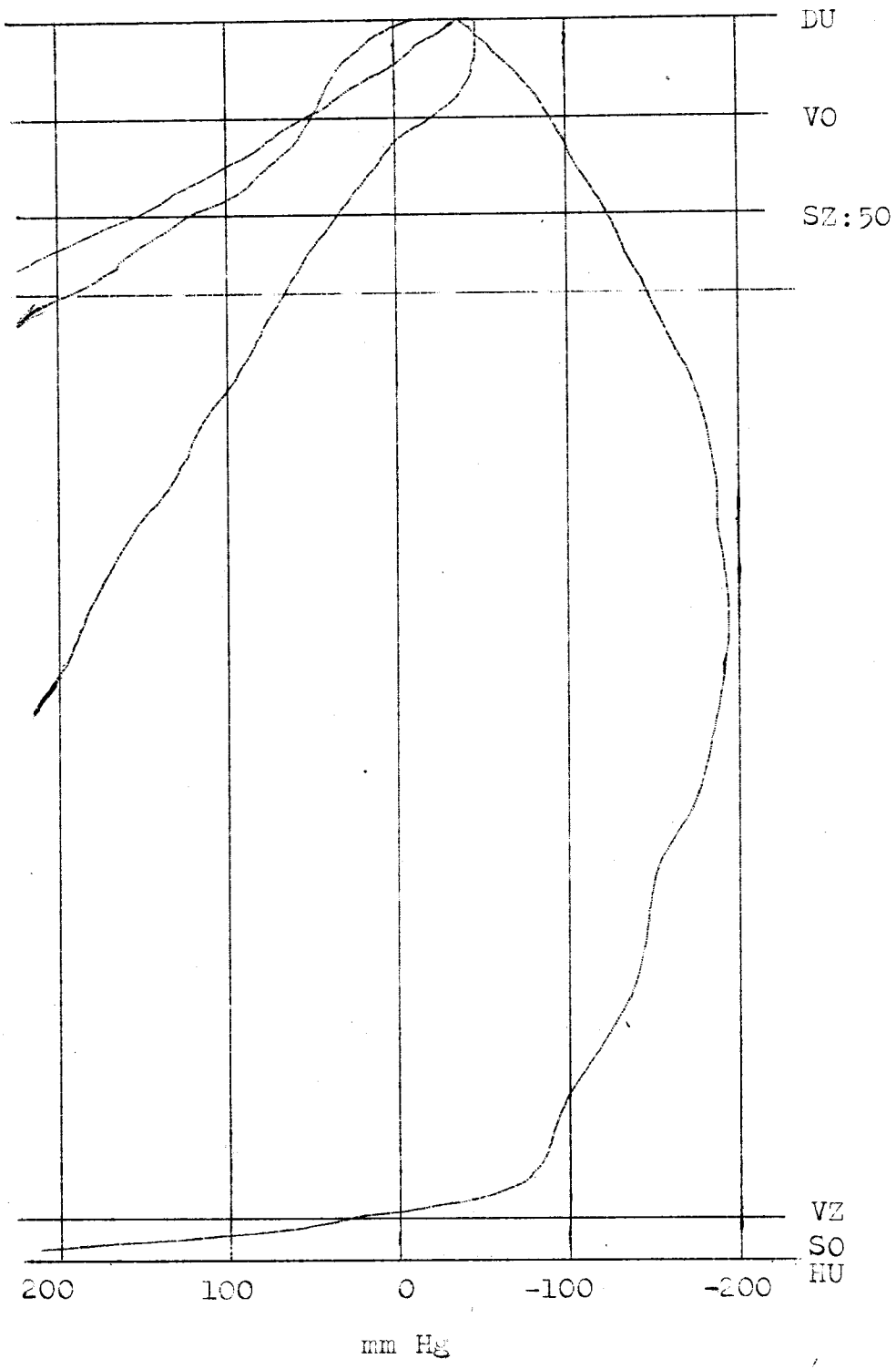
1600 ot/min 1:610 mm



___ Průběh tlaků ve válci

___ Průběh tlaků v ssacím potrubí

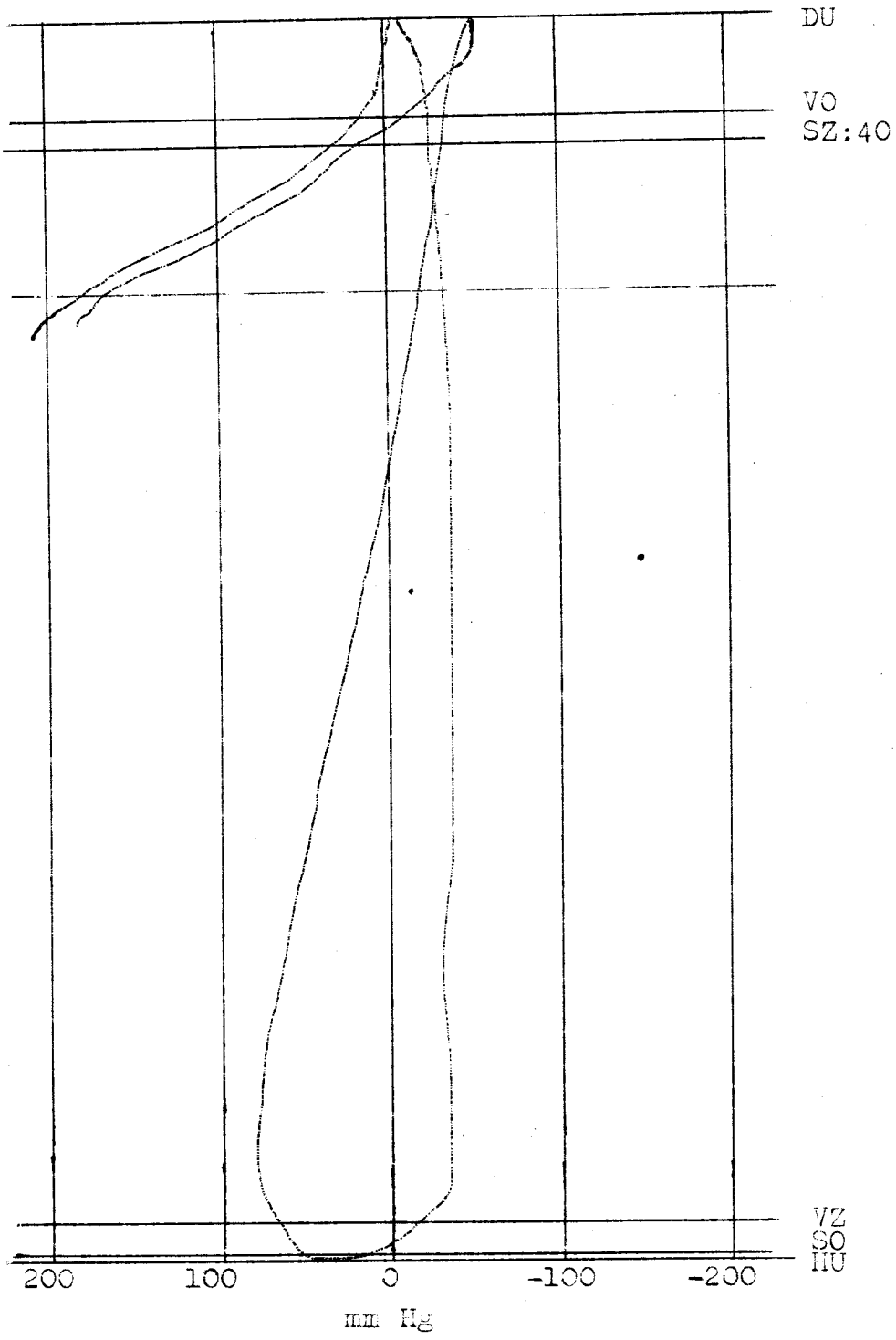
1800 ot/min 1:610 mm



____ Průběh tlaků ve válci

_ _ _ Průběh tlaků v ssacím potrubí

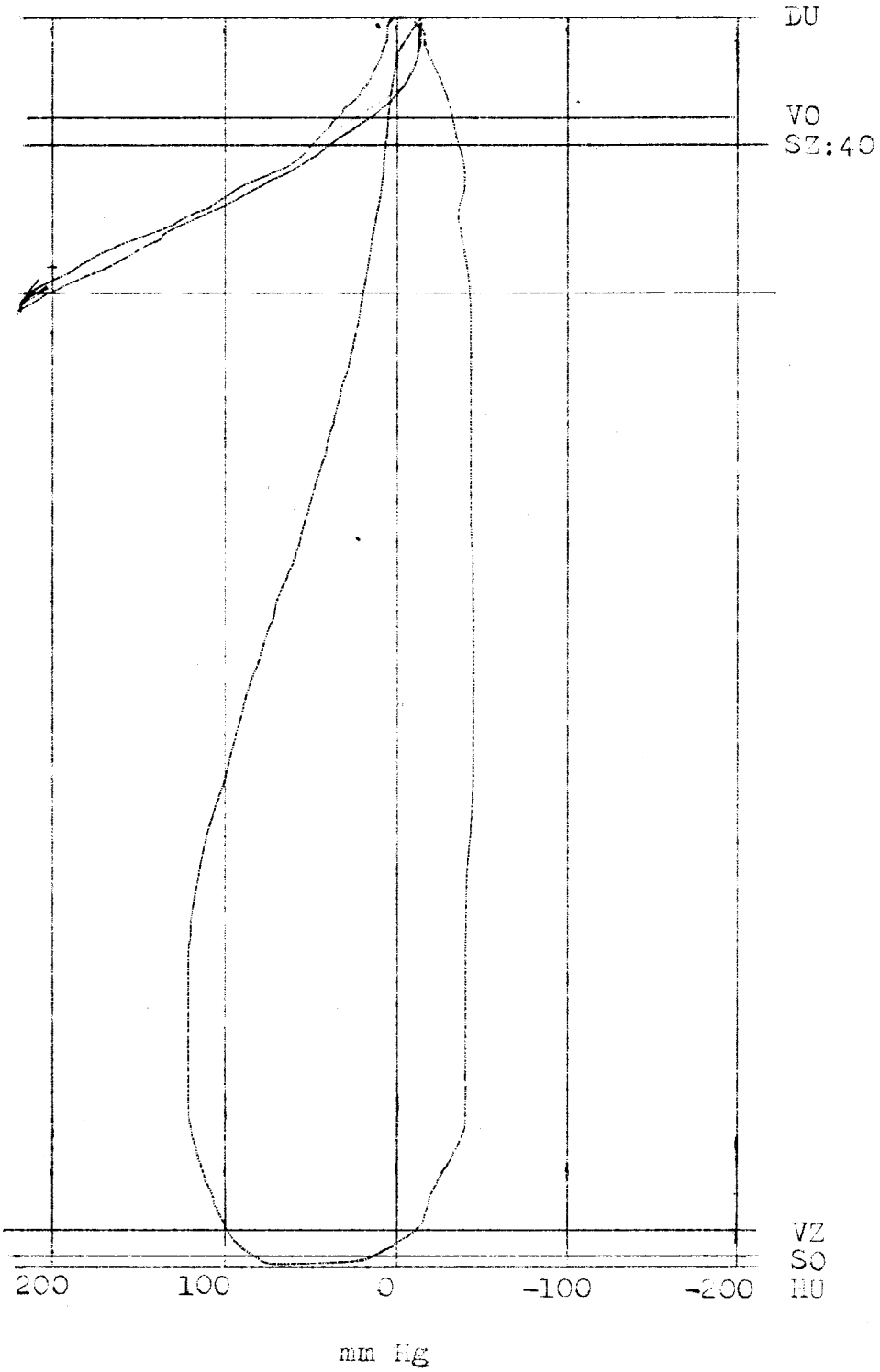
800 ot/min 1:610 mm



___ Průběh tlaků ve válci

___ Průběh tlaků v ssacím potrubí

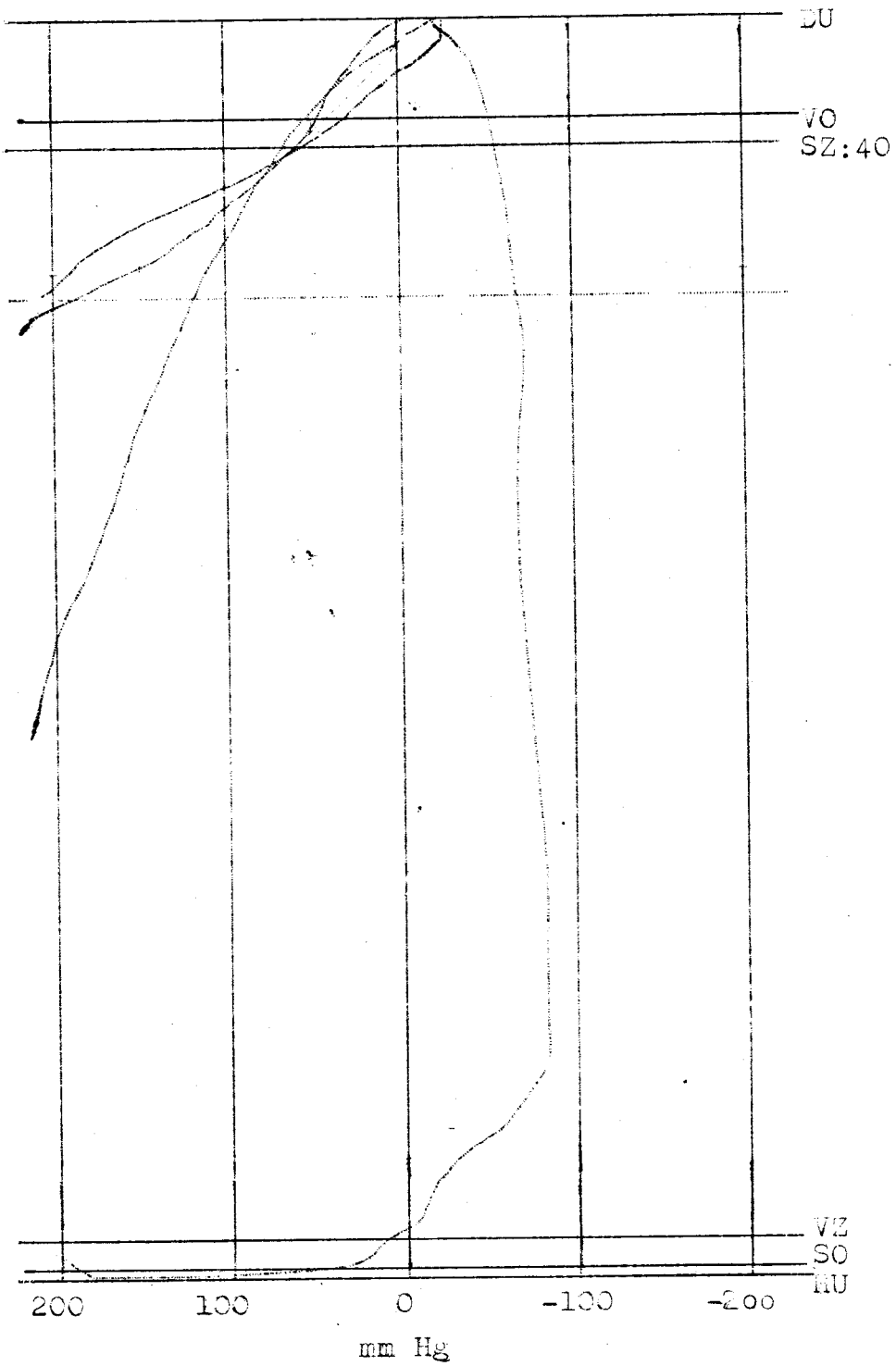
1000 ot/min 1:610 mm



____ Průběh tlaků ve válci

____ Průběh tlaků v ssacím potrubí

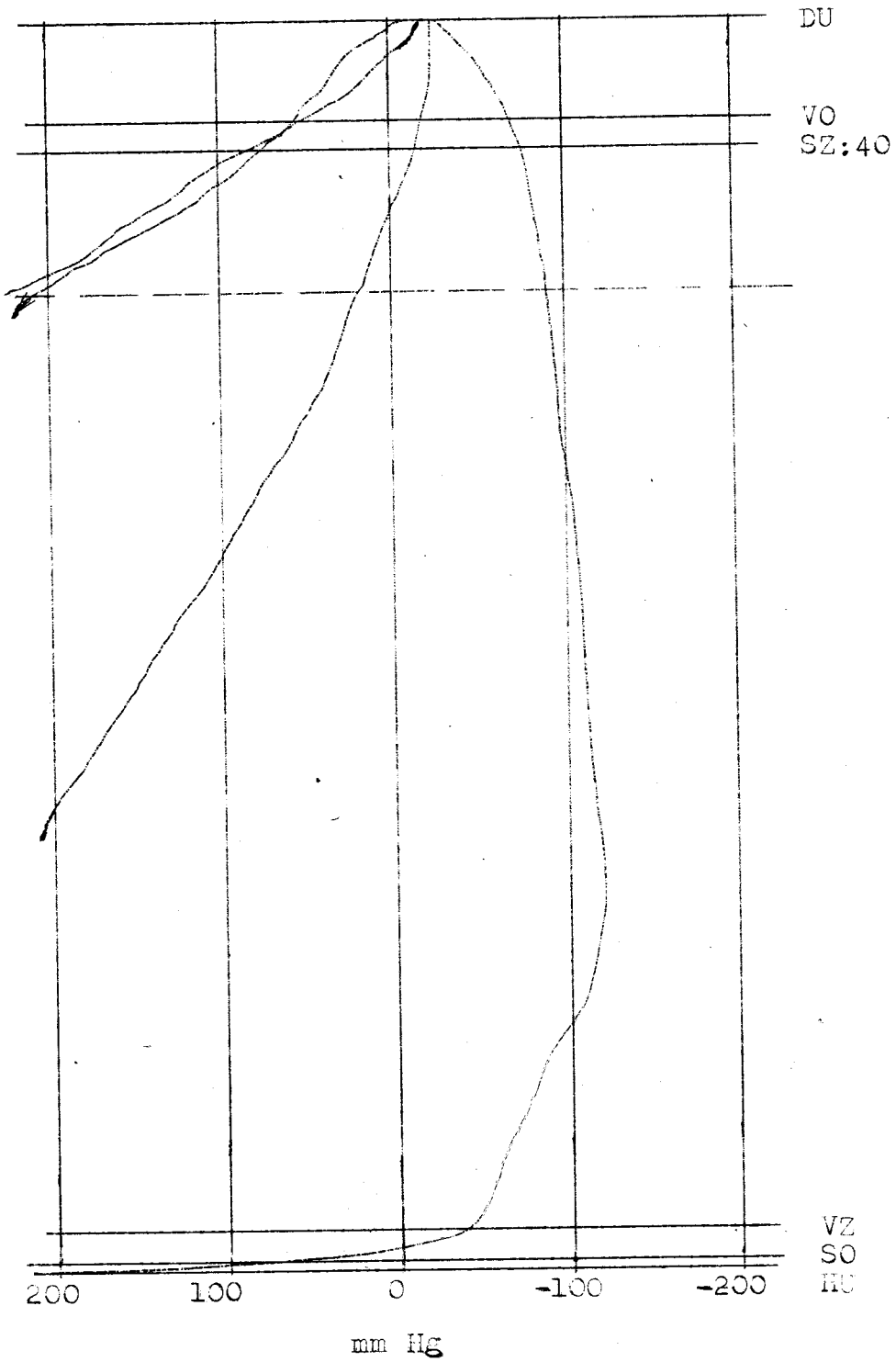
1200 ot/min 1:610 mm



___ Průběh tlaků ve válci

___ Průběh tlaků v ssacím potrubí

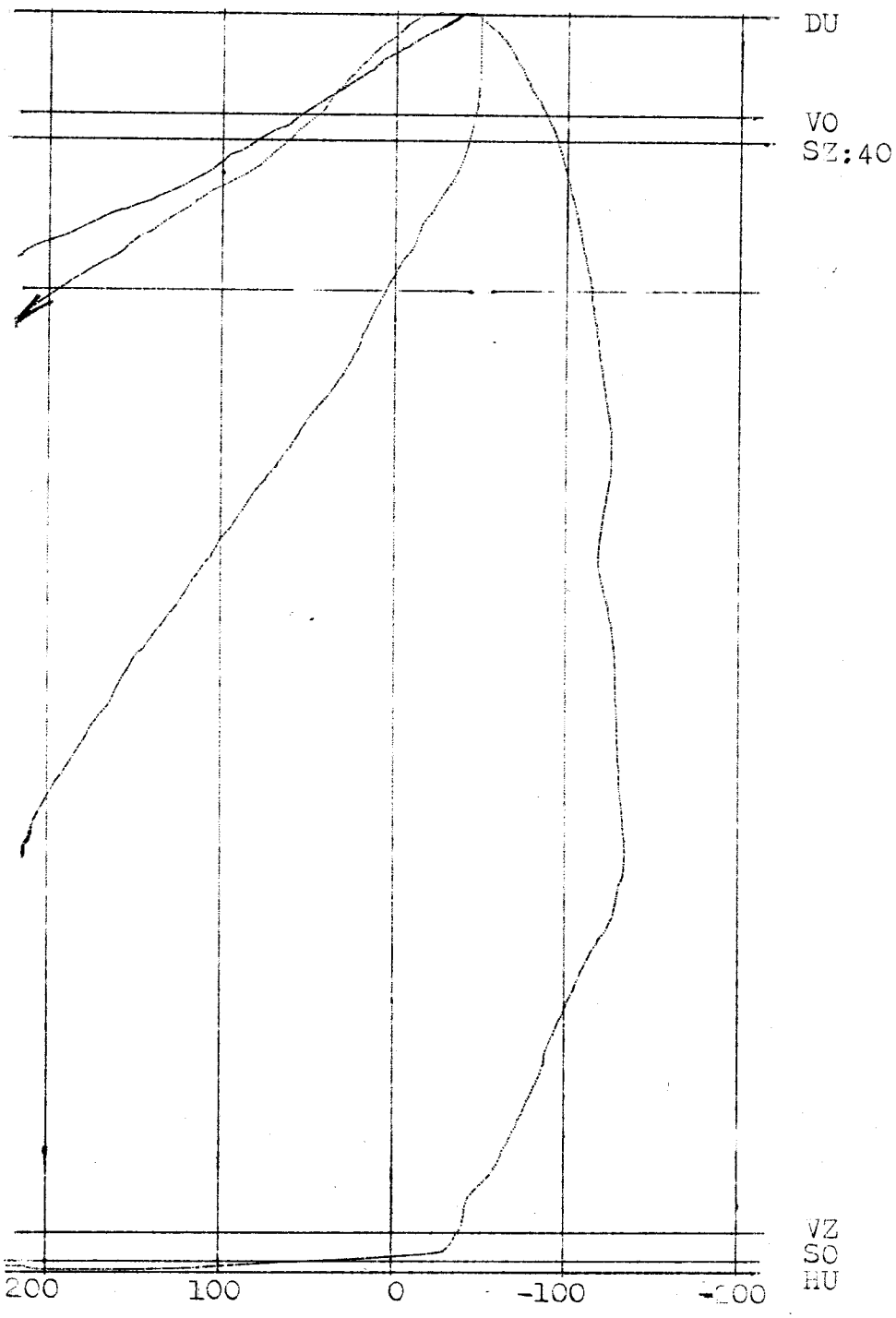
1400 ot/min 1:610 mm



—— Průběh tlaků ve válci

—·—·— Průběh tlaků v ssacím potrubí

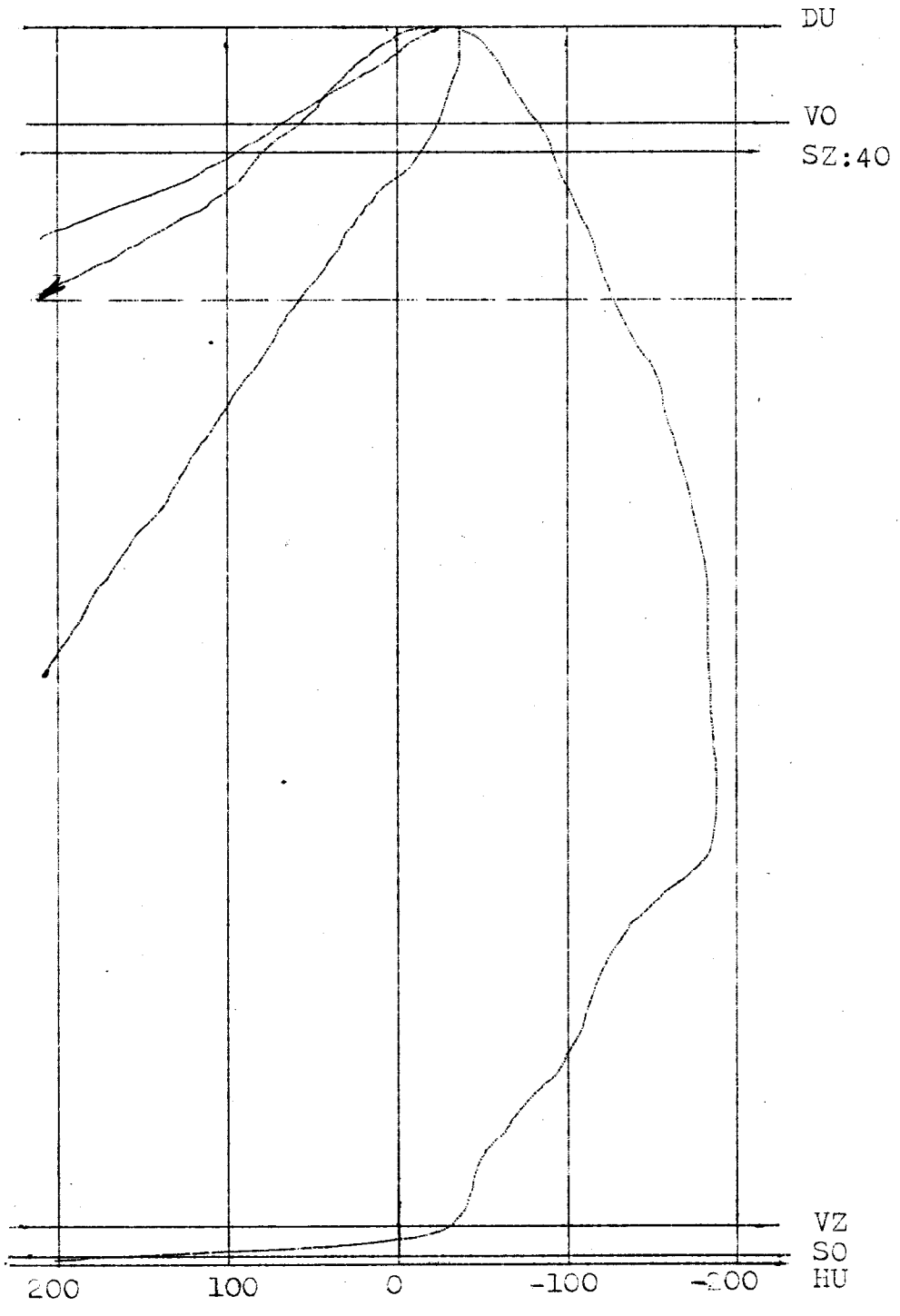
1600 ot/min 1:610 mm



____ Průběh tlaků ve válci

___ Průběh tlaků v ssacím potrubí

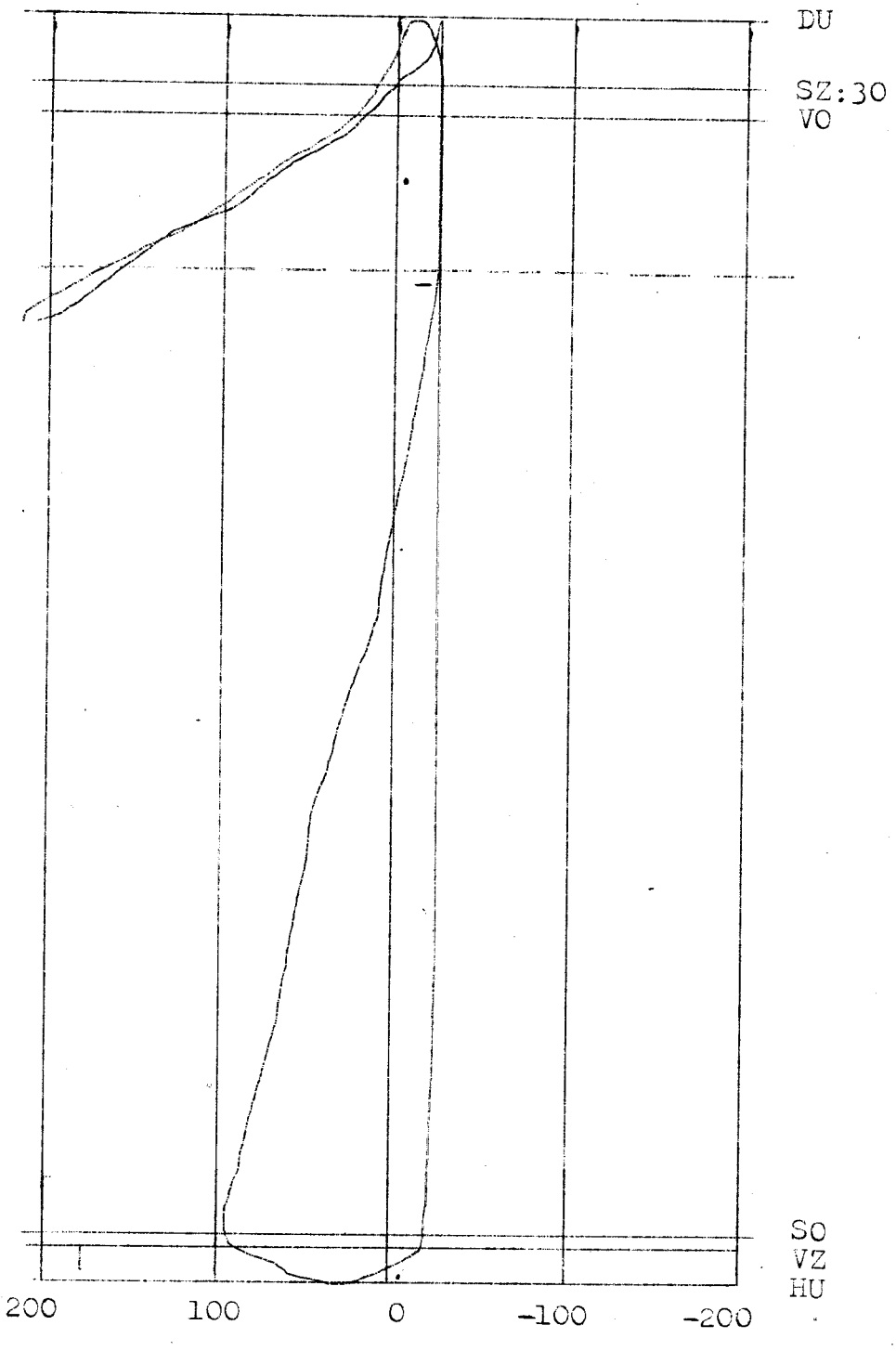
1800 ot/min 1:610mm



—— Průběh tlaků ve válci

—— Průběh tlaků v ssacím potrubí

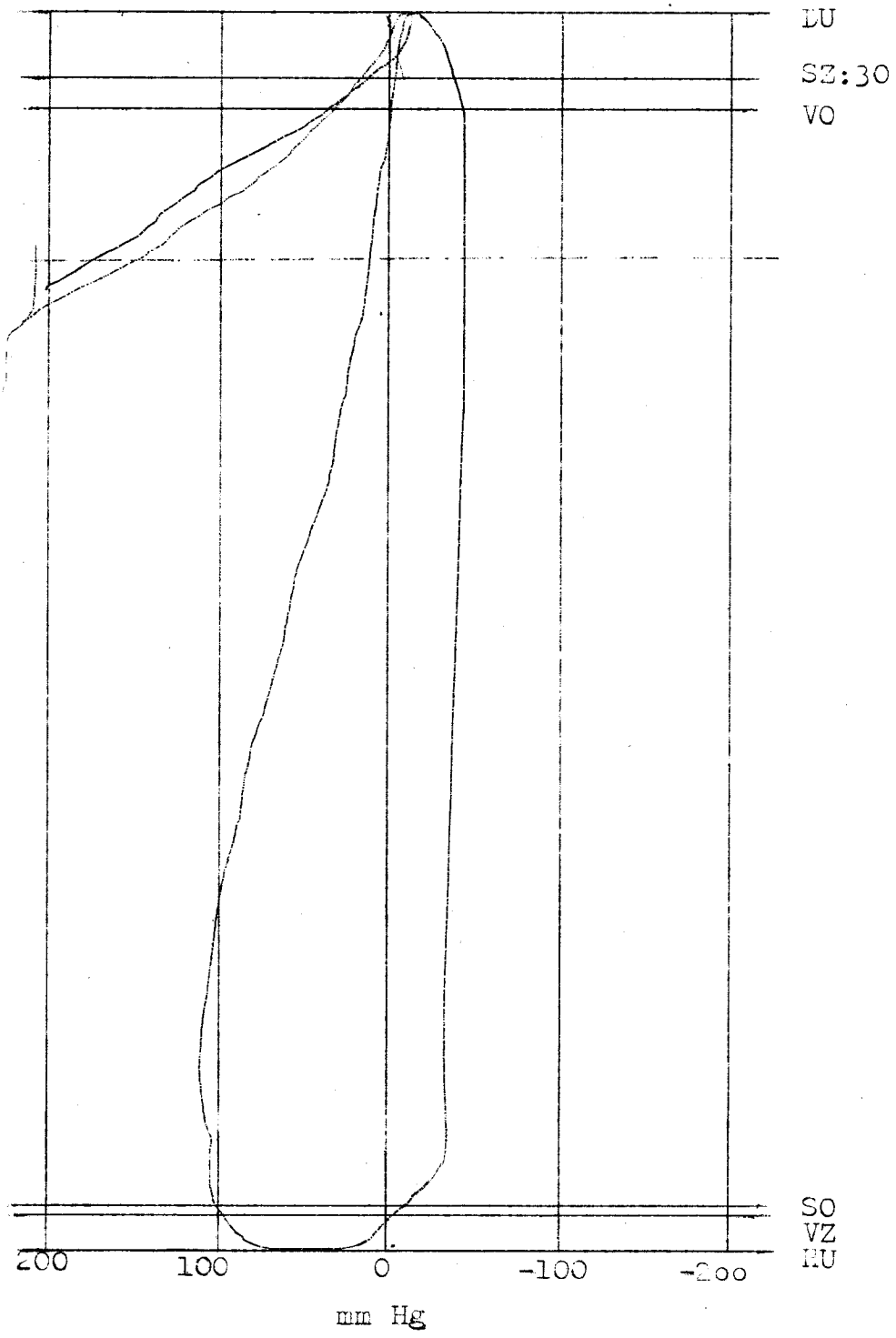
800 ot/min 1:610mm



——— Průběh tlaků ve válci

——— Průběh tlaků v ssacím potrubí

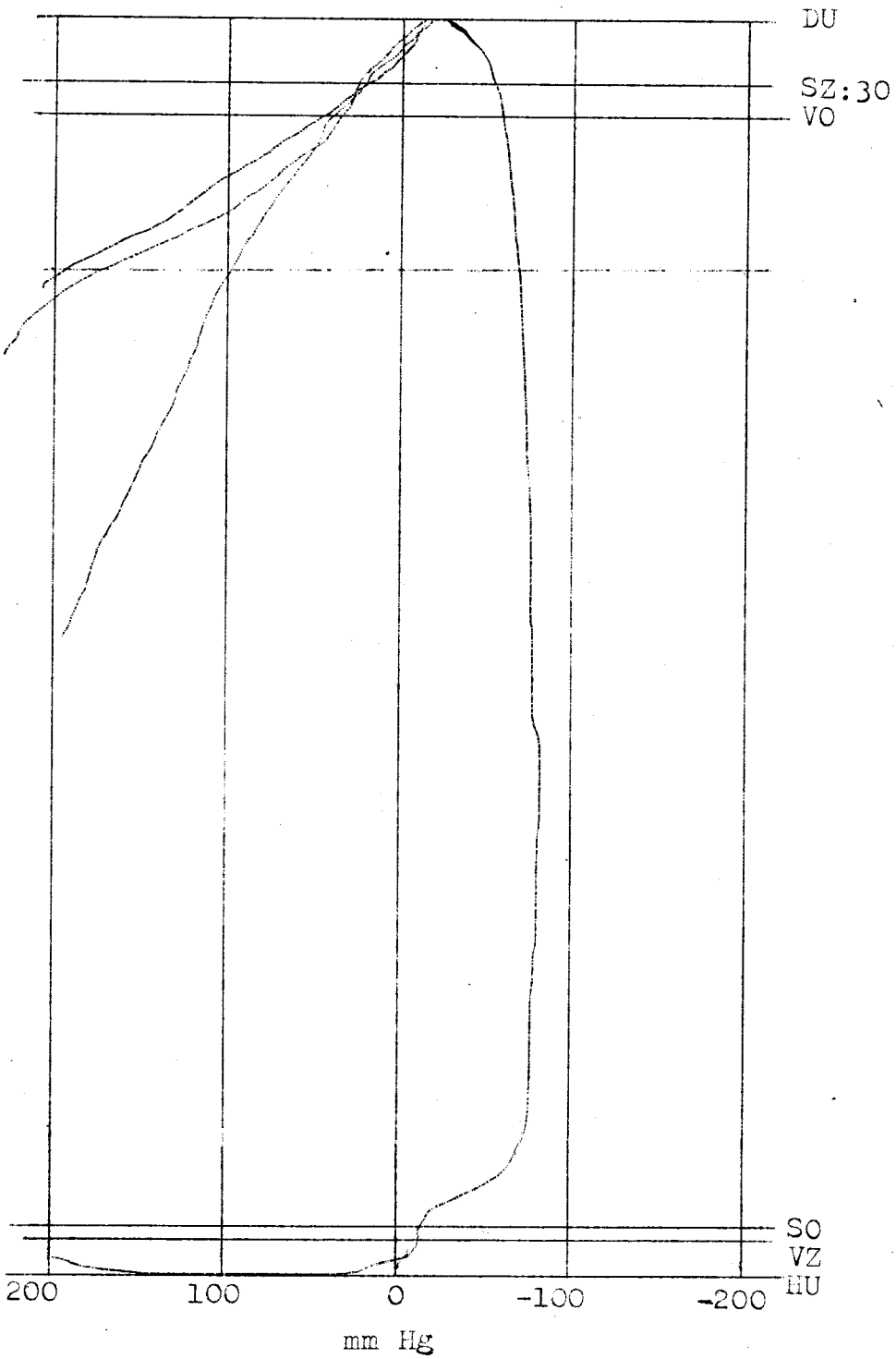
1000 ot/min 1:610mm



—— Průběh tlaků ve válci

—— Průběh tlaků v ssacím potrubí

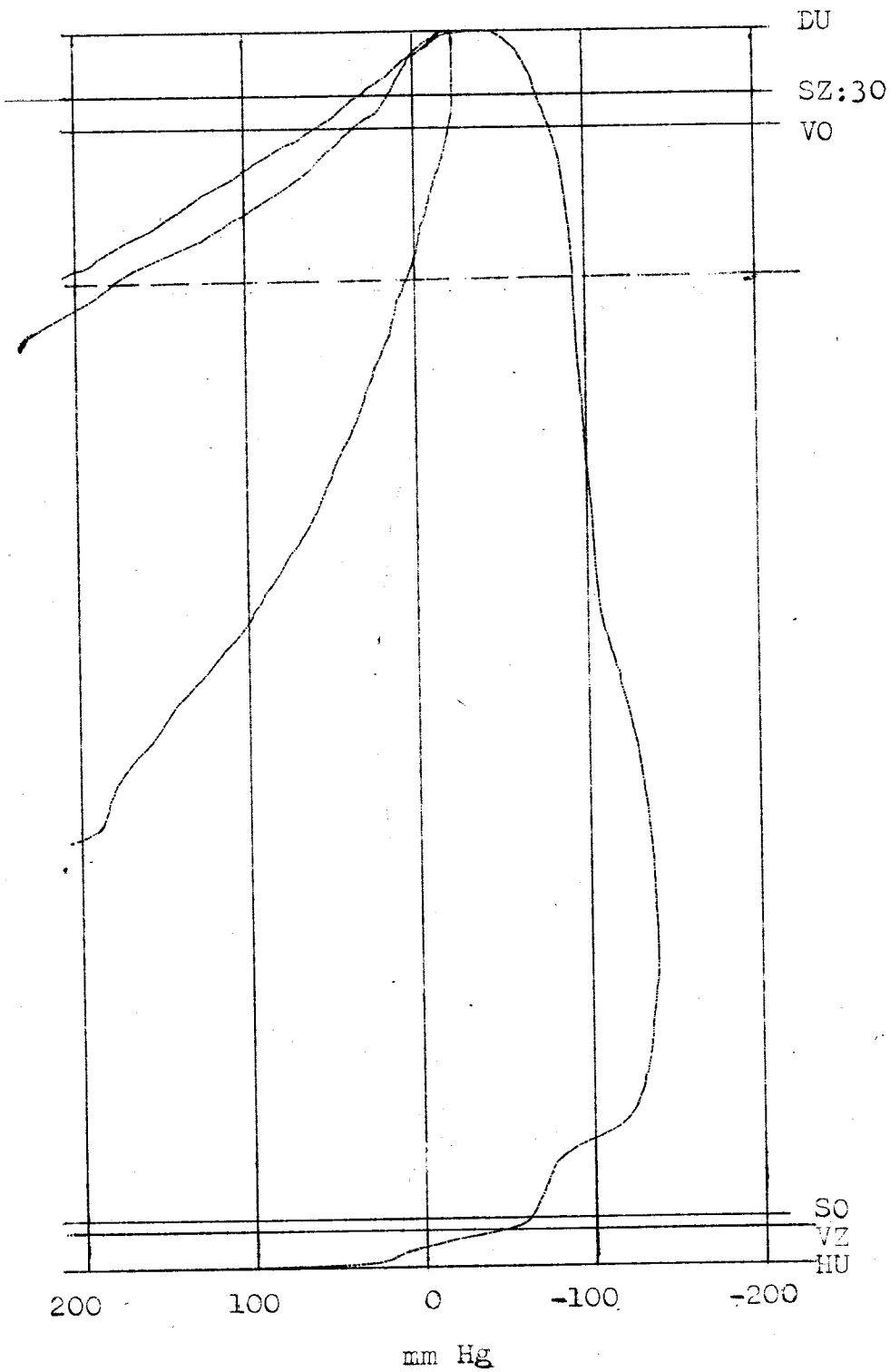
1200 ot/min 1:610 mm



___ Průběh tlaků ve válci

___ Průběh tlaků v ssacím potrubí

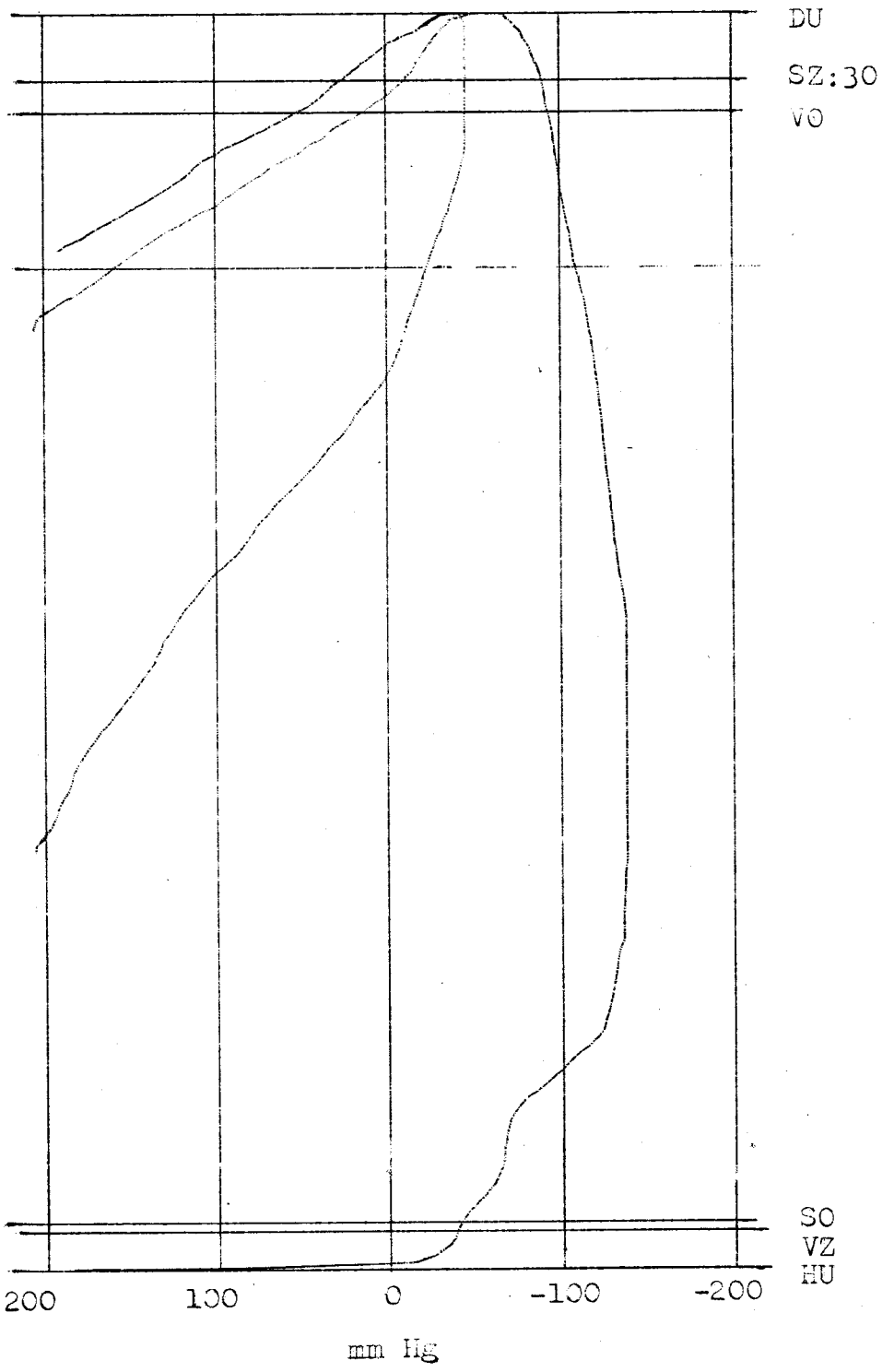
1400 ot/min 1:610 mm



___ Průběh tlaků ve válci

___ Průběh tlaků v ssacím potrubí

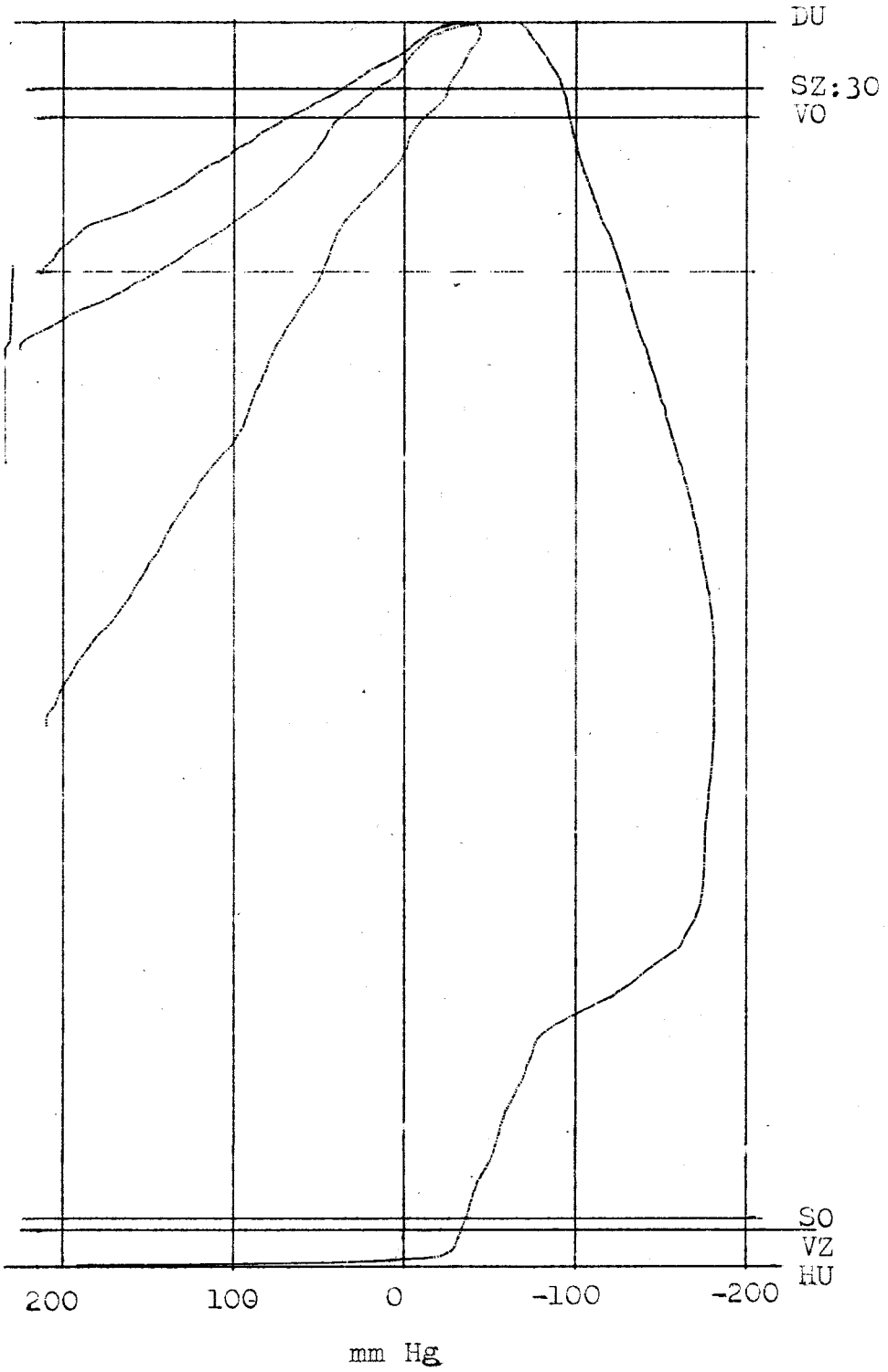
1600 ot/min 1:610 mm



—— Průběh tlaků ve válci

—— Průběh tlaků v sacím potrubí

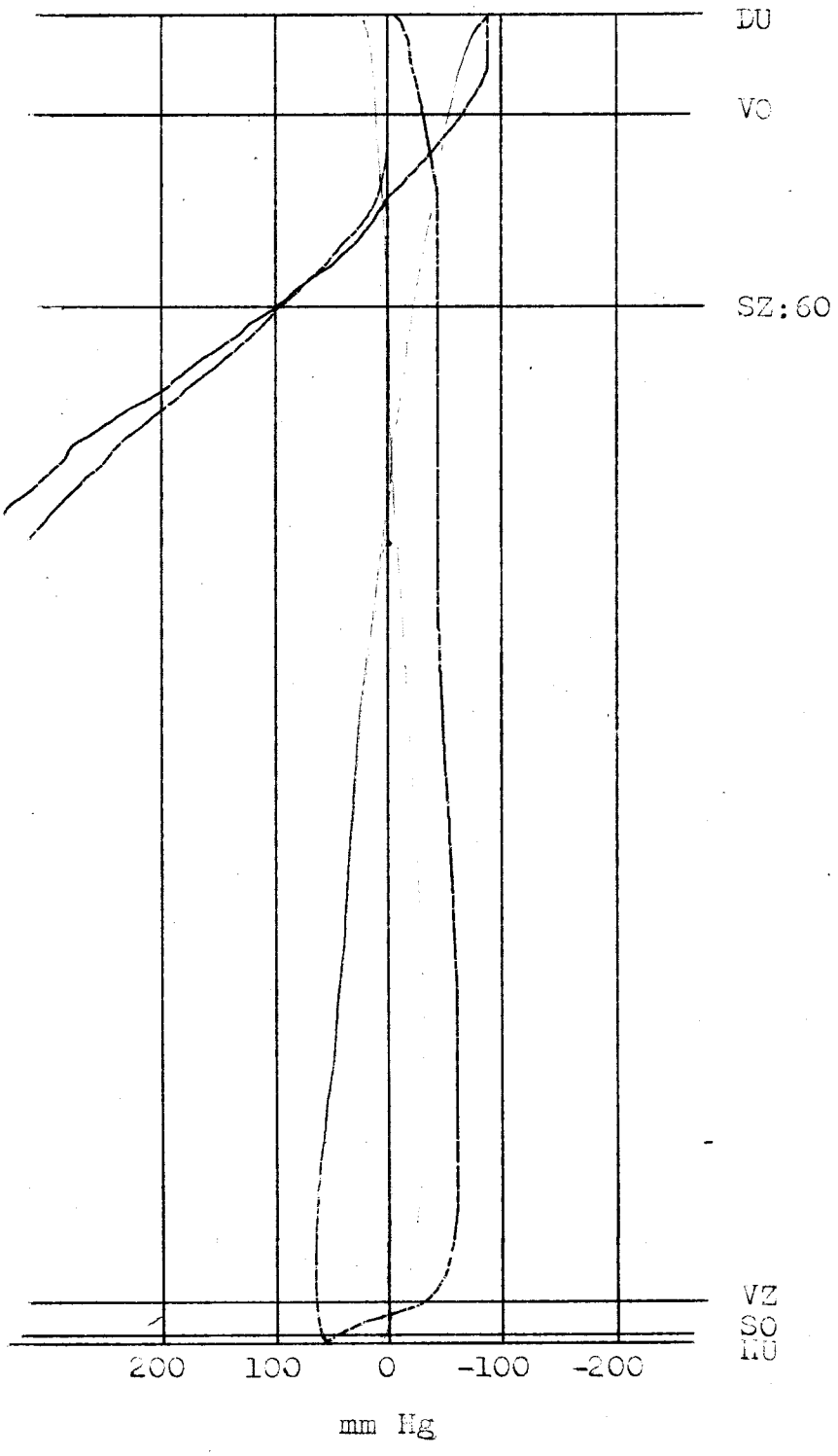
1800 ot/min 1:610 mm



——— Průběh tlaků ve válci

——— Průběh tlaků v ssacím potrubí

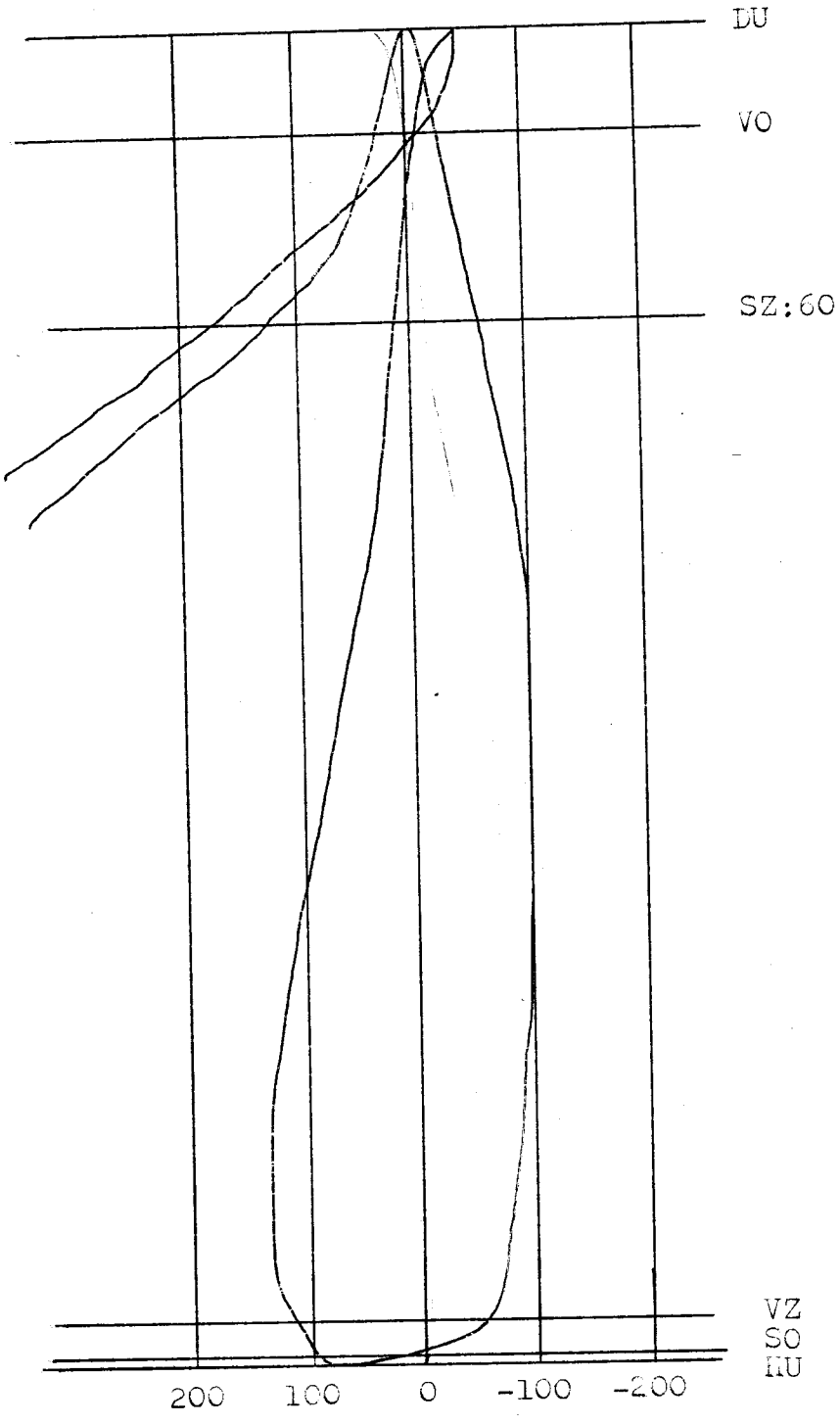
800 ot/min 1:1270 mm



——— Průběh tlaků ve válci

——— Průběh tlaků v ssacím potrubí

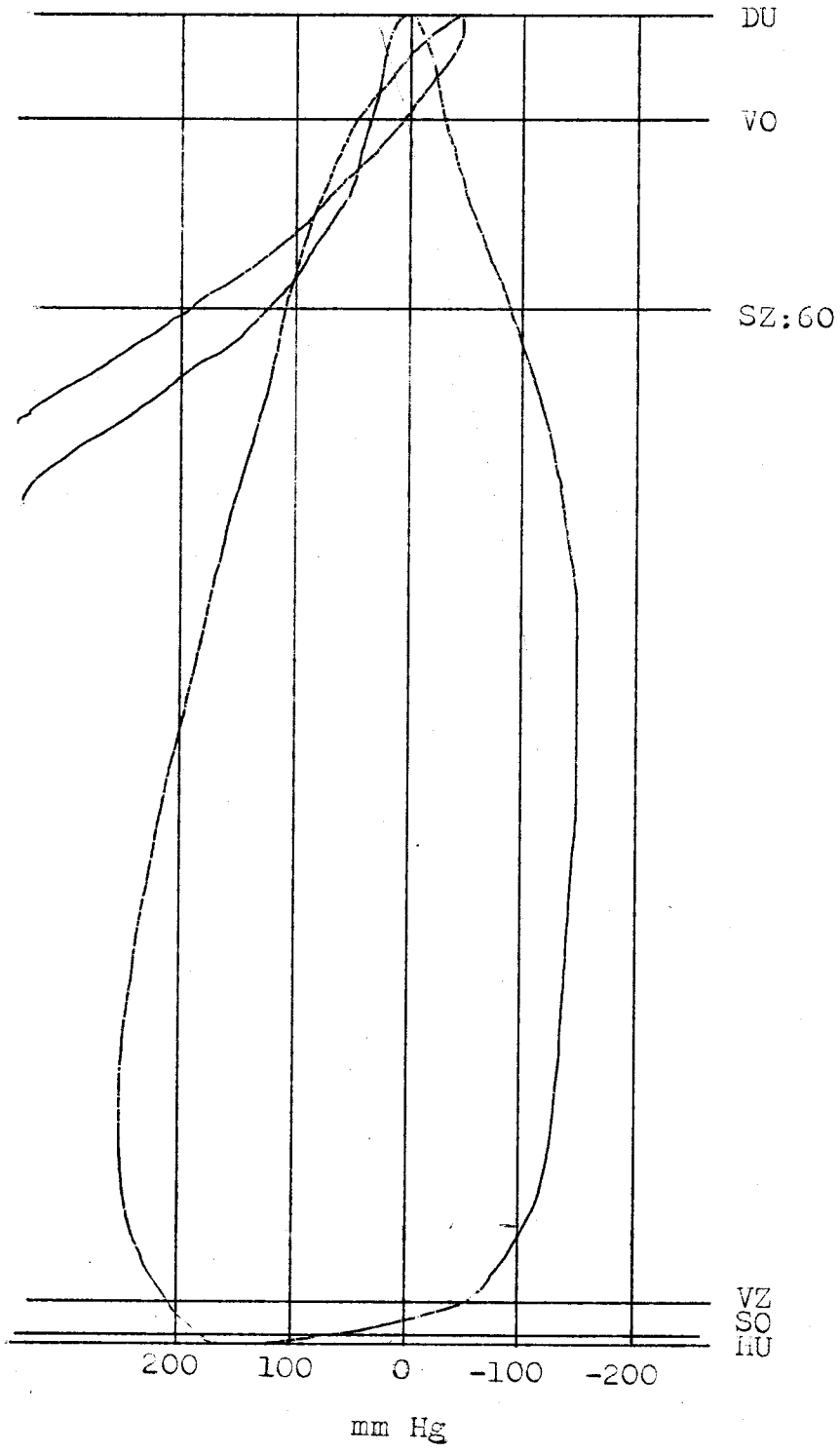
1000 ot/min 1:1270 mm



——— Průběh tlaků ve válci

– – – – Průběh tlaků v ssacím potrubí

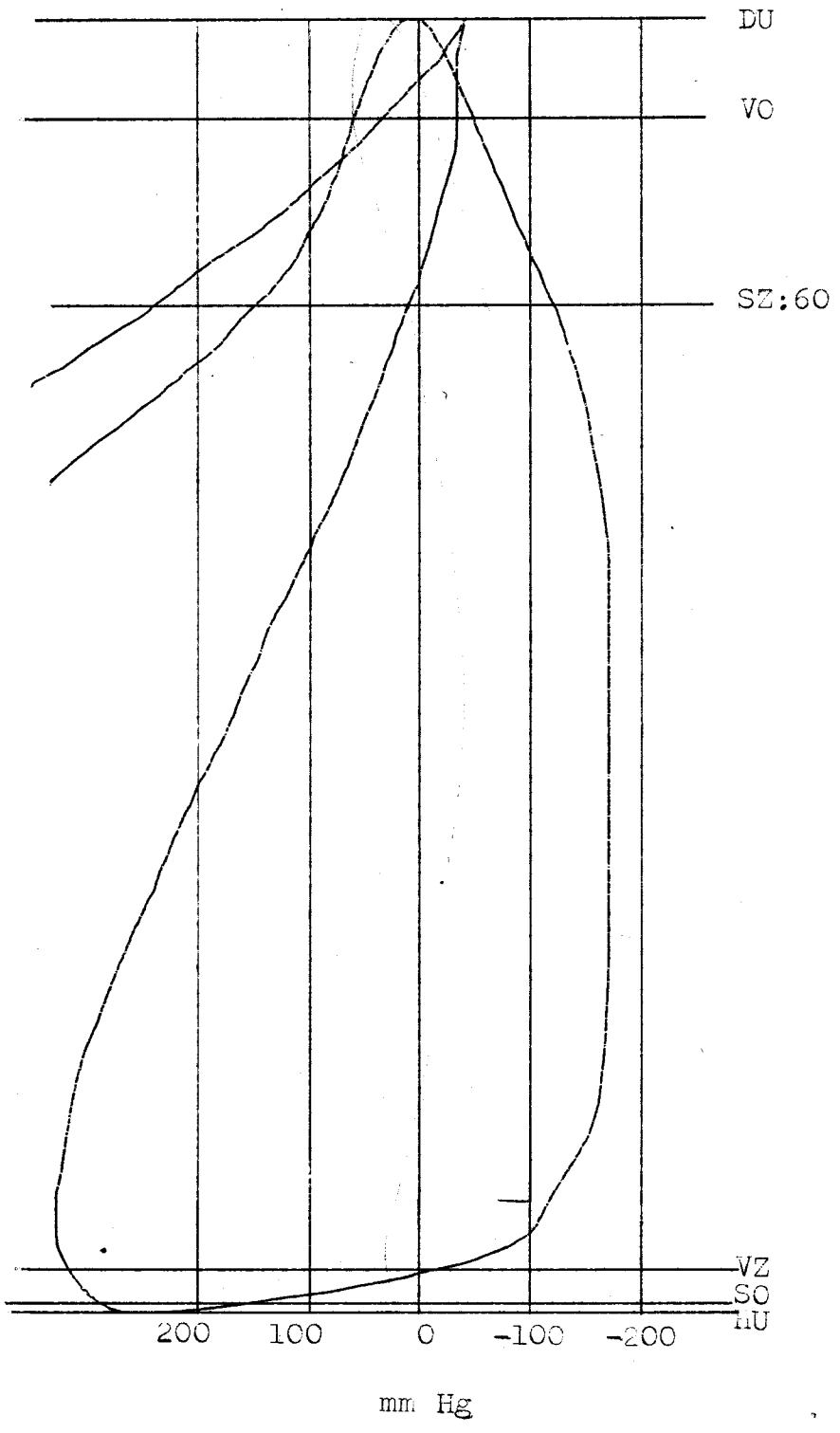
1200 ot/min 1:1270 mm



——— Průběh tlaků ve válci

——— Průběh tlaků v ssacím potrubí

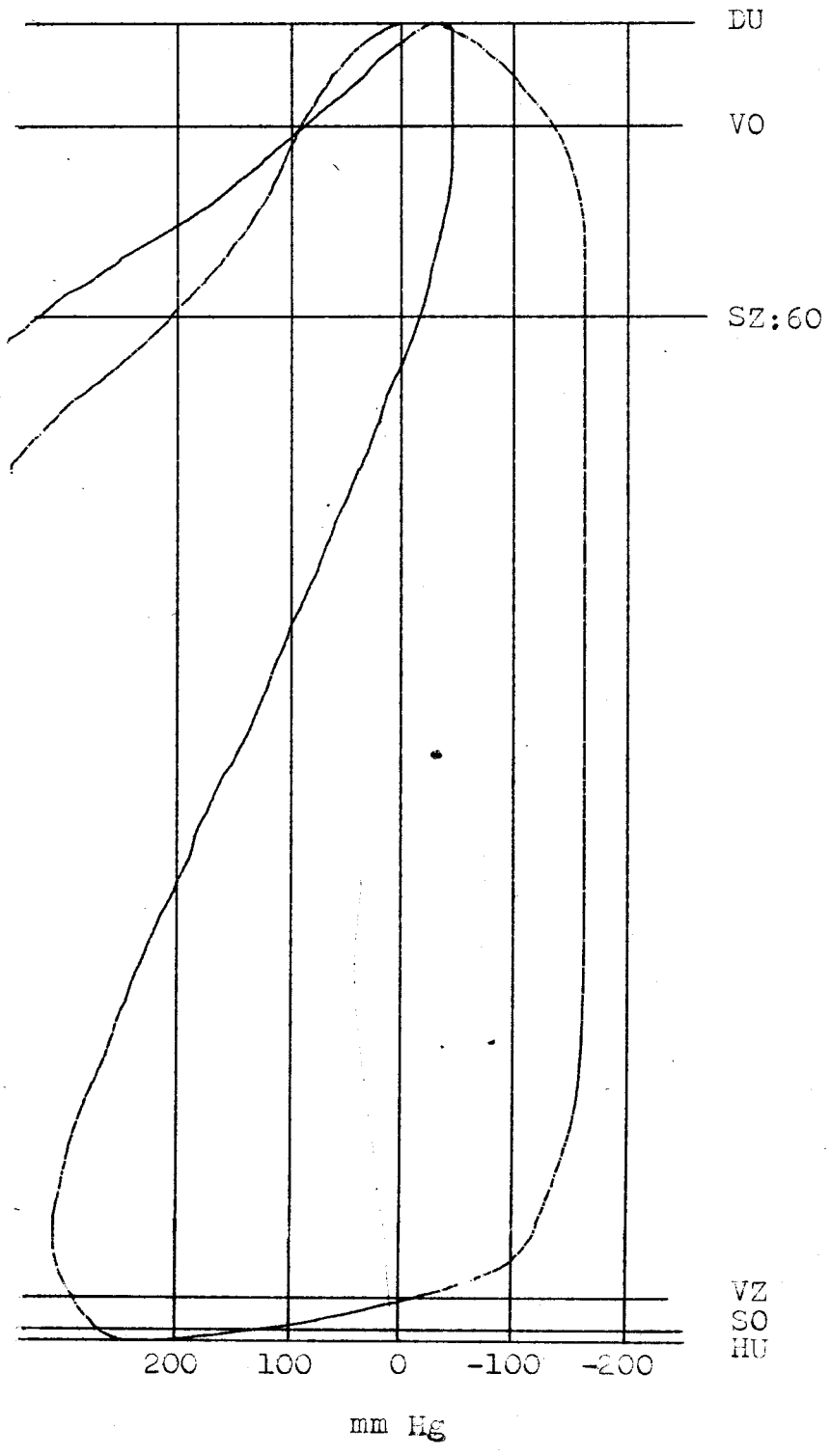
1400 ot/min 1:1270 mm



——— Průběh tlaků ve válcí

——— Průběh tlaků v ssacím potrubí

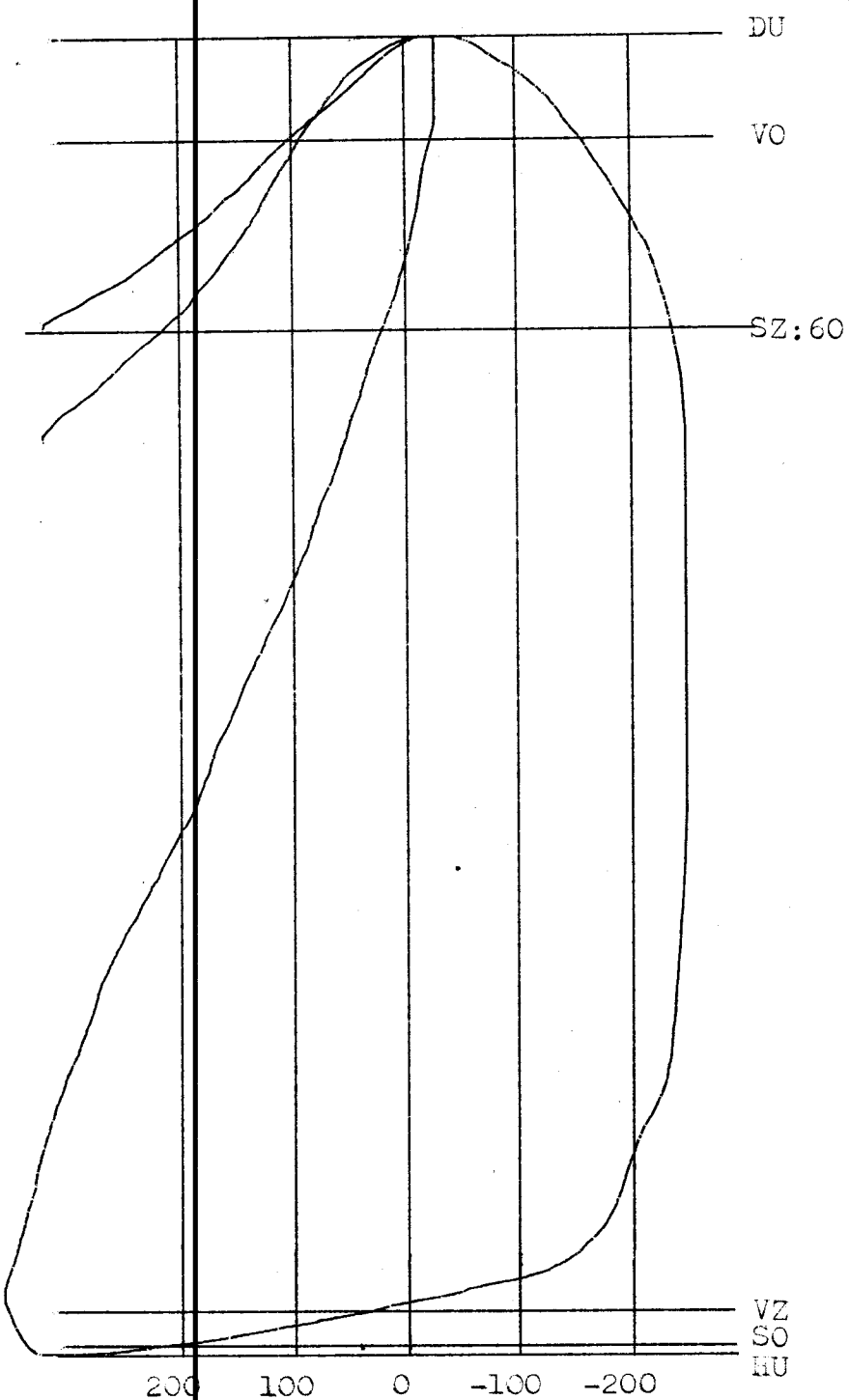
1600 ot/min 1:1270 mm



——— Průběh tlaků ve válci

——— Průběh tlaků v ssacím potrubí

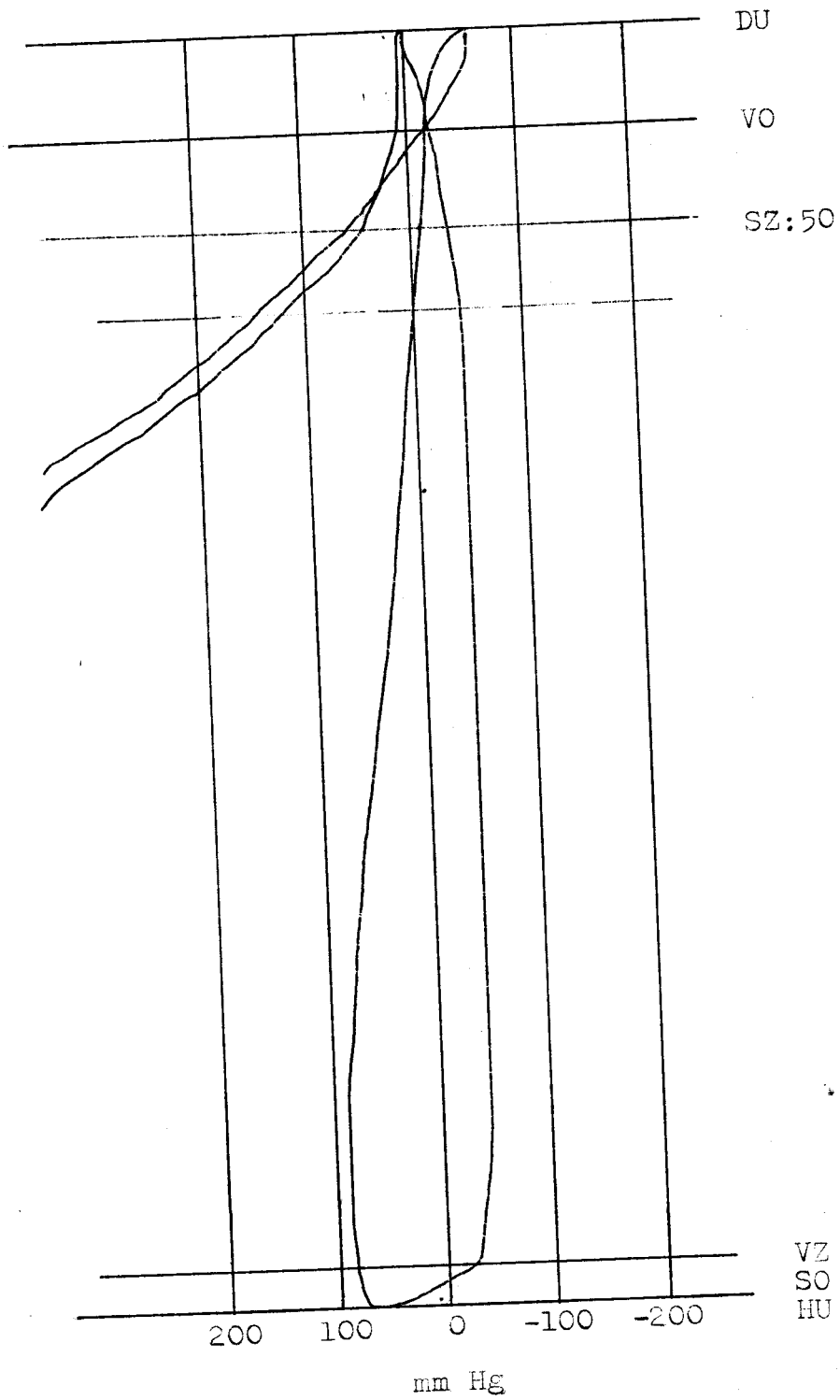
1800 ot./min 1:1270 mm



——— Průběh tlaků ve válci

——— Průběh tlaků v ssacím potrubí

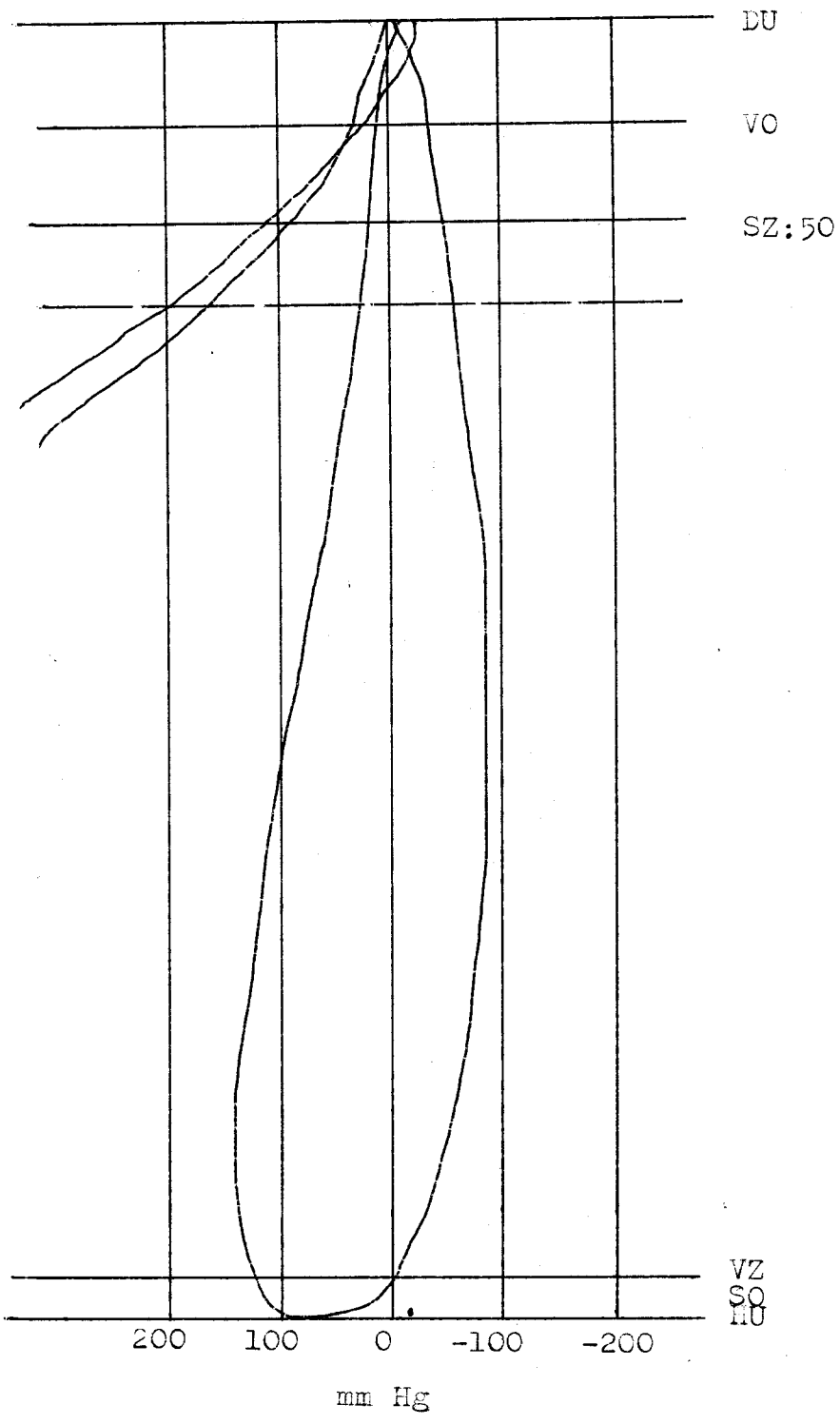
800 ot/min 1:1270 mm



——— Průběh tlaků ve válci

——— Průběh tlaků v ssacím potrubí

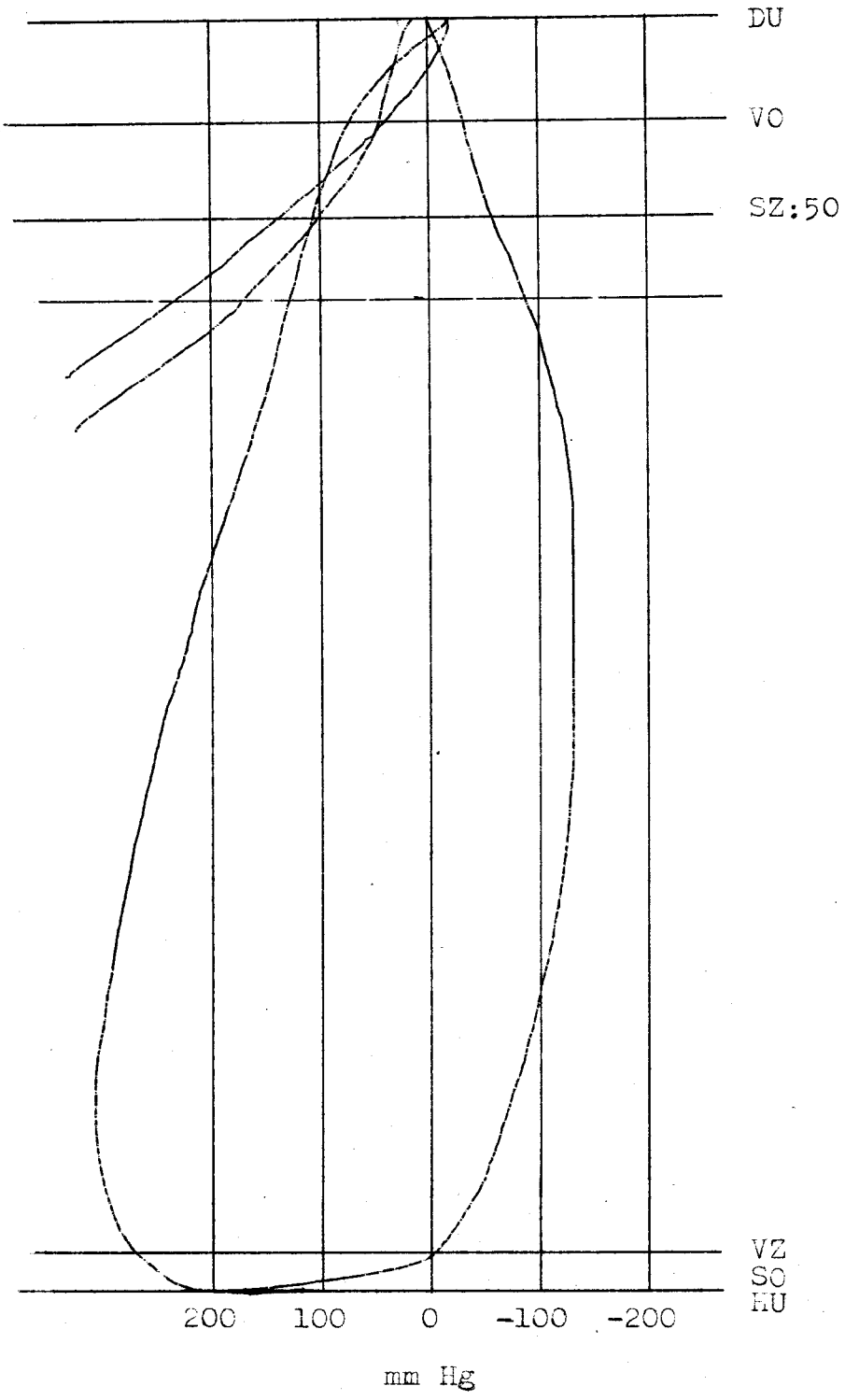
1000 ot/min 1:1270mm



——— Průběh tlaků ve válci

——— Průběh tlaků v ssacím potrubí

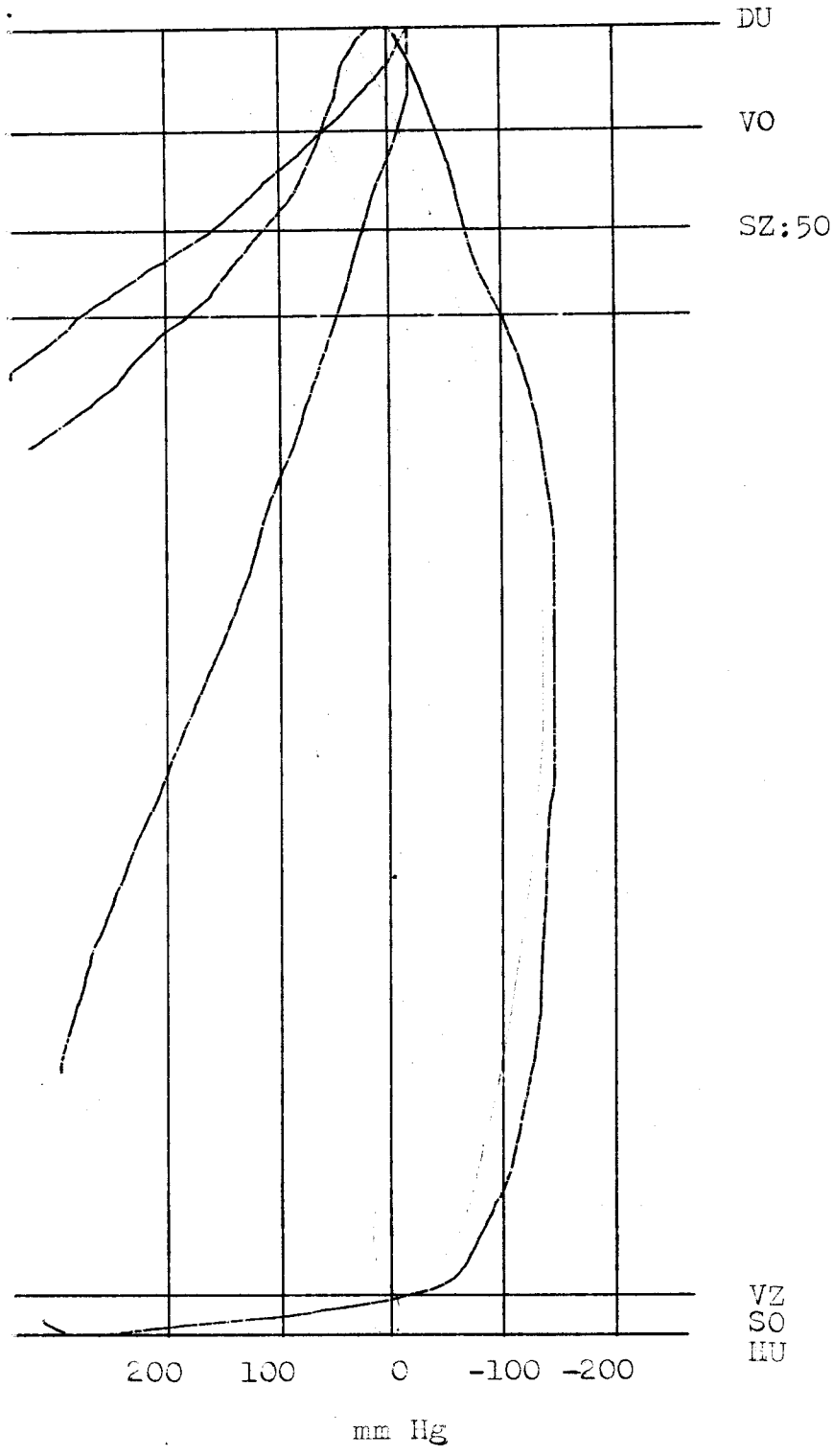
1200 ot/min 1:1270 mm



——— Průběh tlaků ve válci

——— Průběh tlaků v ssacím potrubí

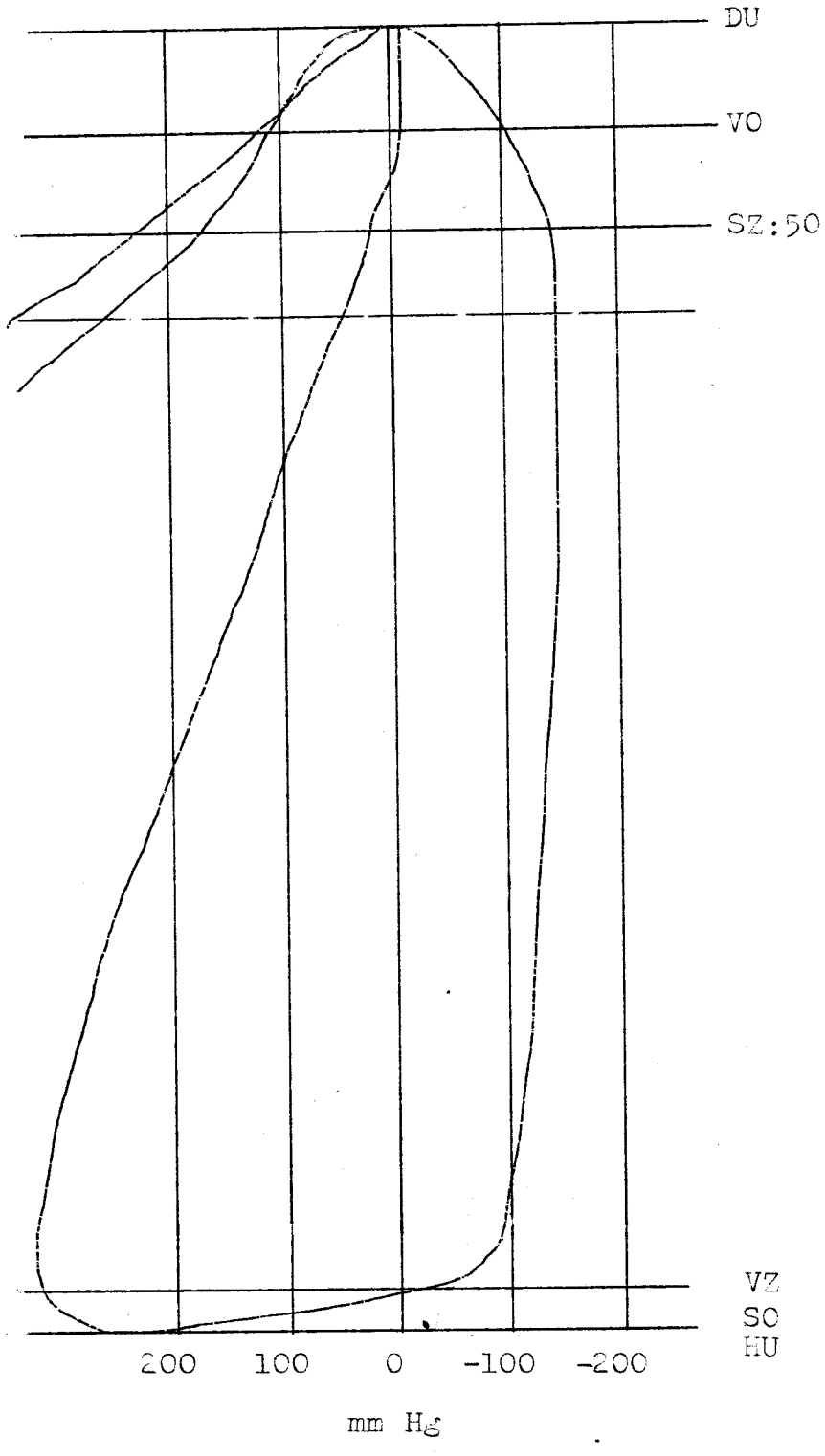
1400 ot/min 1:1270 mm



——— Průběh tlaků ve válci

——— Průběh tlaků v ssacím potrubí

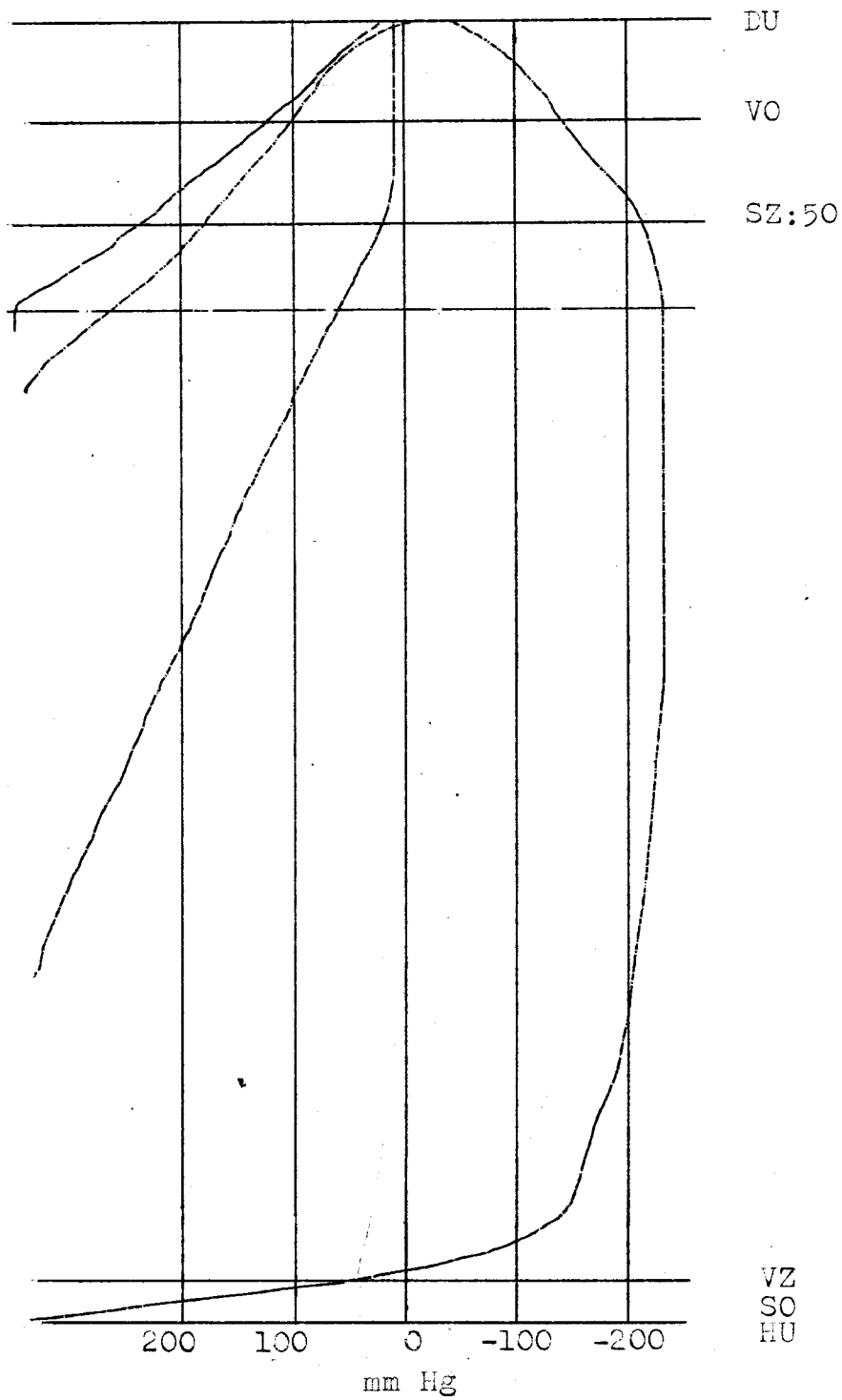
1600 ot/min 1:1270 mm



——— Průběh tlaků ve válci

——— Průběh tlaků v ssacím potrubí

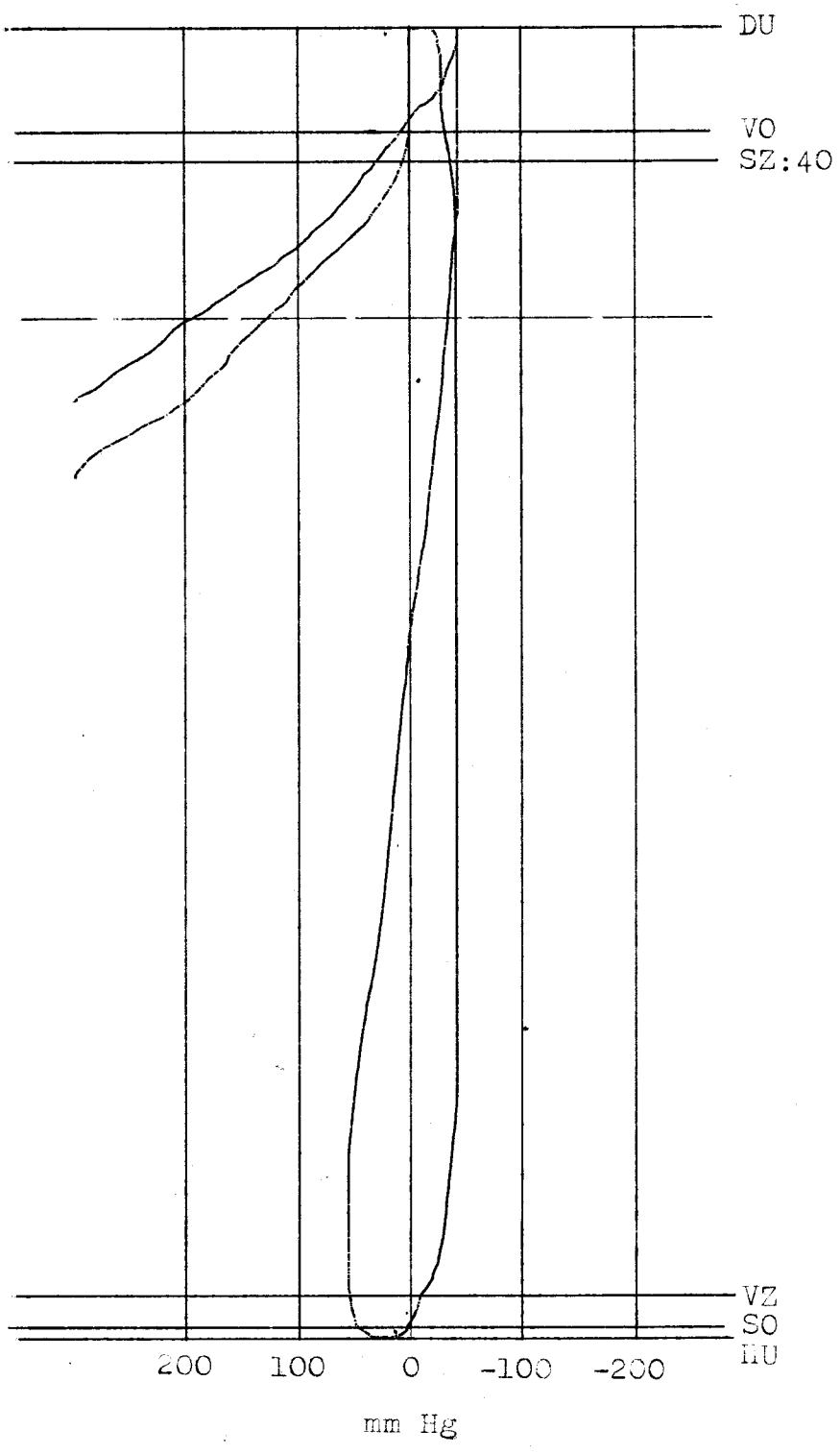
1800 ot/min 1:1270 mm



——— Průběh tlaků ve válci

——— Průběh tlaků v ssacím potrubí

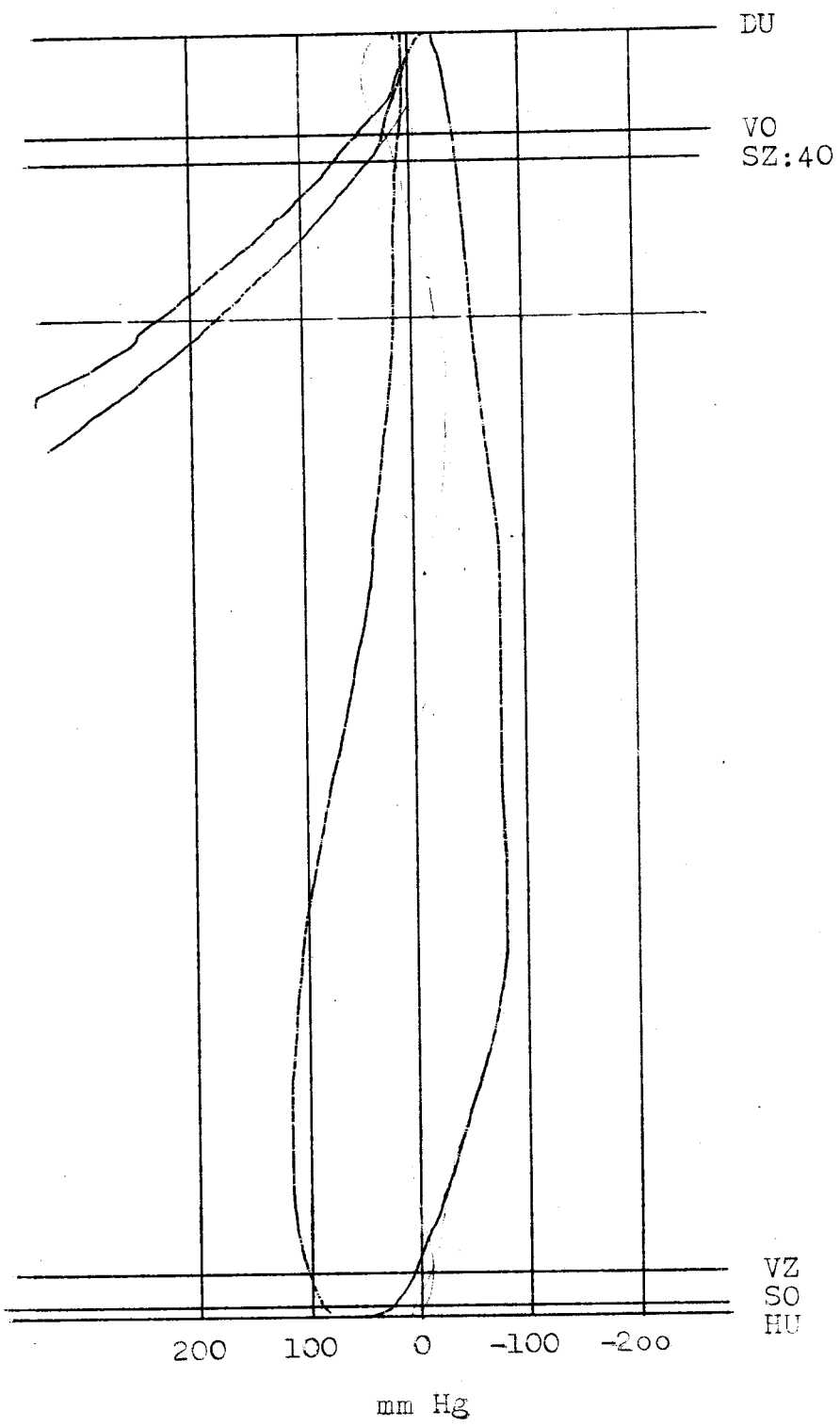
800 ot/min 1:1270 mm



——— Průběh tlaků ve válci

——— Průběh tlaků v ssacím potrubí

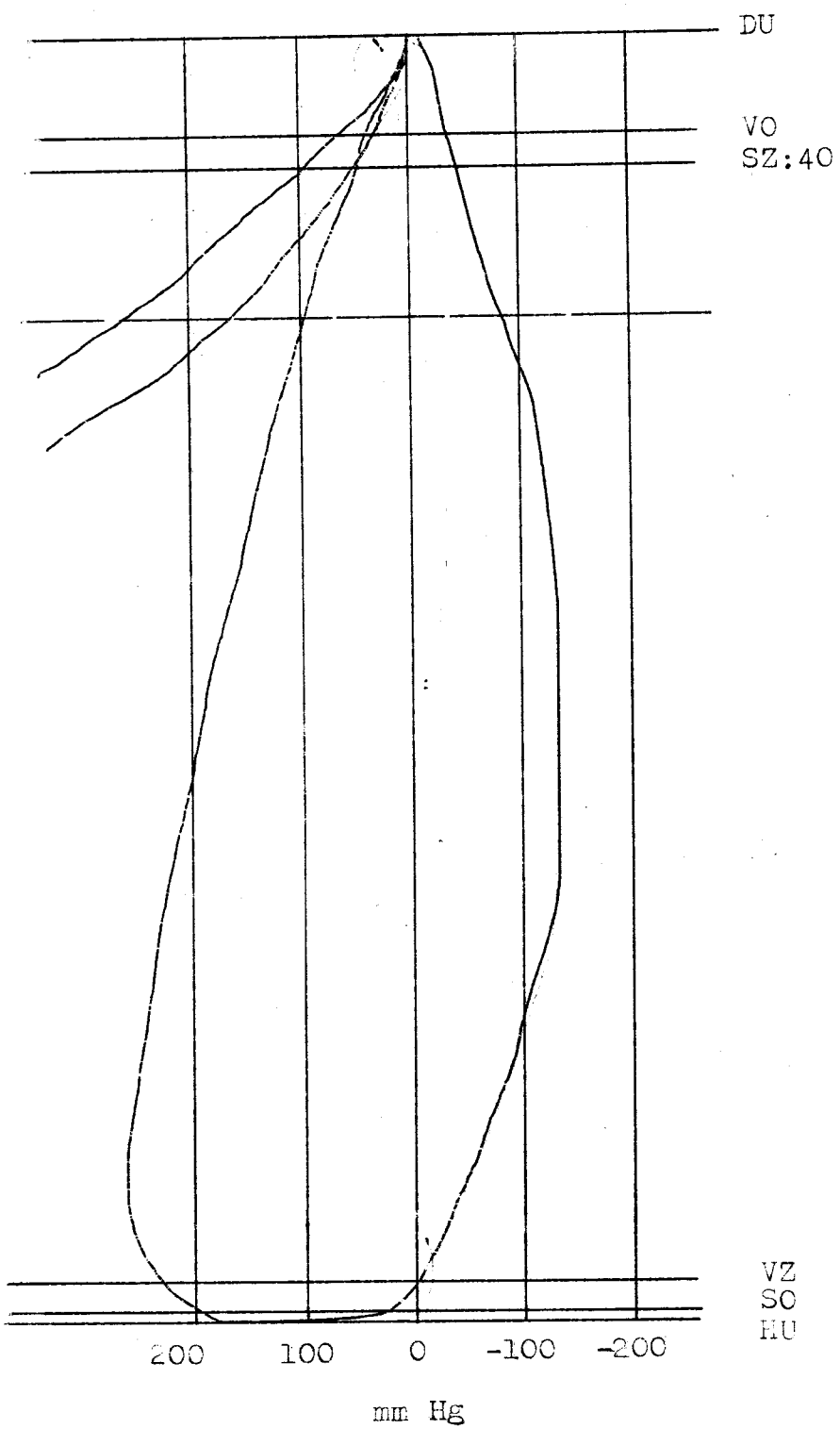
1000 ot./min 1:1270 mm



——— Průběh tlaků ve válci

——— Průběh tlaků v ssacím potrubí

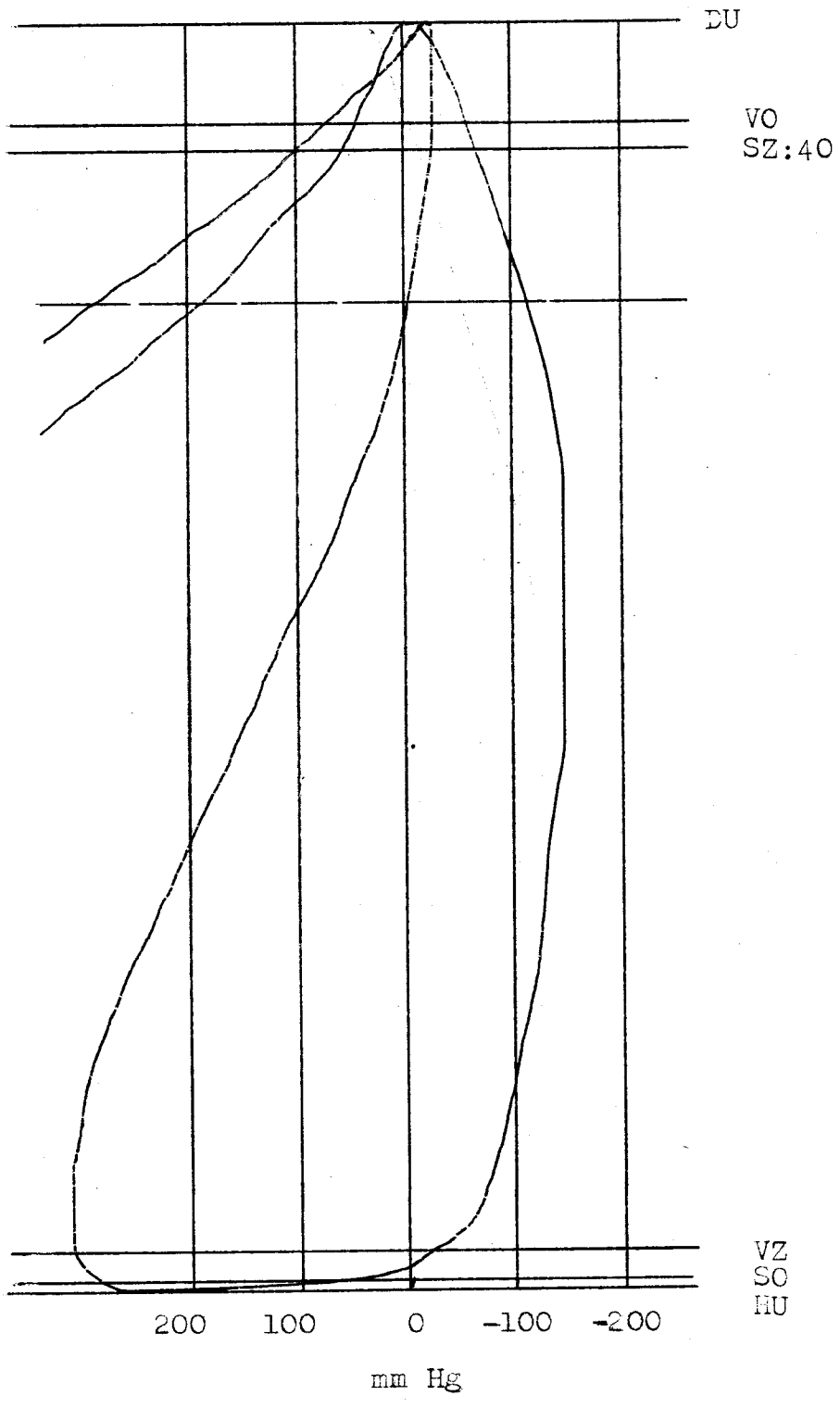
1200 ot/min 1:1270 mm



——— Průběh tlaků ve válci

——— Průběh tlaků v ssacím potrubí

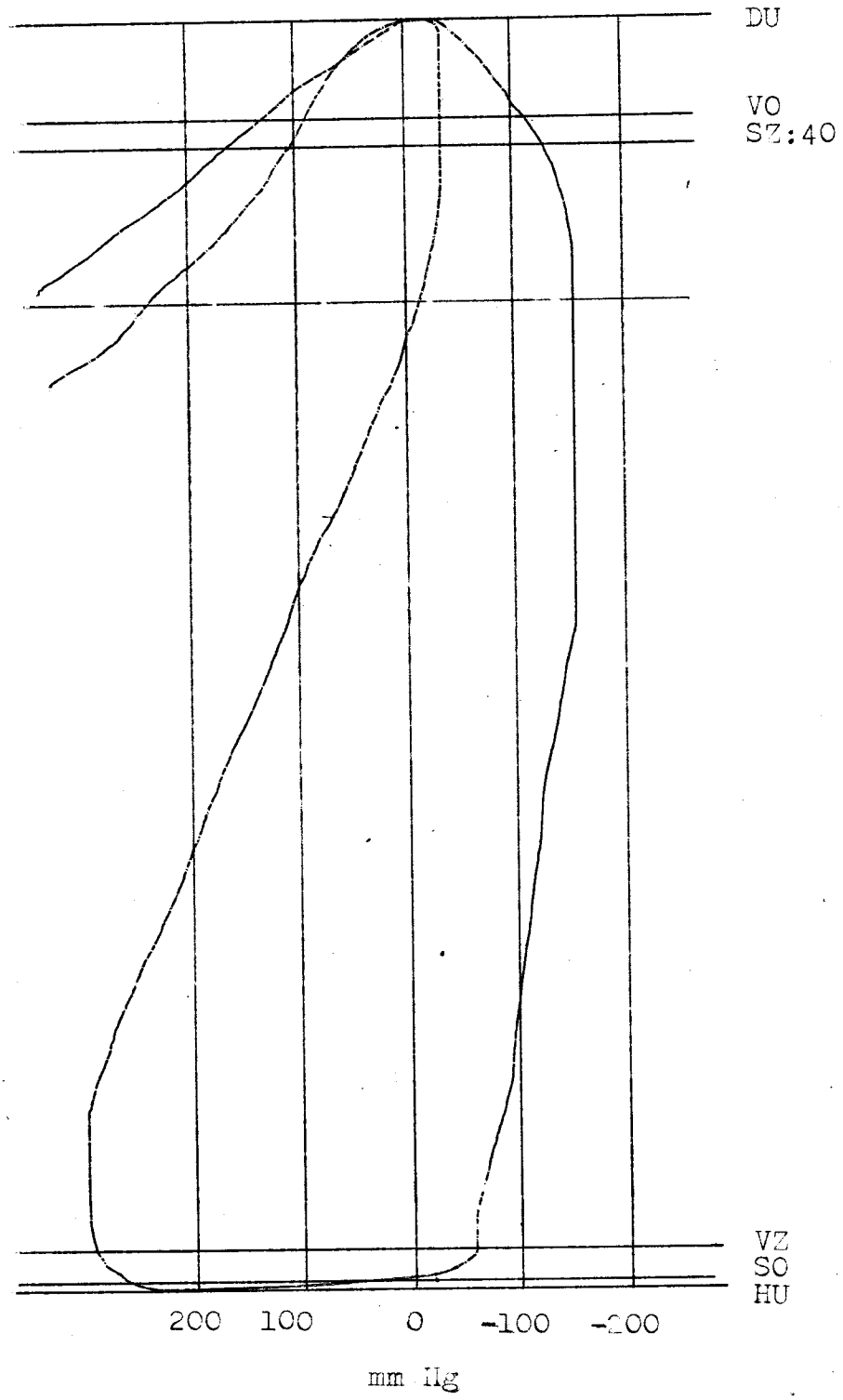
1400 ot/min 1:1270 mm



——— Průběh tlaků ve válci

——— Průběh tlaků v ssacím potrubí

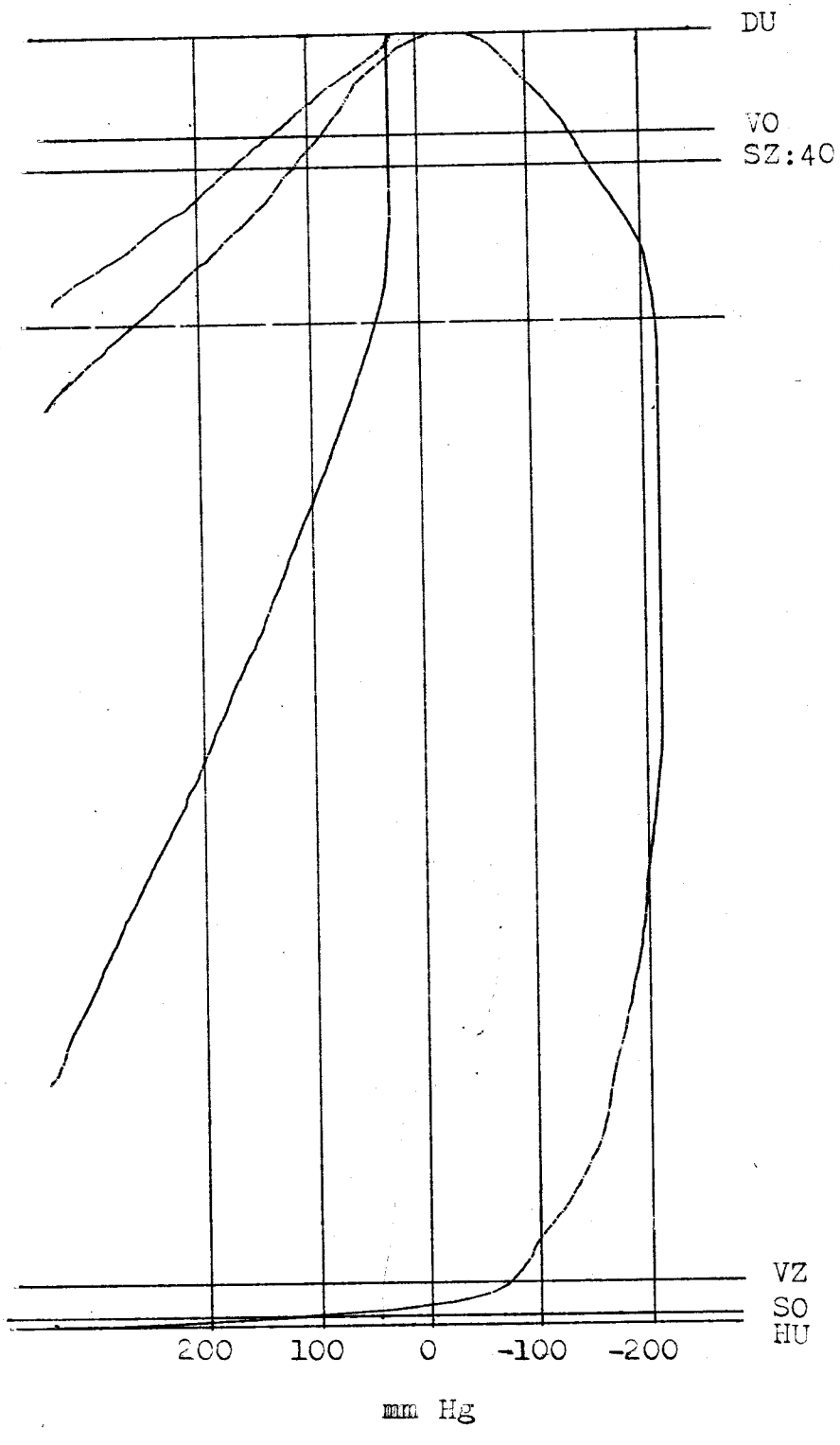
1600 ot/min 1:1270 mm



——— Průběh tlaků ve válci

——— Průběh tlaků v ssacím potrubí

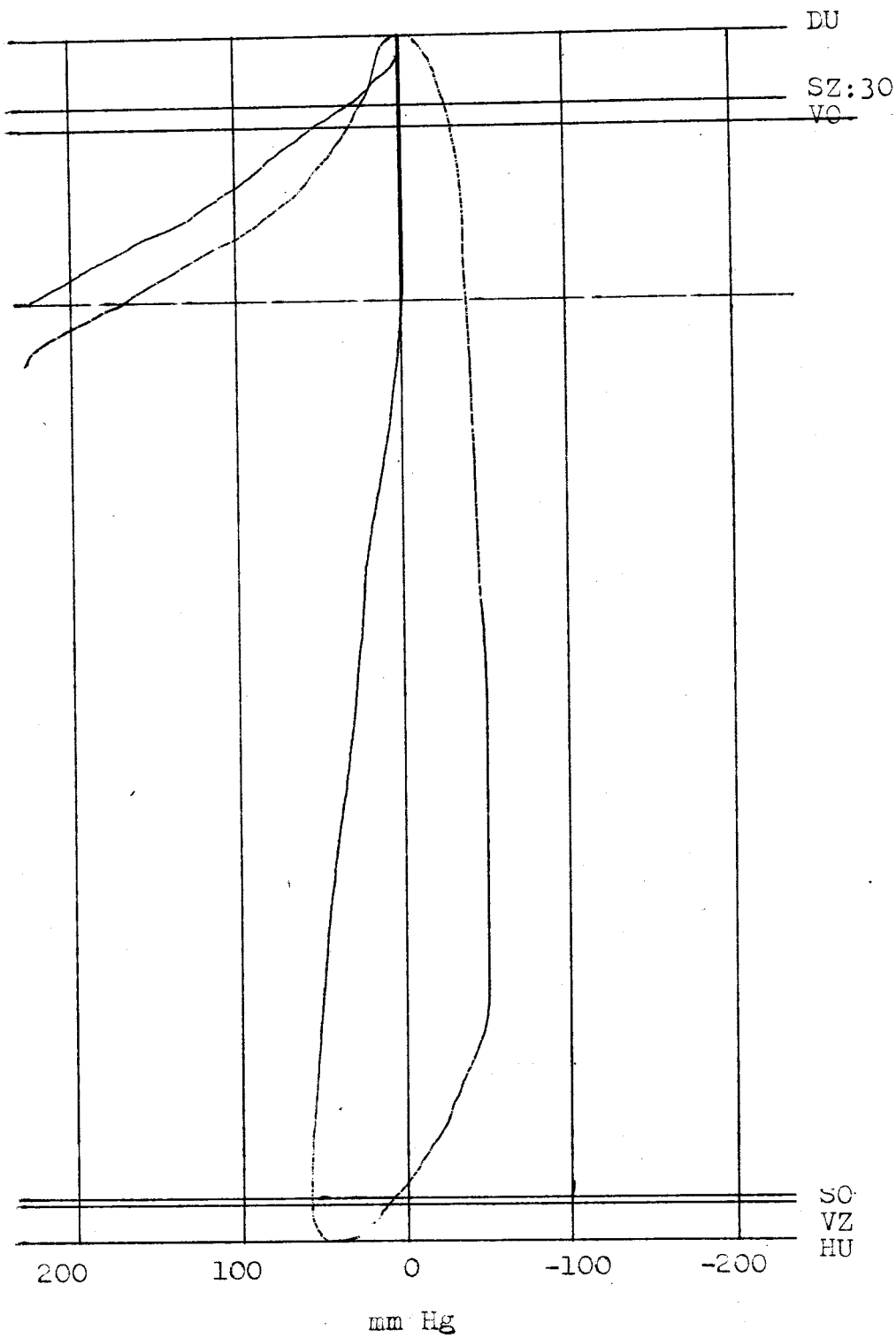
1800 ot/min 1:1270 mm



——— Průběh tlaků ve válci

——— Průběh tlaků v ssacím potrubí

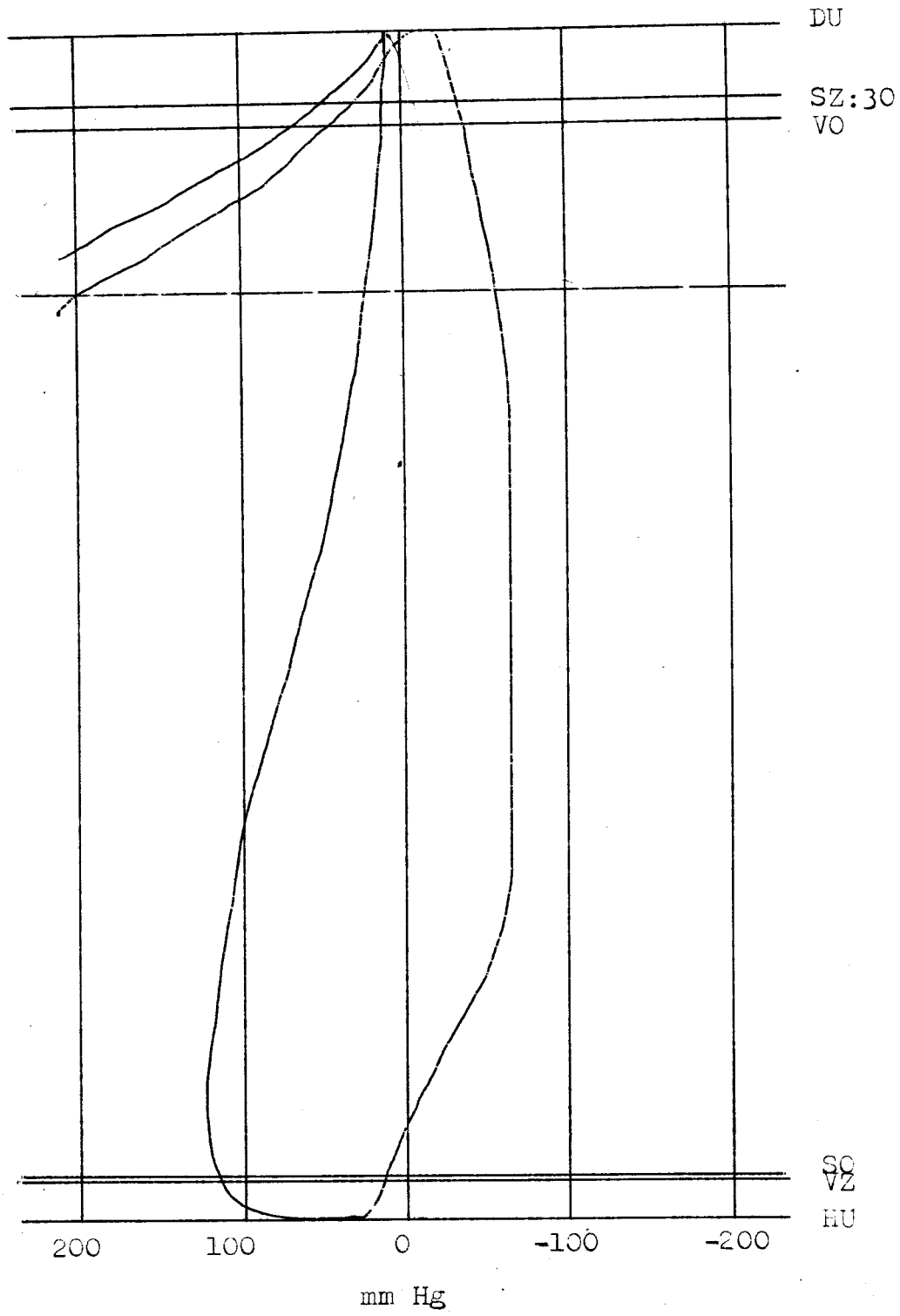
800 ot/min 1:1270 mm



——— Průběh tlaků ve válci

——— Průběh tlaků v ssacím potrubí

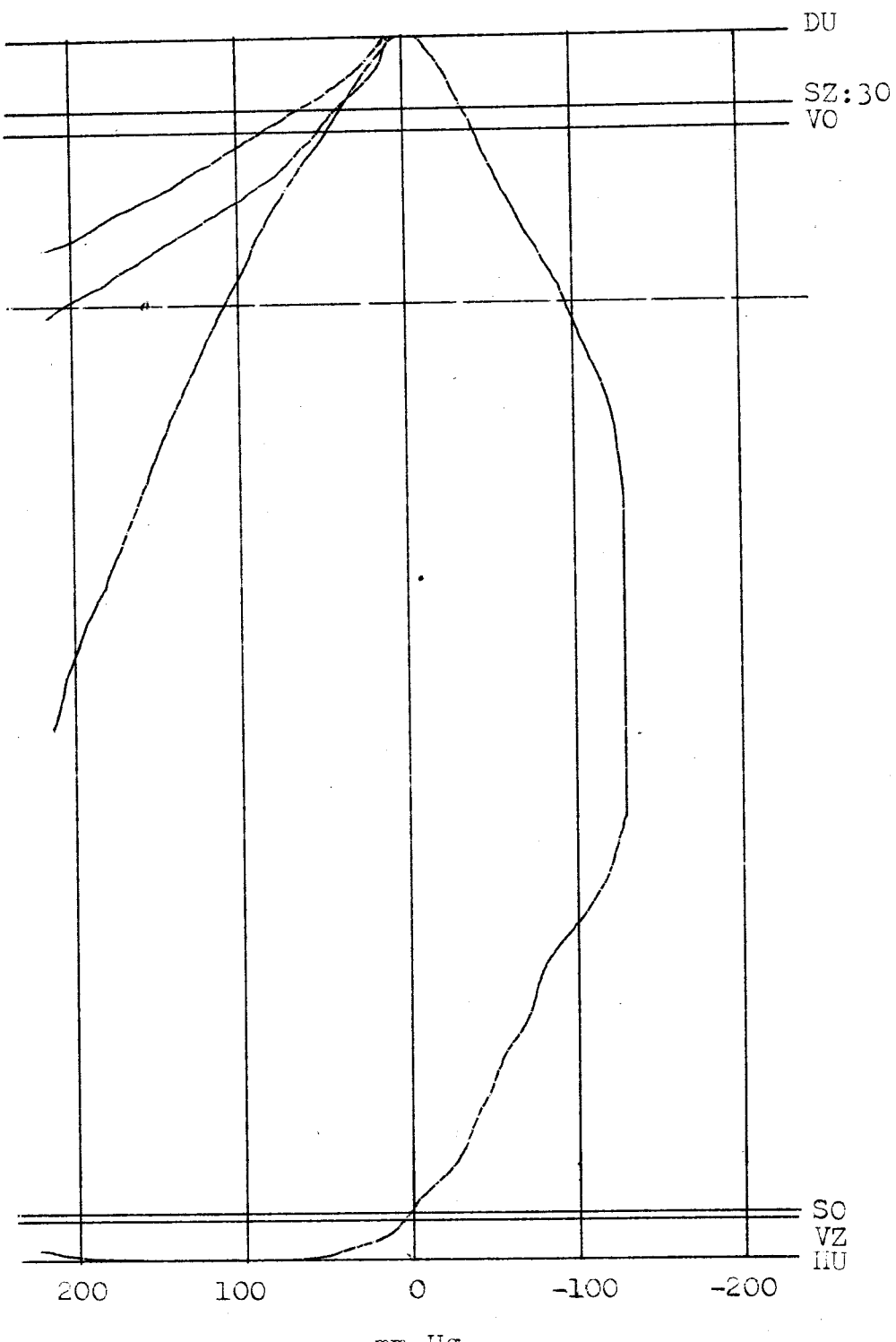
1000 ot/min 1:1270 mm



——— Průběh tlaků ve válci

——— Průběh tlaků v ssacím potrubí

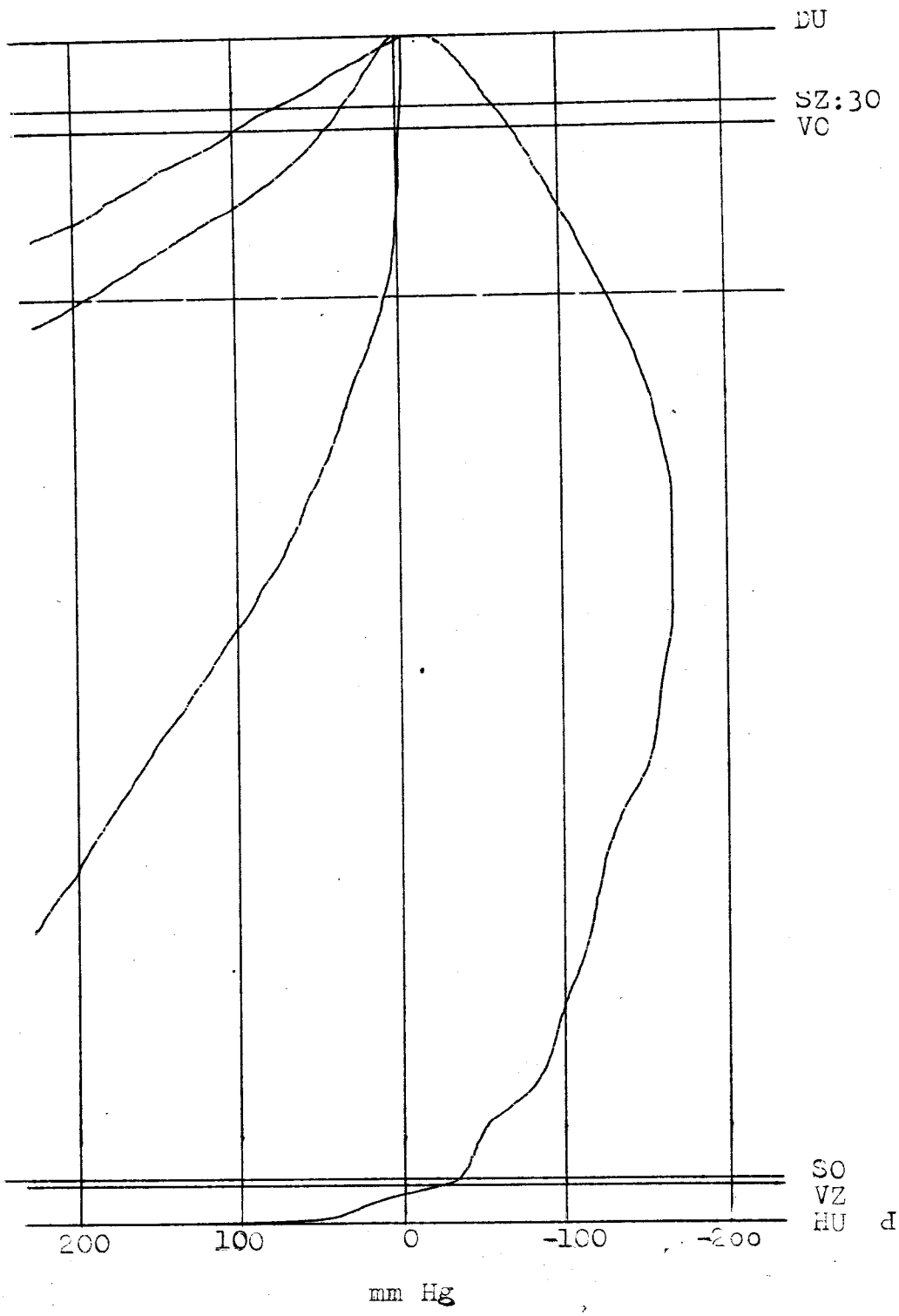
1200 ot/min 1:1270 mm



——— Průběh tlaků ve válci

——— Průběh tlaků v ssacím potrubí

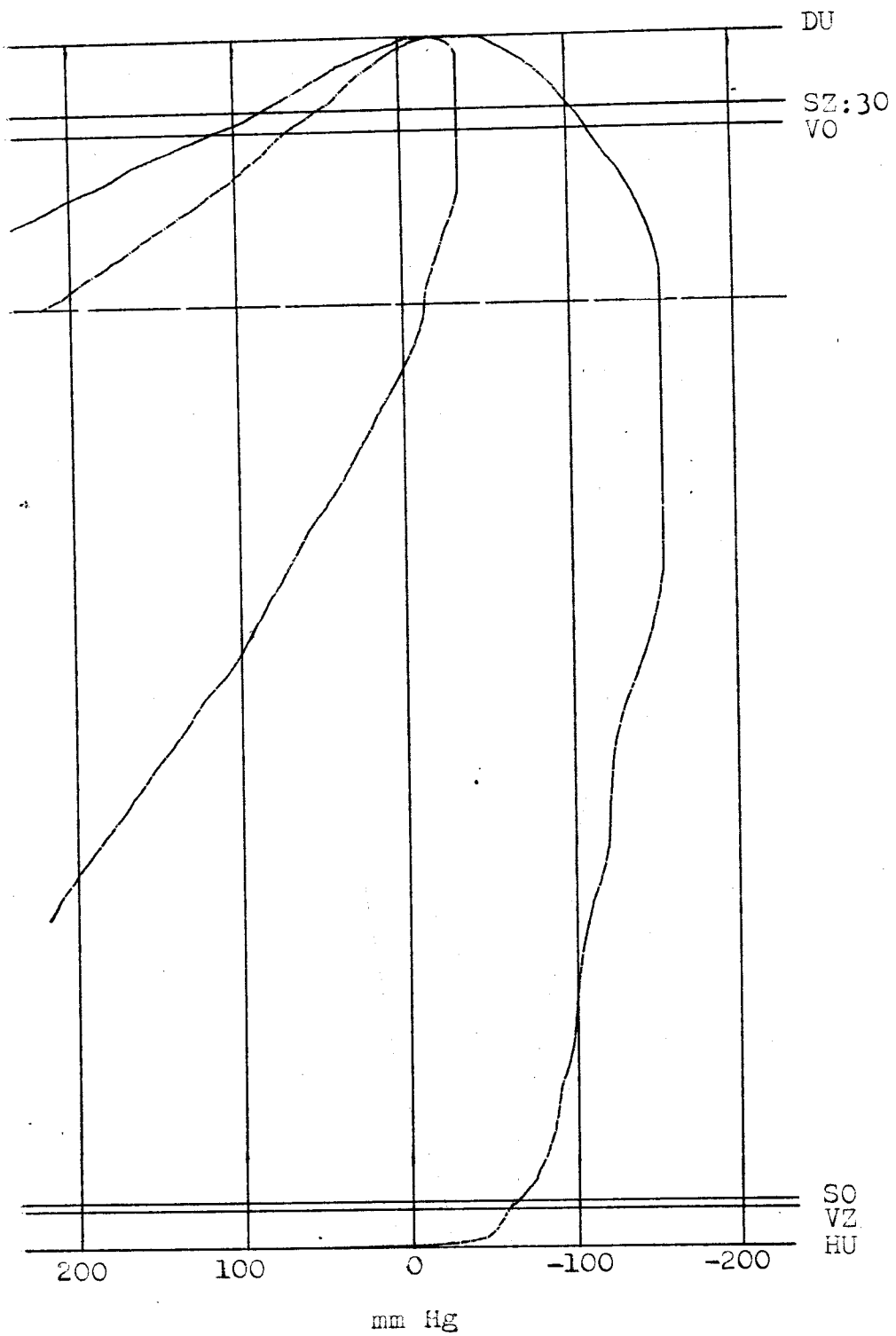
1400 ot/min 1:1270 mm



——— Průběh tlaků ve válcí

——— Průběh tlaků v ssacím potrubí

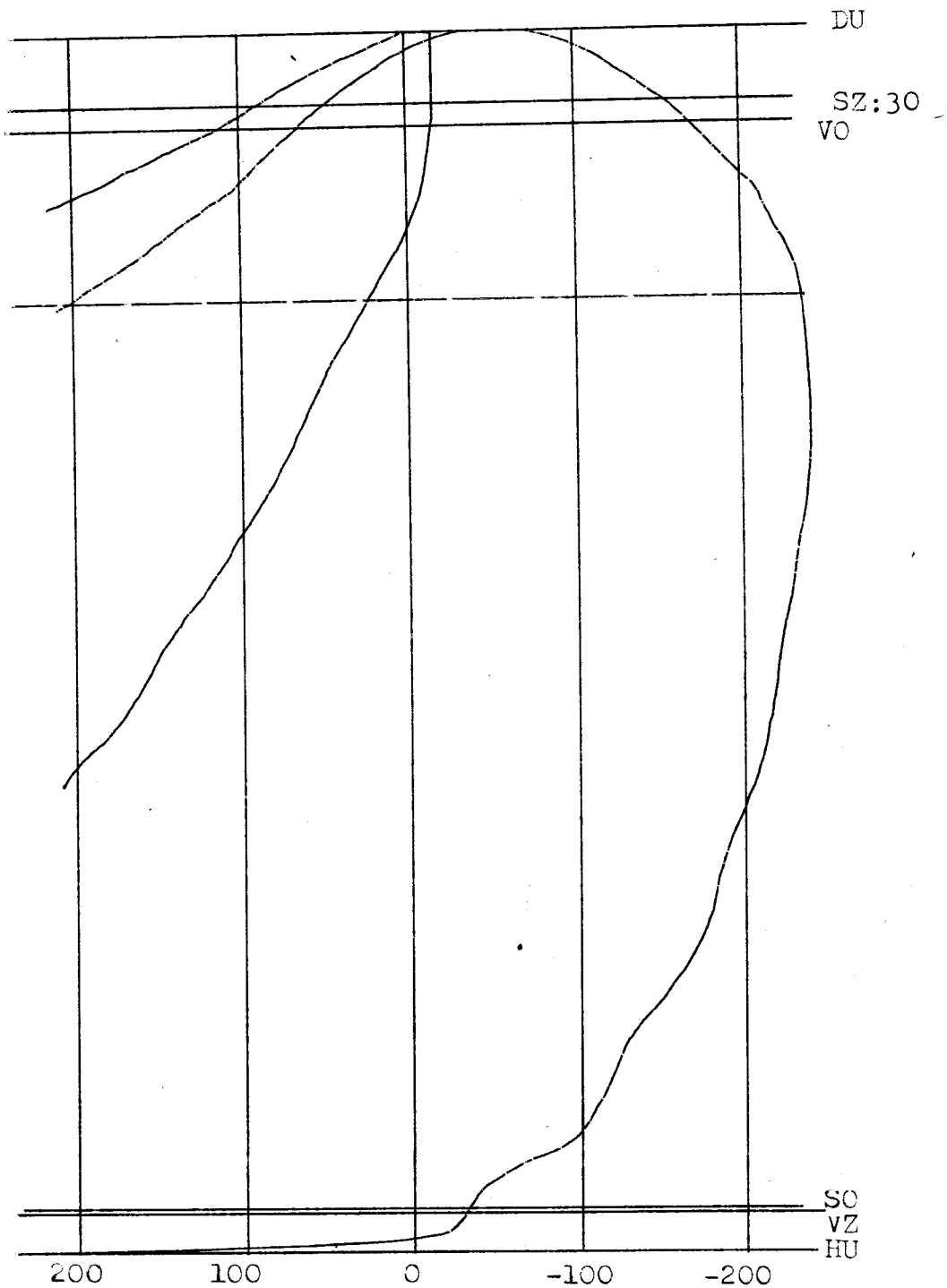
1600 ot/min 1:1270 mm



——— Průběh tlaků ve válci

——— Průběh tlaků v ssacím potrubí

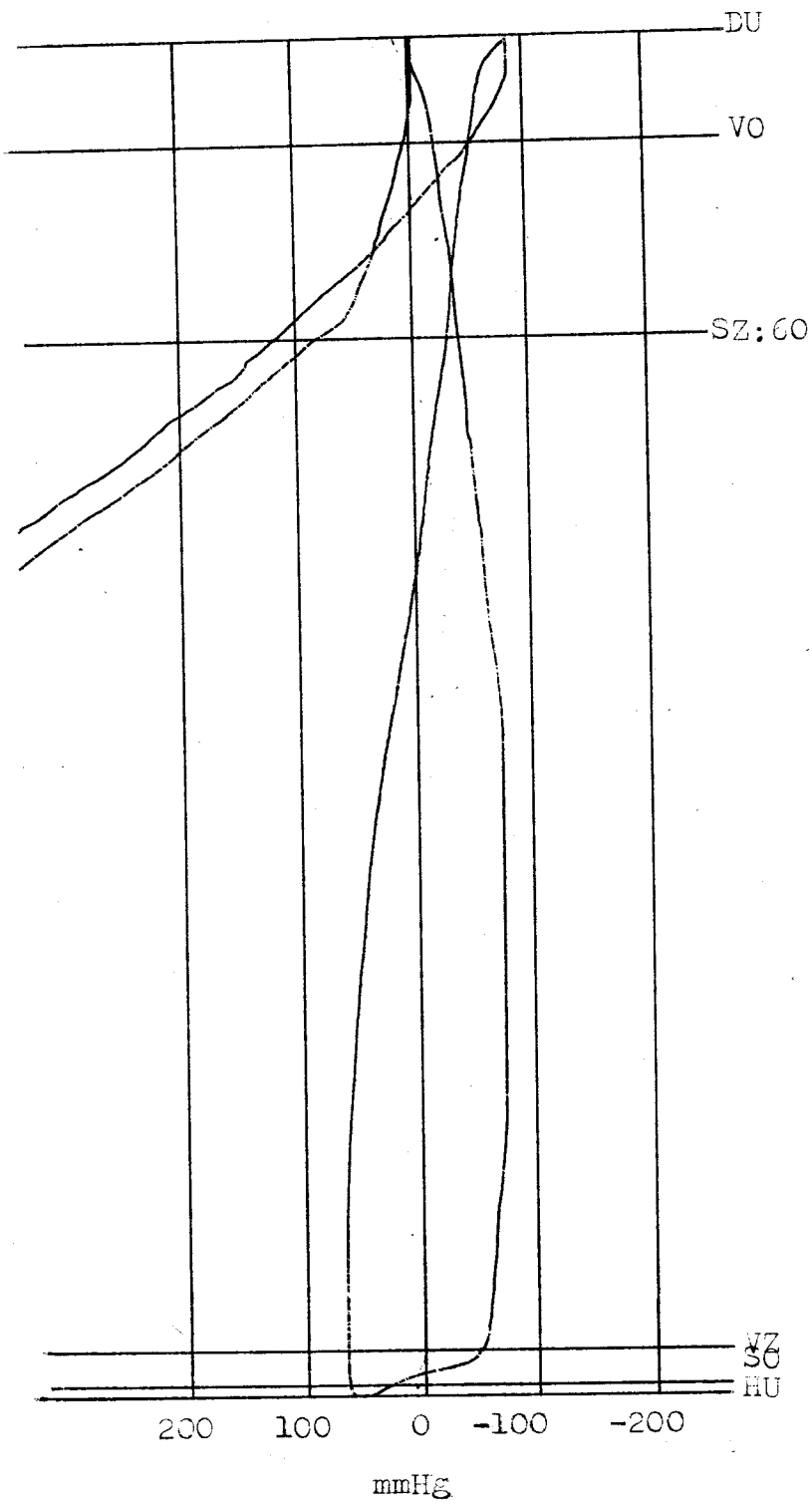
1800 ot/min 1:1270 mm



——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

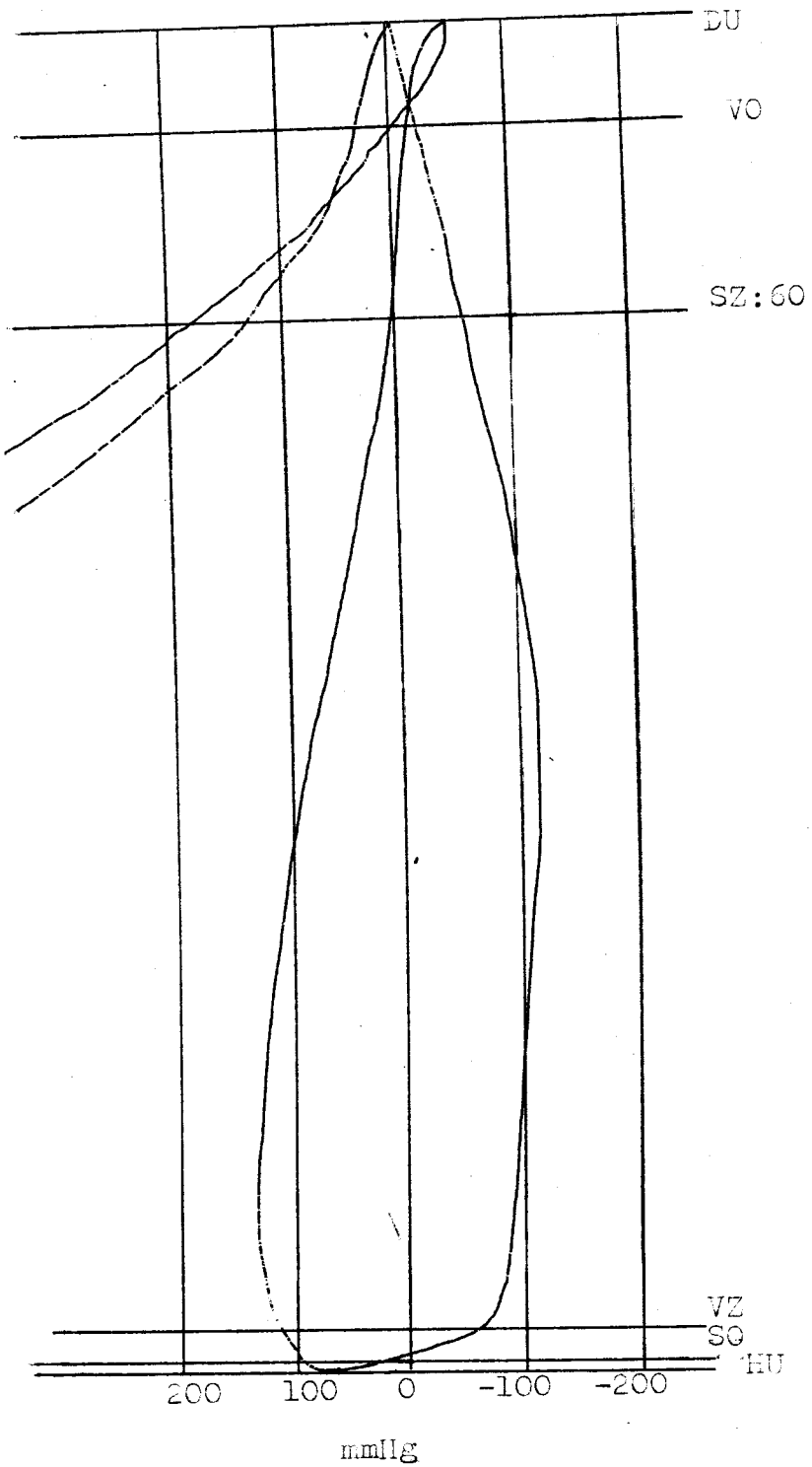
800ot/min 1:1430mm



——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v sacím potrubí

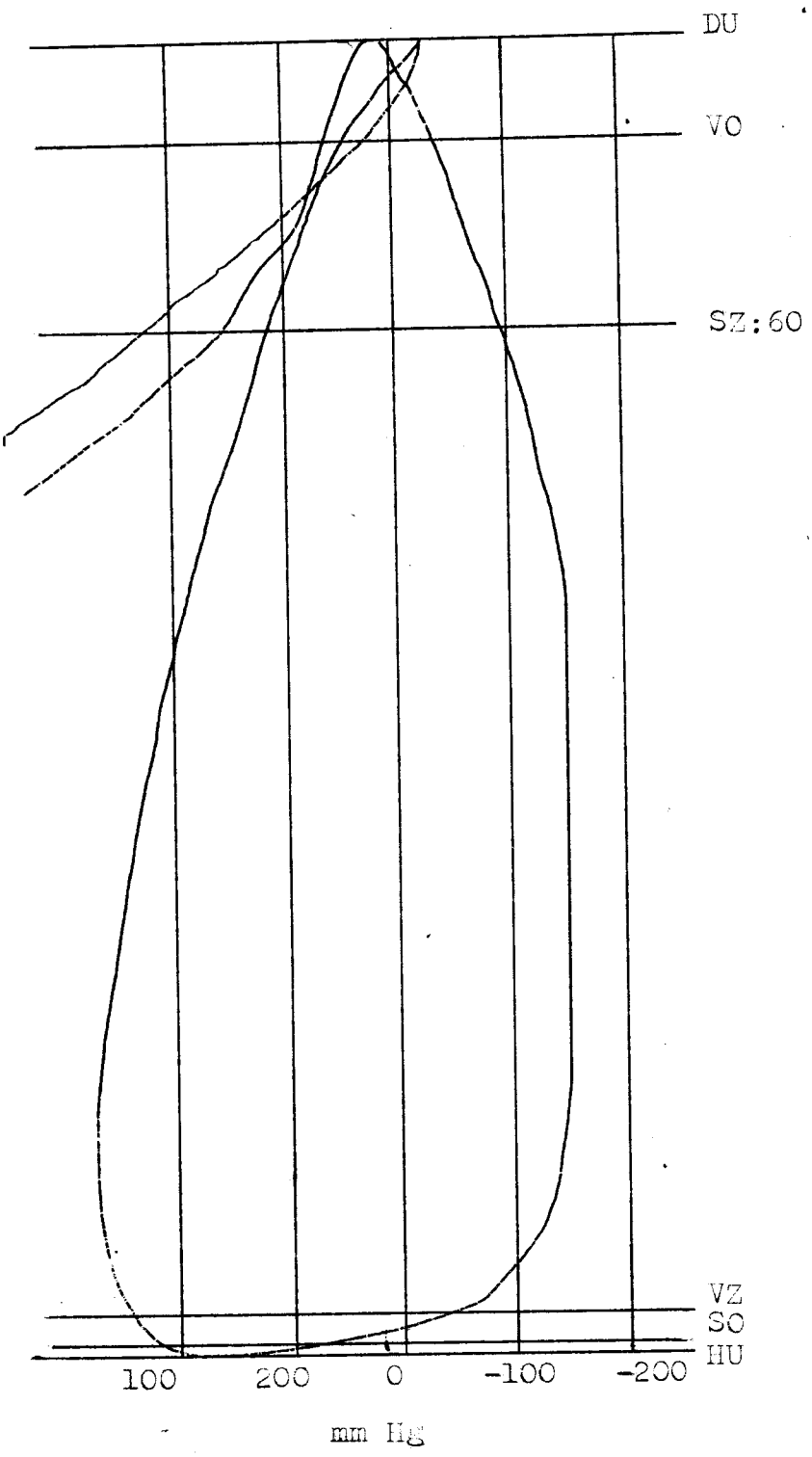
1000 ot/min 1:1430mm



——— Průběh tlaků ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

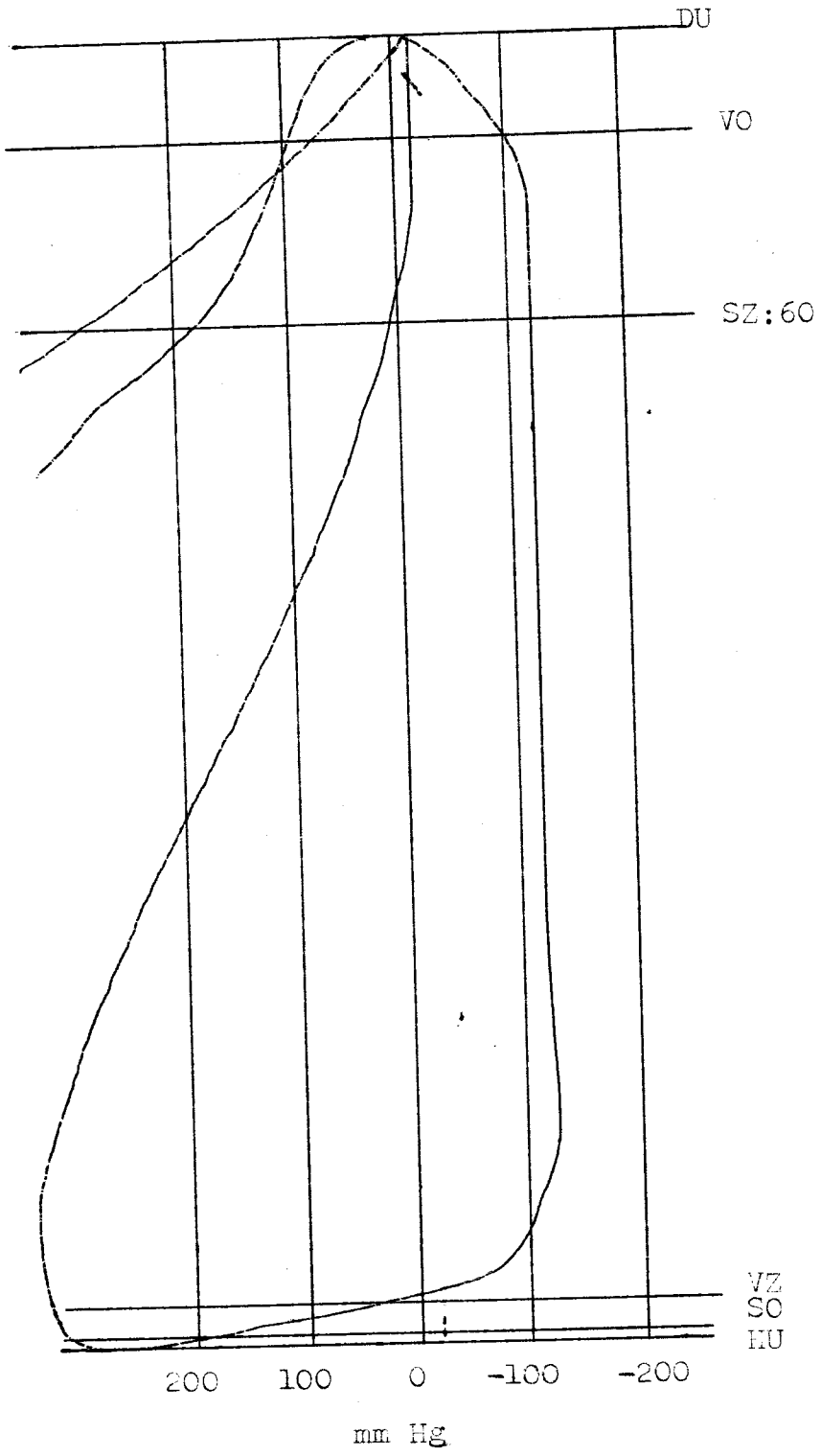
1200ot/min 1:1430 mm



——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

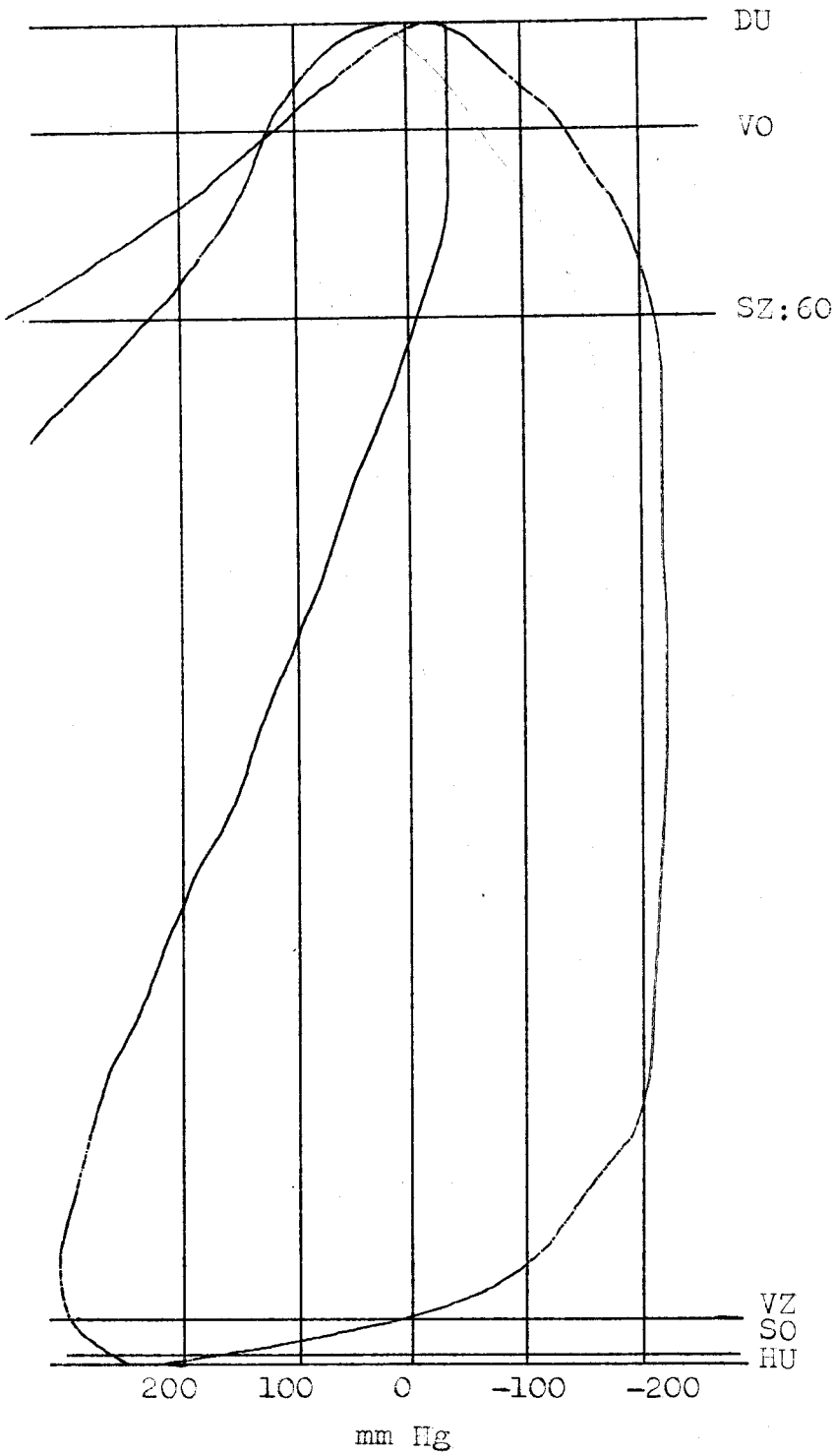
1400 ot/min 1:1430mm



——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

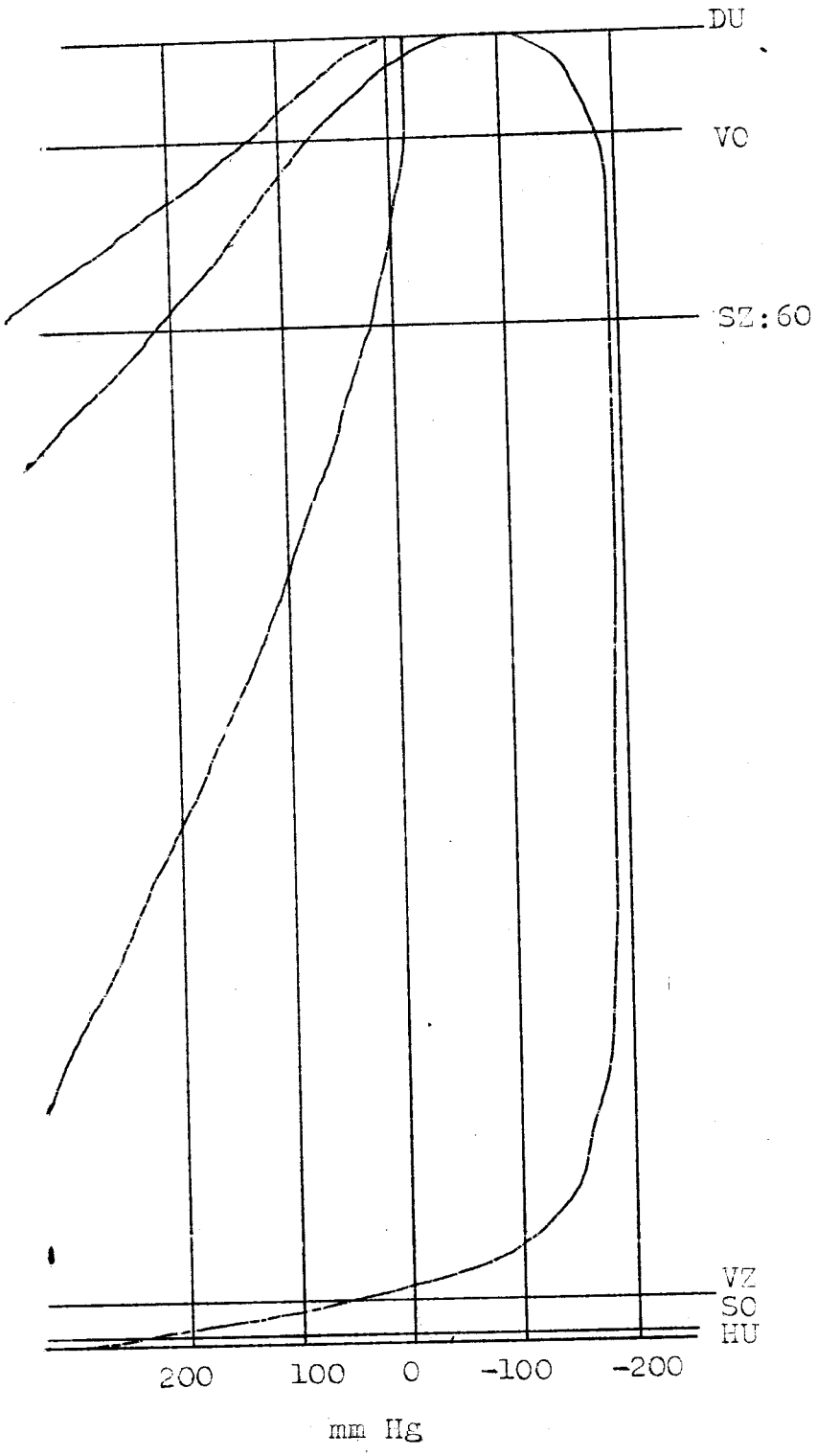
1600 ot/min 1:1430 mm



——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssa cím potrubí

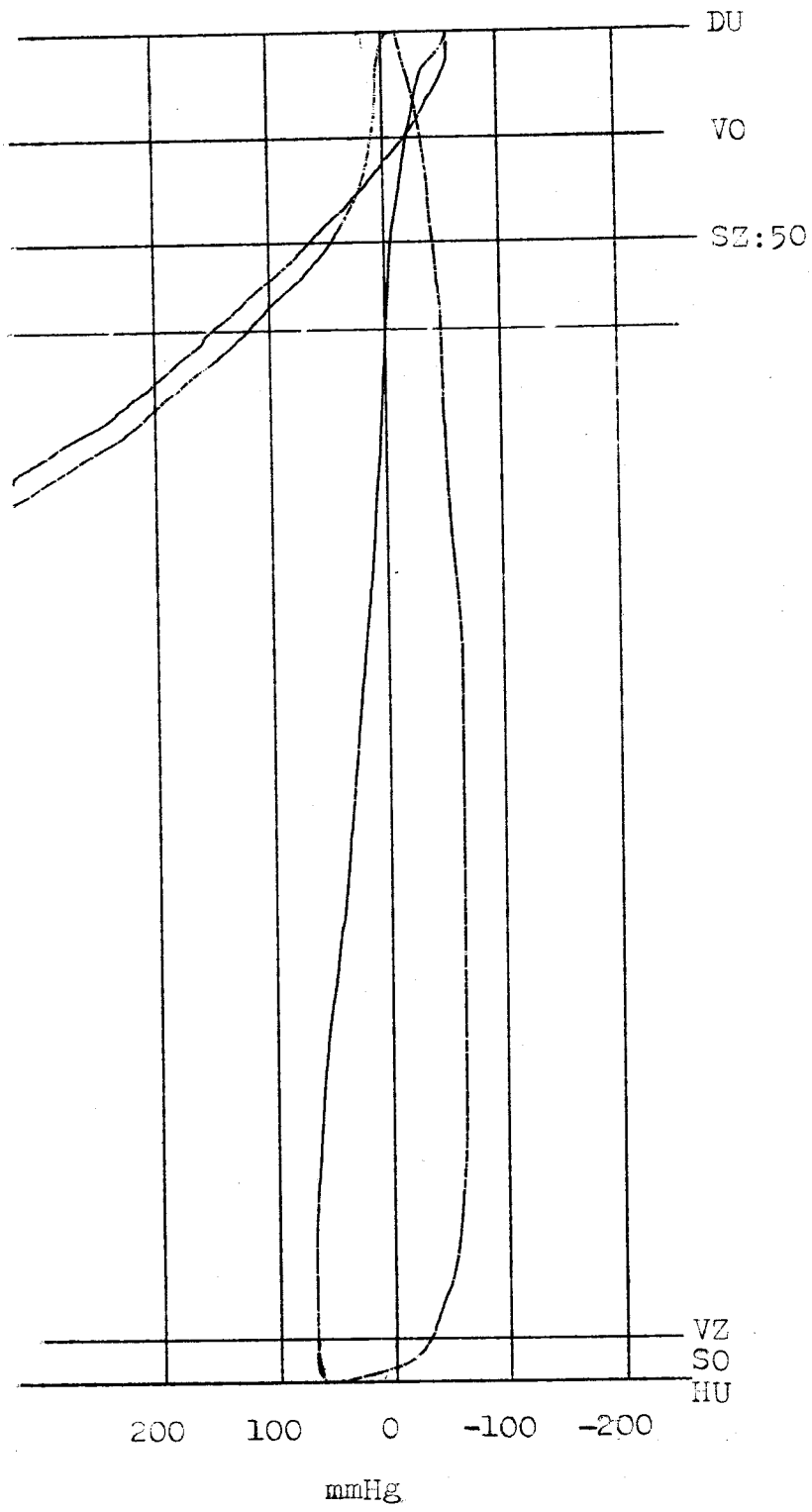
1800ot/min 1:1430mm



——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

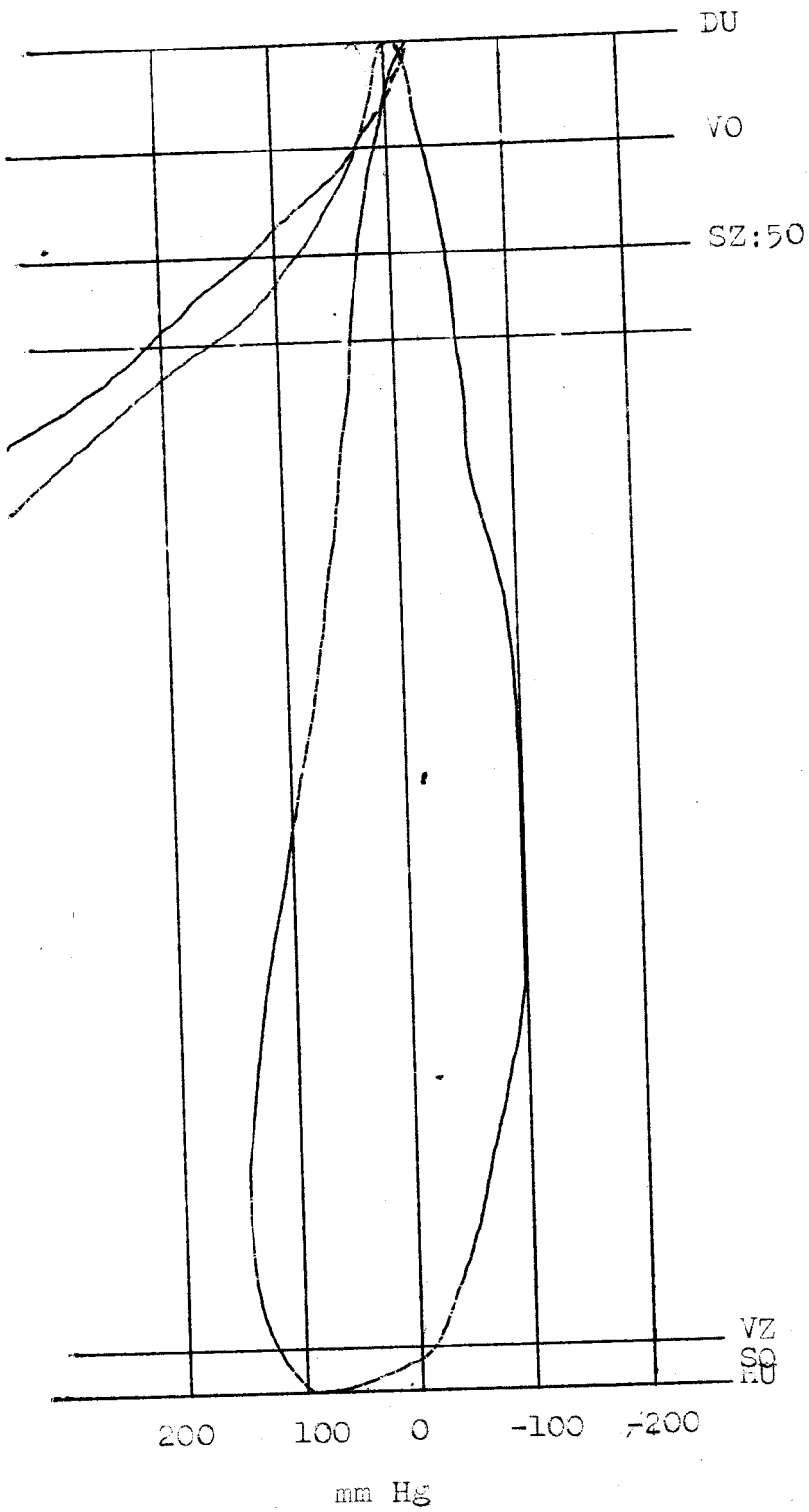
800ot/min 1:1430mm



——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

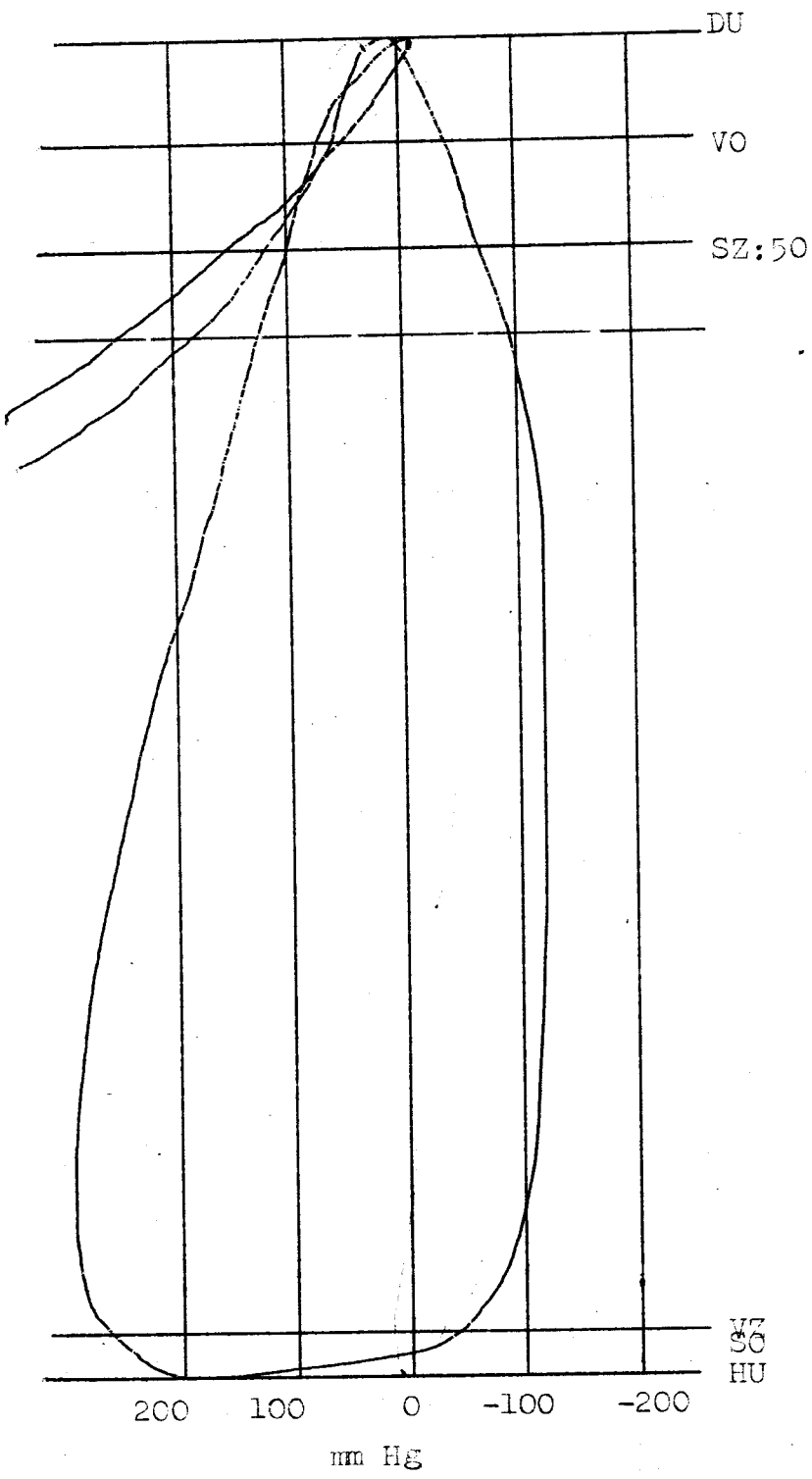
1000ot/min 1:1430 mm



——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

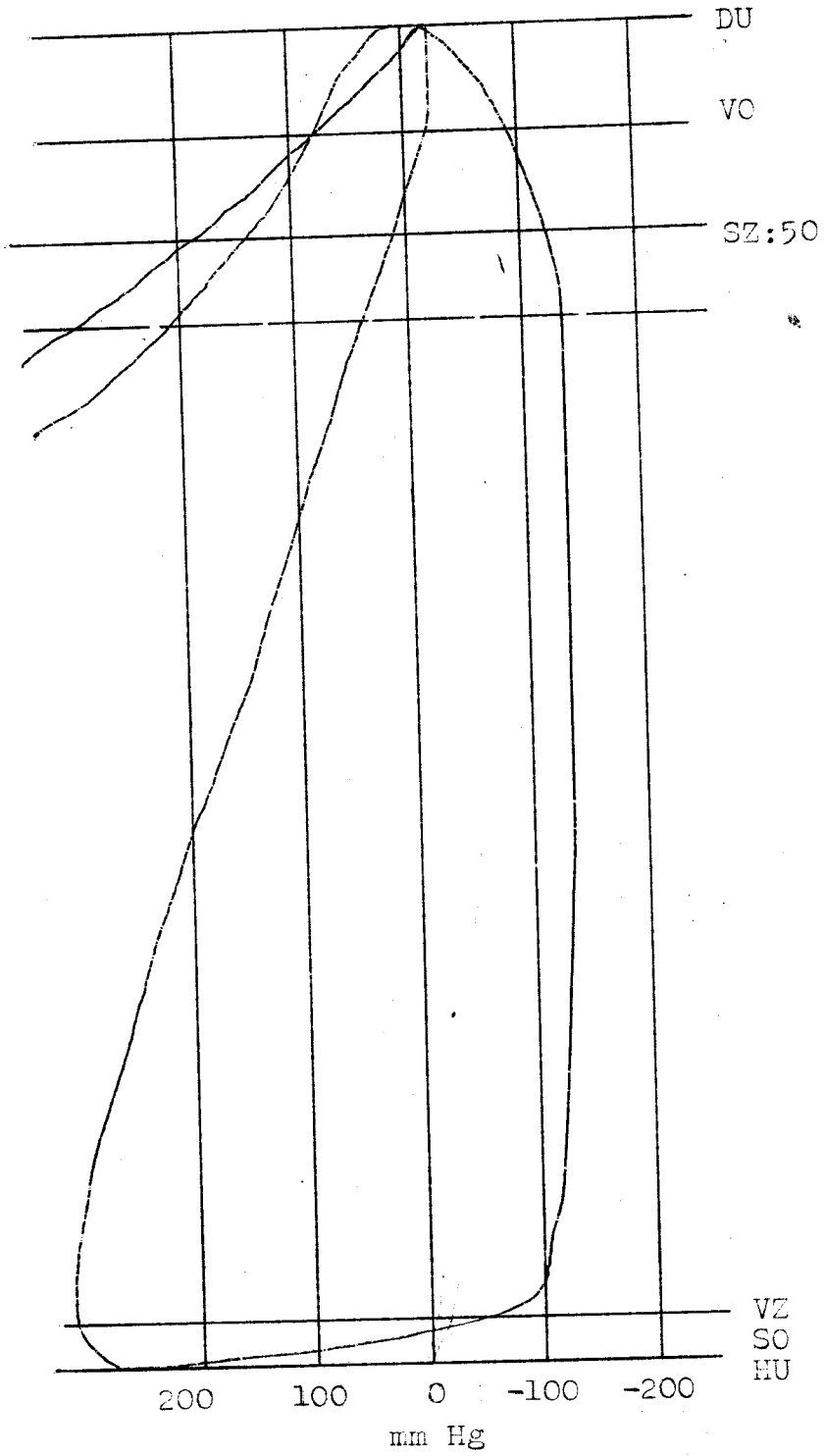
1200 ot/min 1:1430 mm



——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

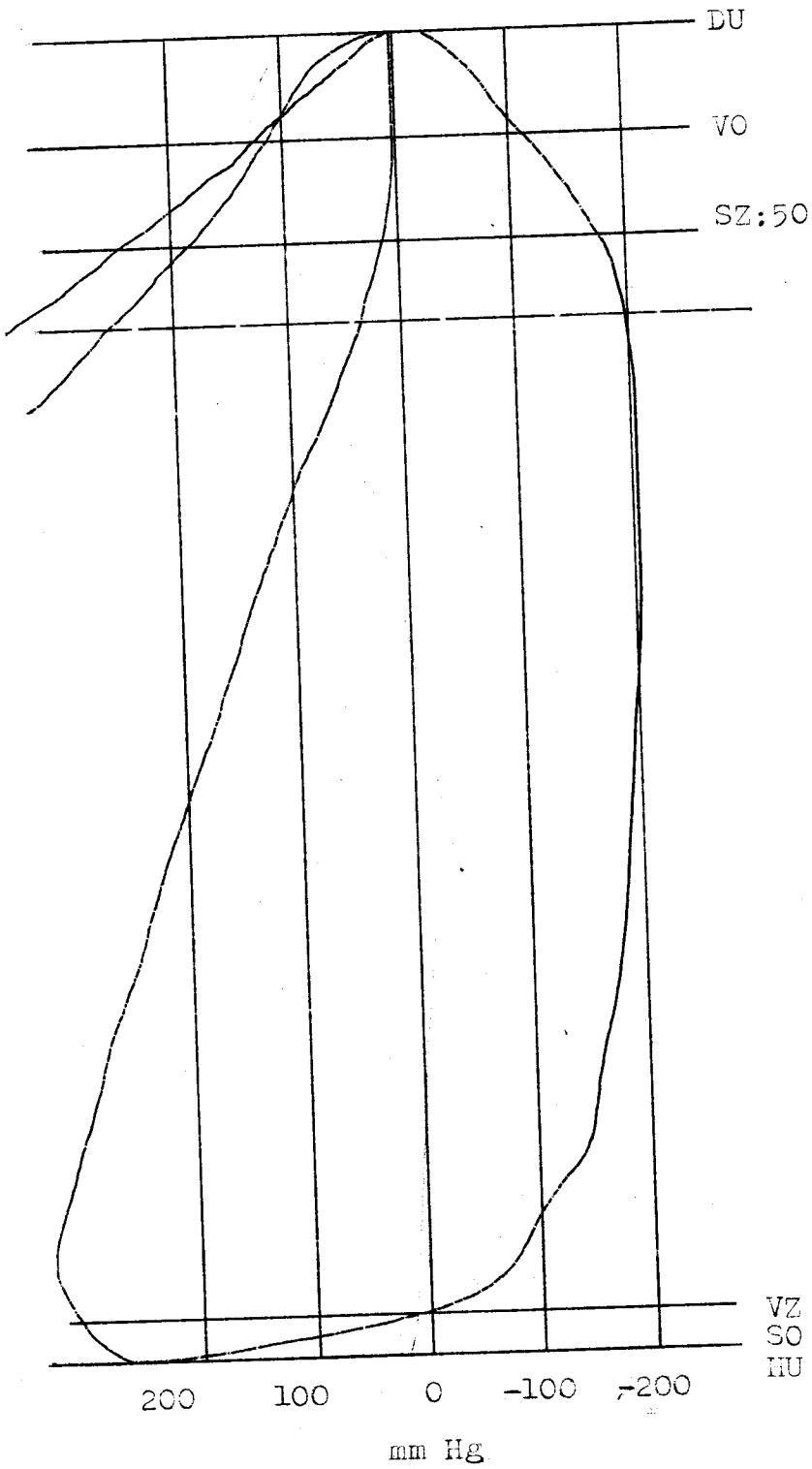
1400 ot/min 1:1430 mm



——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

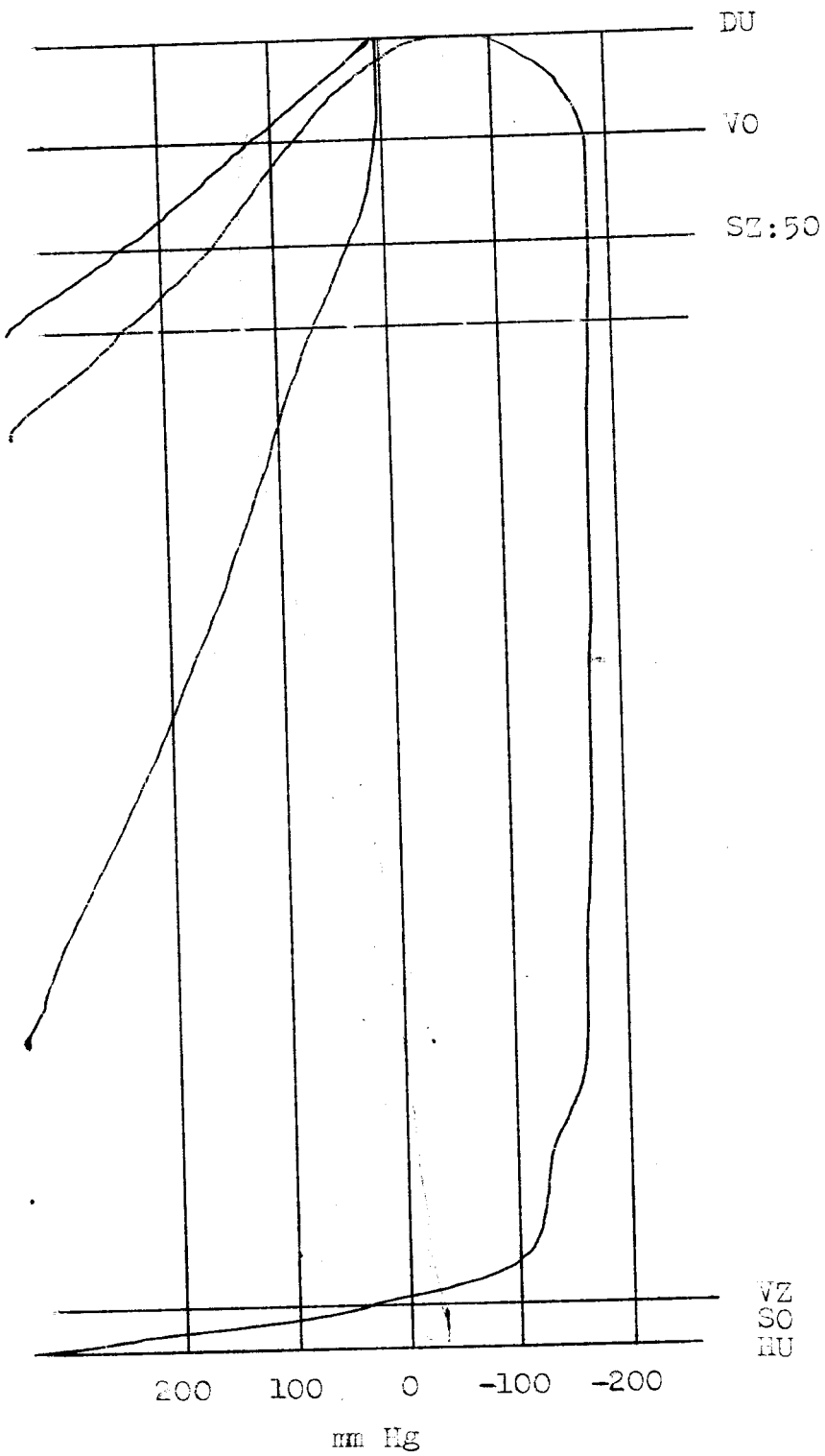
1600 ot/min 1:1430 mm



——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

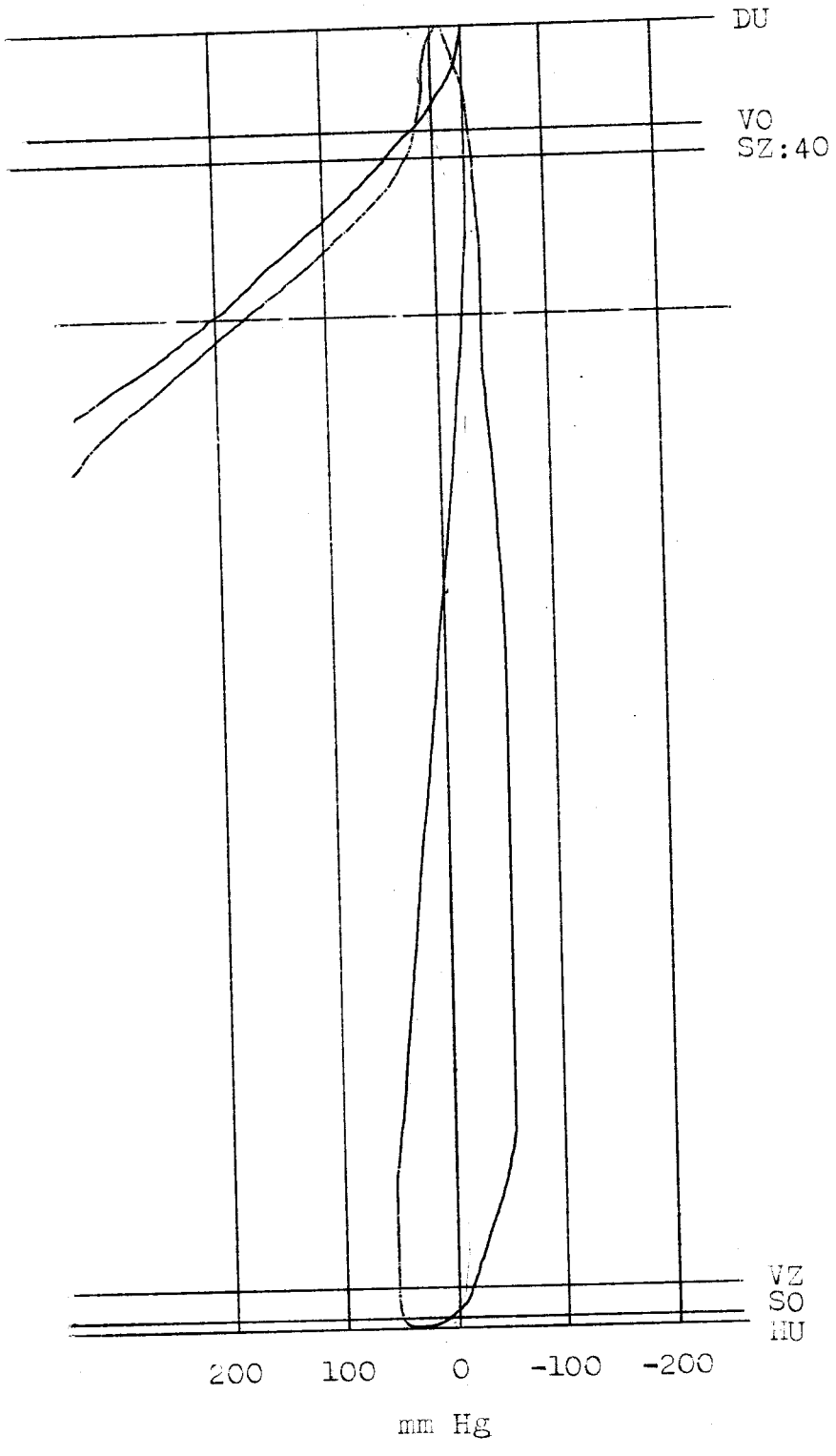
1800 ot/min 1:1430 mm



——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

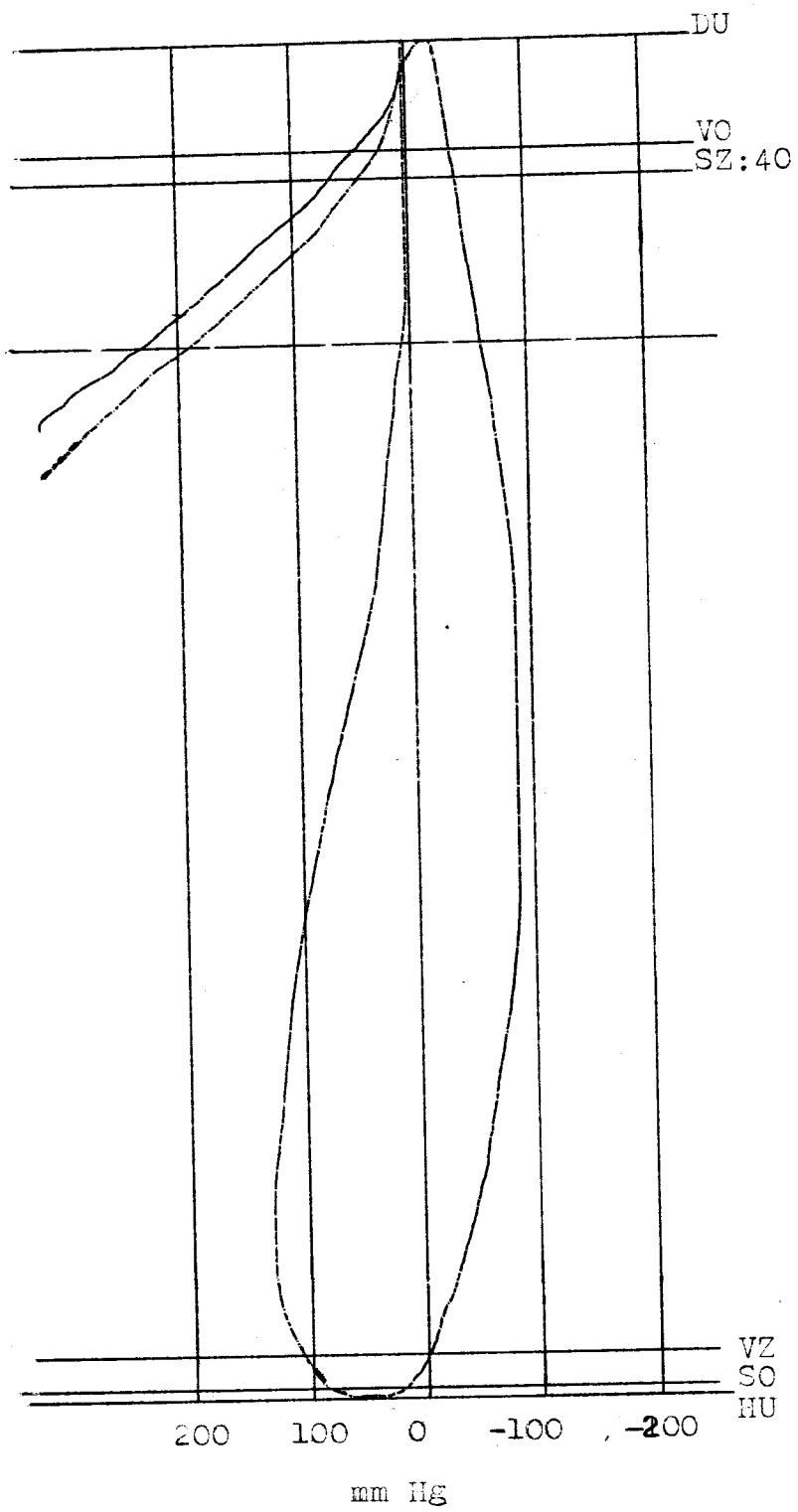
800 ot/min 1:1430 mm



——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

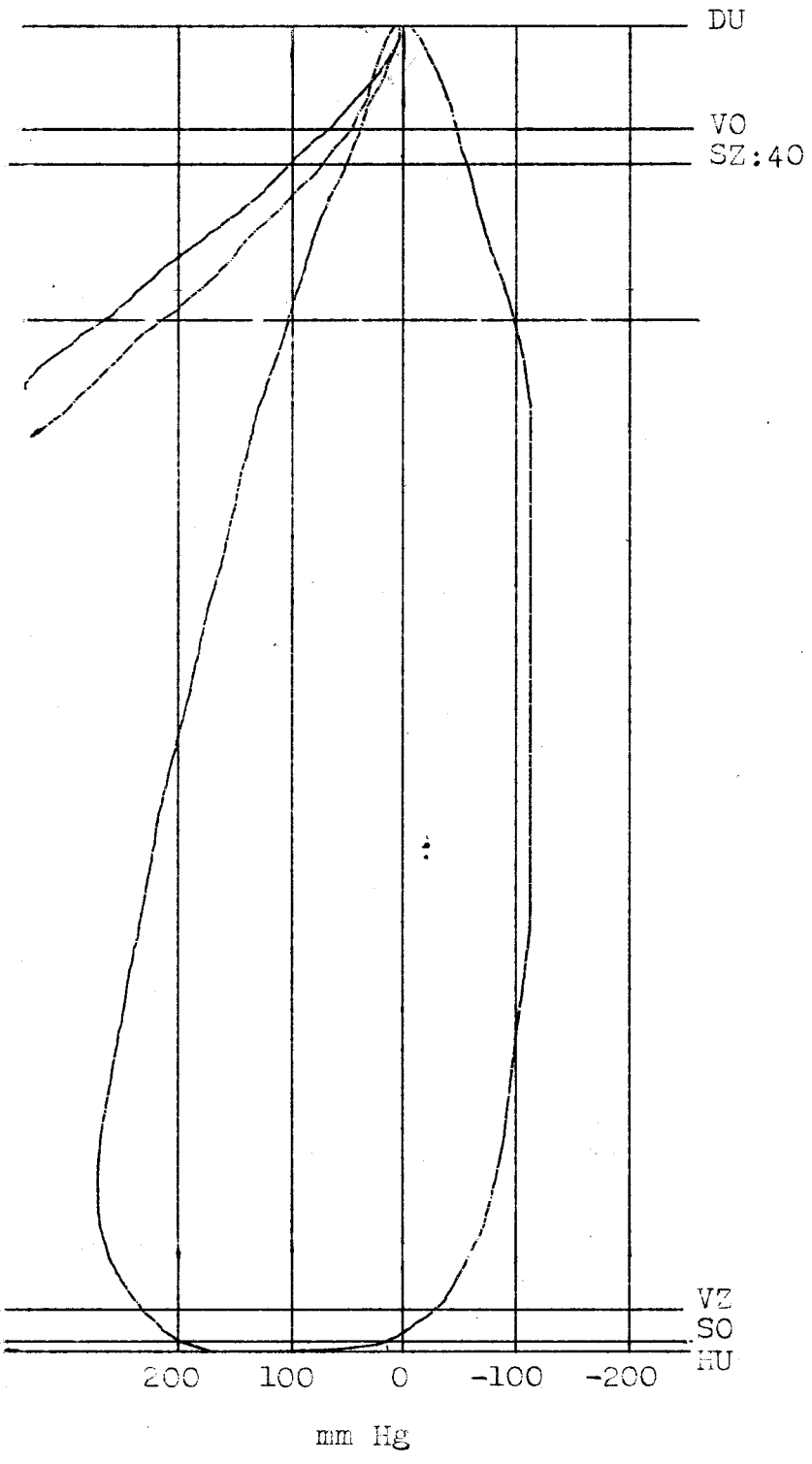
1000t/min 1:1430 mm



——— Průběh tlaku ve válci

·——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

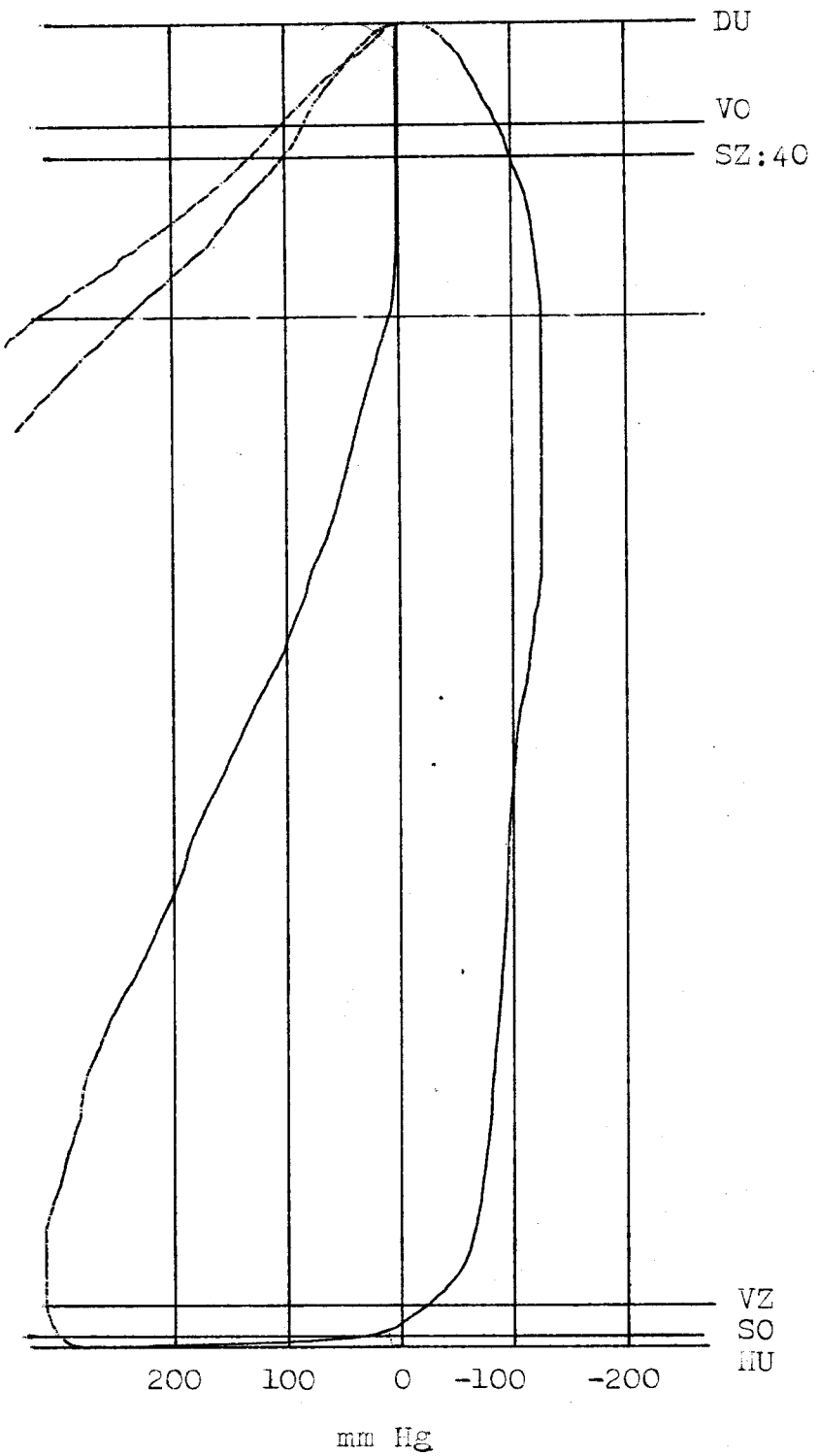
1200 ot/min 1:1430 mm.



——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

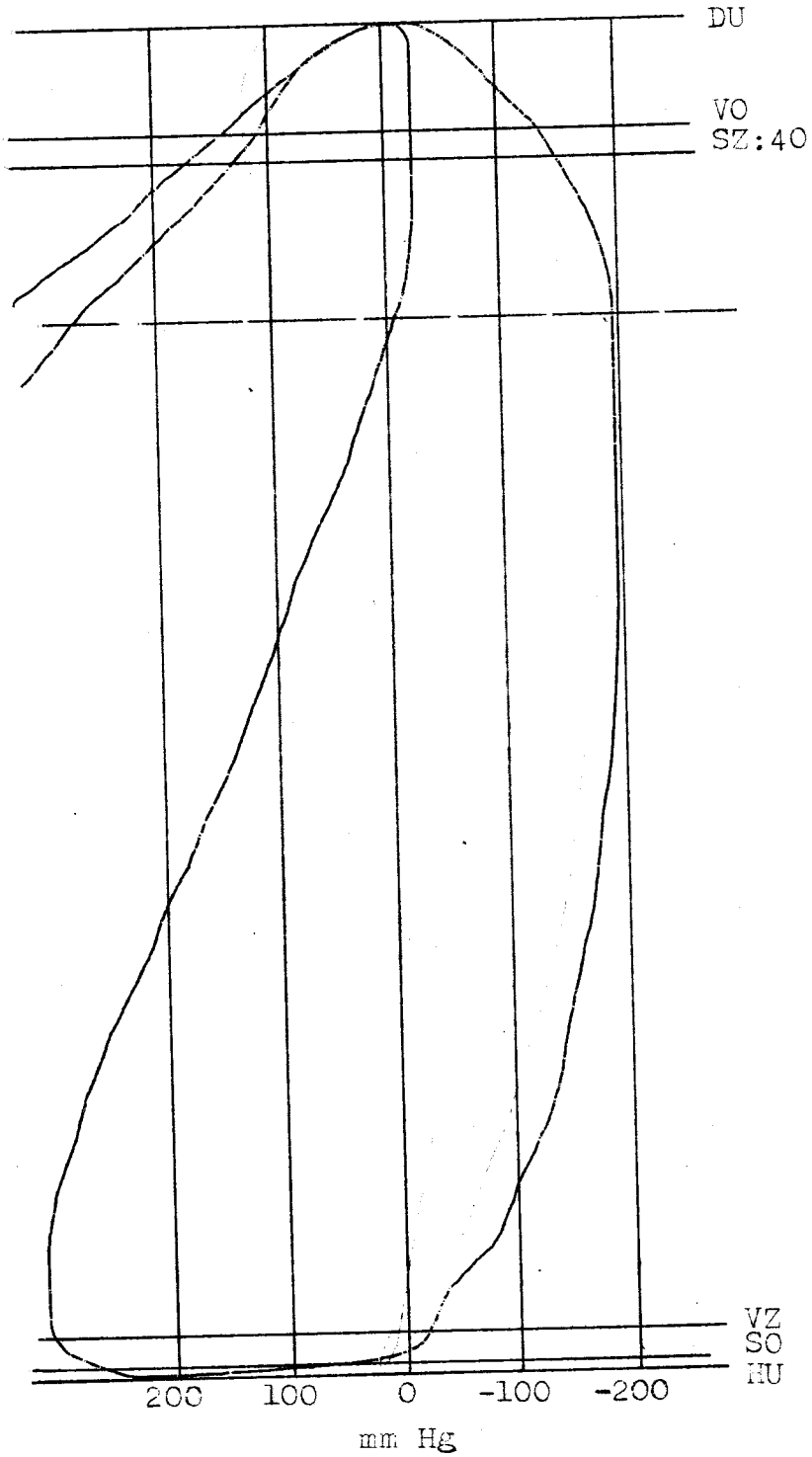
1400 ot/min 1:1430 mm



——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

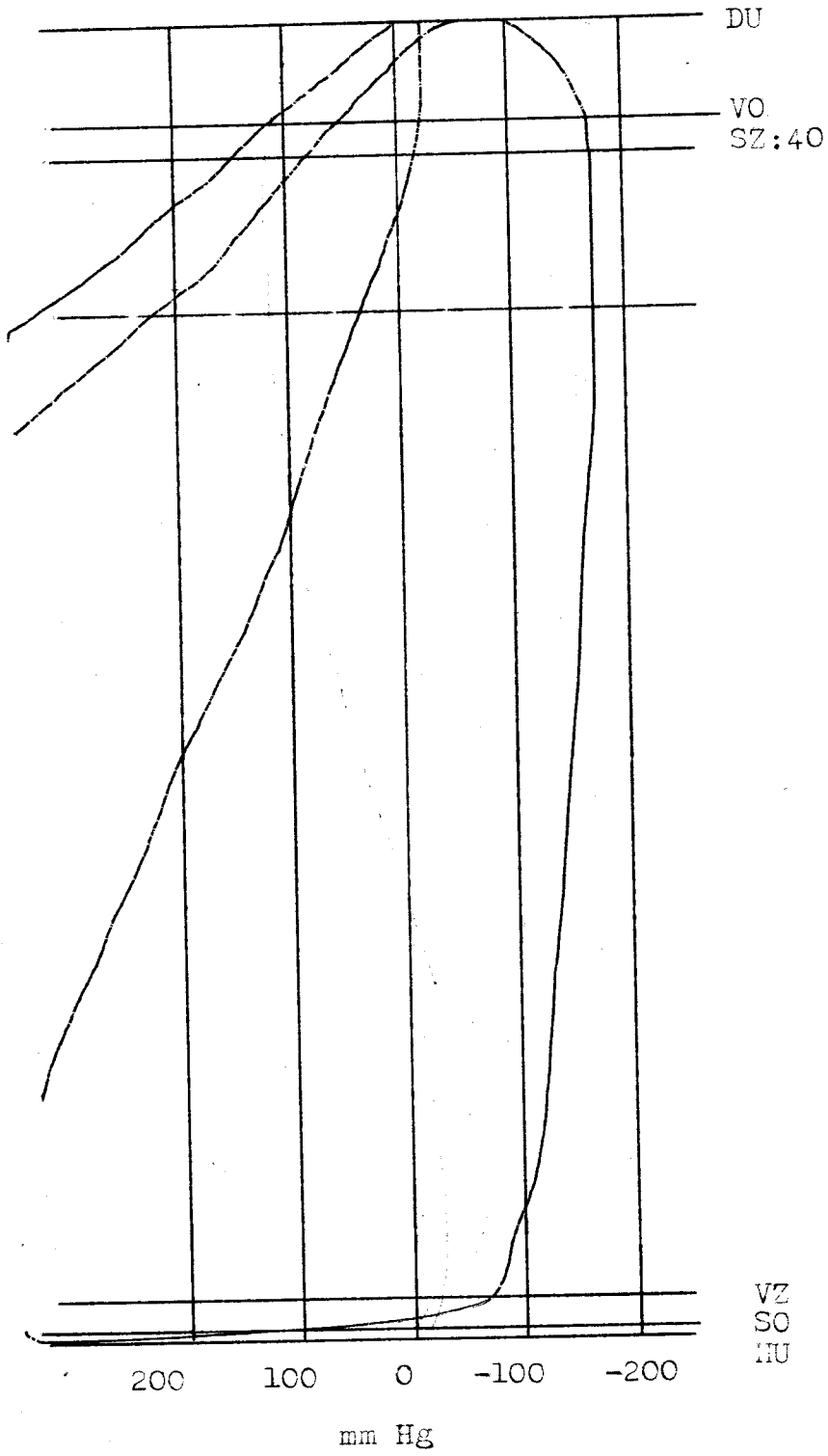
1600 ot/min 1:1430 mm



——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v sacím potrubí

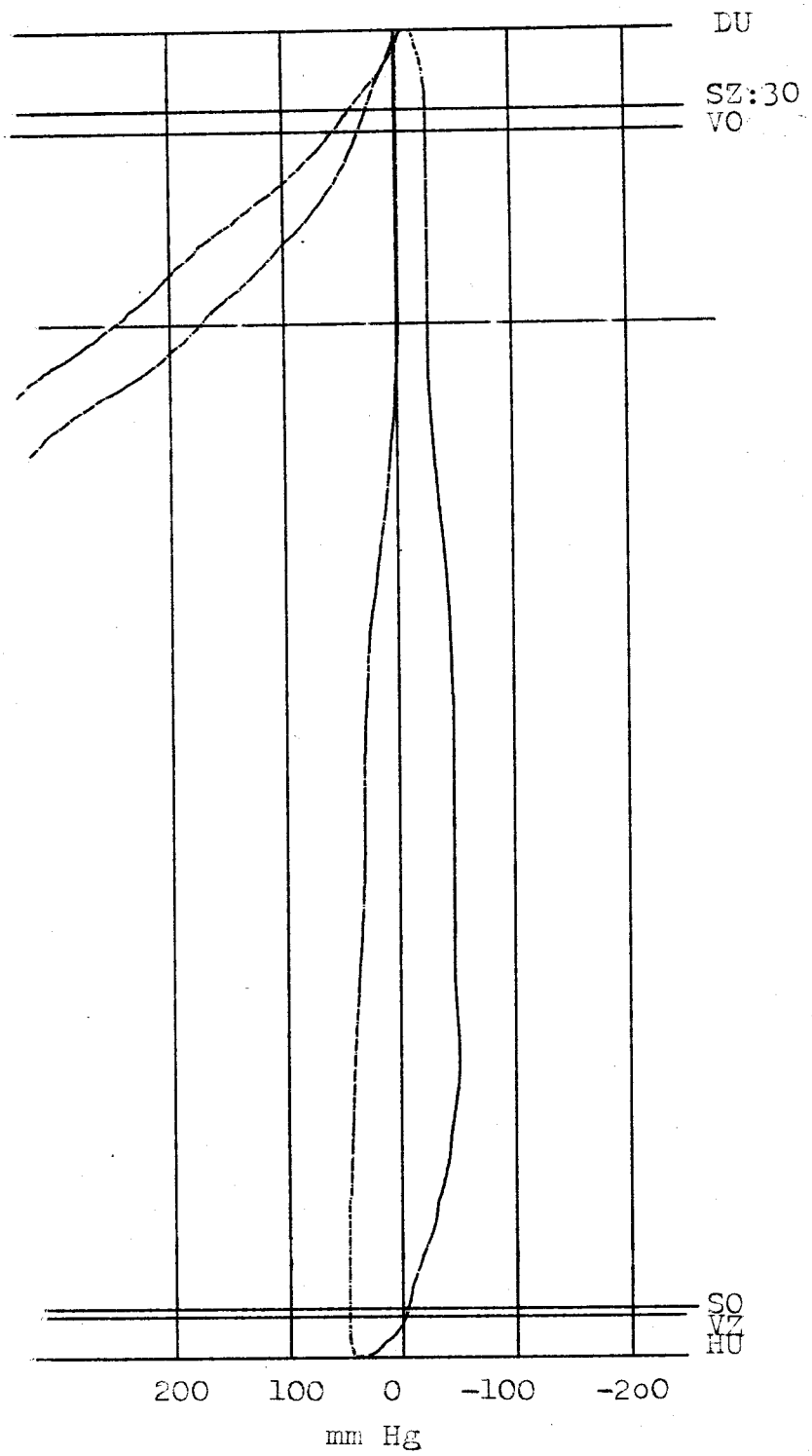
1800 ot/min 1:1430 mm



——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

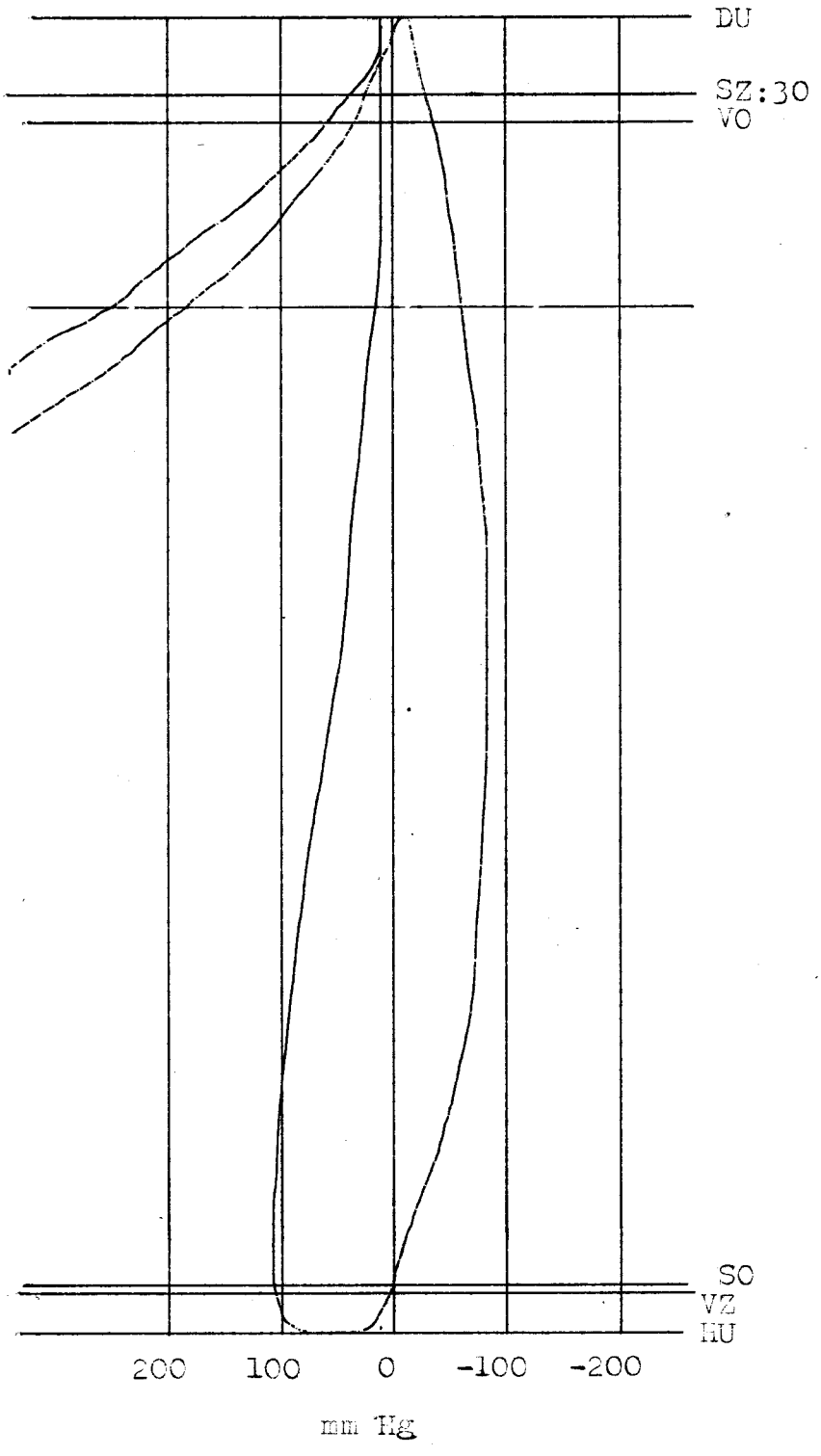
800 ot/min 1:1430 mm



——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

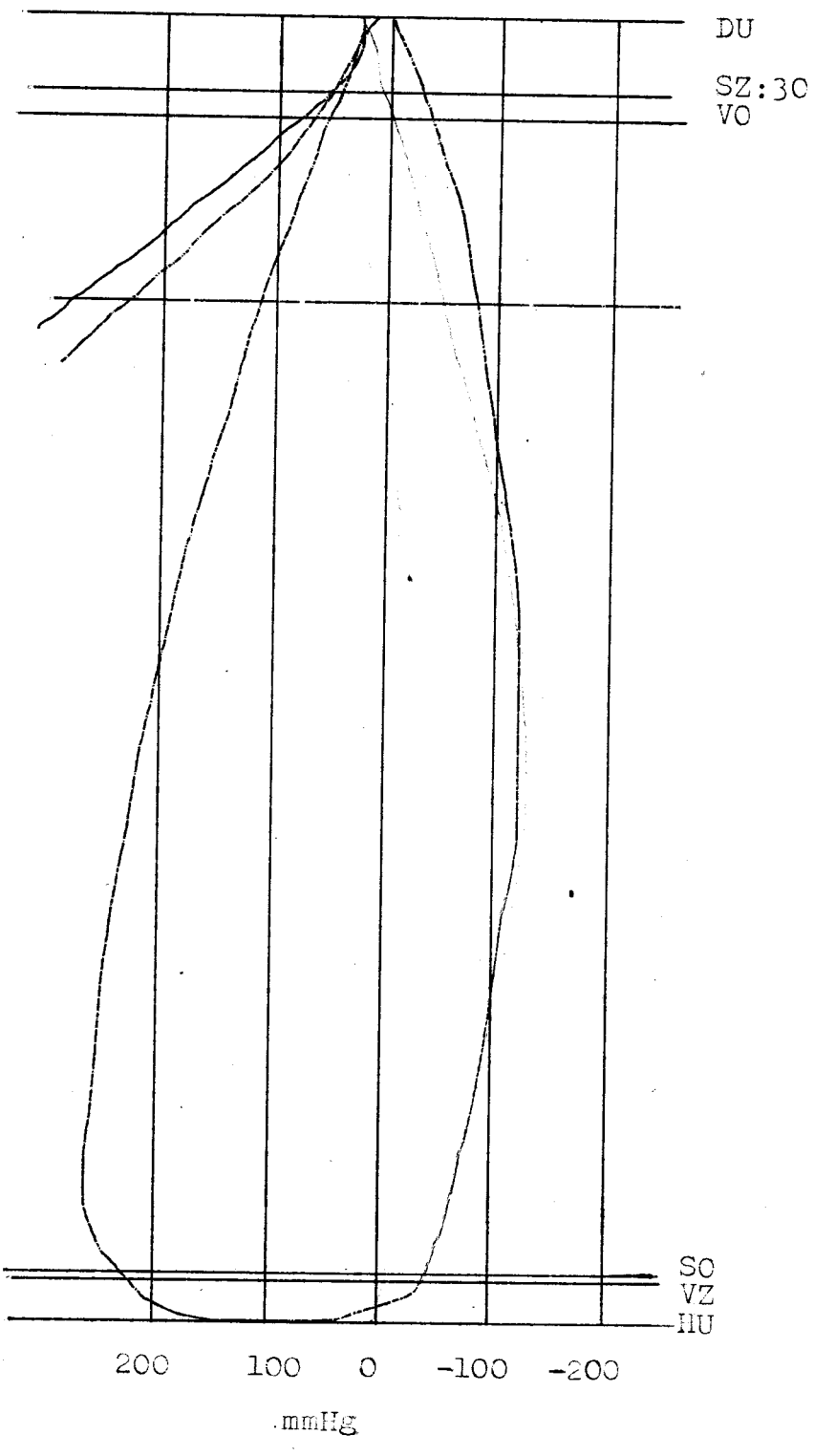
1000ot/min 1:1430 mm



——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

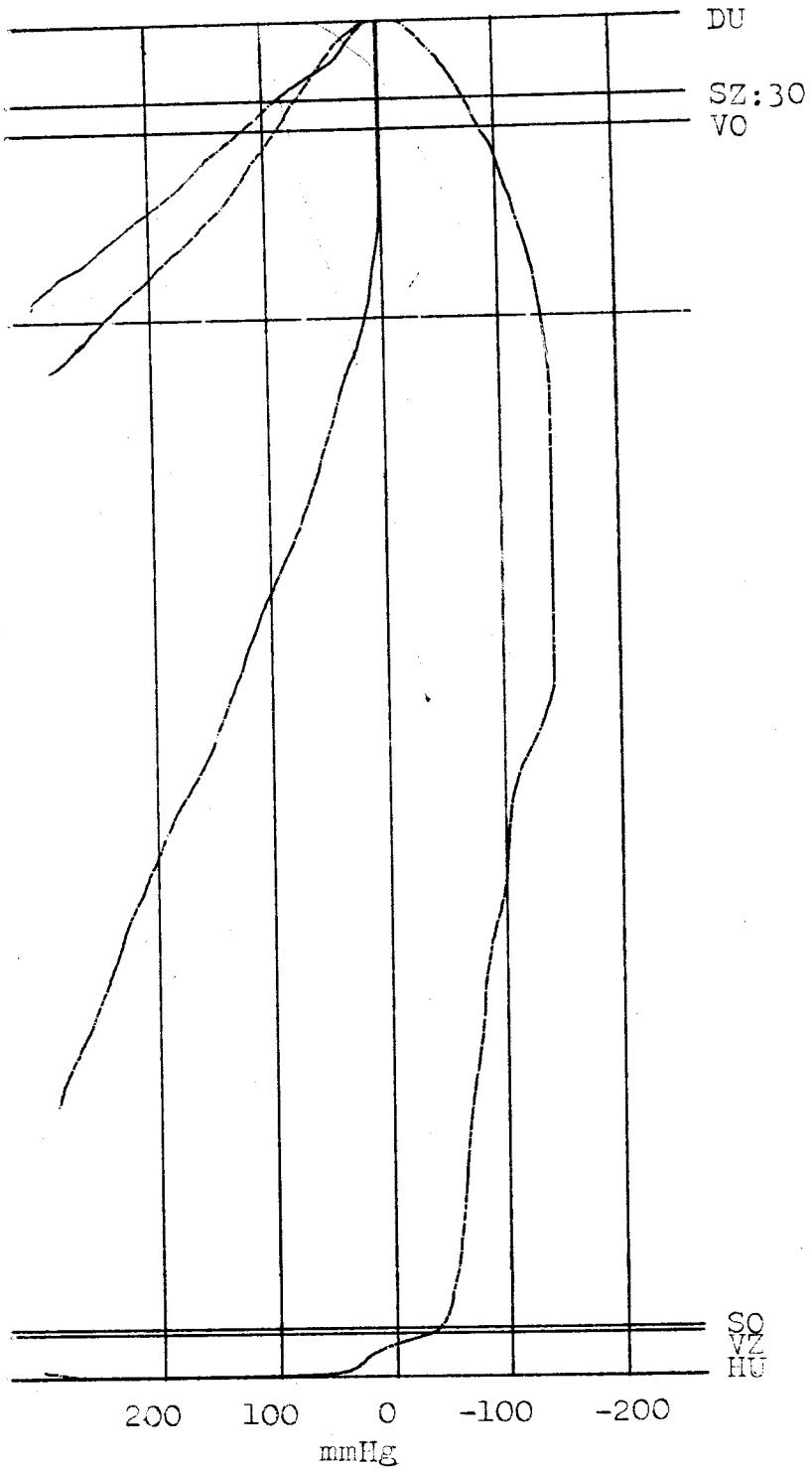
1200 ot/min 1:1430 mm



——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

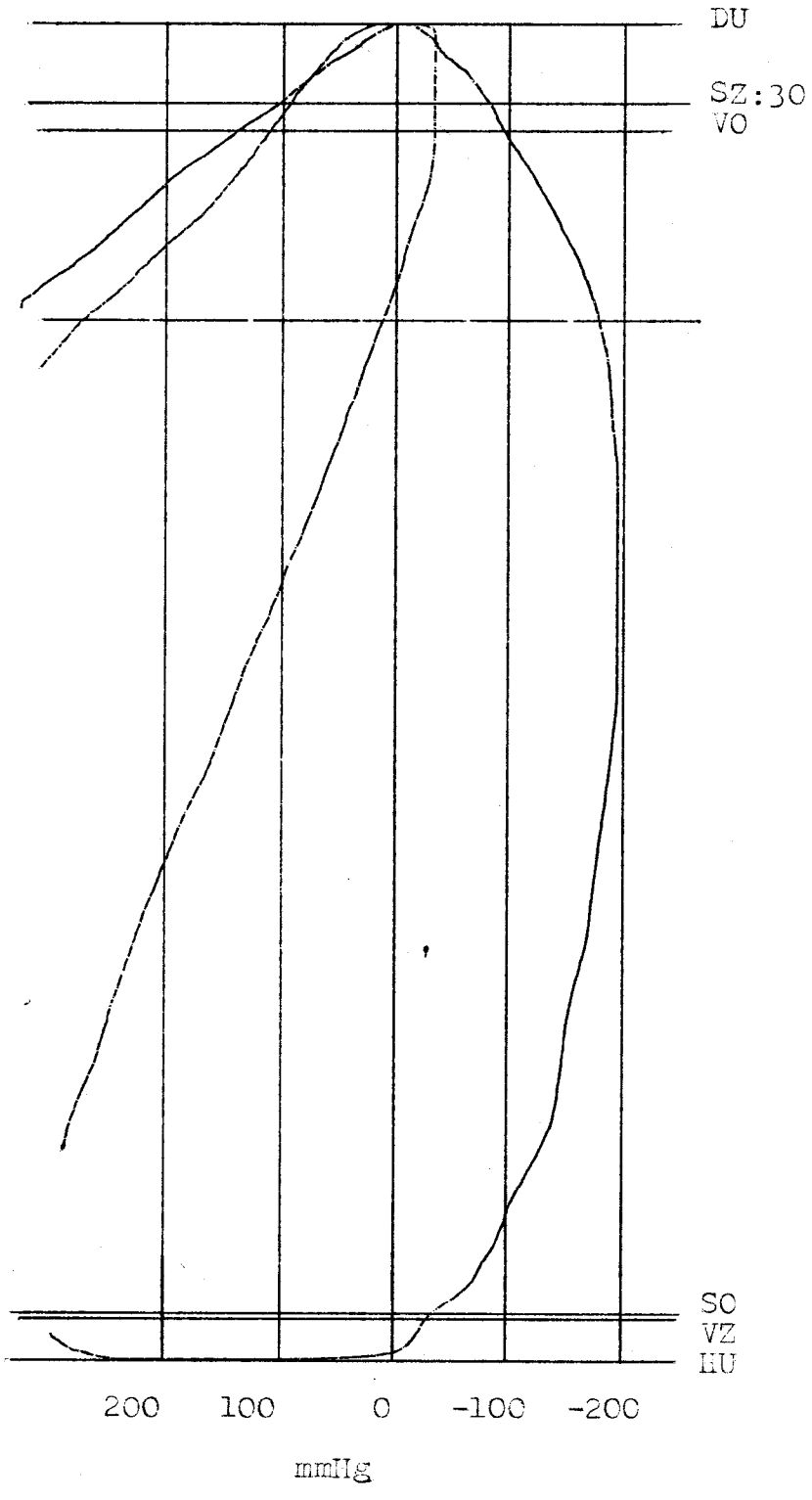
1400 ot/min 1:1430 mm



——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

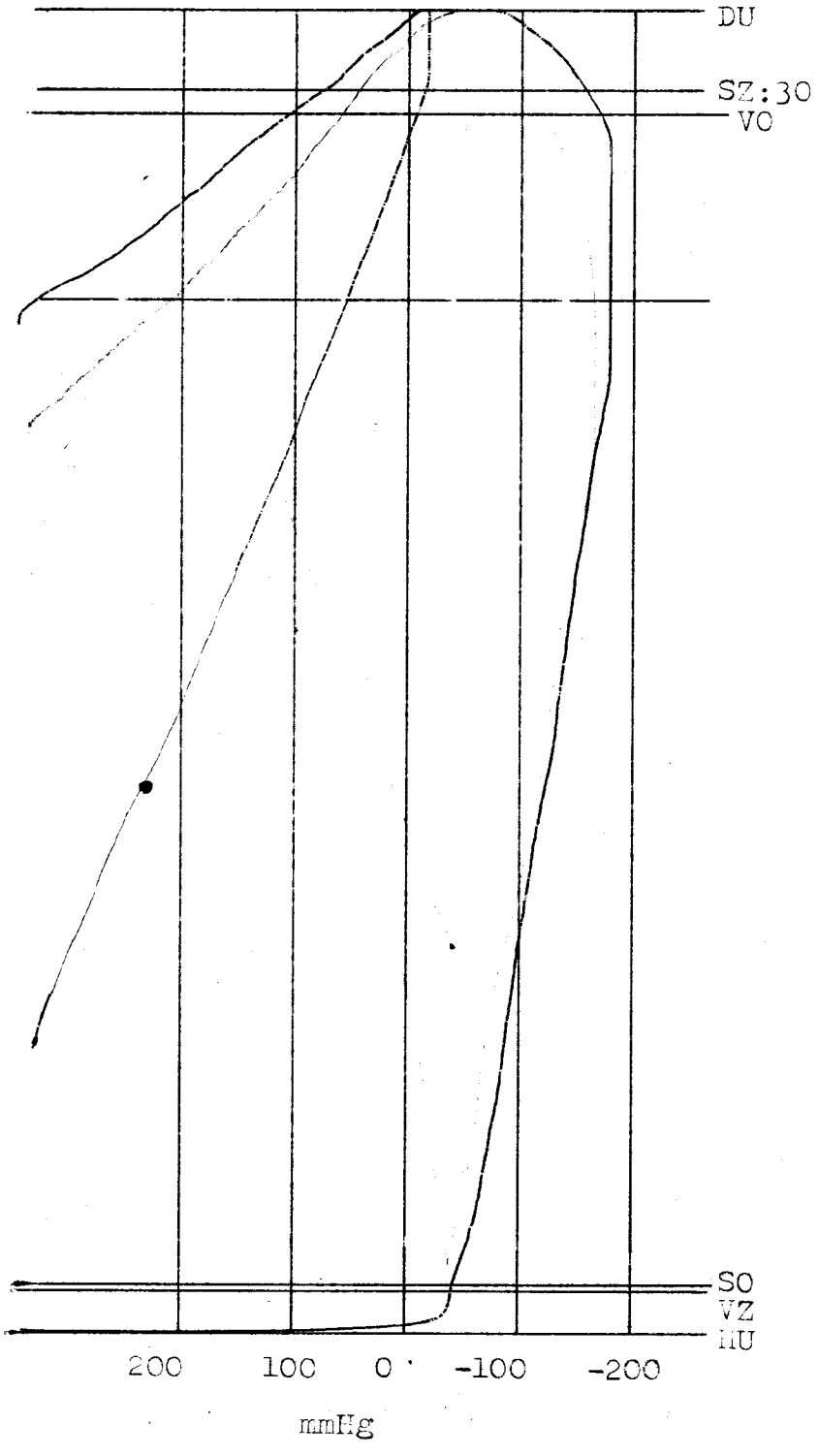
1600 ot/min 1:1430 mm



——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

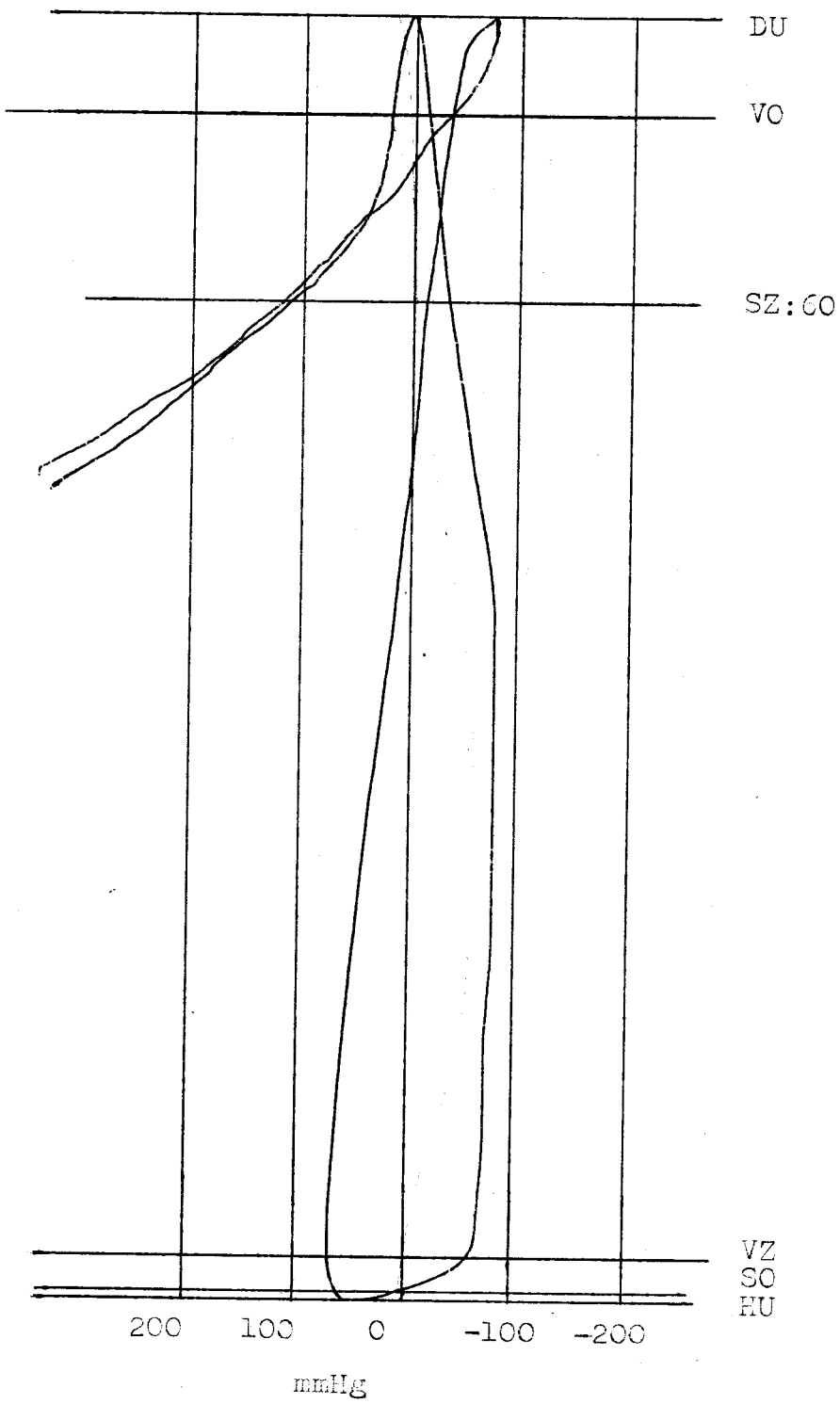
1800 ot/min 1:1430 mm



——— Průběh tlaku ve válci

– – – – Průběh tlaku v ssacím potrubí

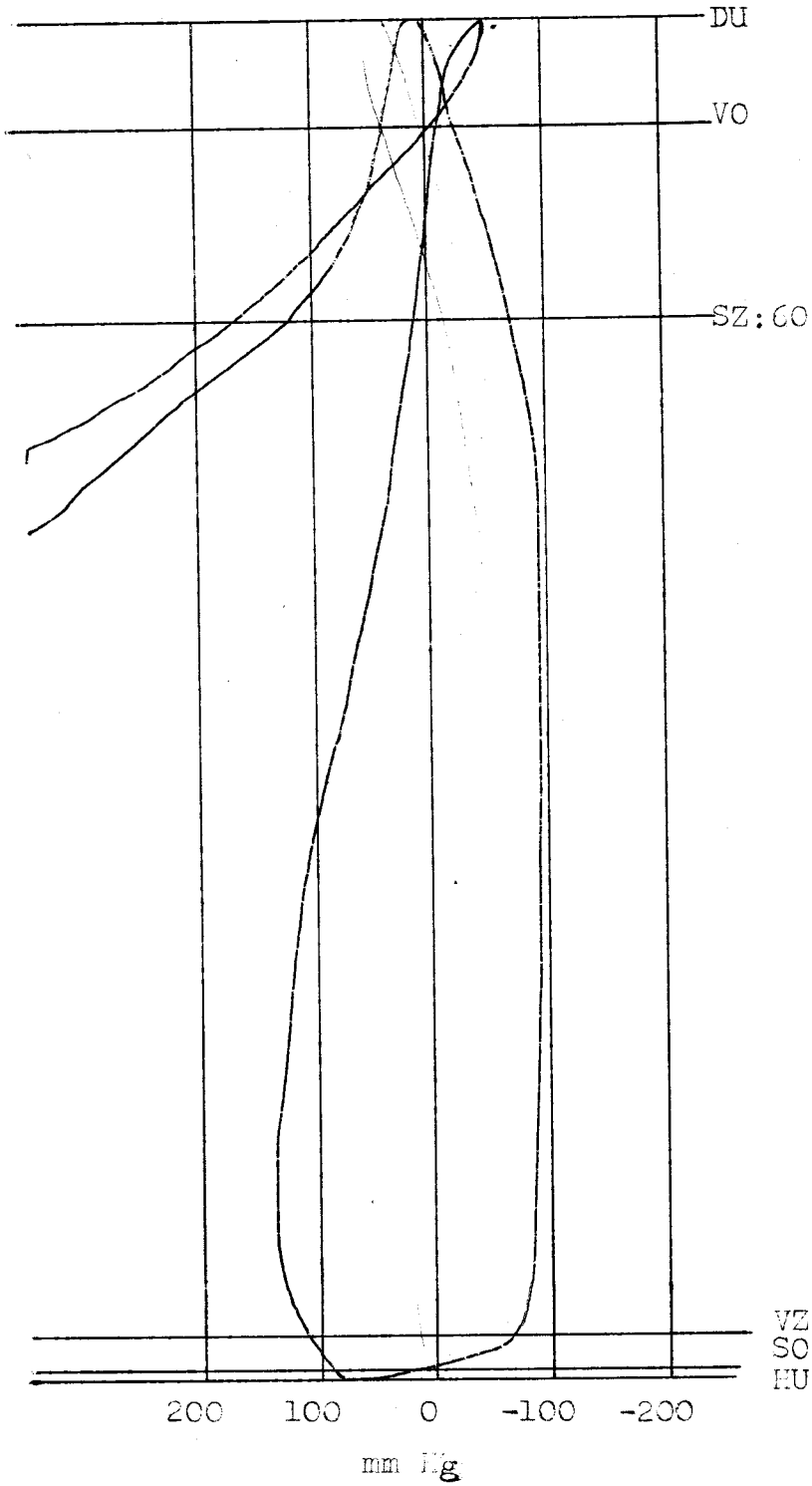
800 ot/min 1:1580 mm



——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

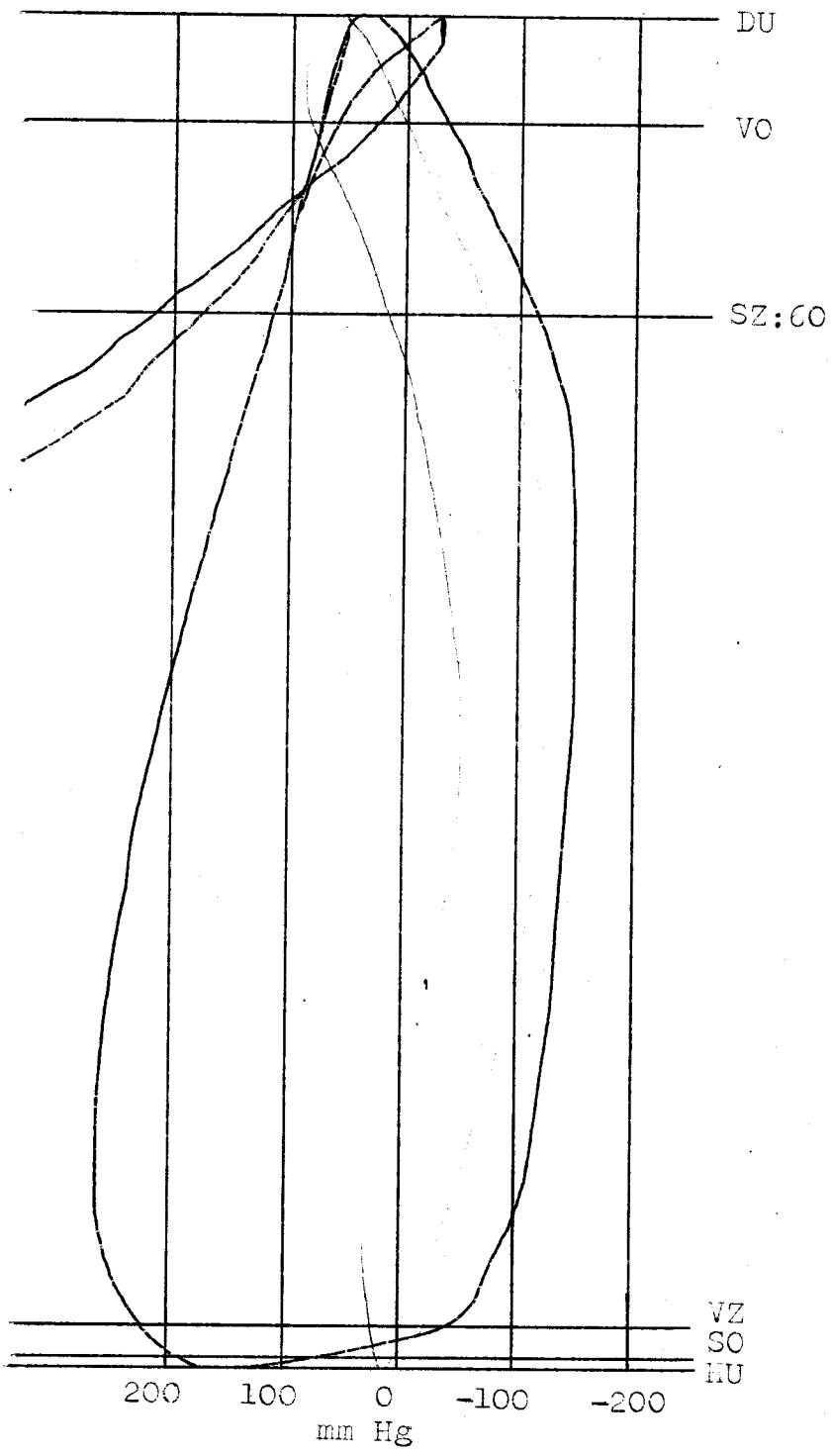
1000 ot/min 1:1580 mm



——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

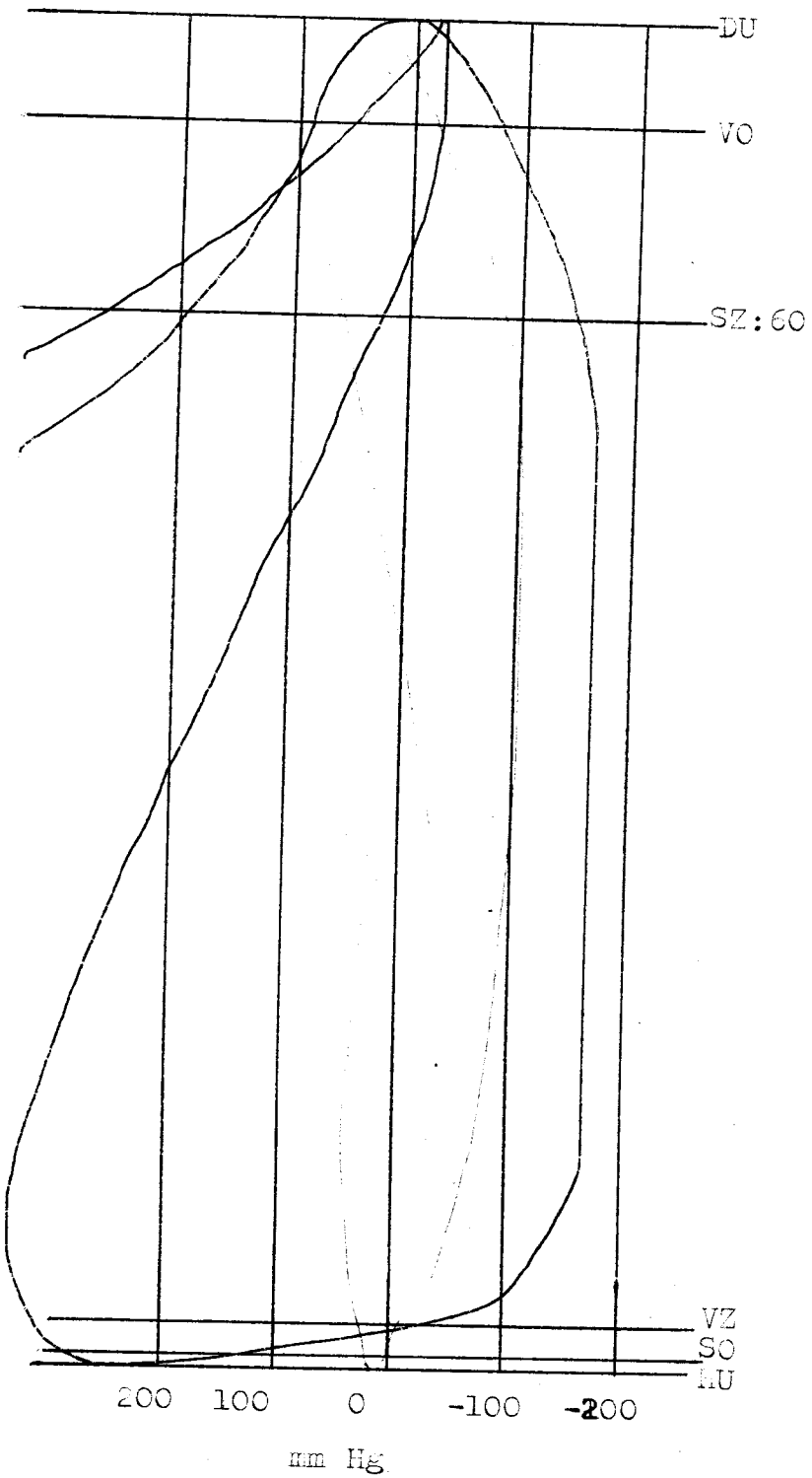
1200 ot/min 1:1580 mm



——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

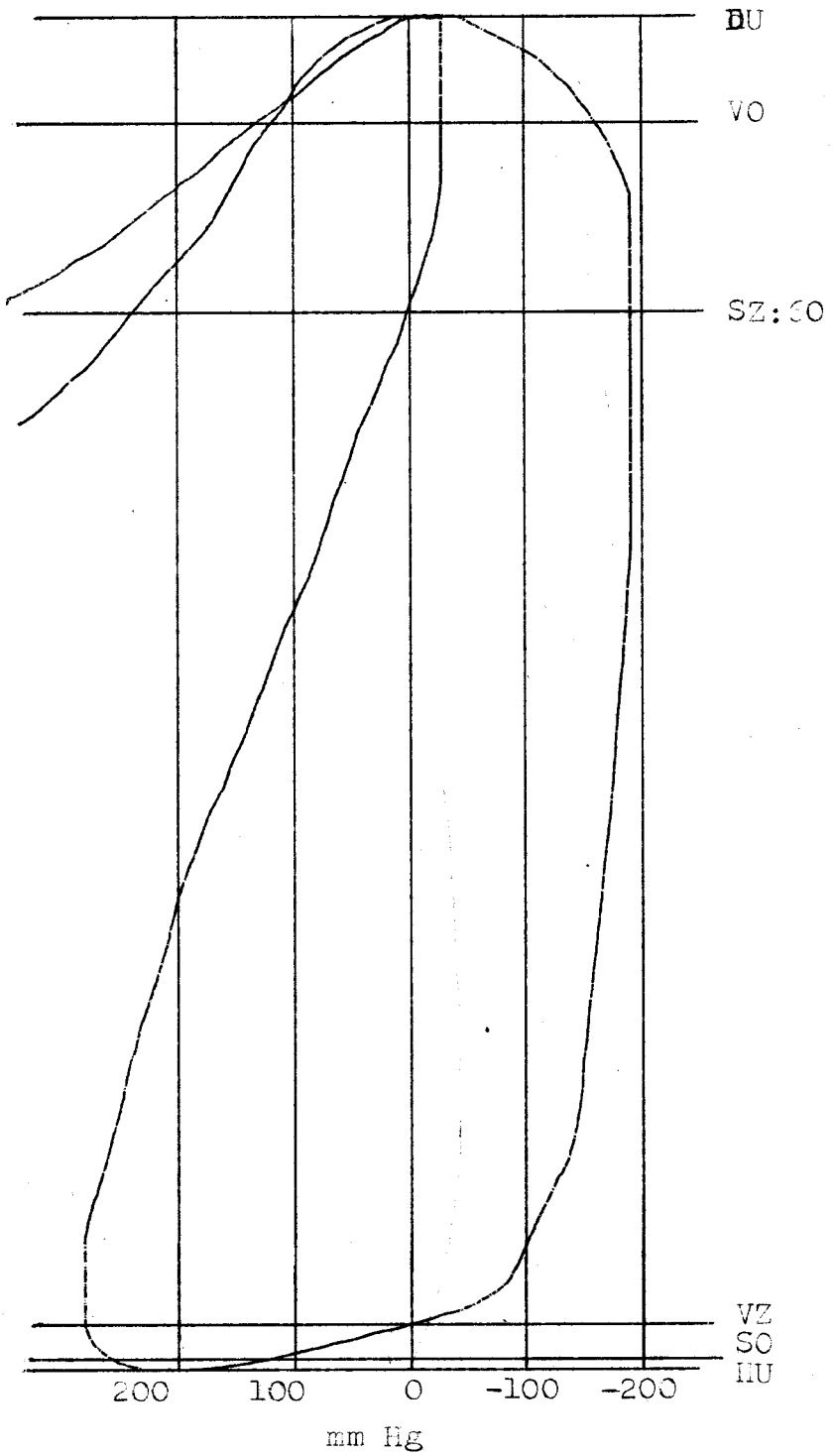
1400 ot/min 1:1,5 800mm



——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

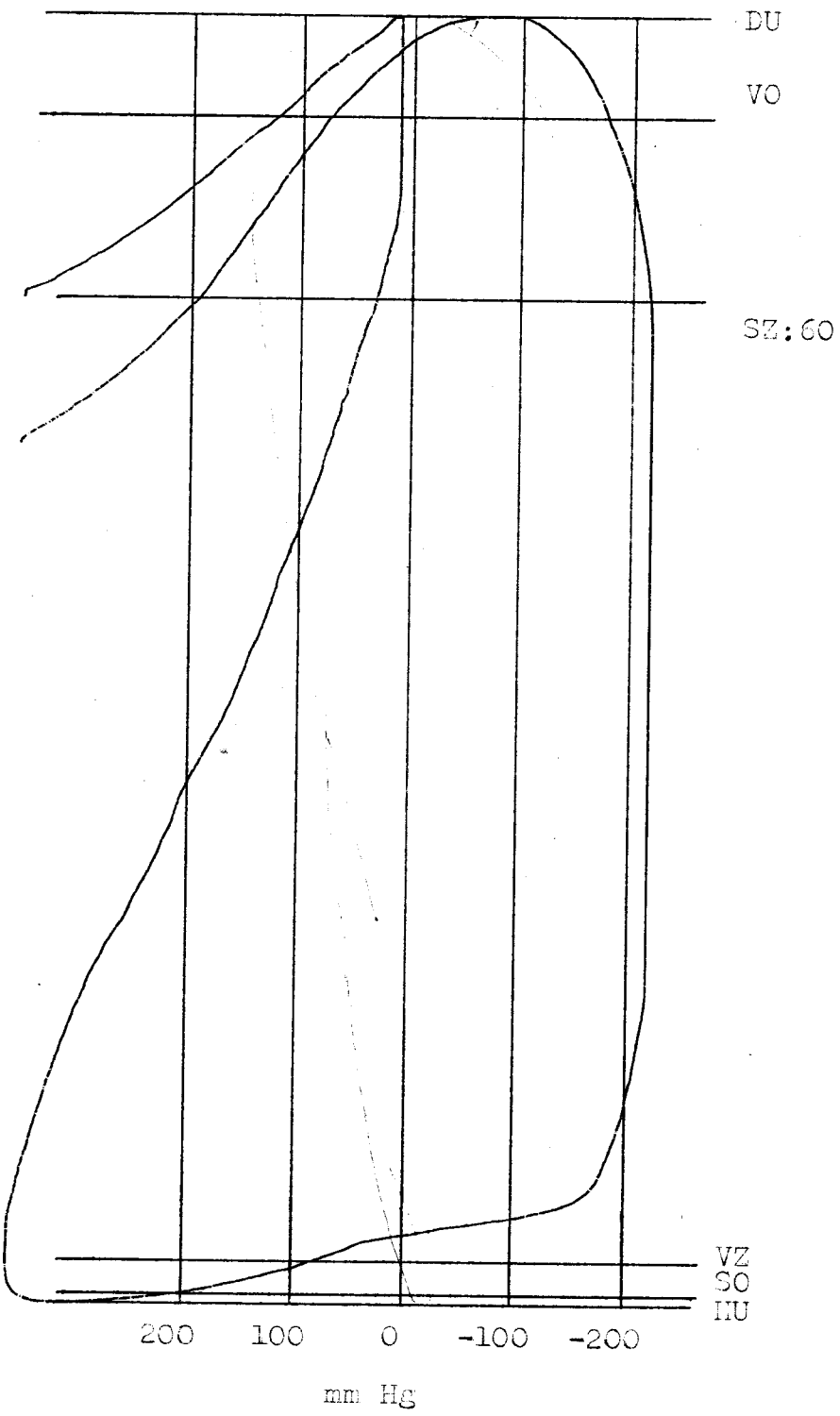
1600 ot/min 1:1580 mm



——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

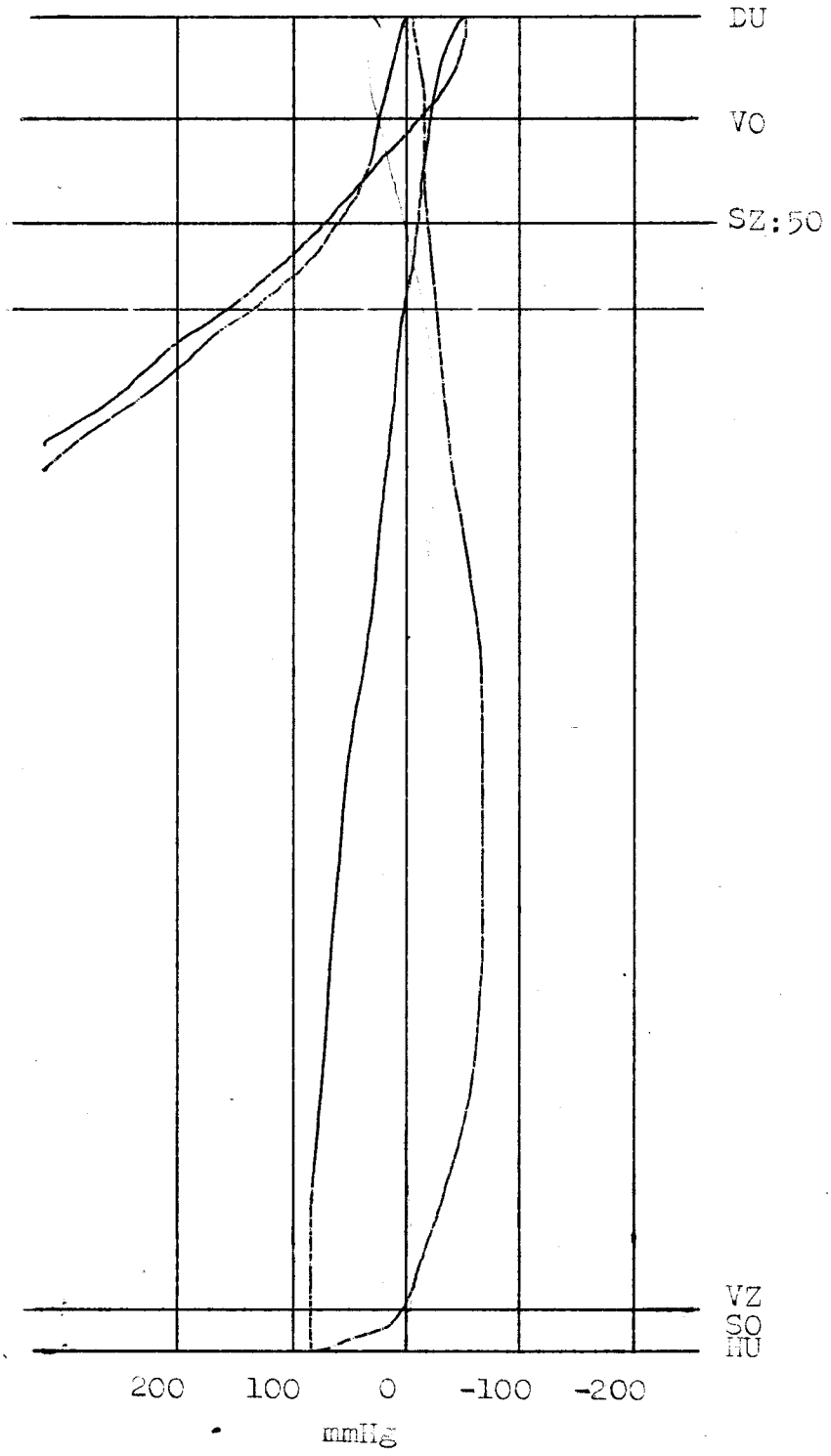
1800 ot/min 1:1580 mm



——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

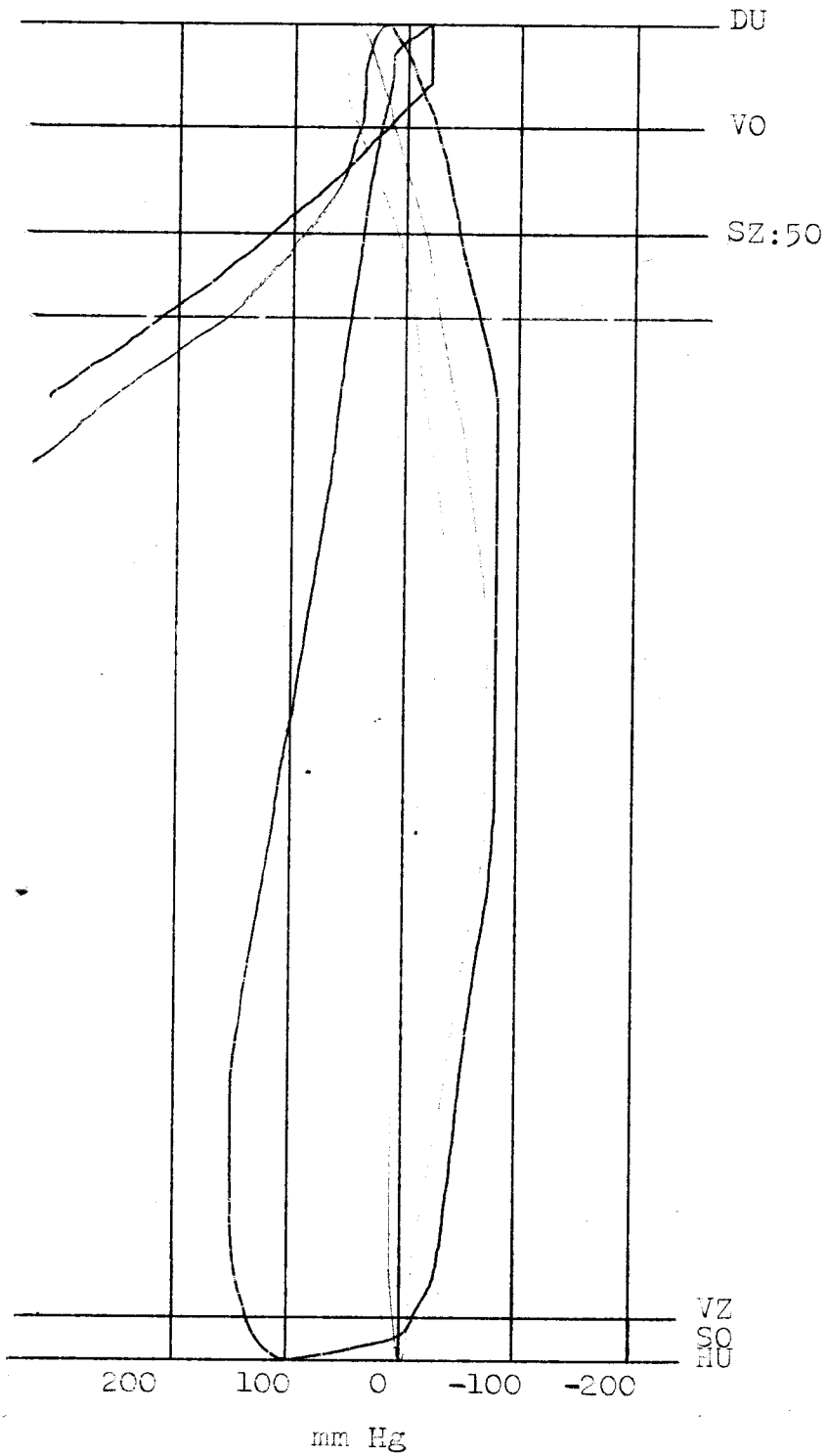
800 ot/min 1:1580 mm



——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

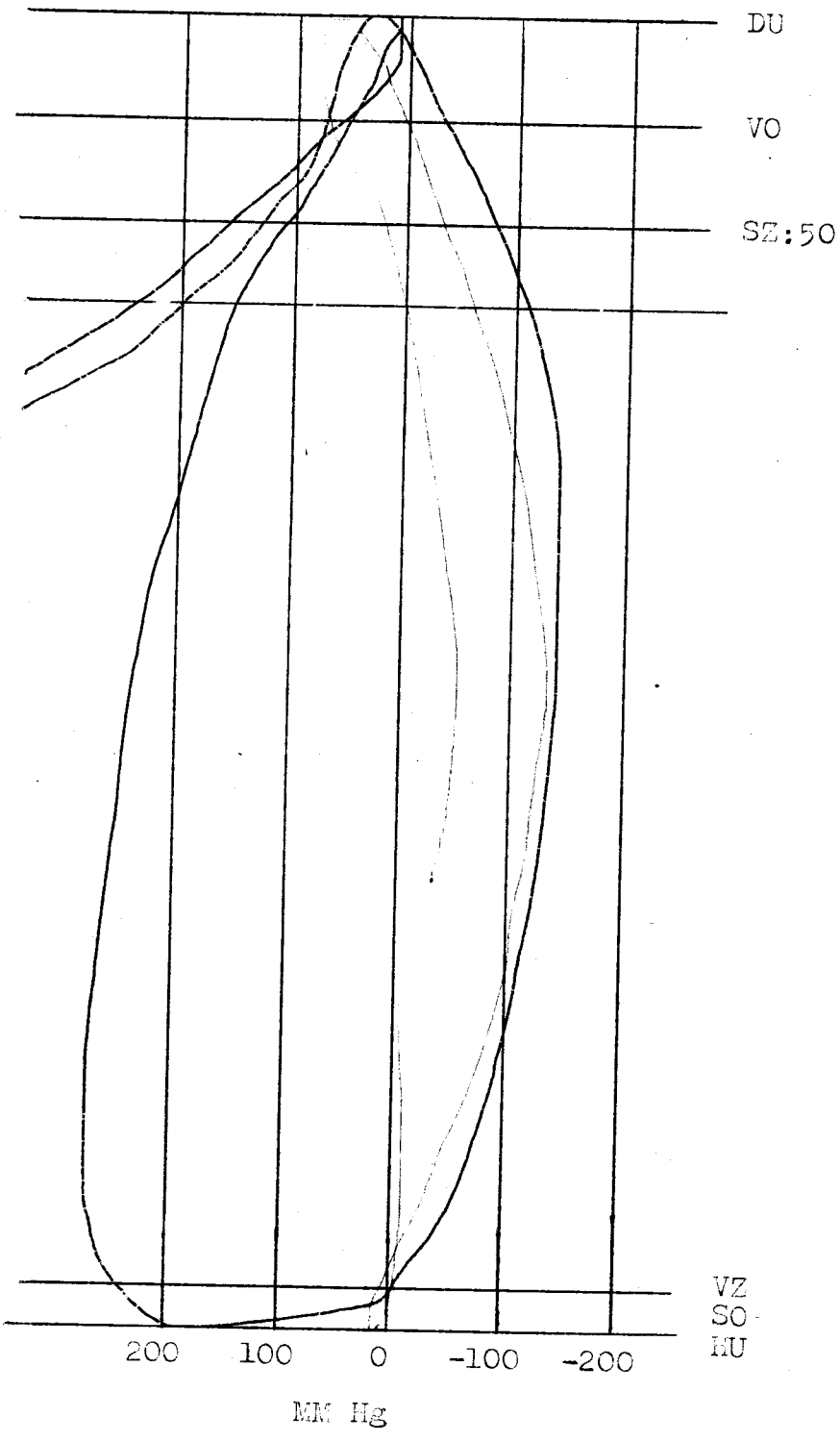
1000 ot./min 1:1580 mm



——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

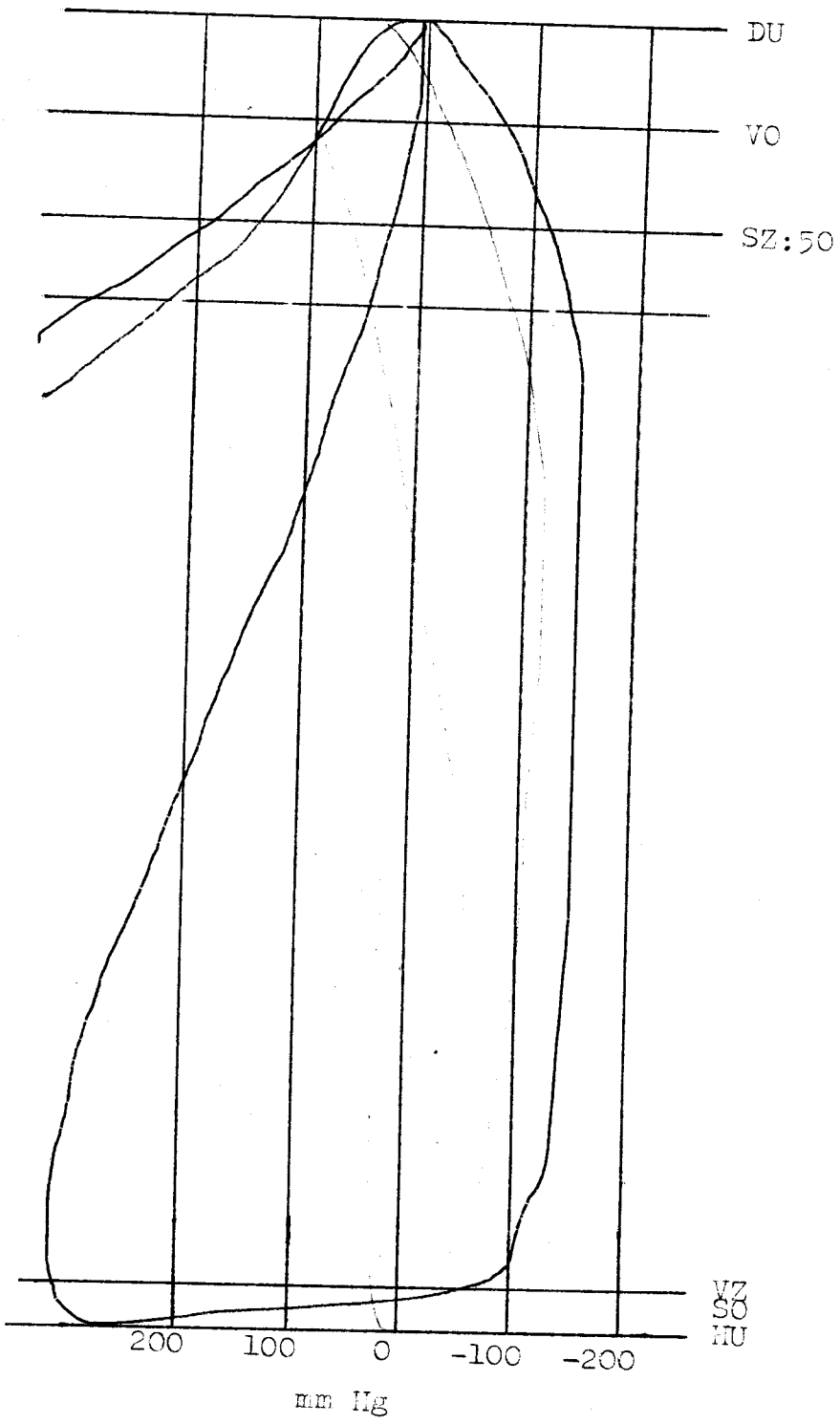
1200 ot/min 1:1580 mm



——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v sacím potrubí

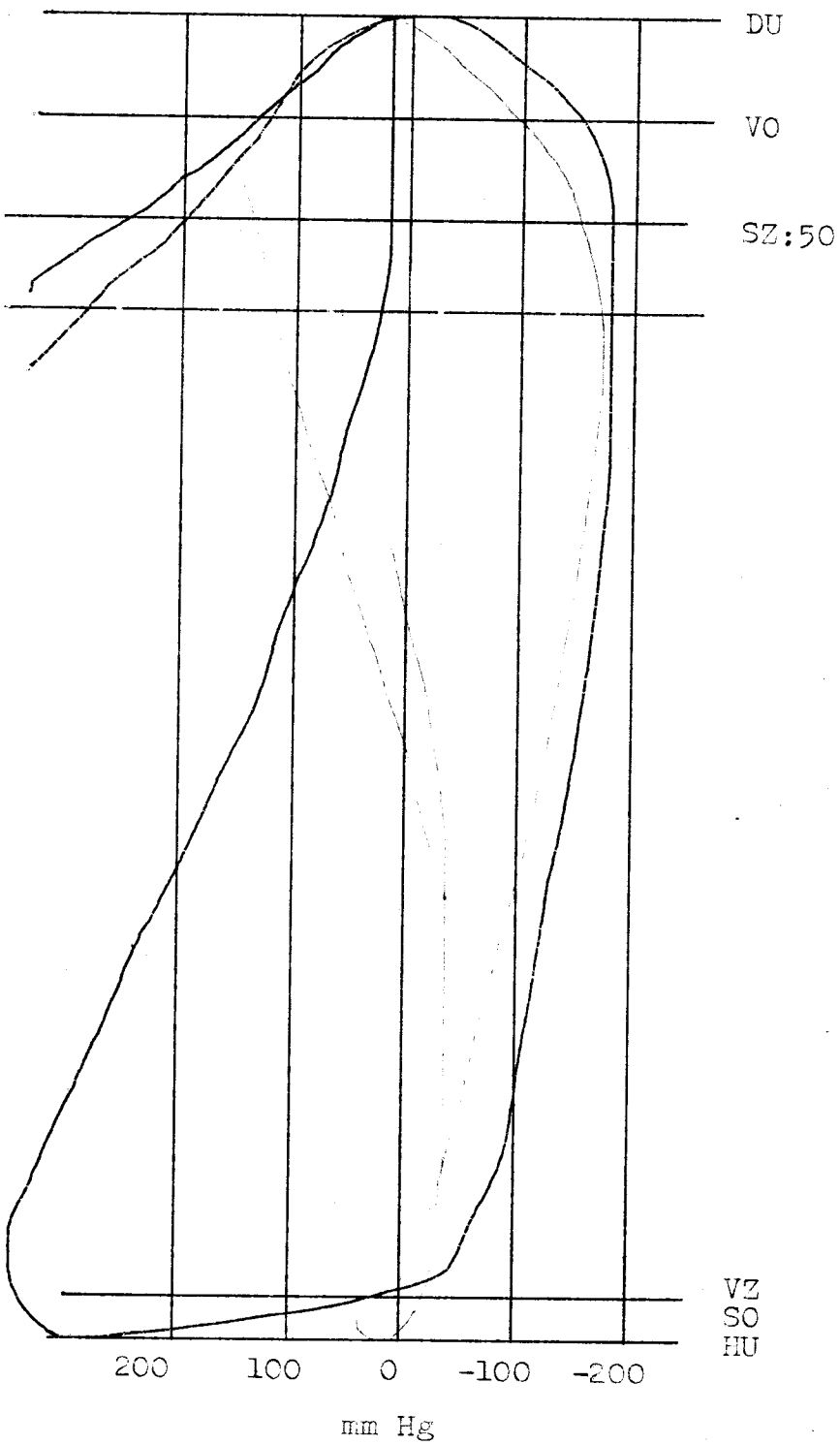
1400 ot/min 1:1530 mm



——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v sacím potrubí

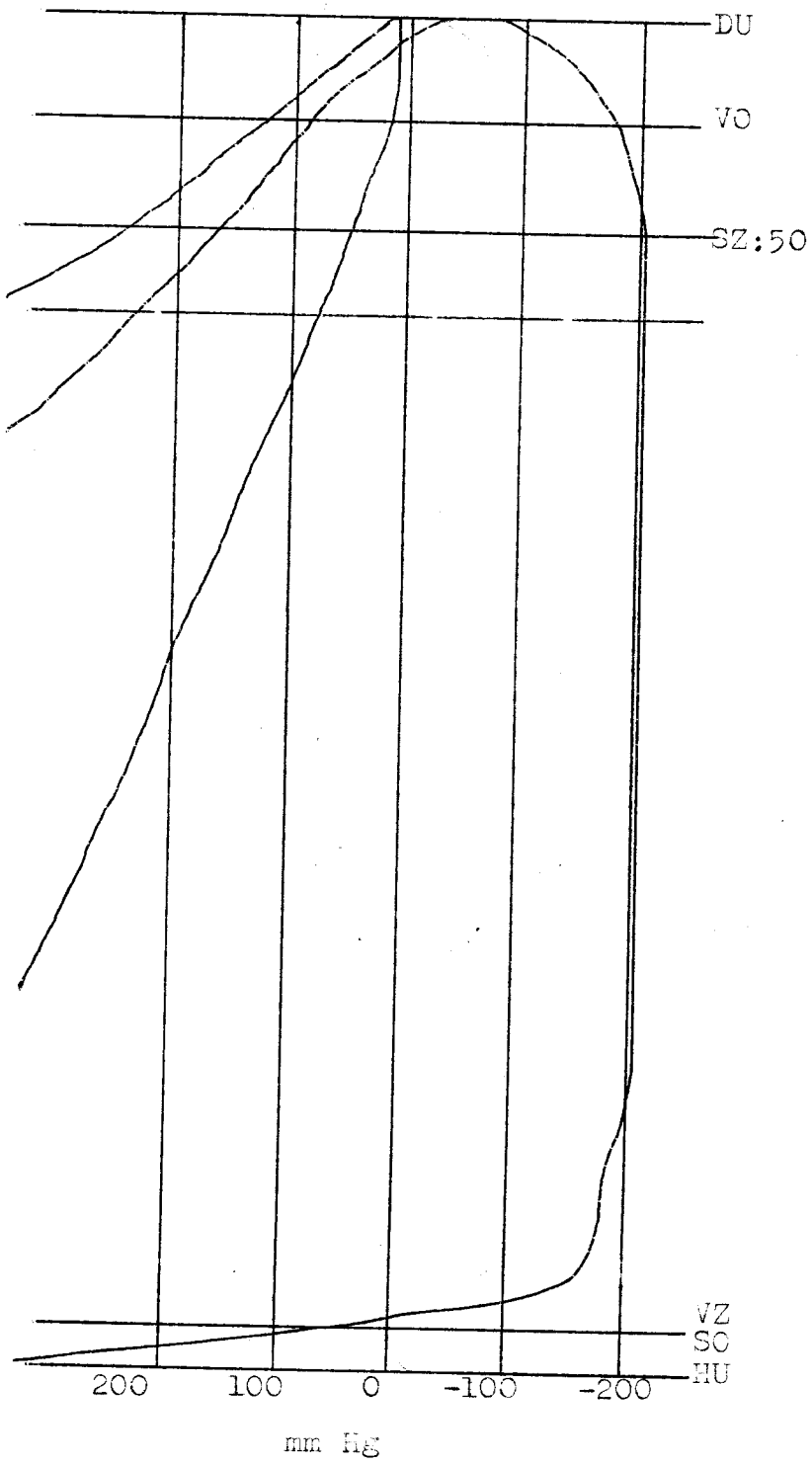
1600 ot/min 1:1580 mm



——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

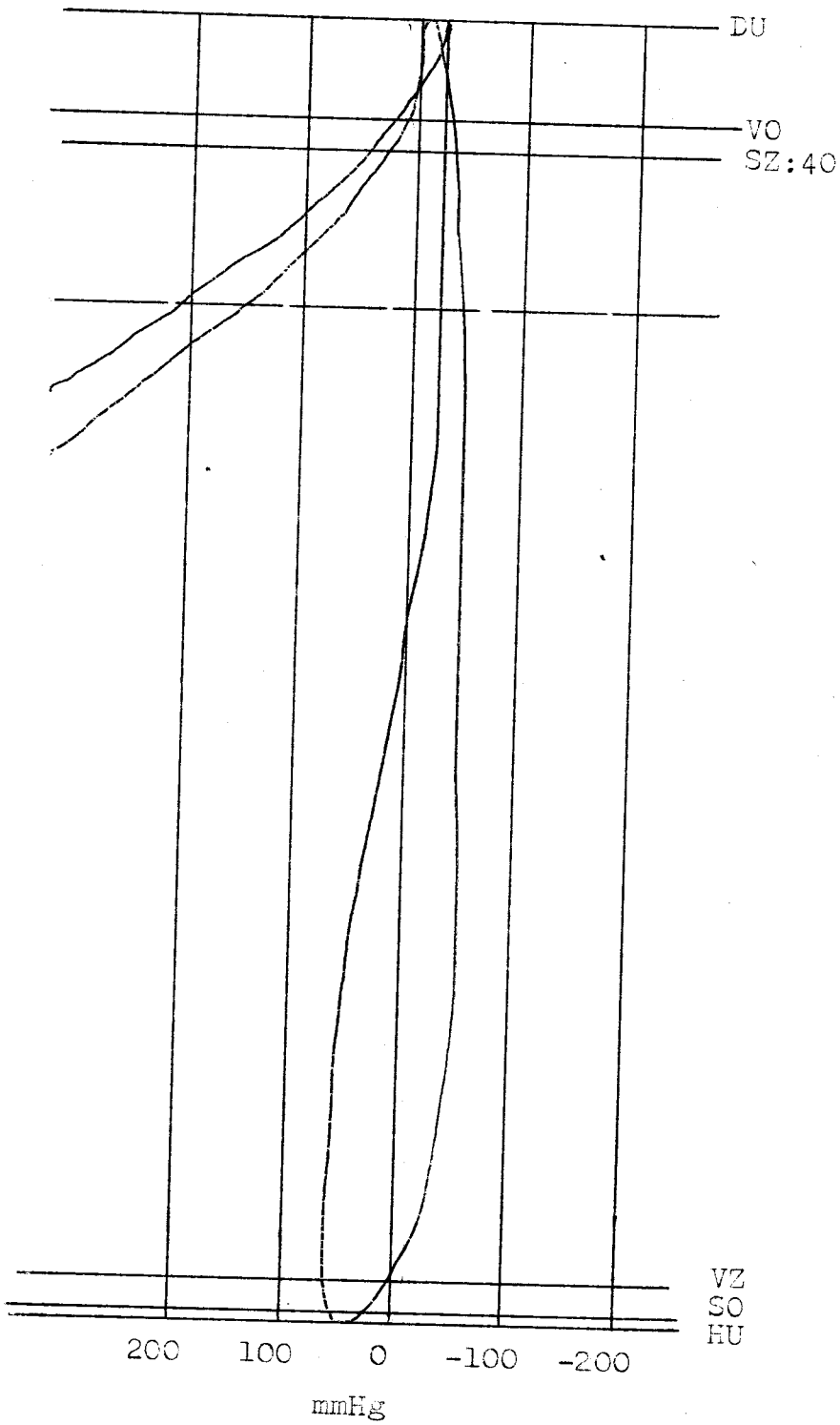
1800 ot/min 1:1530 mm



——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v sacím potrubí

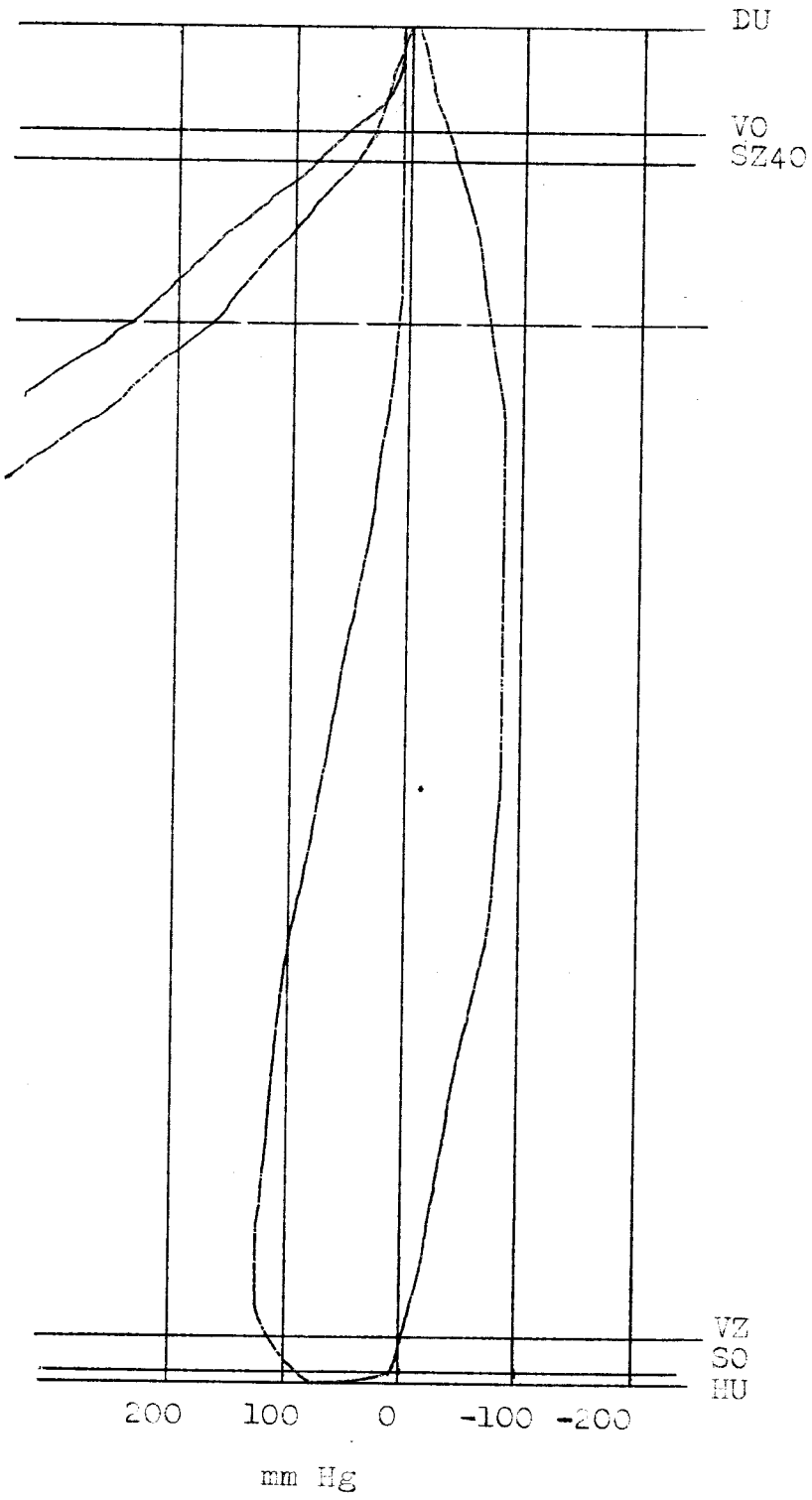
800 ot/min 1:1580 mm



——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

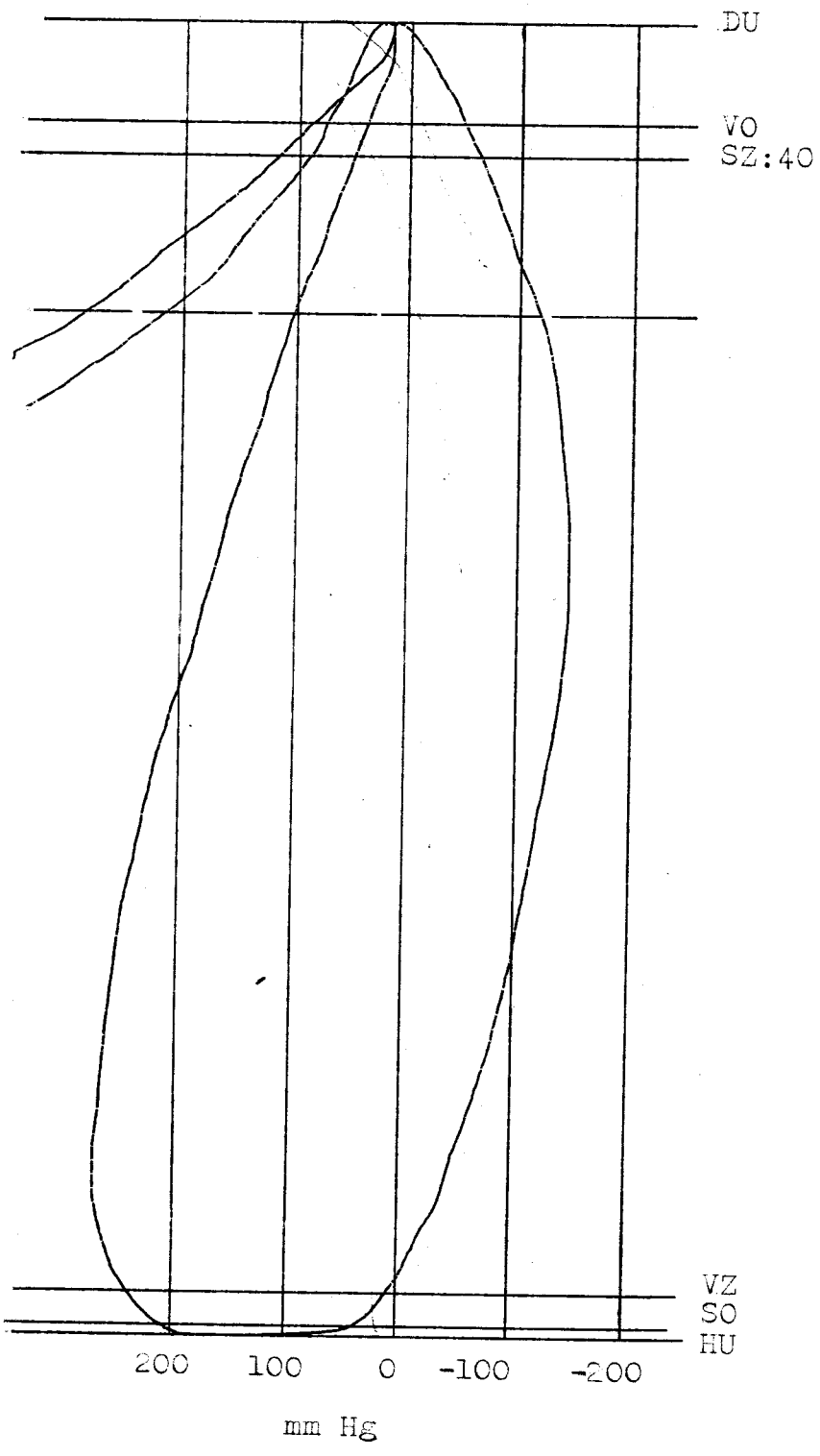
1000 ot/min 1:1580 mm



——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v sacím potrubí

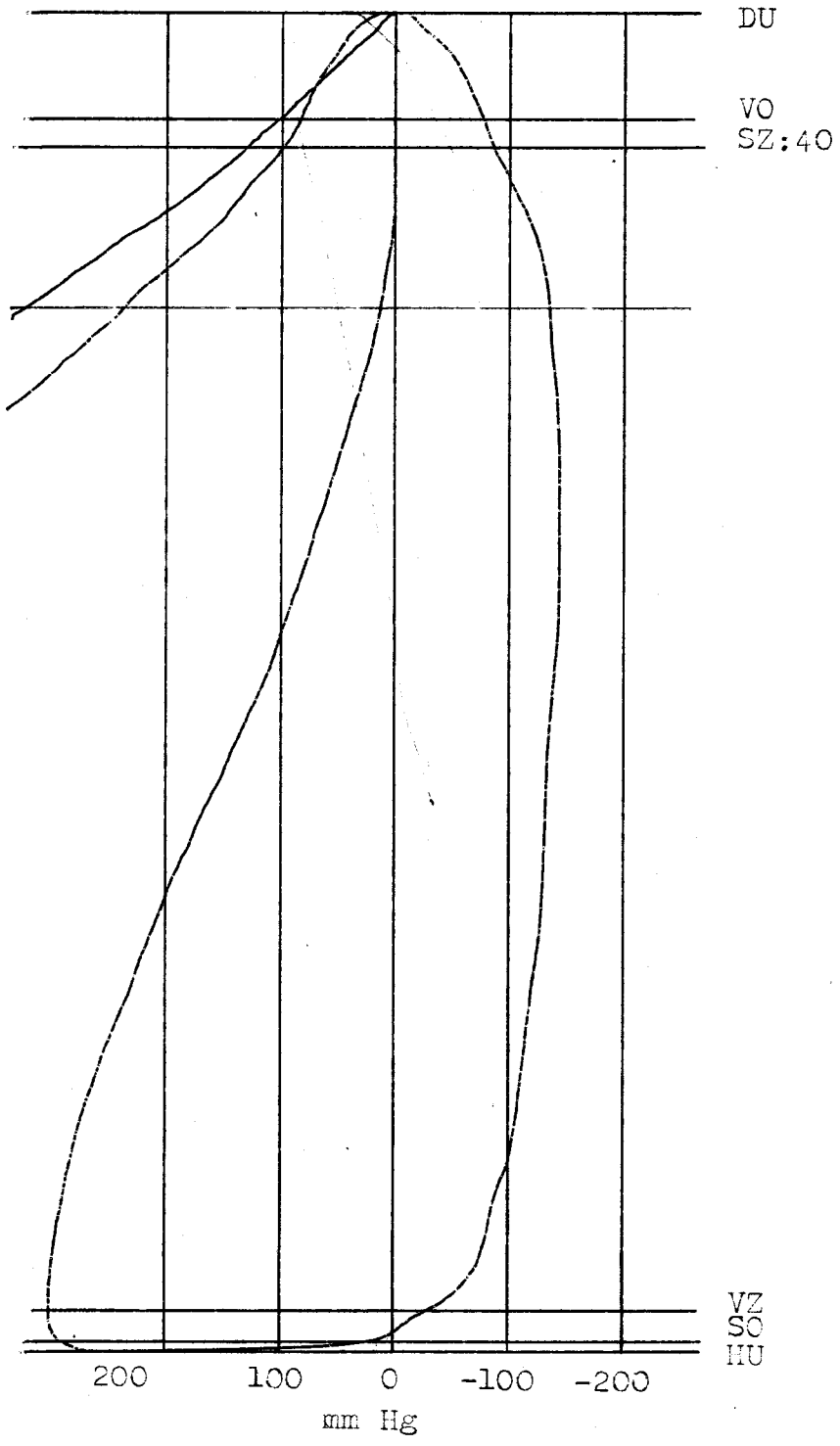
1200 ot/min 1:1580 mm



——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

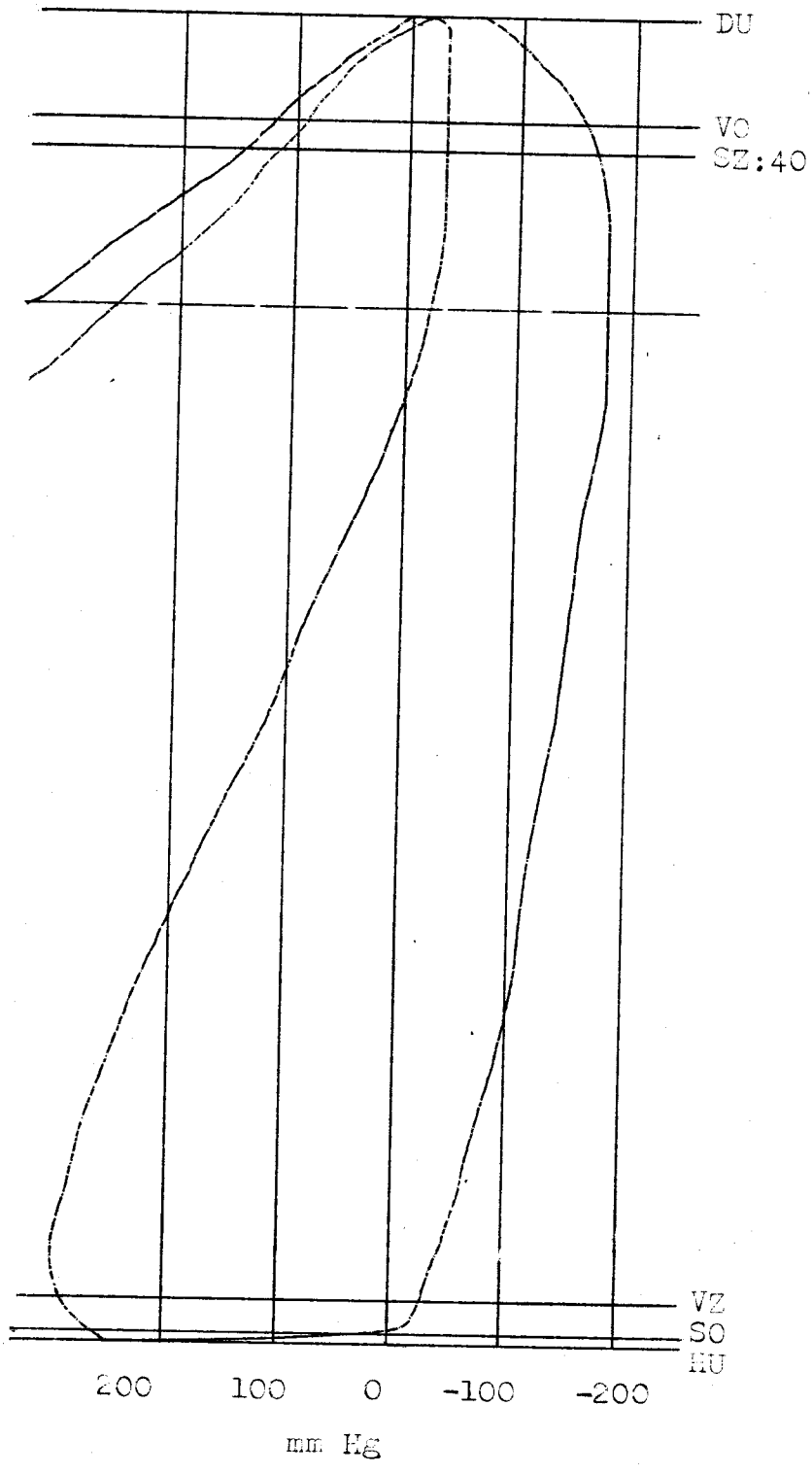
1400 ot/min 1:1580 mm



——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v sacím potrubí

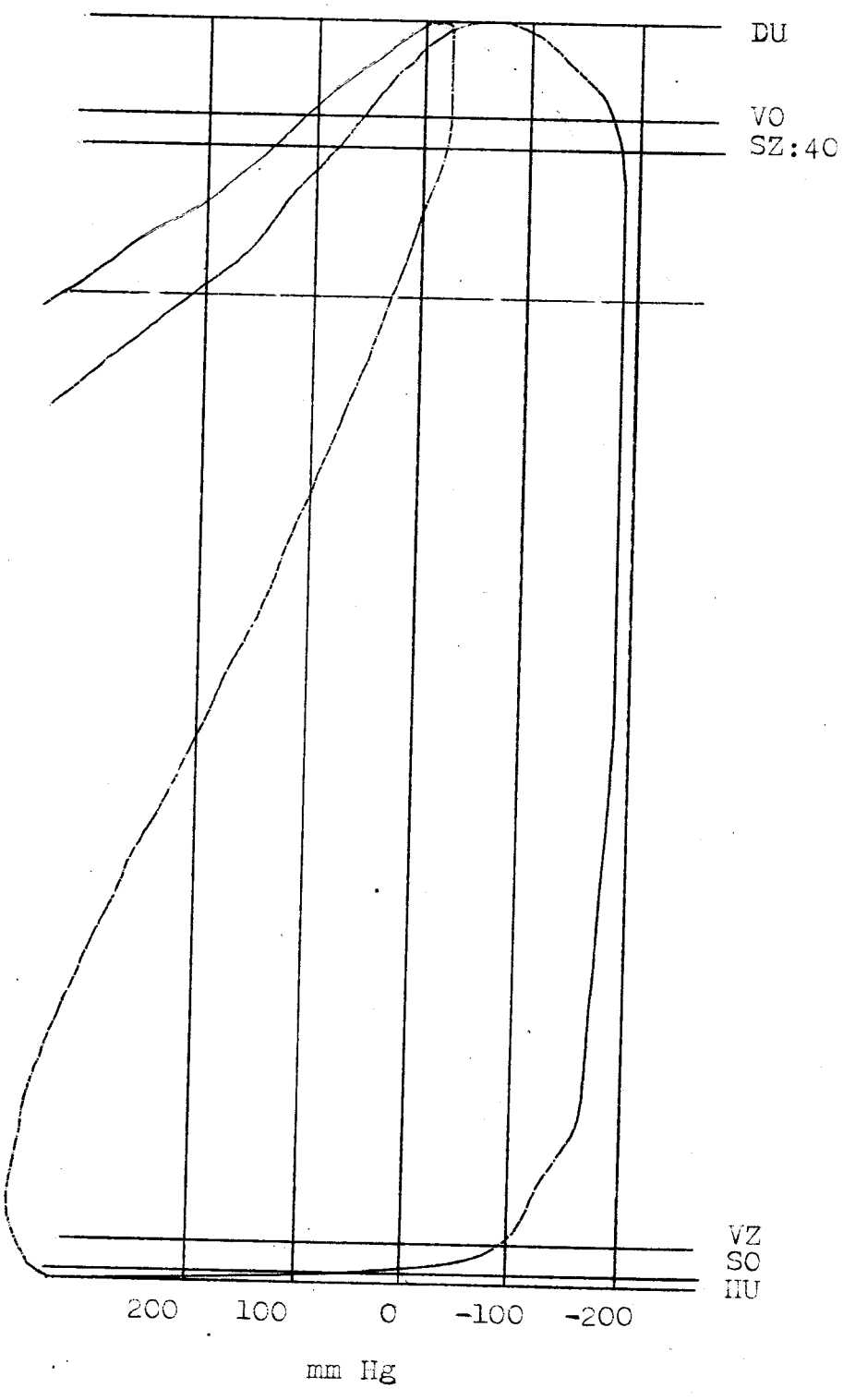
1600 ot/min 1:1580 mm



——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v sacím potrubí

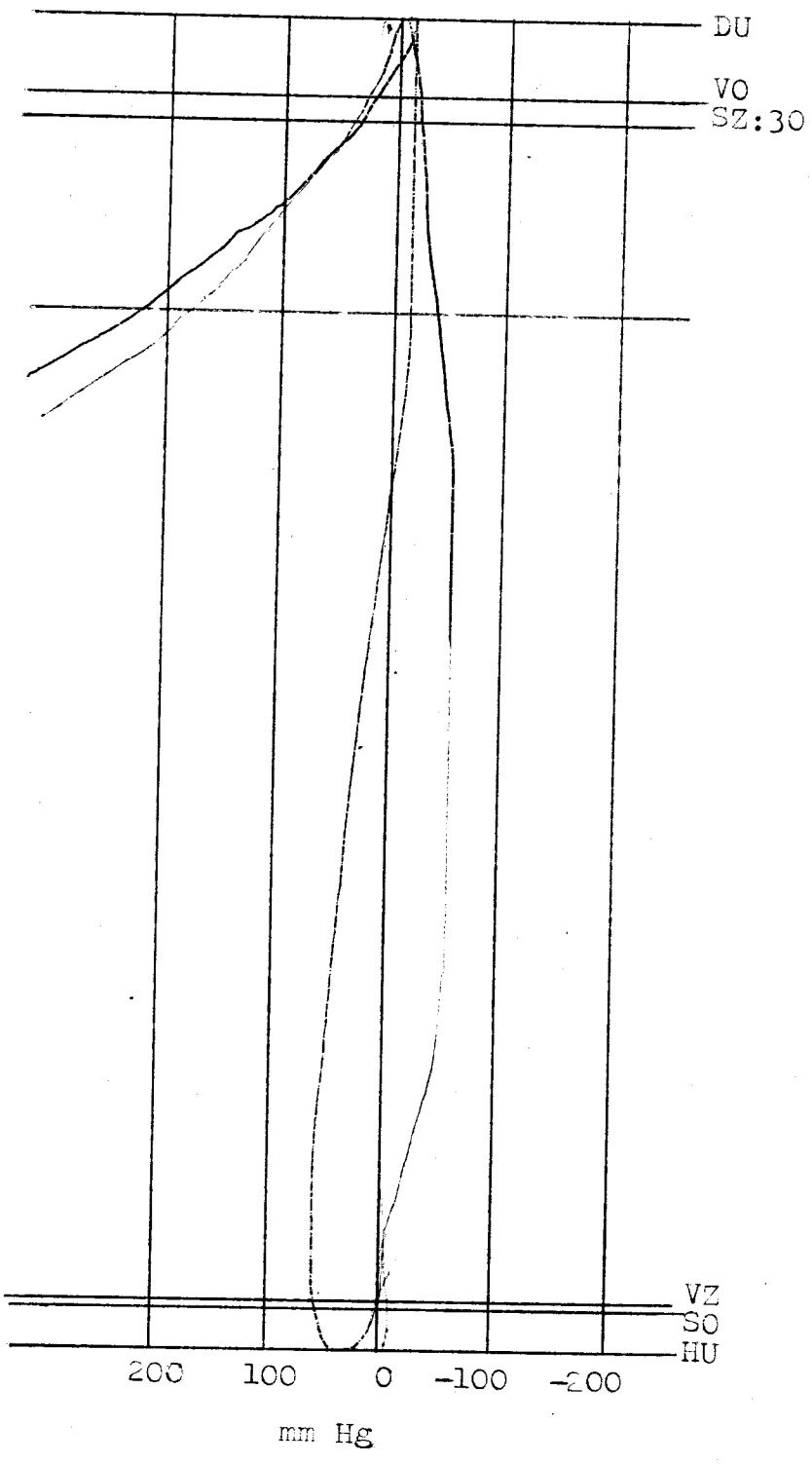
1800 ot/min 1:1530 mm



——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v sacím potrubí

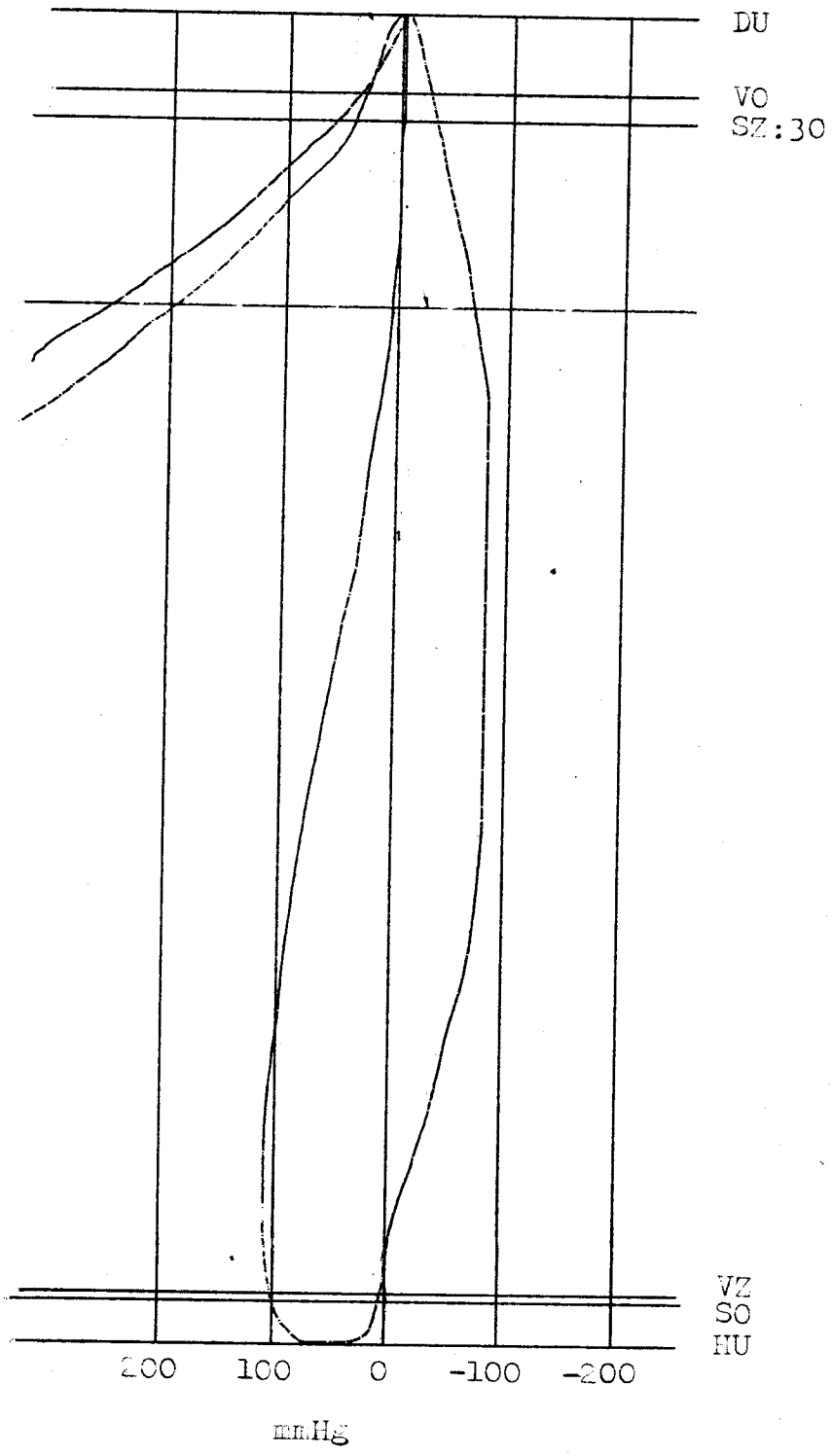
800 ot/min 1:1580 mm



——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

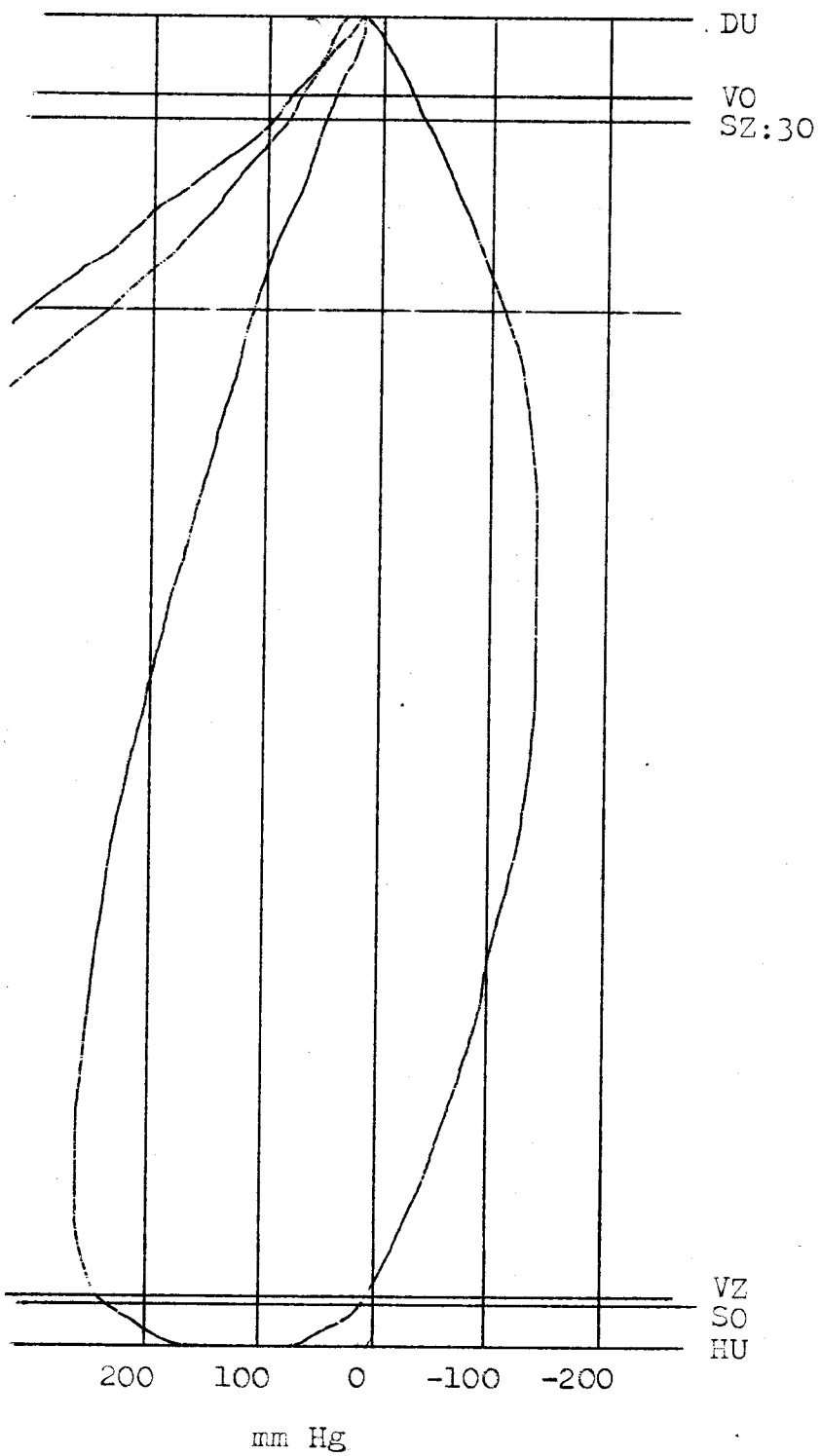
1000 ot./min 1:1580 mm



——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

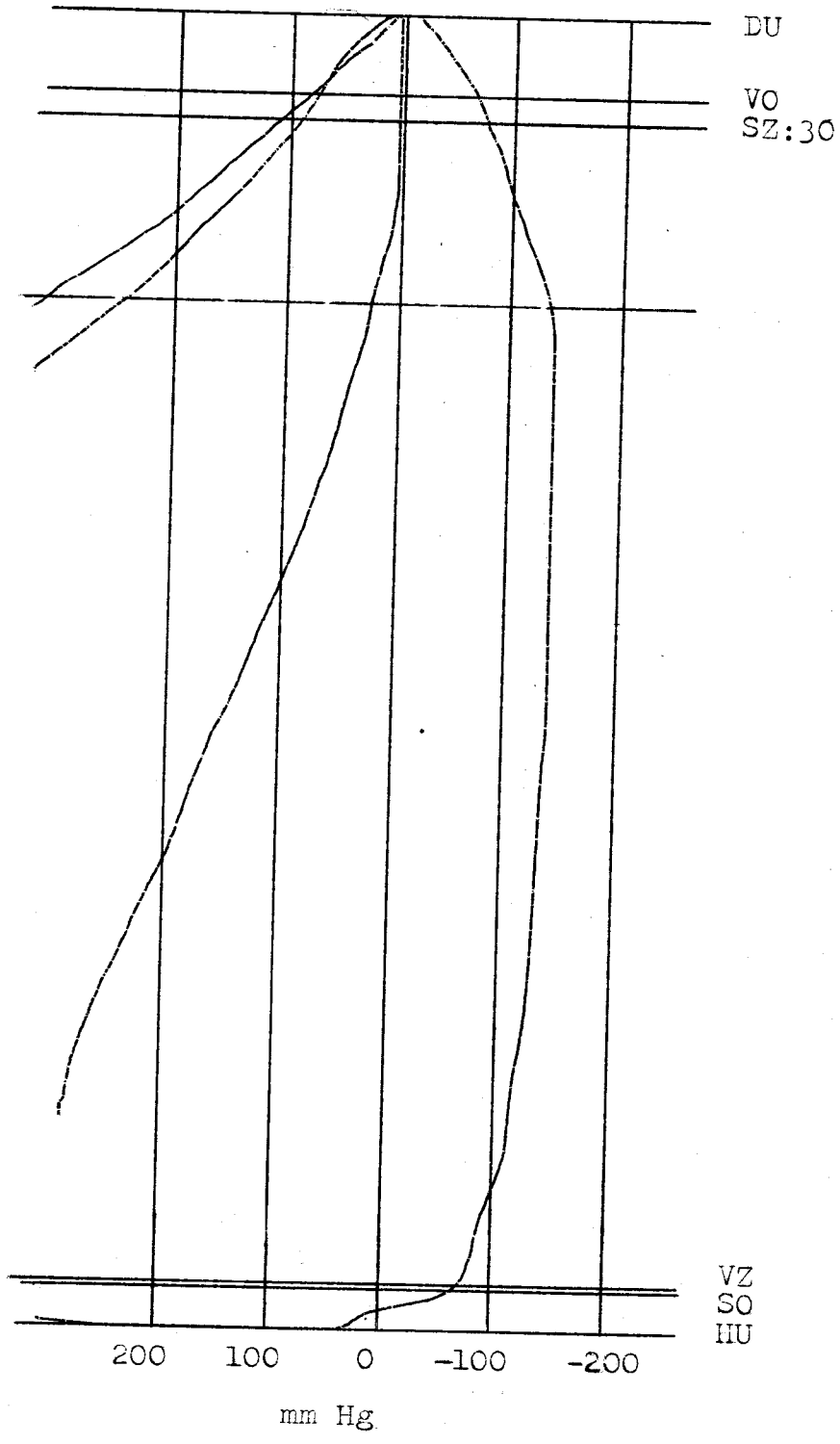
1200 ot/min 1:1580 mm



——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v sacím potrubí

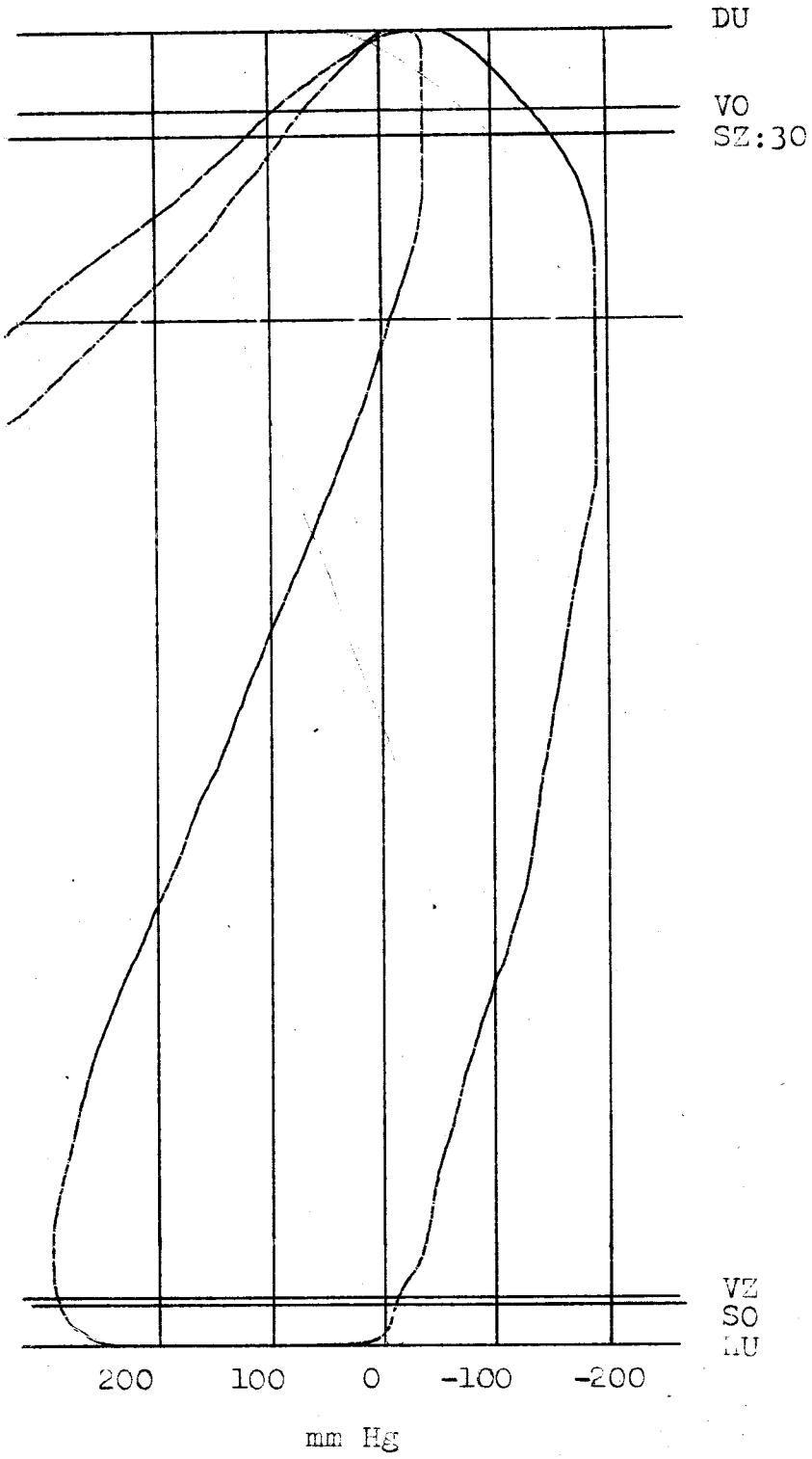
1400 ot/min 1:1580 mm



——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

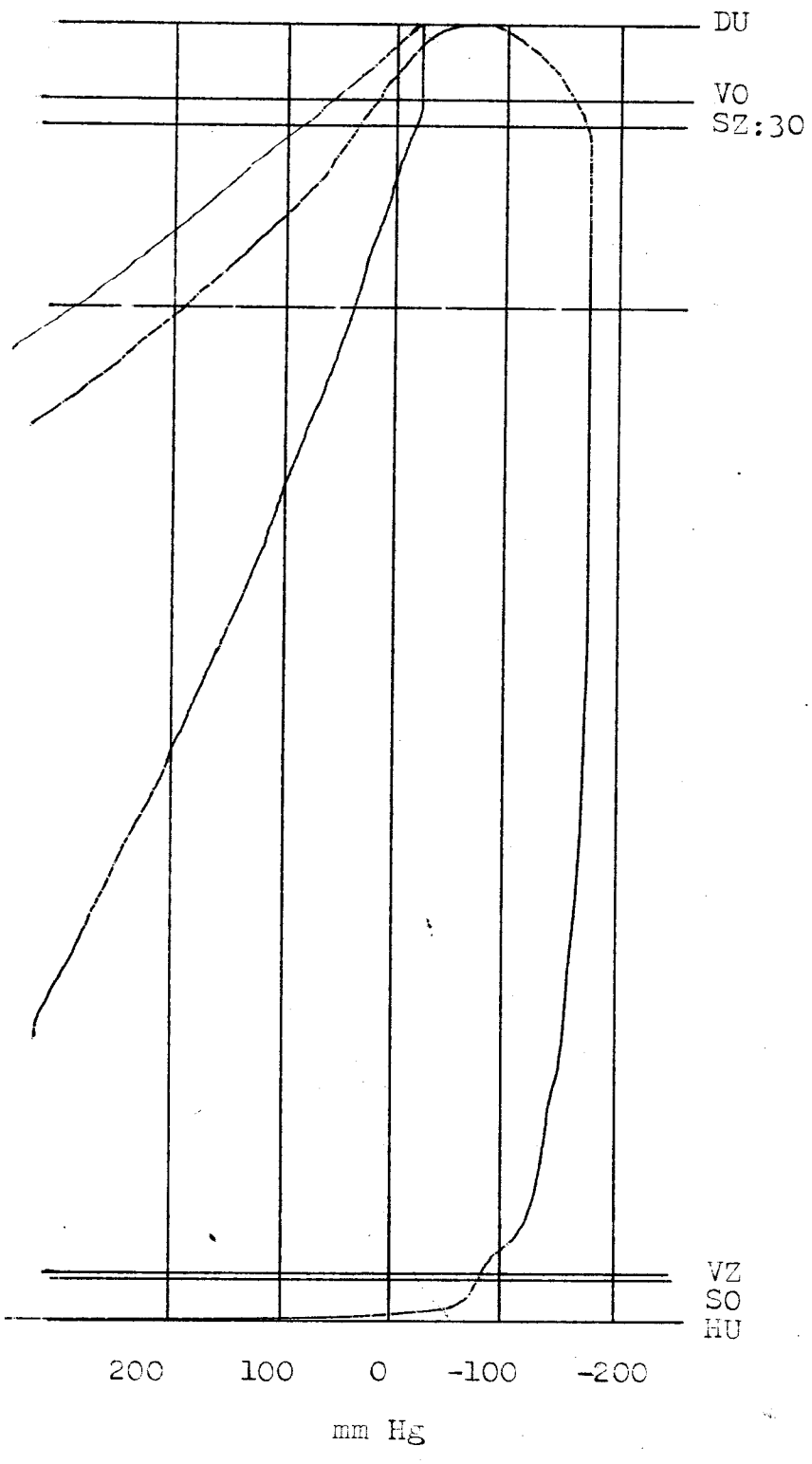
1600 ot/min 1:1580 mm



———Průběh tlaku ve válci

———Průběh tlaku v ssacím potrubí

1800 ot./min 1:1580 mm

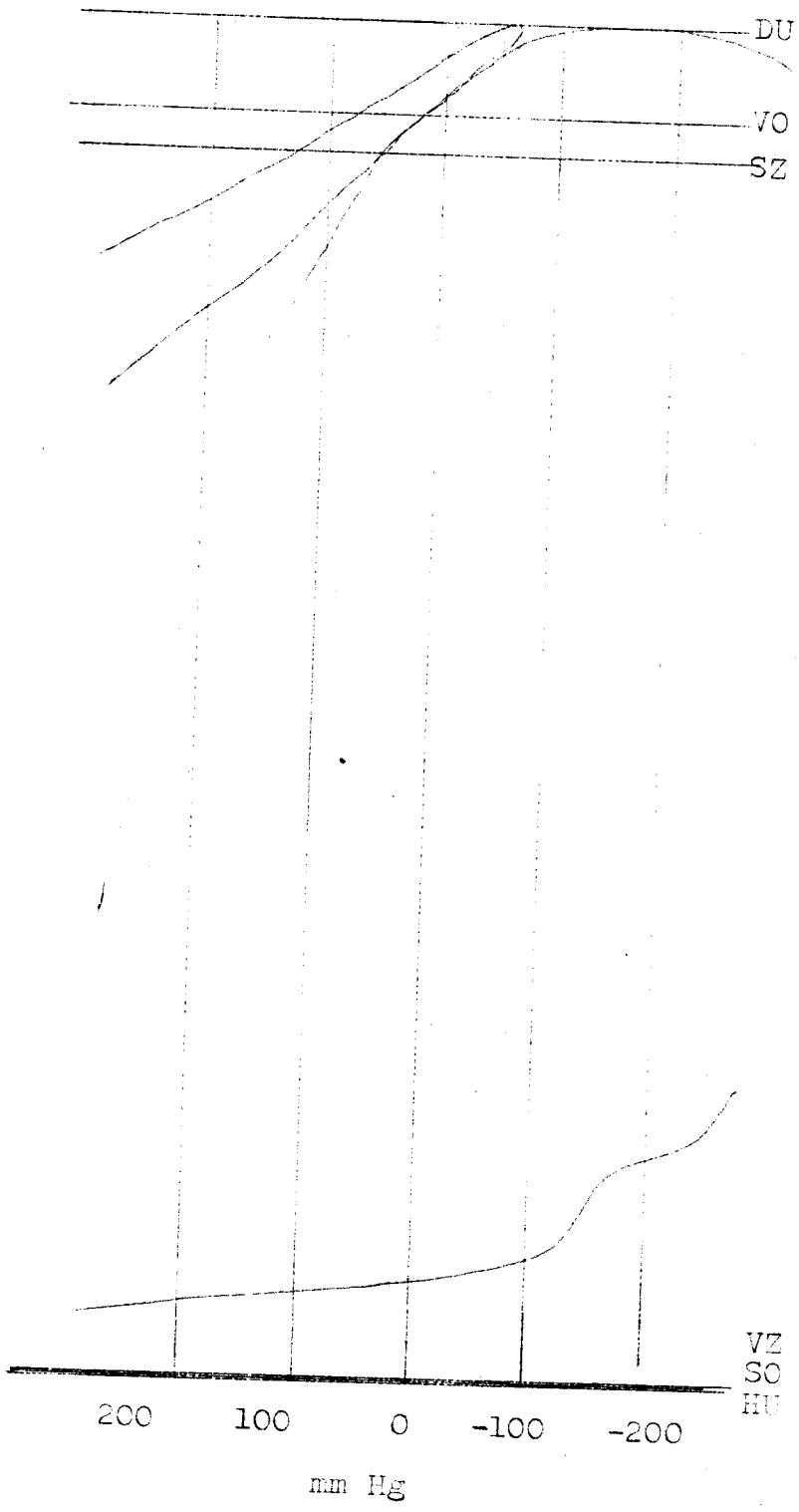


—— Průběh tlaku ve válcí

—— Průběh tlaku v sacím potrubí

1800 ot/min 1:1130 mm

1 válec



—— Průběh tlaku ve válci

—— Průběh tlaku v ssacím potrubí

1600 ot/min 1:1130 mm

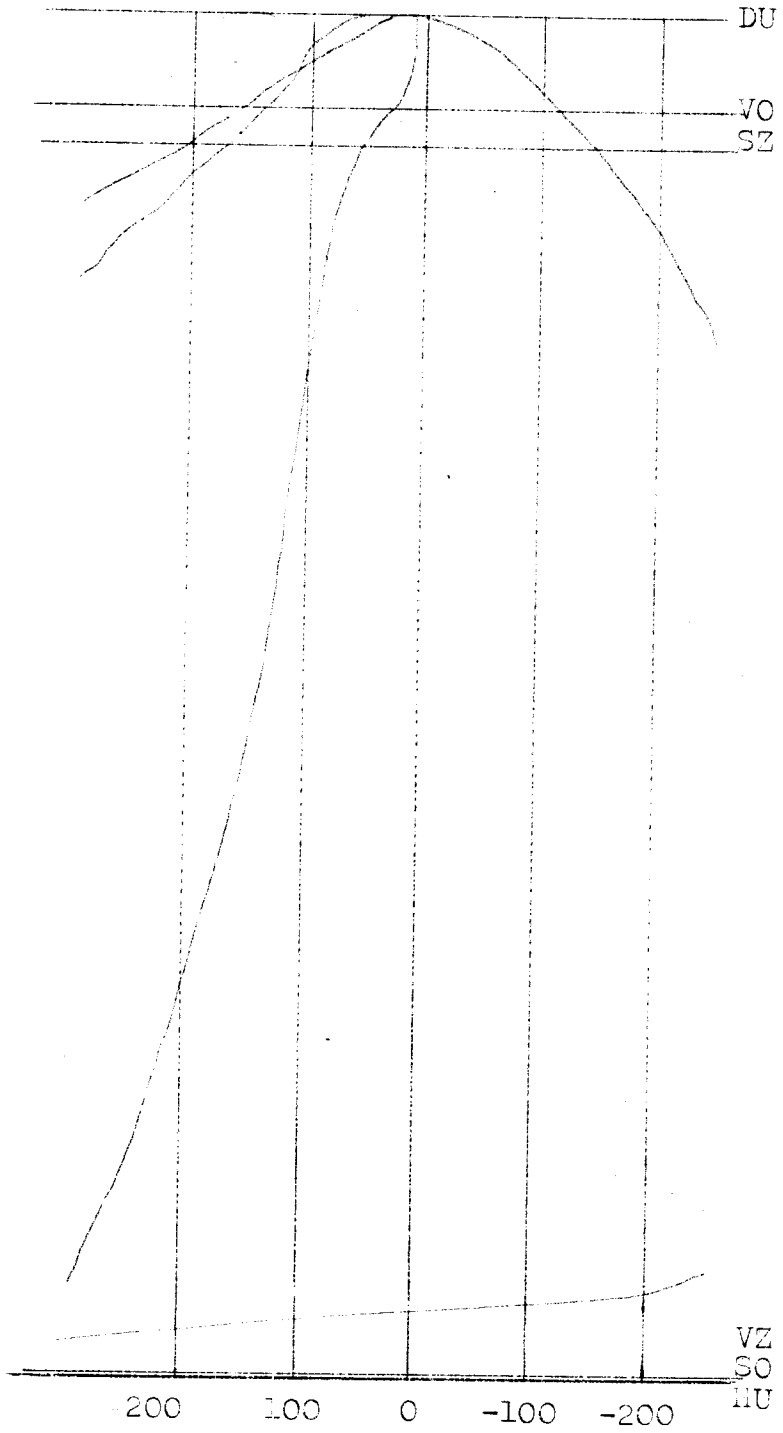
1válec

—— Průběh tlaku ve válci

—— Průběh tlaku v sacím potrubí

1400 ot/min 1:1130 mm

1 válec

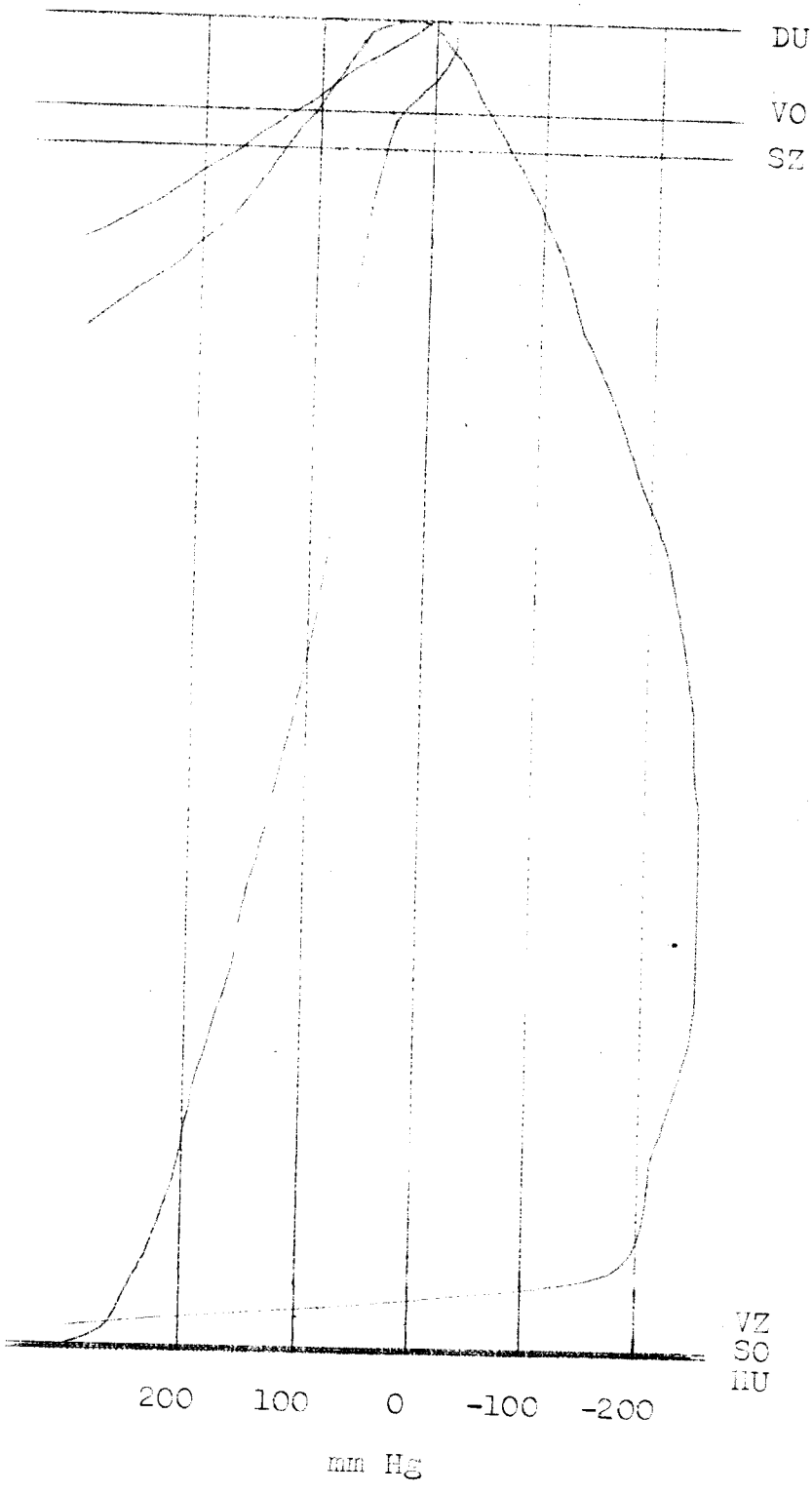


—— Průběh tlaku ve válci

—— Průběh tlaku v sacím potrubí

1200 ot/min 1:1 3.3 mm

1 válec

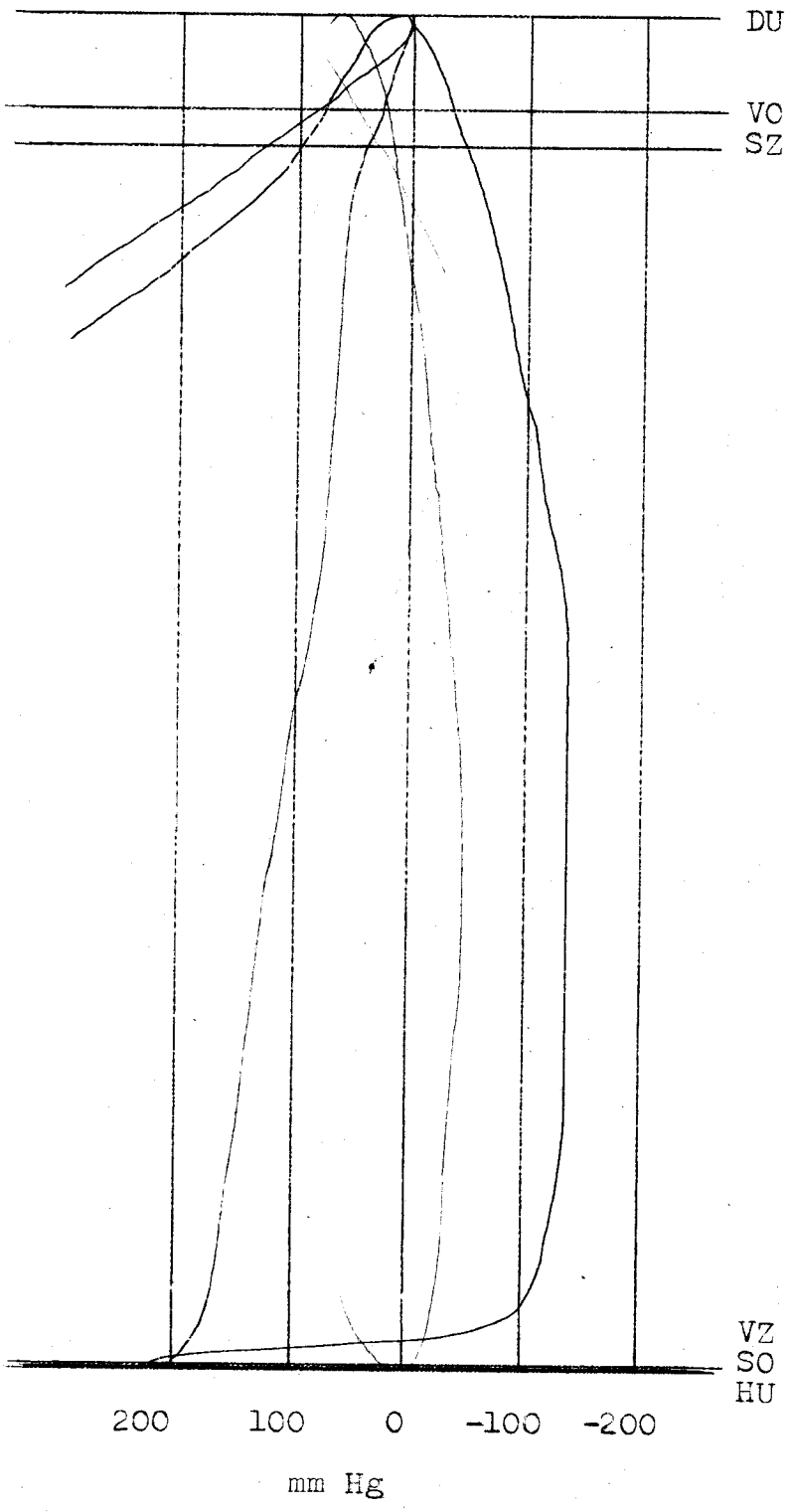


—— Průběh tlaku ve válci

—— Průběh tlaku v ssacím potrubí

1000 ot/min 1:1130 mm

1 válec

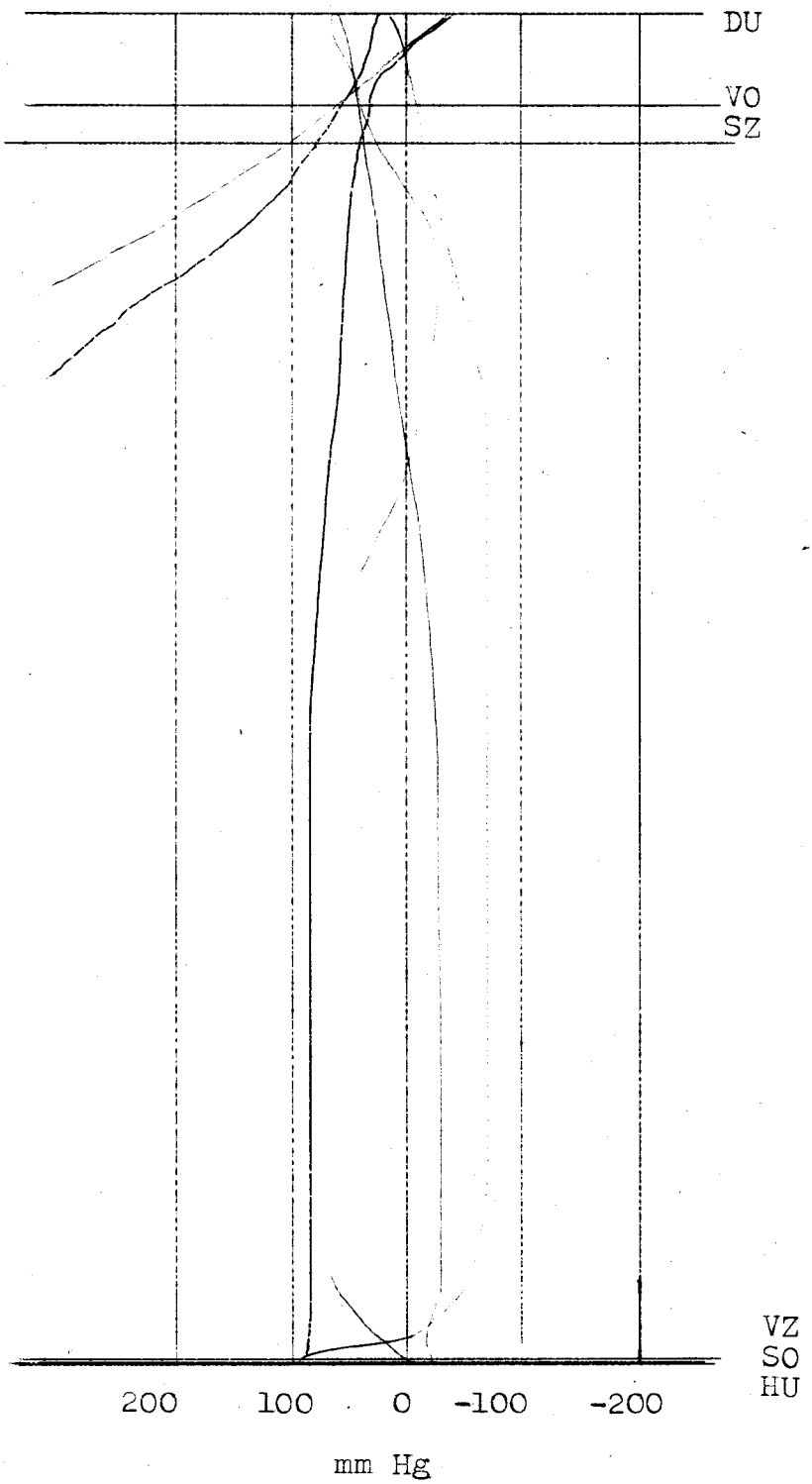


____ Průběh tlaku ve válci

____ Průběh tlaku v ssacím potrubí

800 ot/min 1:1130 mm

1 válec

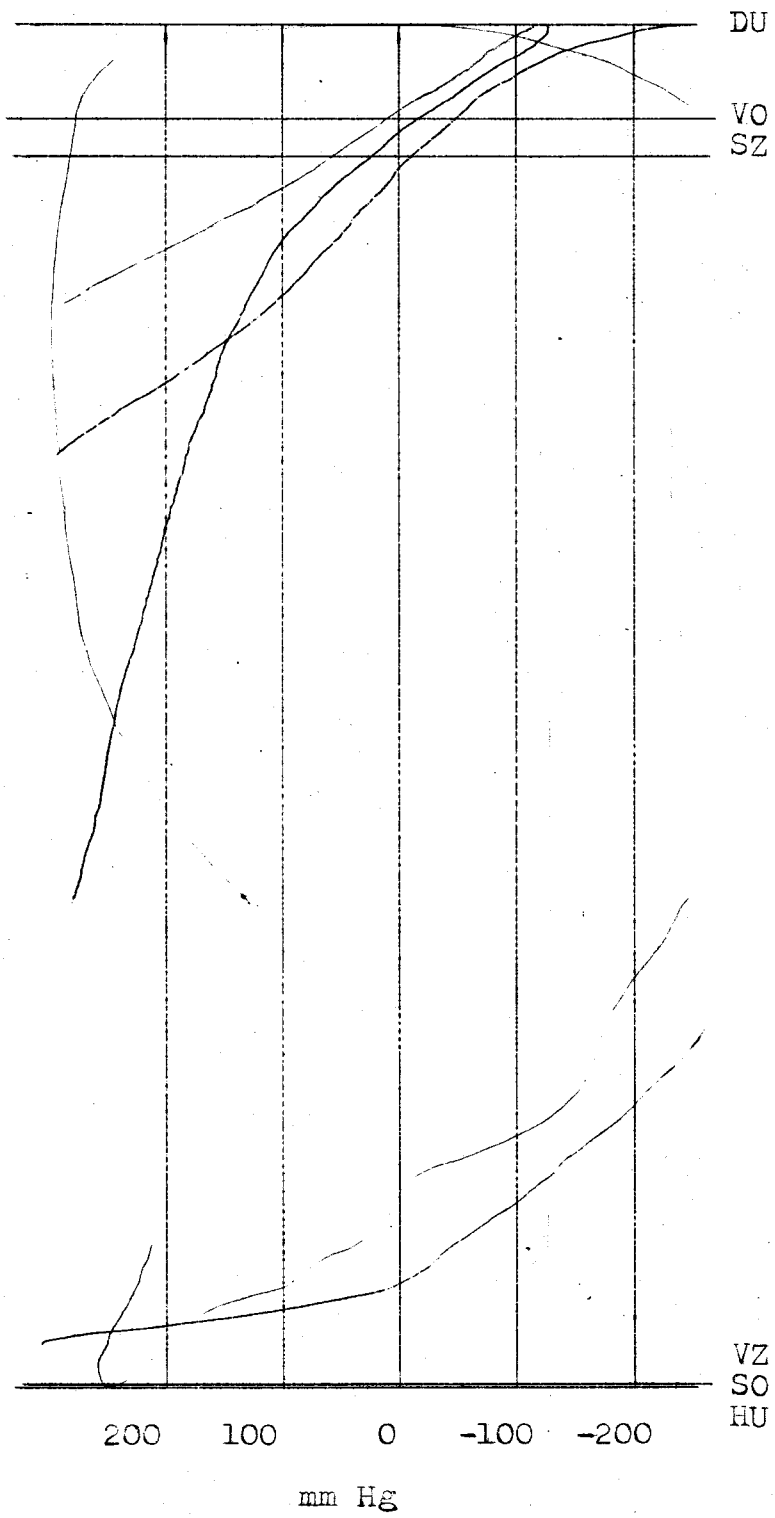


____ Průběh tlaku ve válci

____ Průběh tlaku v ssacím potrubí

1800 ot/min 1:1380 mm

1 válec

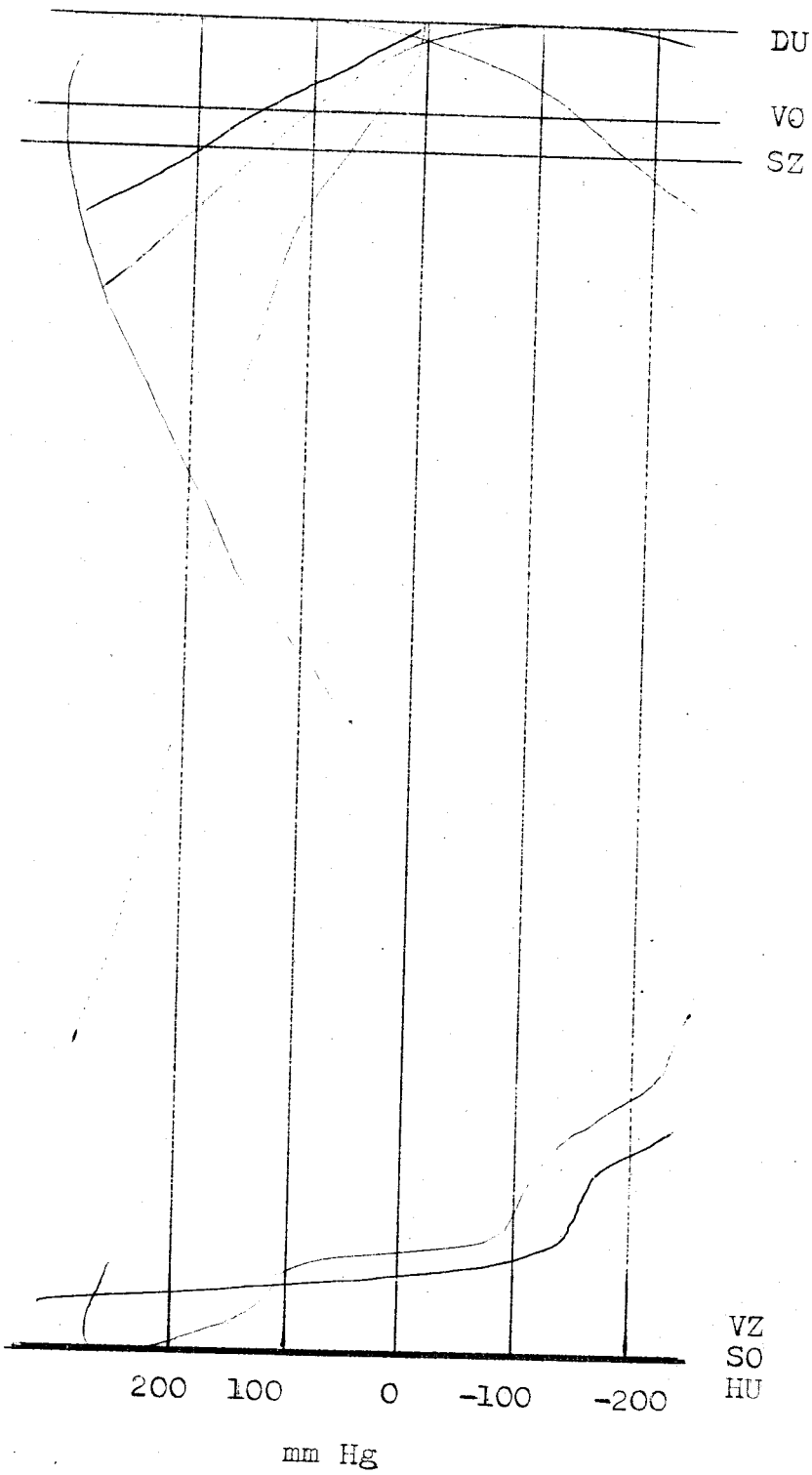


—— Průběh tlaku ve válci

—— Průběh tlaku v ssacím potrubí

1600 ot/min 1:1380 mm

1 válec

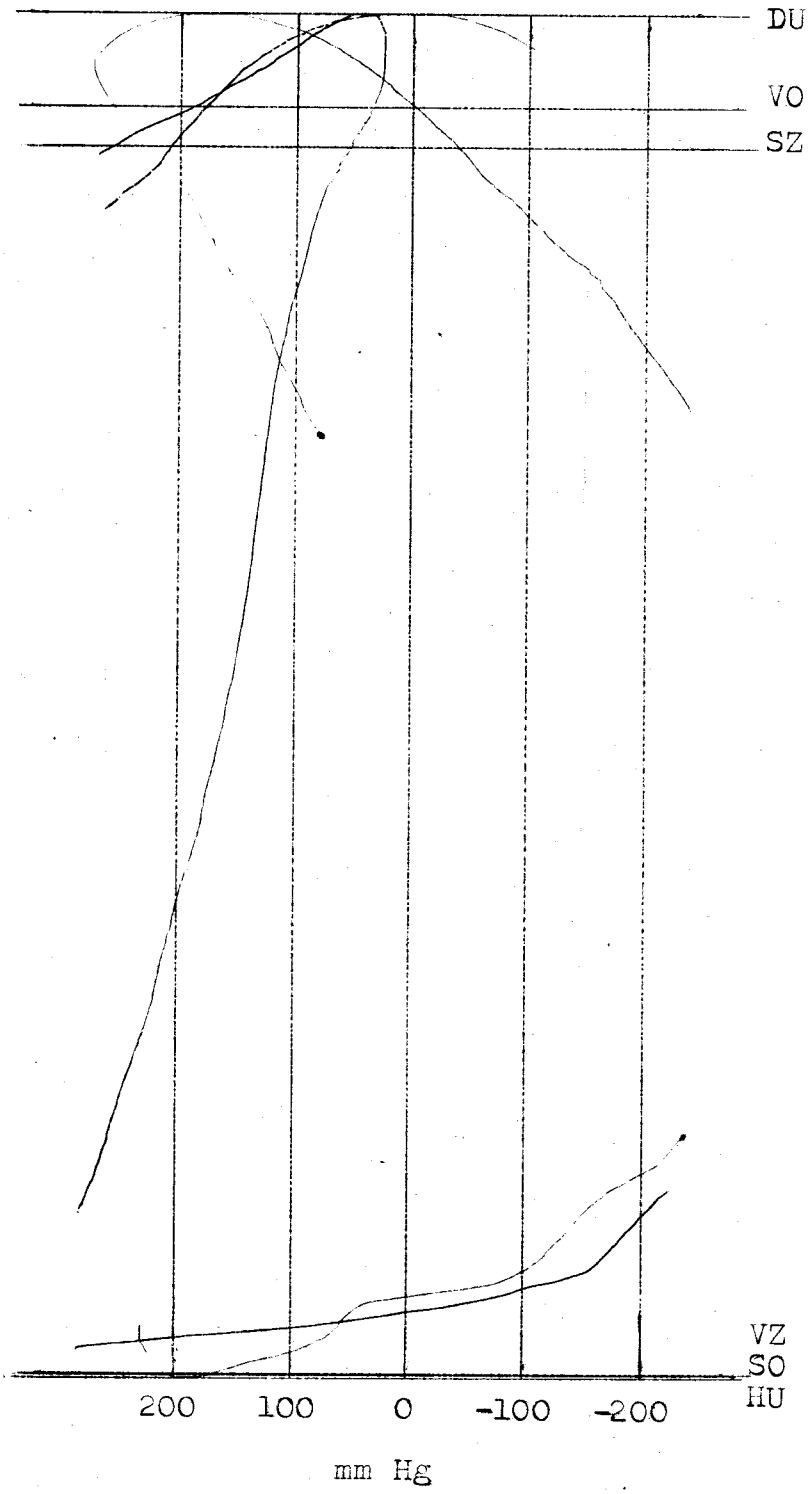


—— Průběh tlaku ve válci

—— Průběh tlaku v ssacím potrubí

1400 ot/min 1:1380 mm

1 válec

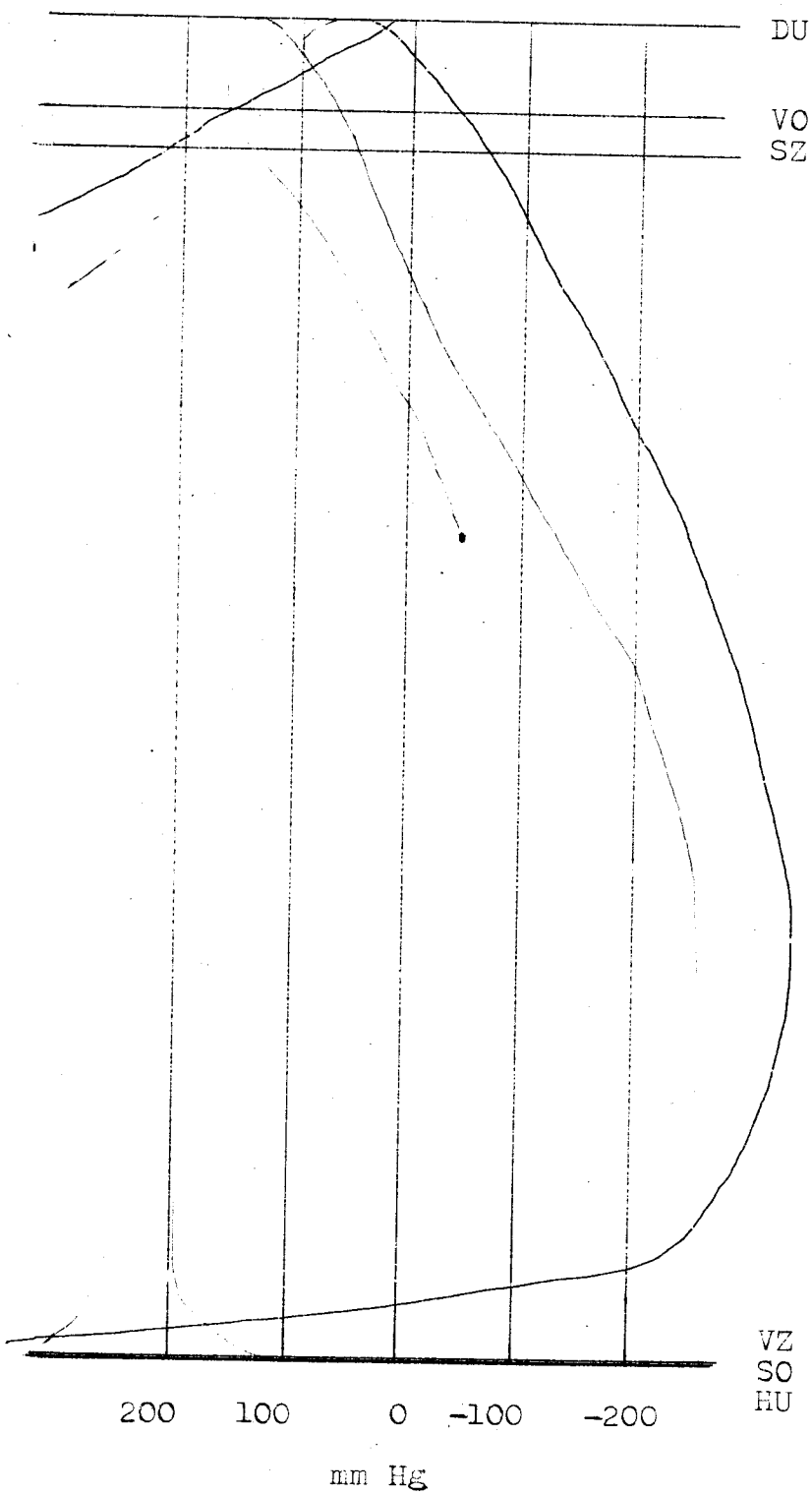


—— Průběh tlaku ve válci

—.— Průběh tlaku v ssacím potrubí

1200 ot/min 1:1380 mm

1 válec

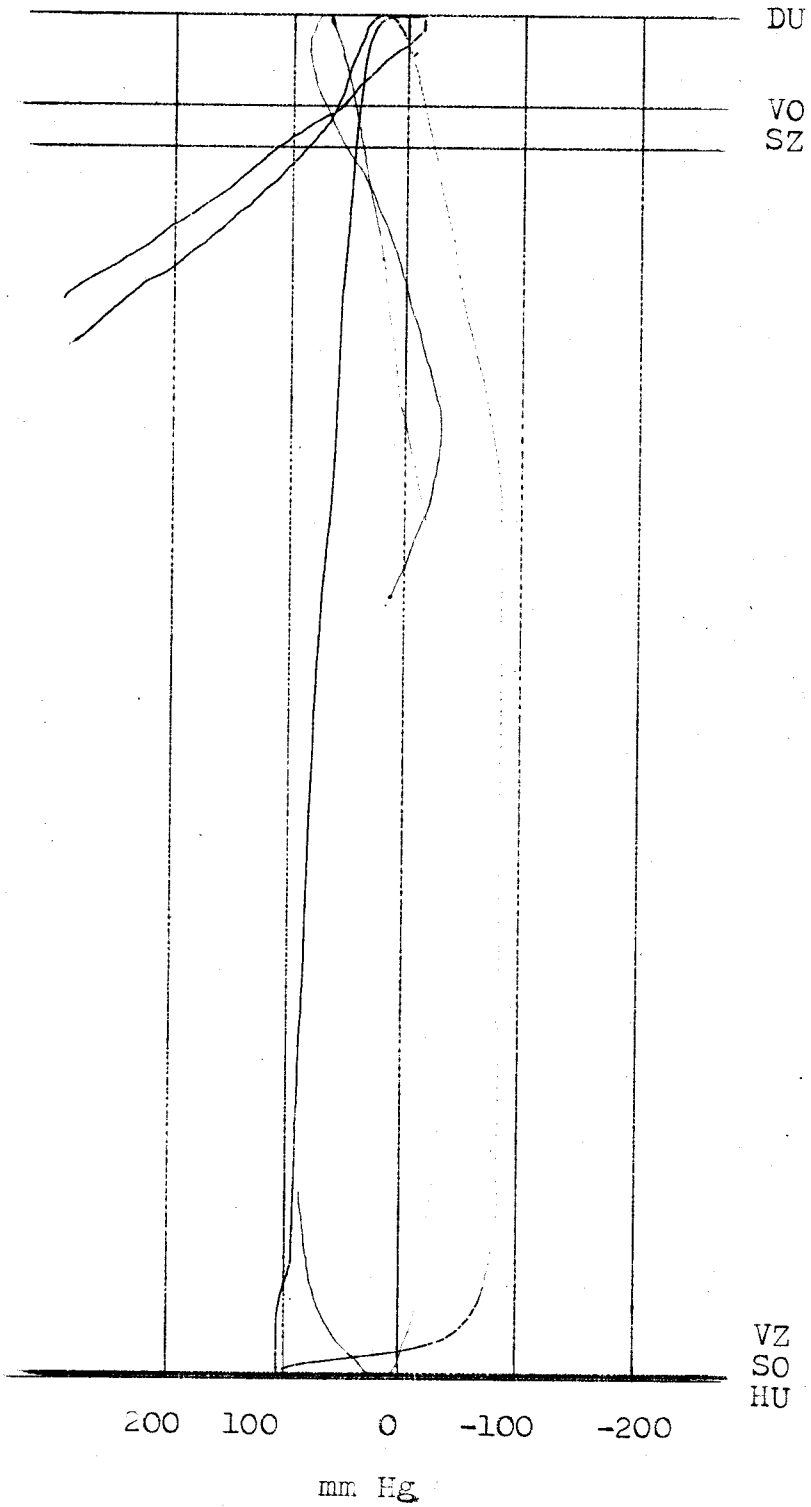


—— Průběh tlaku ve válci

—— Průběh tlaku v ssacím potrubí

800 ot/min 1:1380 mm

1 válec

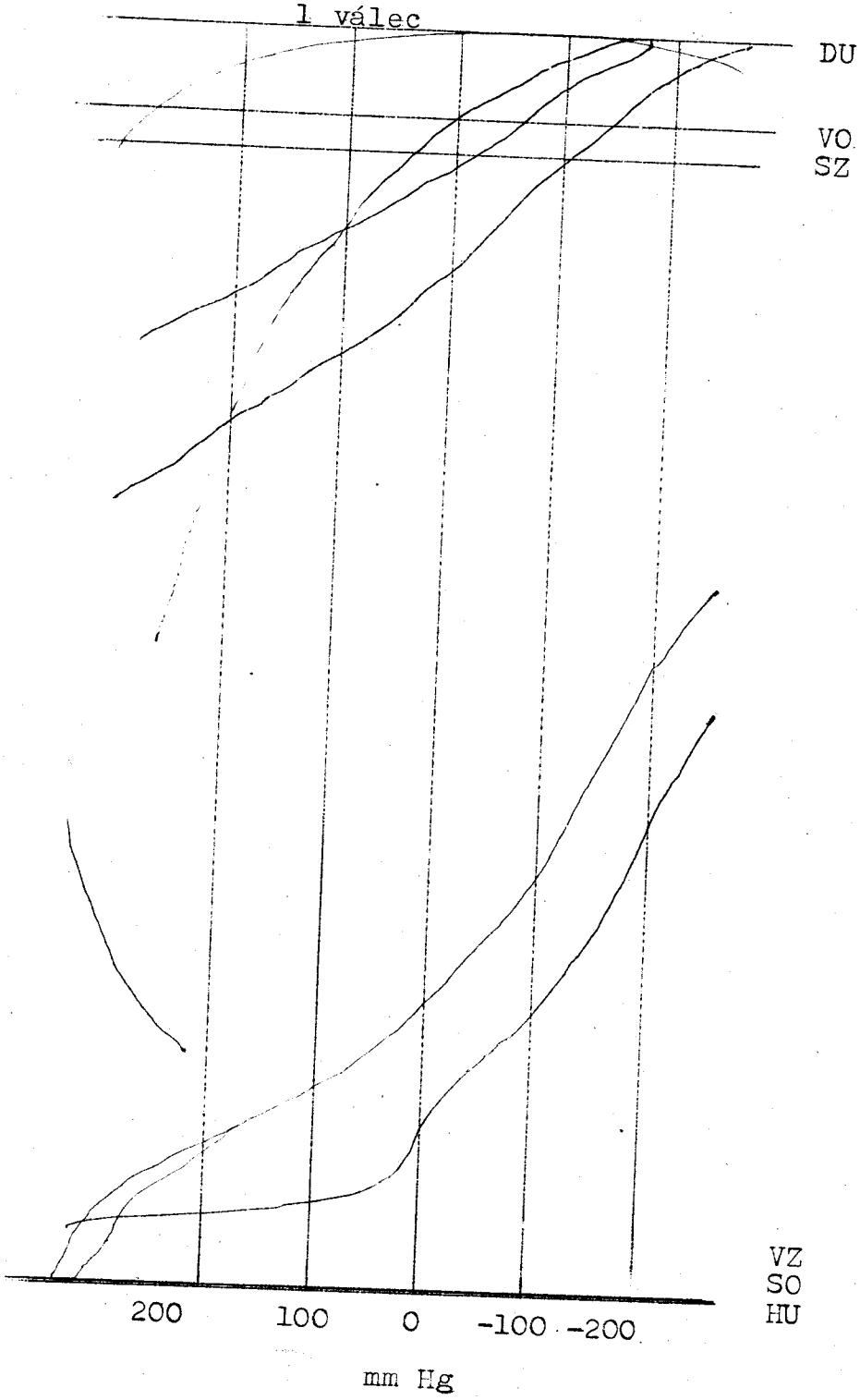


—— Průběh tlaku ve válci

—— Průběh tlaku v ssacím potrubí

1800 ot/min l:1590 mm

1 válec

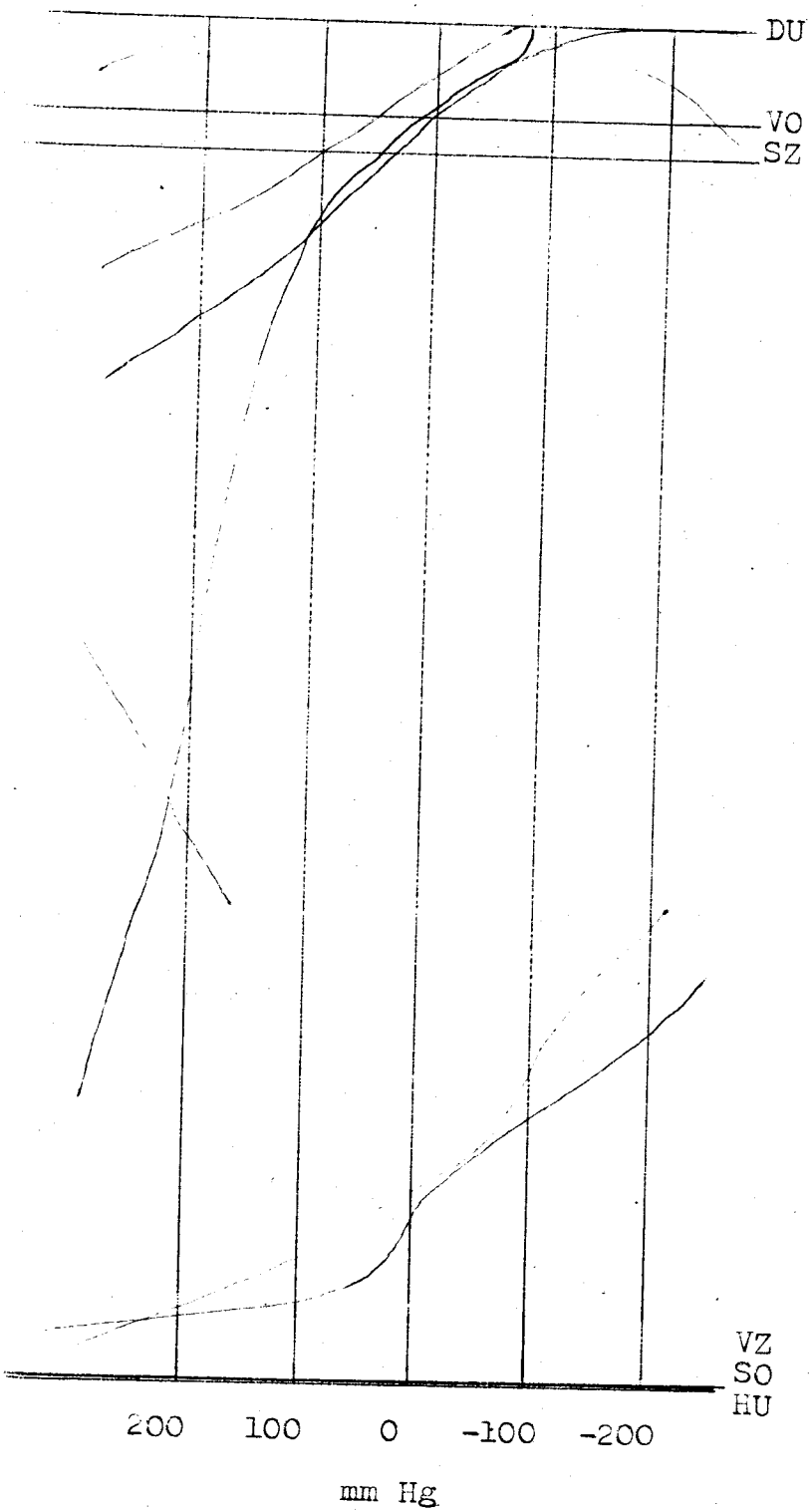


—— Průběh tlaku ve válci

—— Průběh tlaku v ssacím potrubí

1600 ot/min 1:1590 mm

1 válec

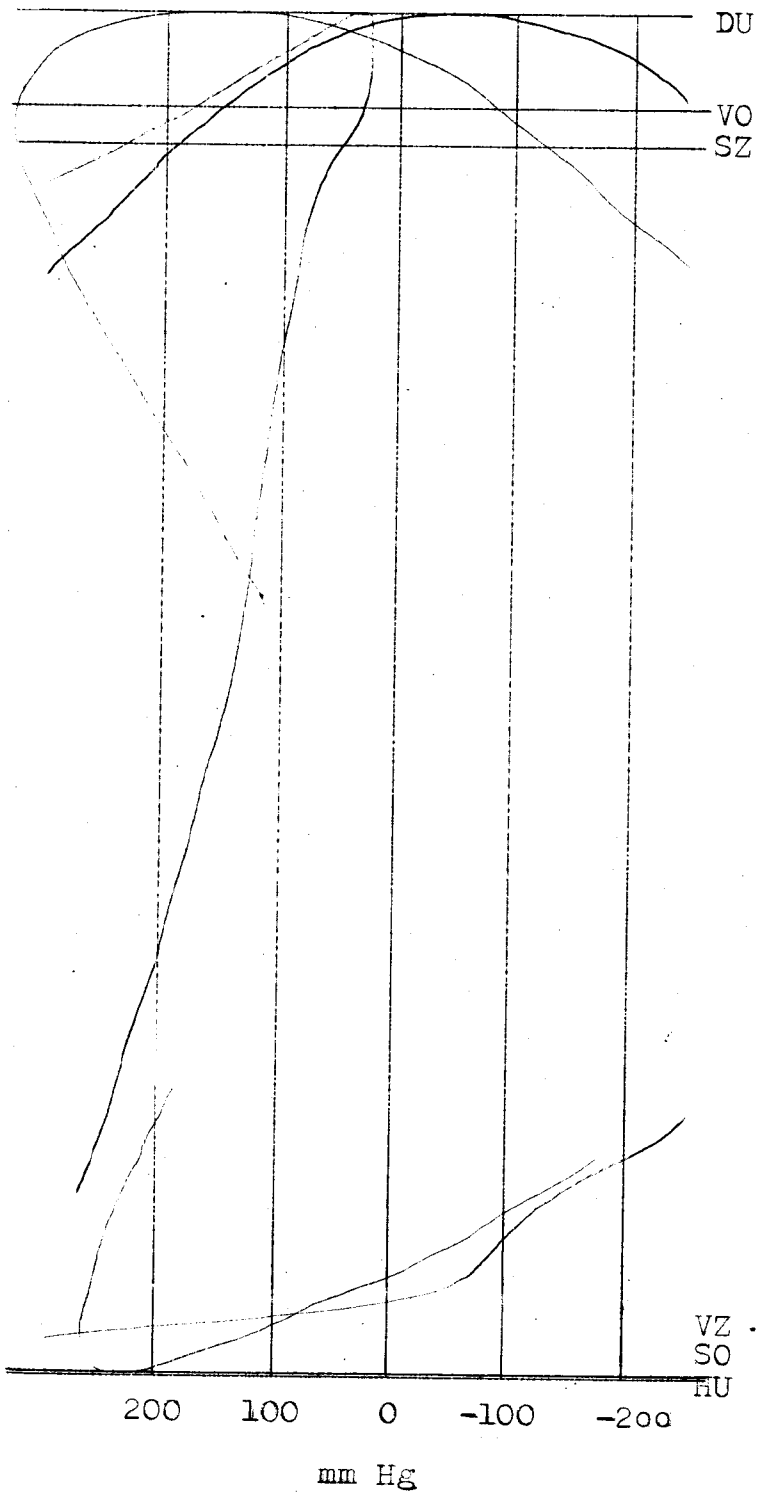


—— Průběh tlaku ve válci

—— Průběh tlaku v ssacím potrubí

1400 ot/min 1:1590 mm

1 válec

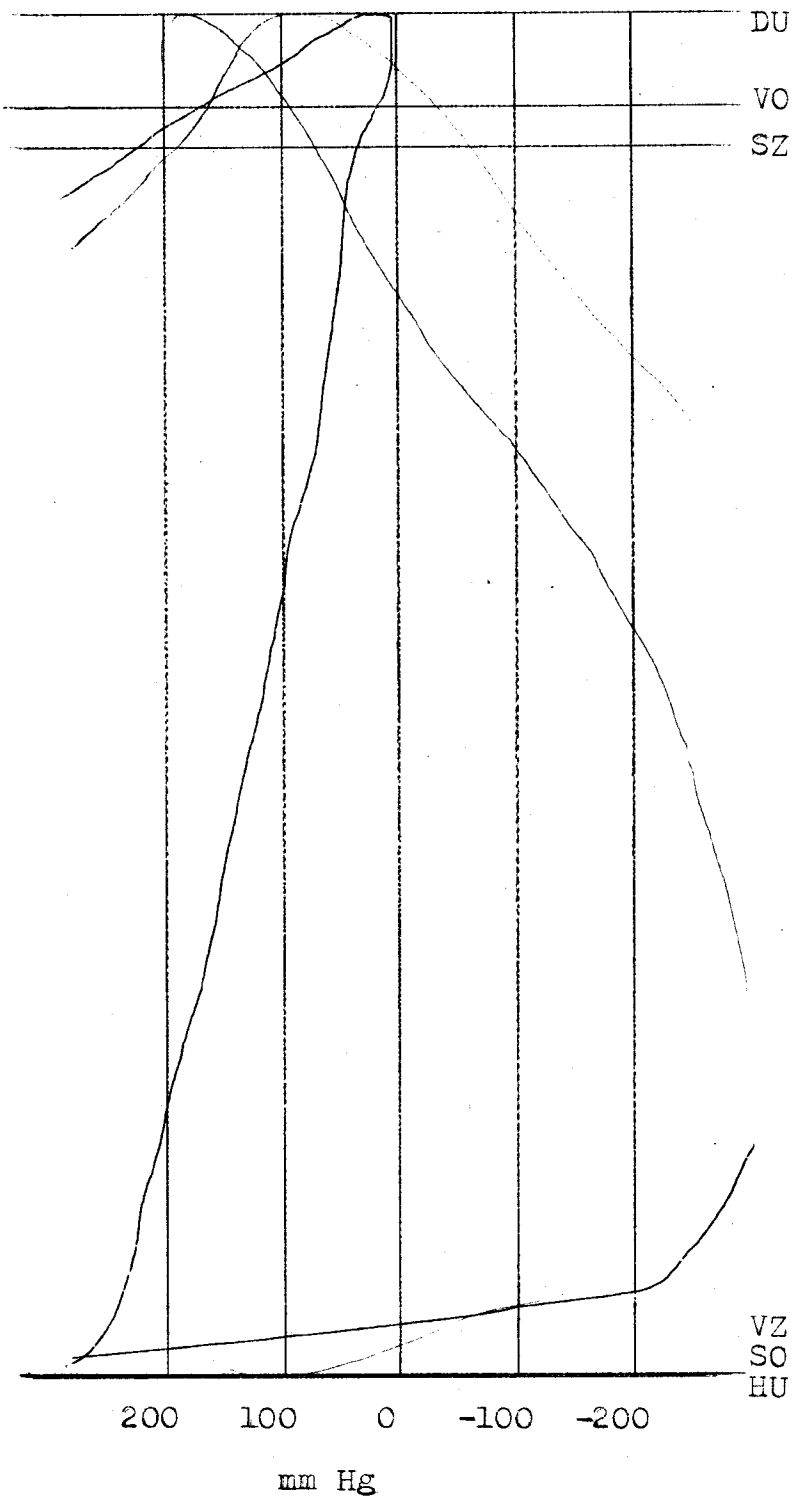


——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

1200 ot/min 1:1590 mm

1 válec

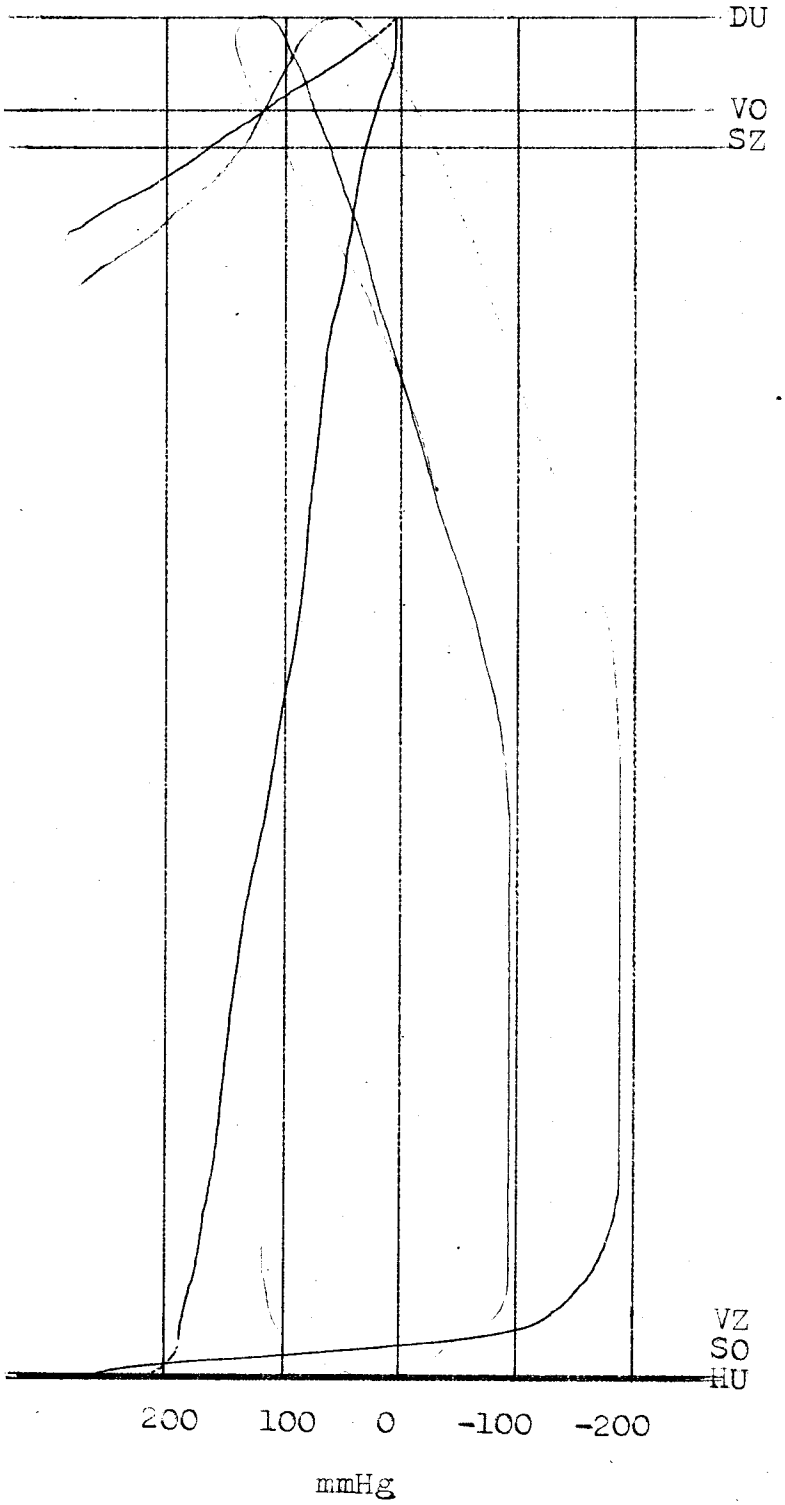


——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

1000 ot/min 1:1590 mm

1 válec

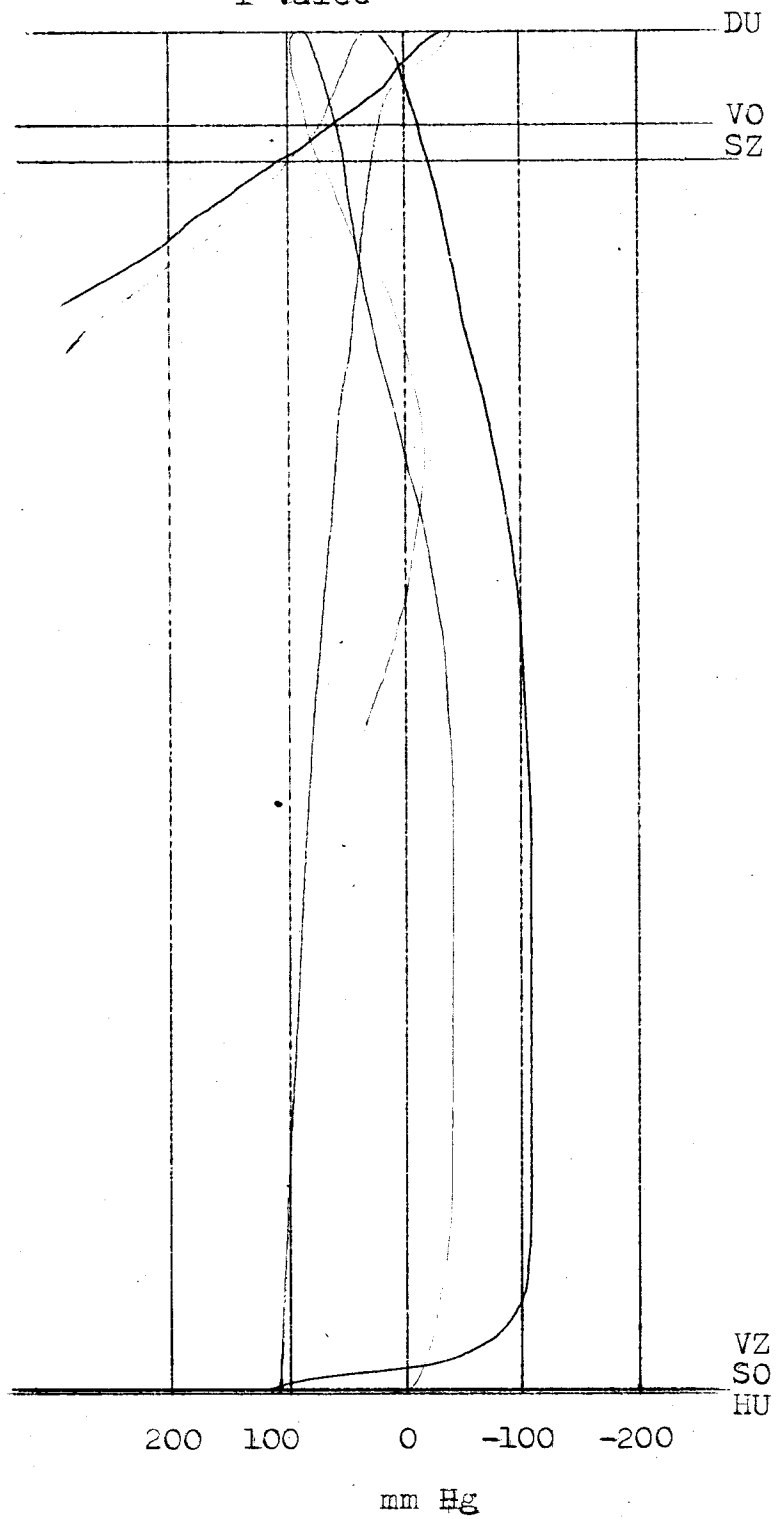


——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v sacím potrubí

800 ot/min 1:1590 mm

1 válec

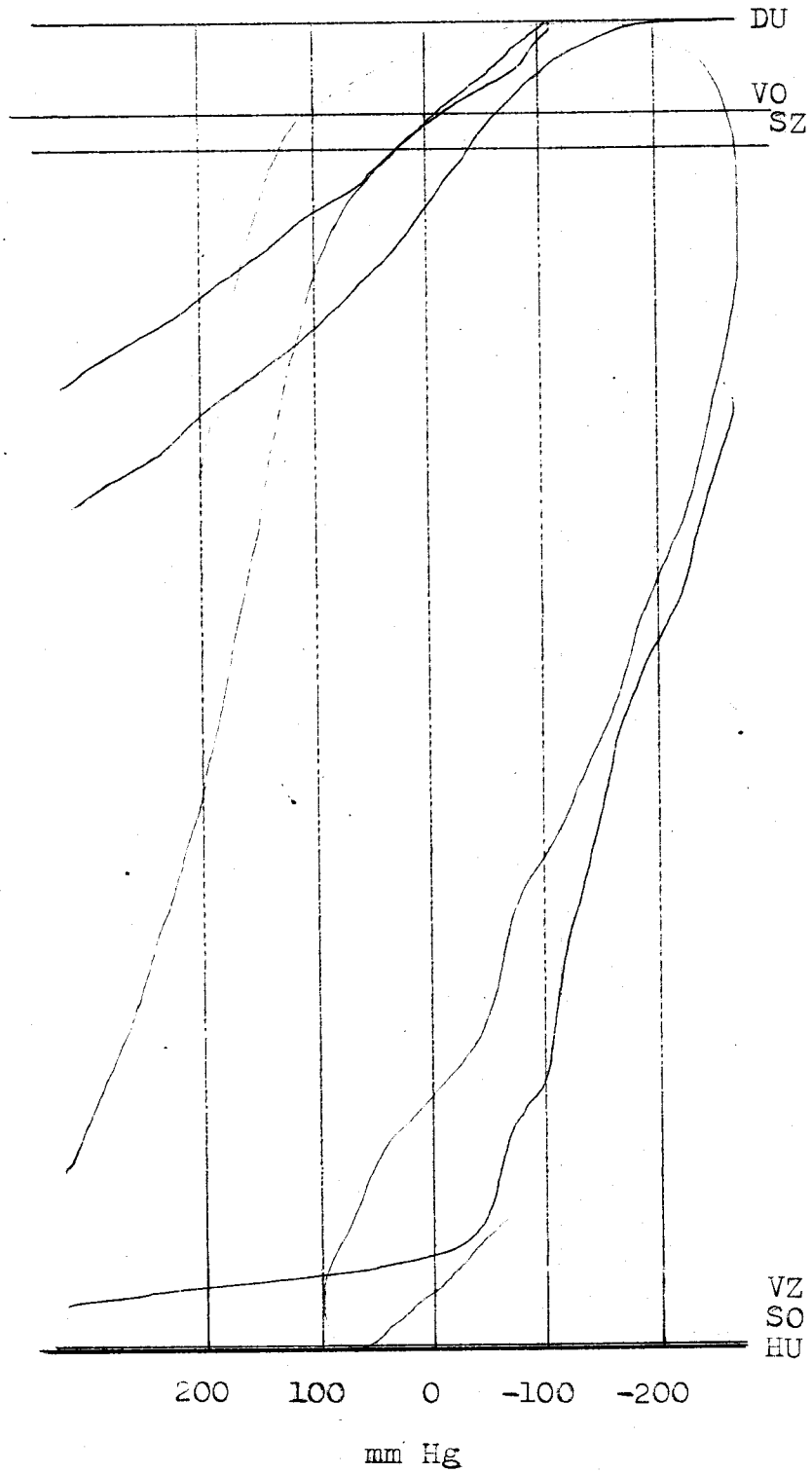


___ Průběh tlaku ve válci

___ Průběh tlaku v sacím potrubí

1800 ot/min 1:1590 mm

2 válec

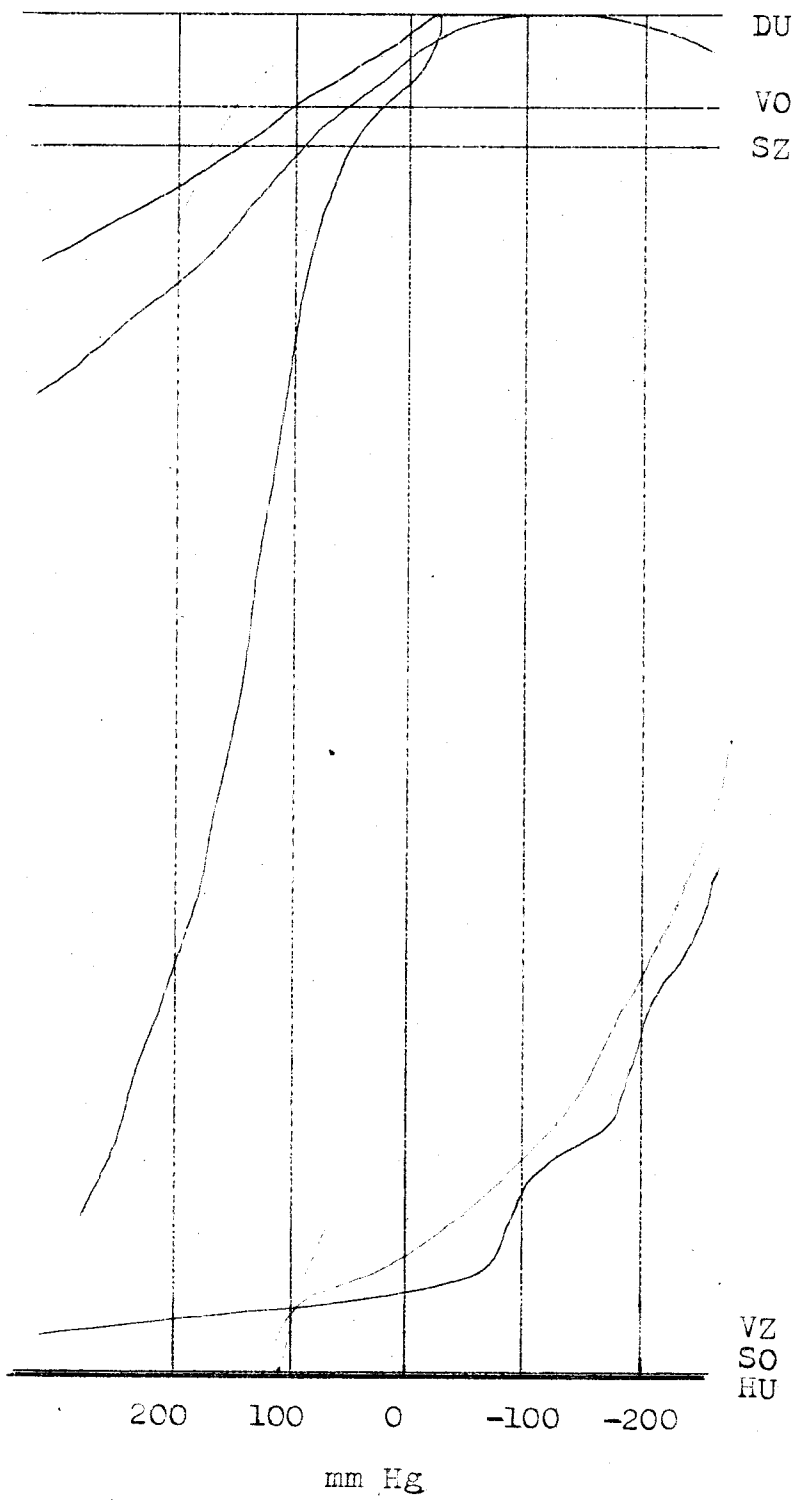


——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

1600 ot/min 1:1590 mm

2 válec

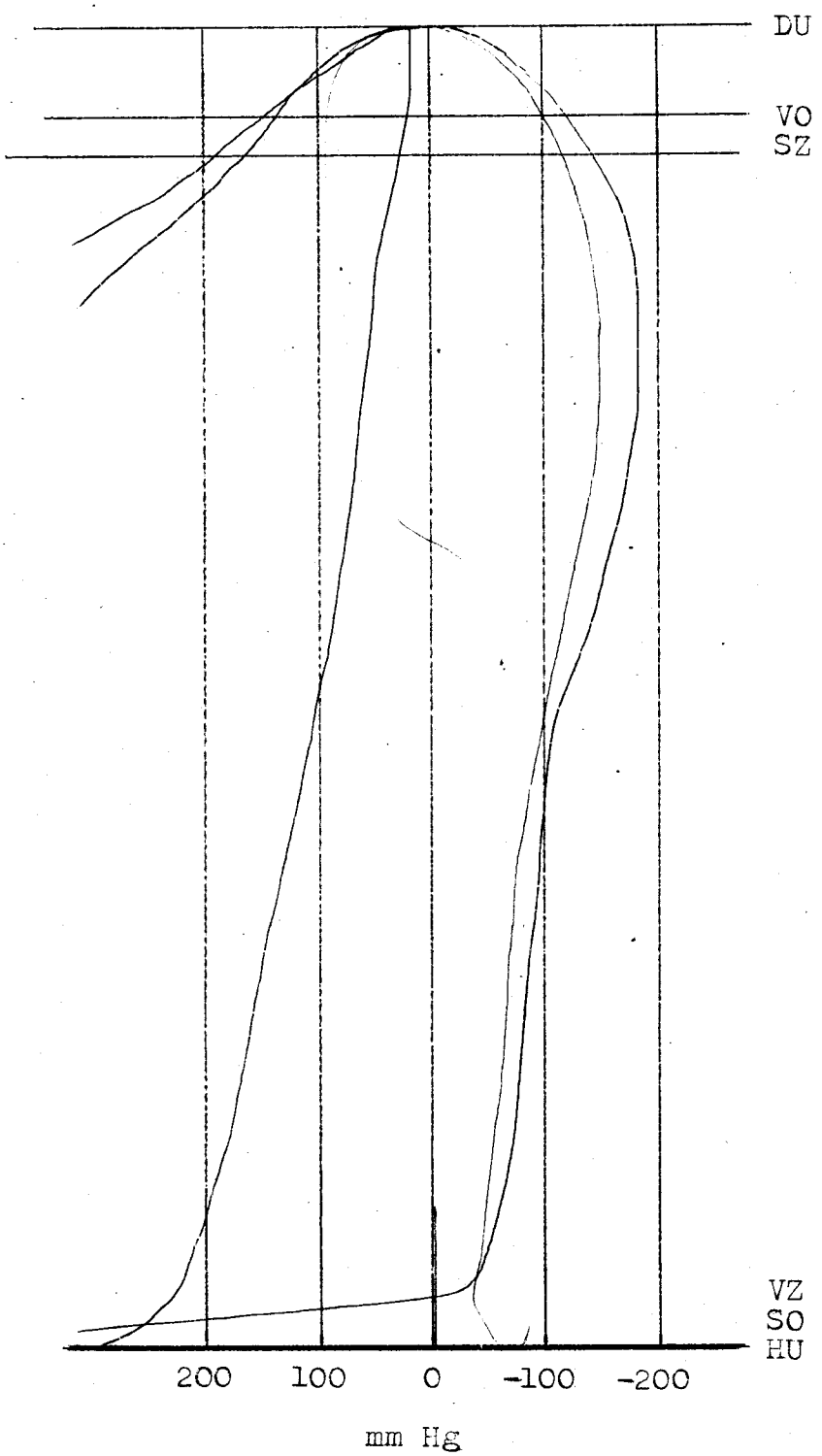


——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

1200 ot/min 1:1590 mm

2 válec

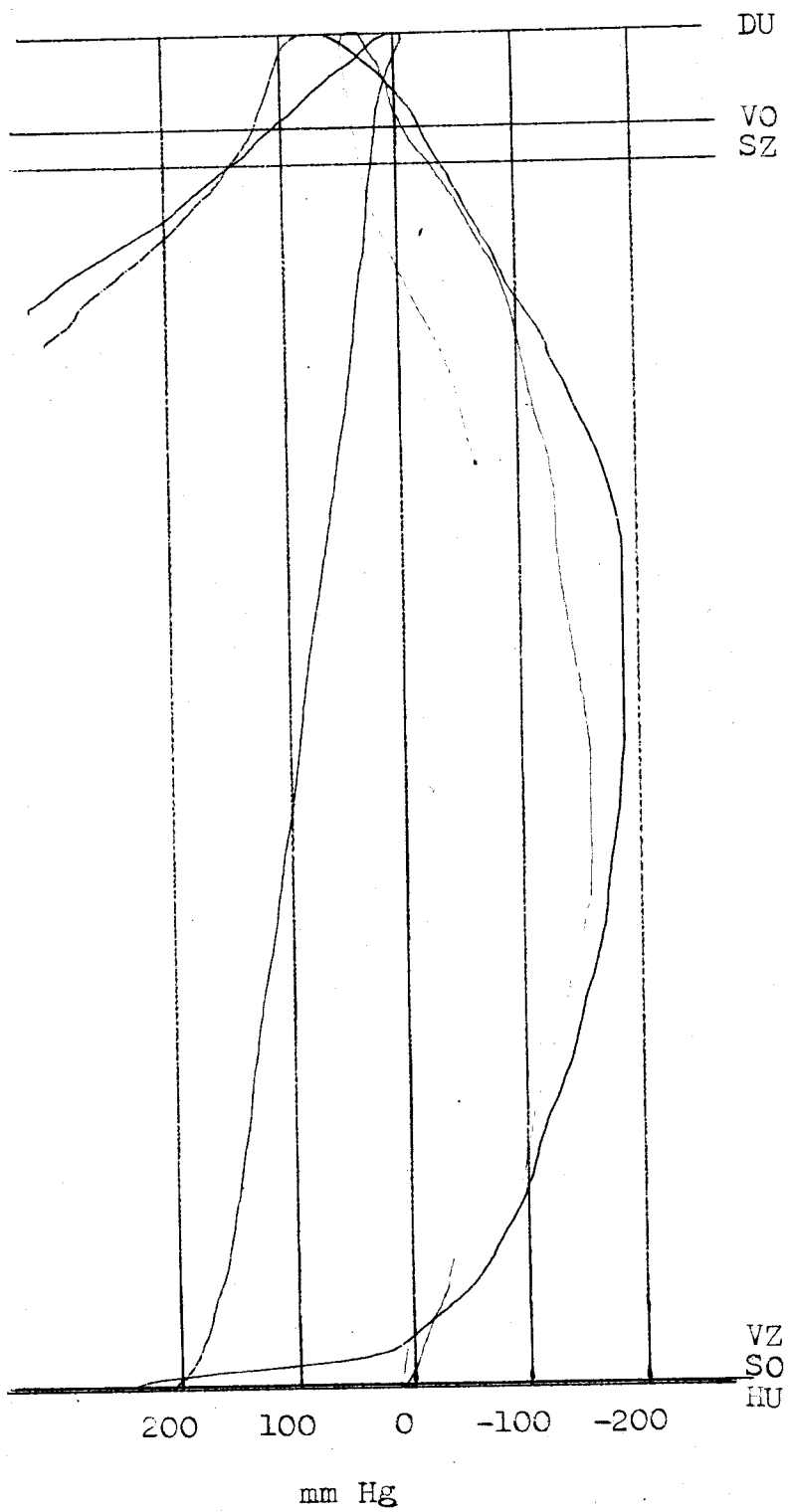


____ Průběh tlaku ve válci

____ Průběh tlaku v ssacím potrubí

1000 ot/min 1:1590 mm

2 válec

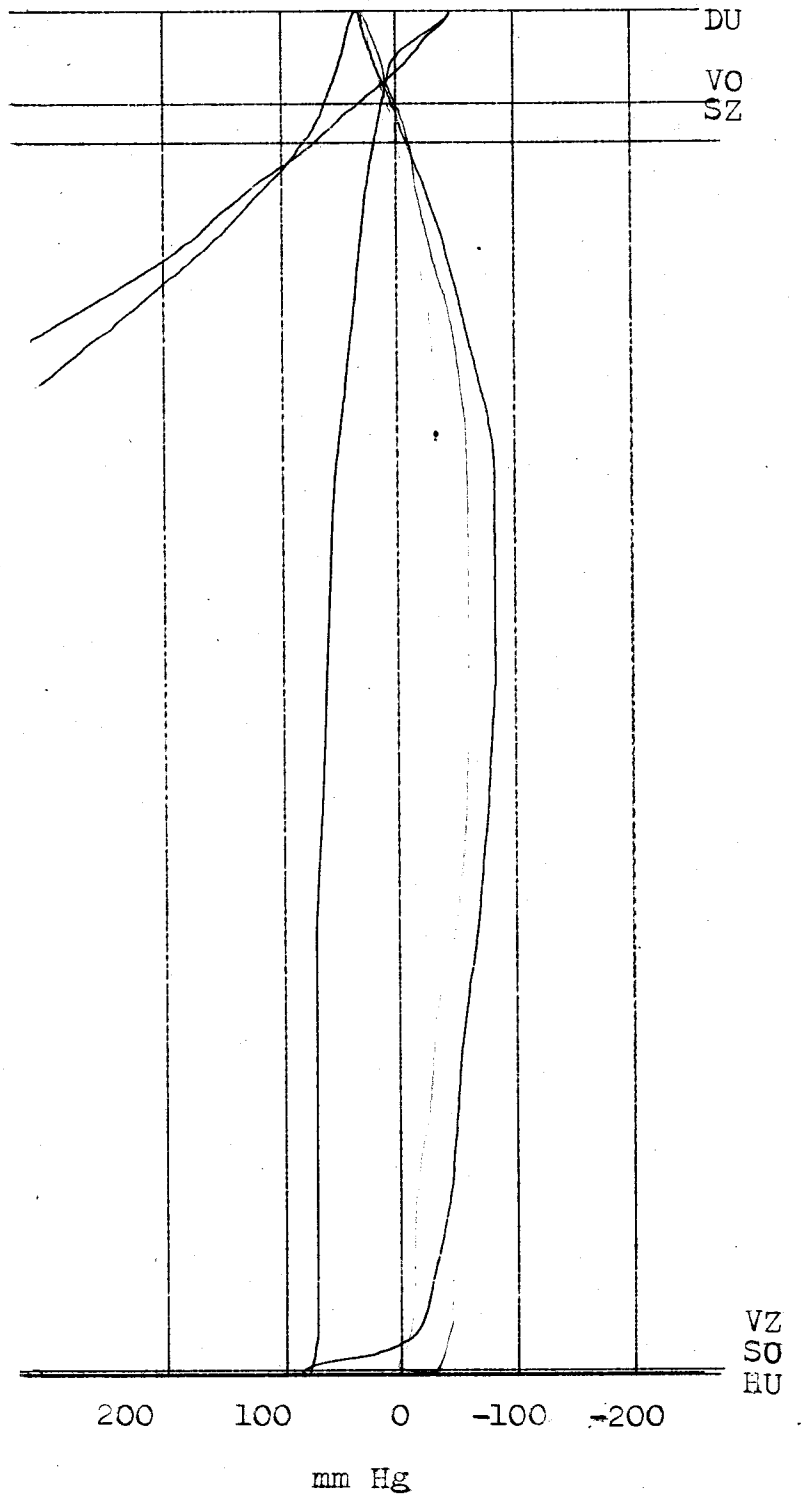


____ Průběh tlaku ve válci

____ Průběh tlaku v ssacím potrubí

800 ot/min 1:1590 mm

2válec

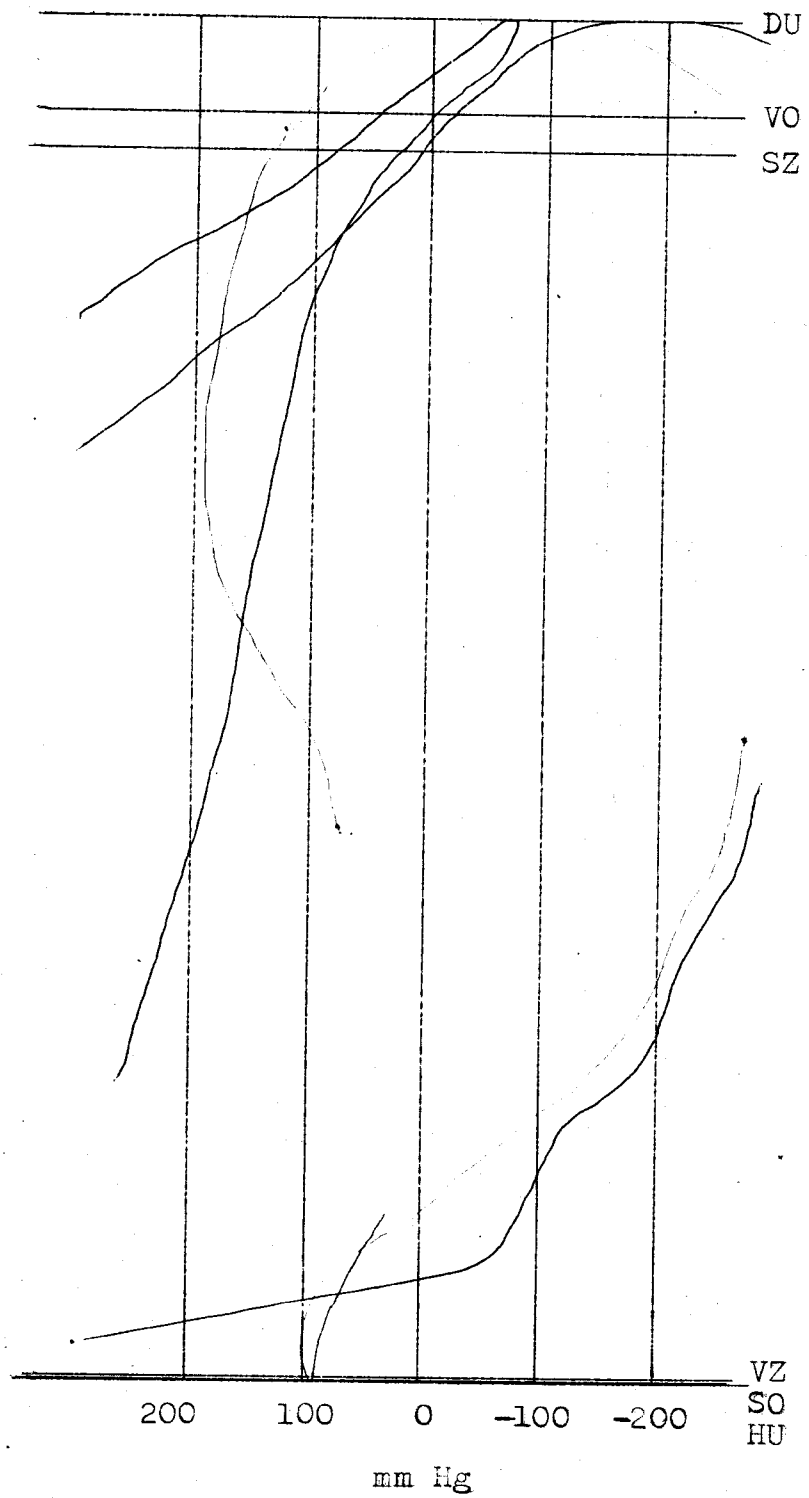


—— Průběh tlaku ve válci

—— Průběh tlaku v ssacím potrubí

1800 ot/min 1:1380mm

2.válec

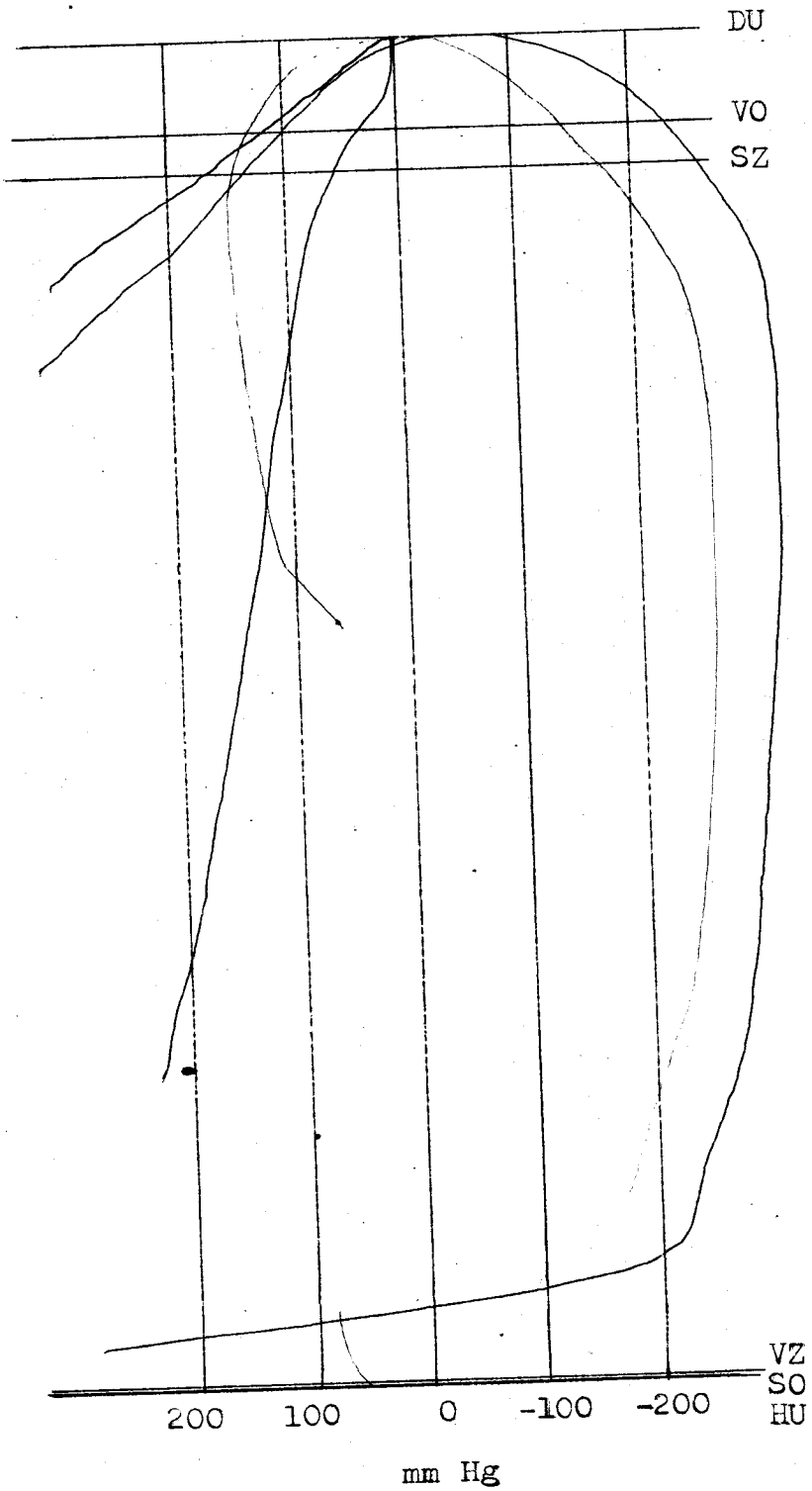


____ Průběh tlaku ve válci

____ Průběh tlaku v ssacím potrubí

1600 ot/min 1:1380mm

2.válec

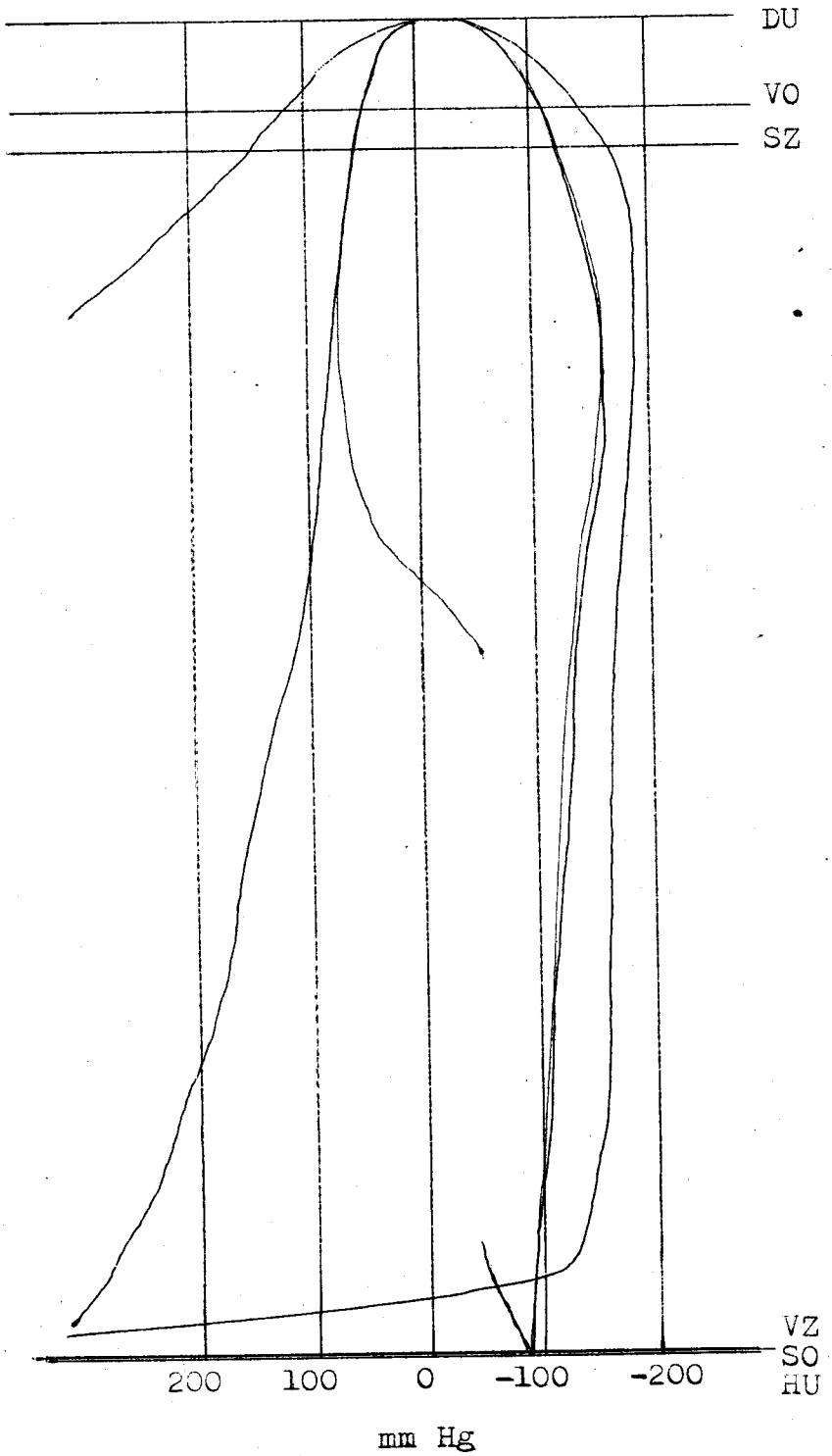


____ Průběh tlaku ve válci

____ Průběh tlaku v ssacím potrubí

1400 ot/min 1:1380mm

2.válec

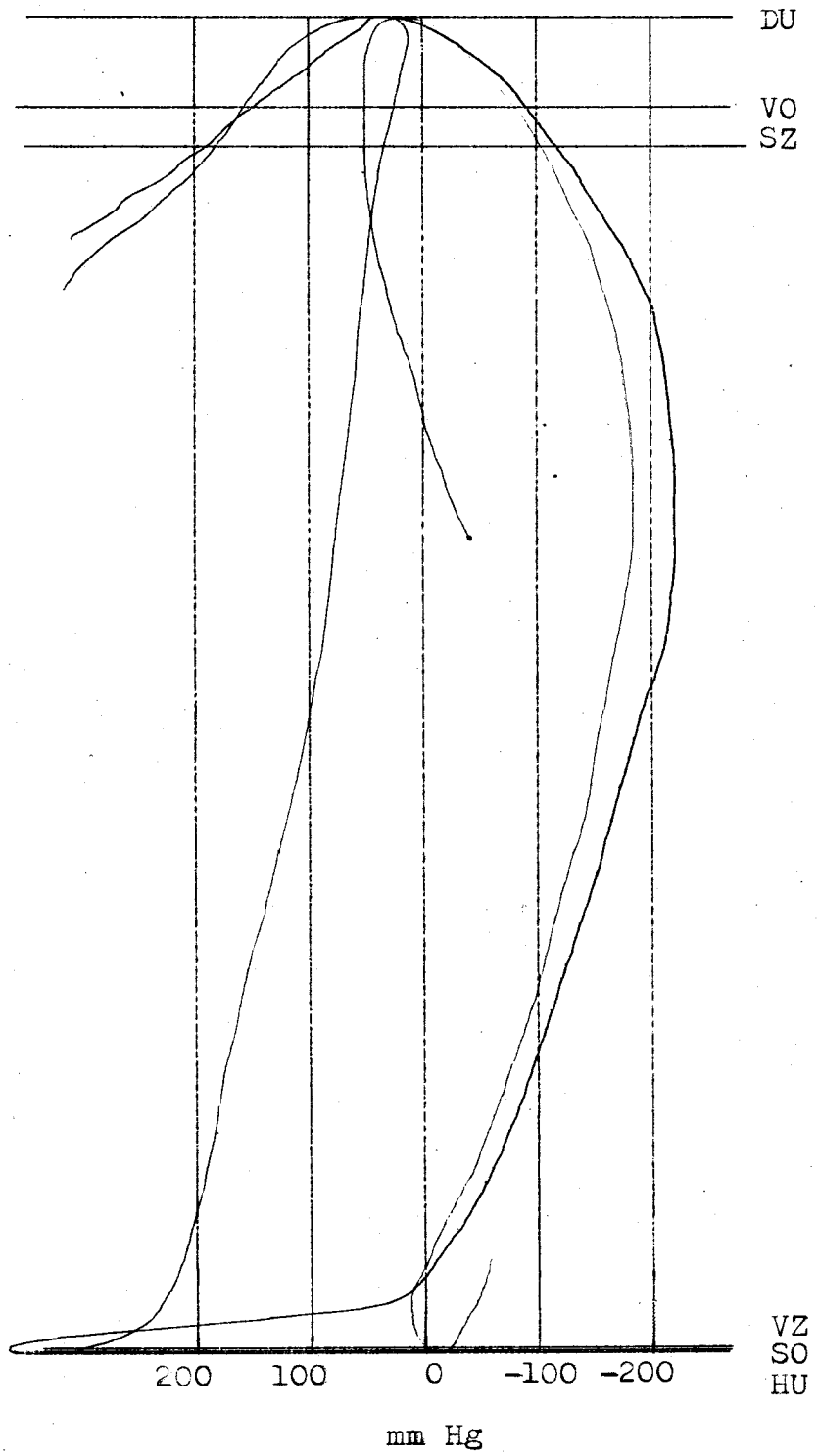


——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

1200 ot/min 1:1380mm

2.válec

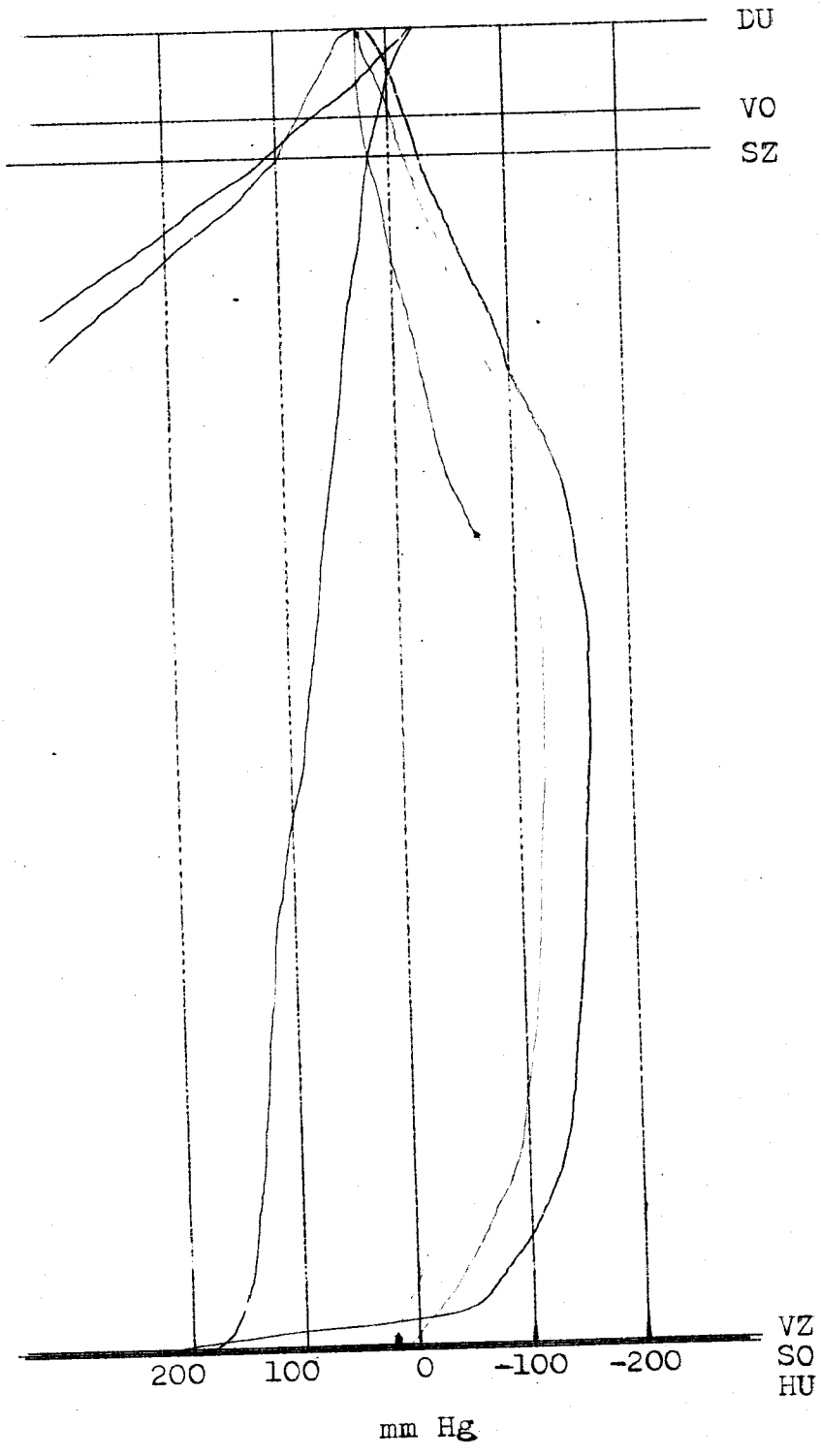


___ Průběh tlaku ve válci

___ Průběh tlaku v ssacím potrubí

1000 ot/min 1:1380 mm

2.válec

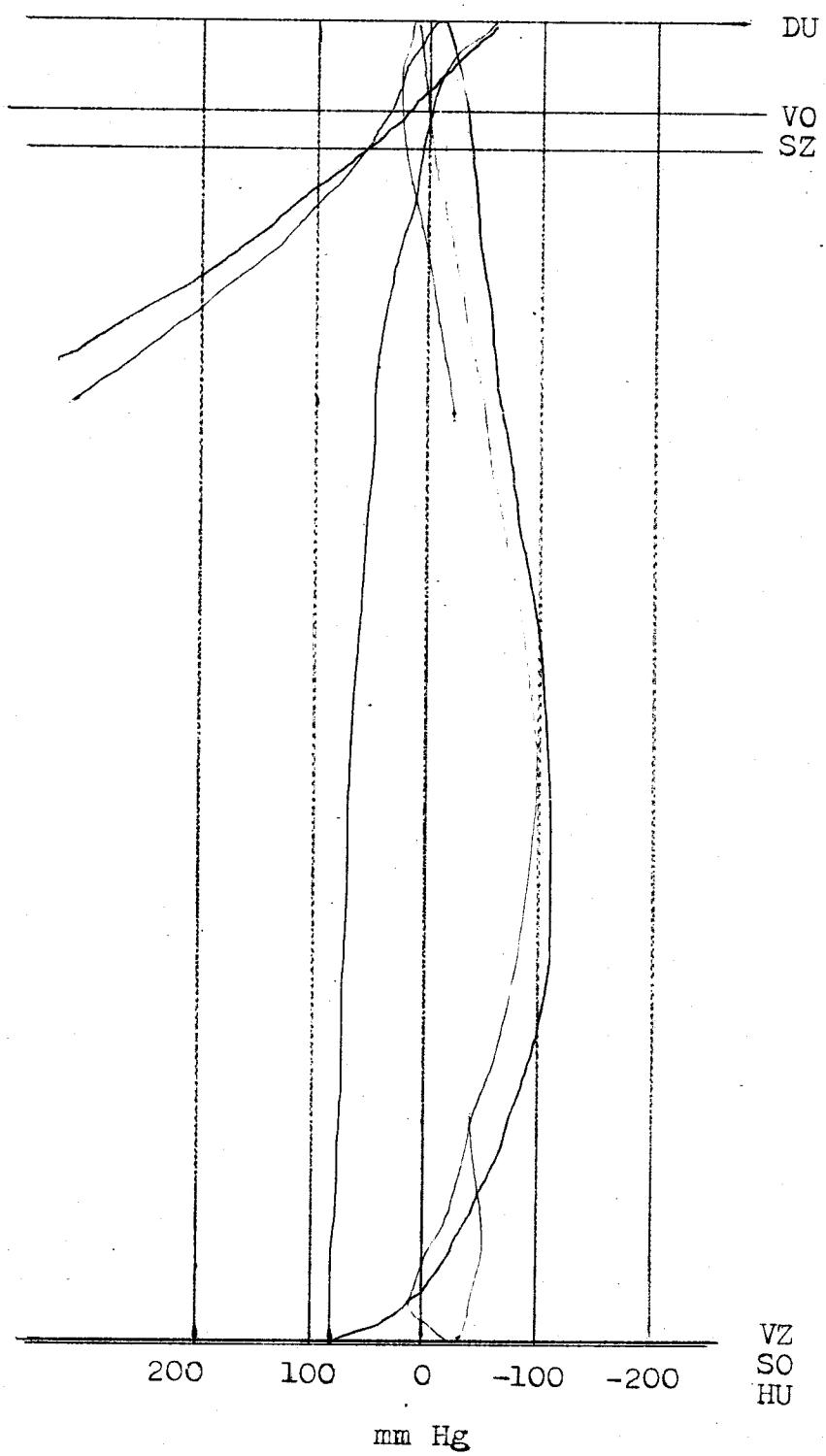


——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

800 ot/min 1:1380 mm

2.válec

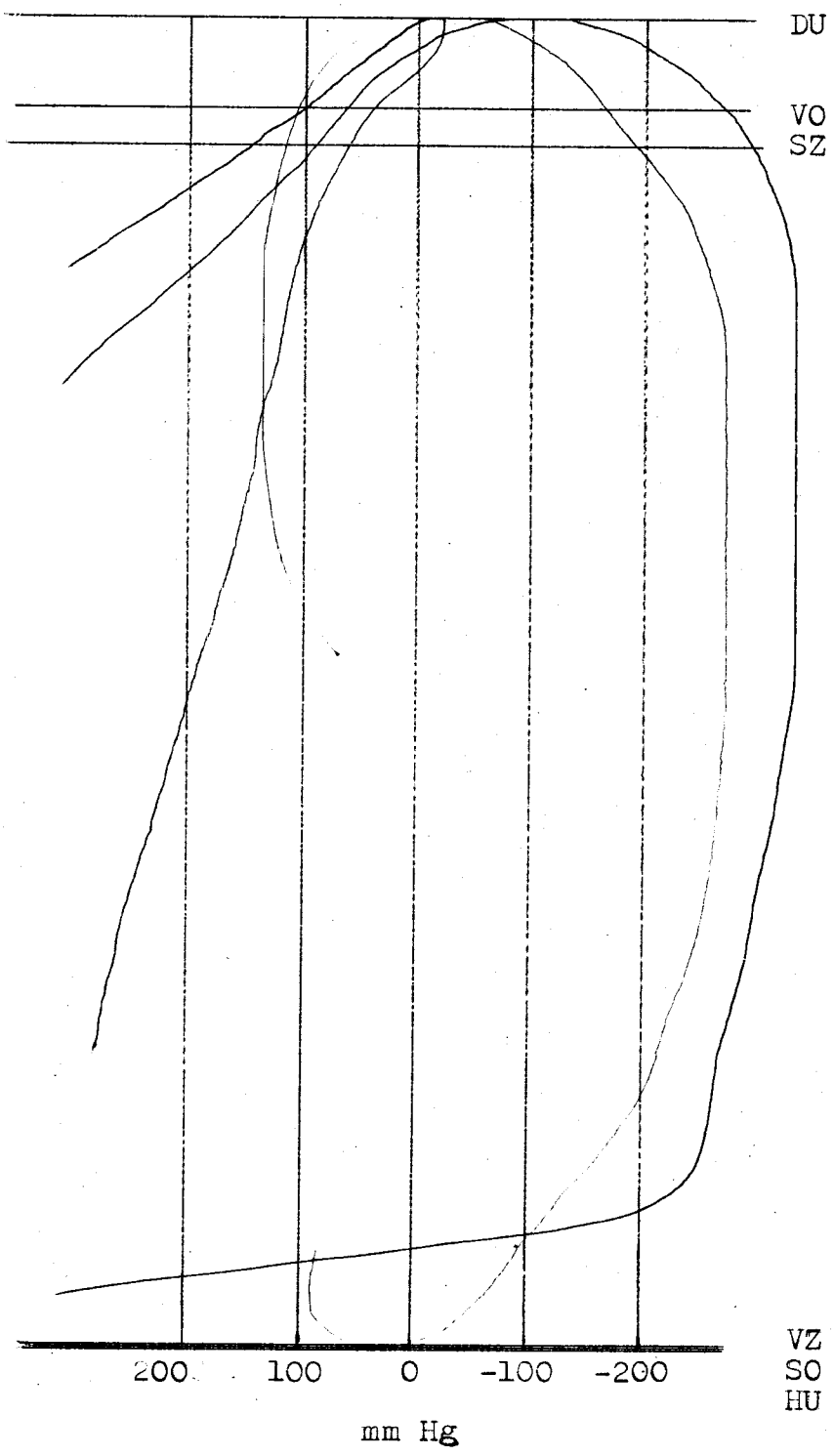


——Průběh tlaku ve válci

——Průběh tlaku v ssacím potrubí

1800 ot/min 1:1130 mm

2.válec

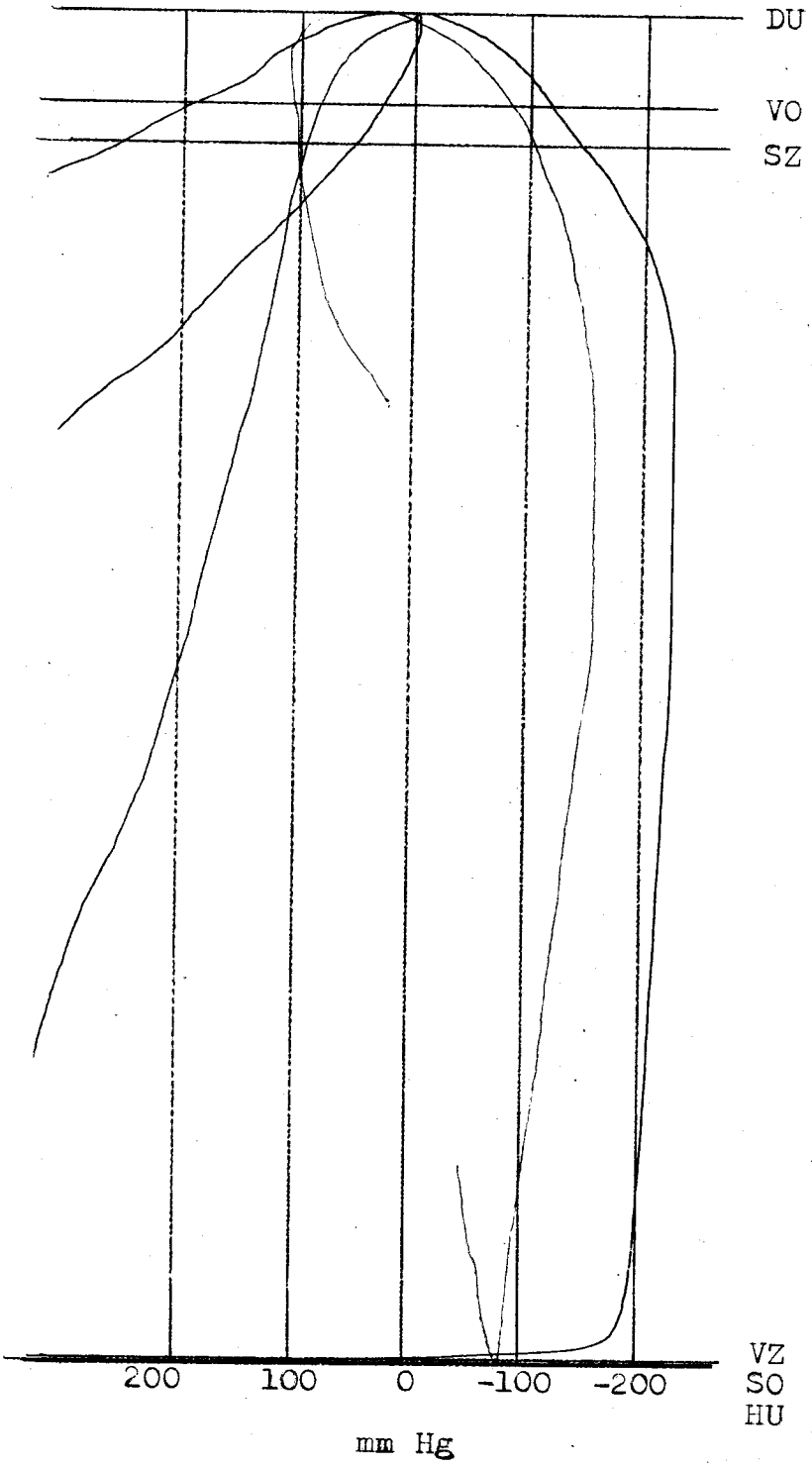


——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

1600 ot/min 1:1130 mm

2.válec

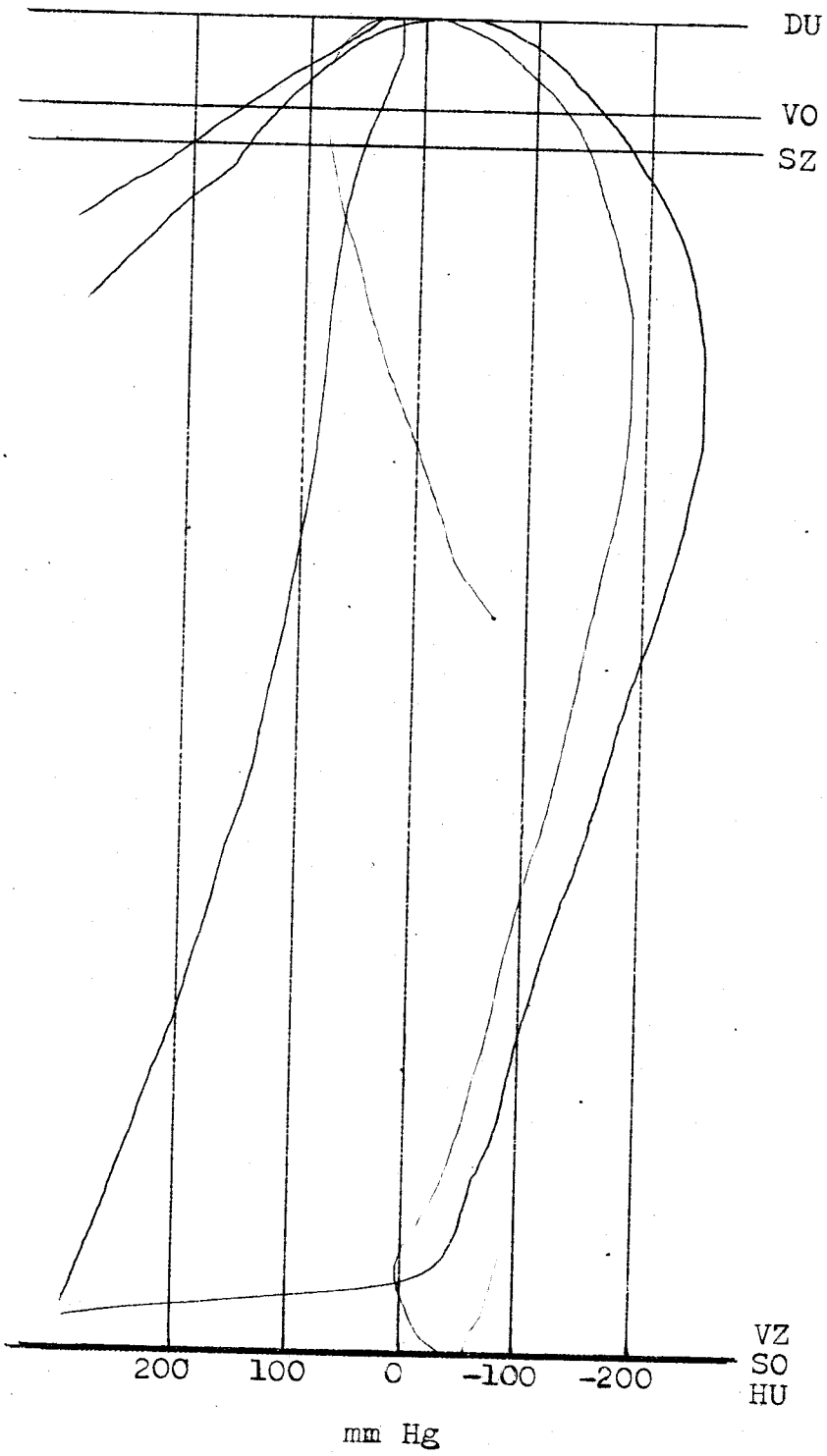


——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

1400 ot/min 1:1130 mm

2.válec

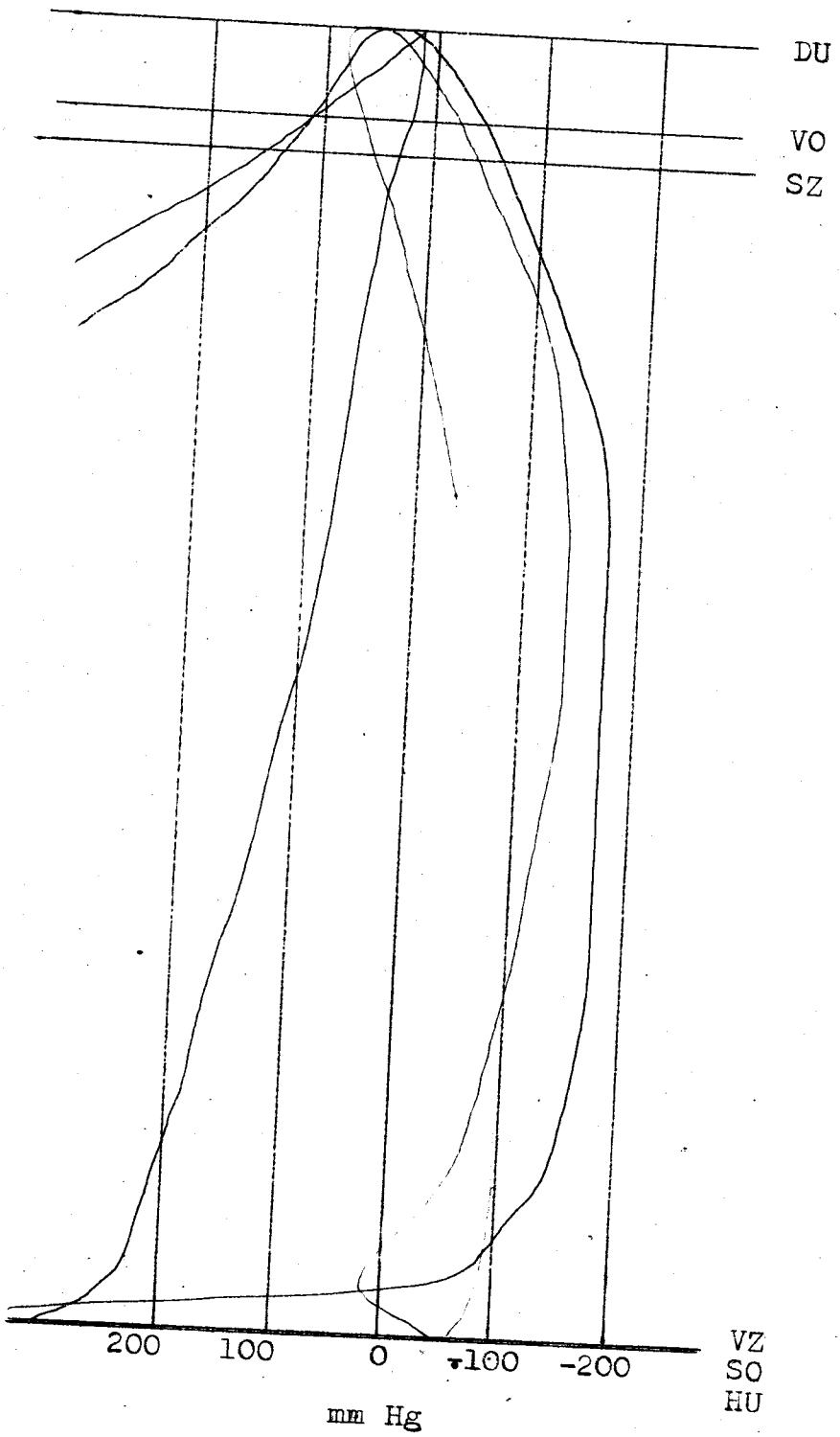


——Průběh tlaku ve válci

——Průběh tlaku v ssacím potrubí

1200 ot/min 1:1130 mm

2.válec

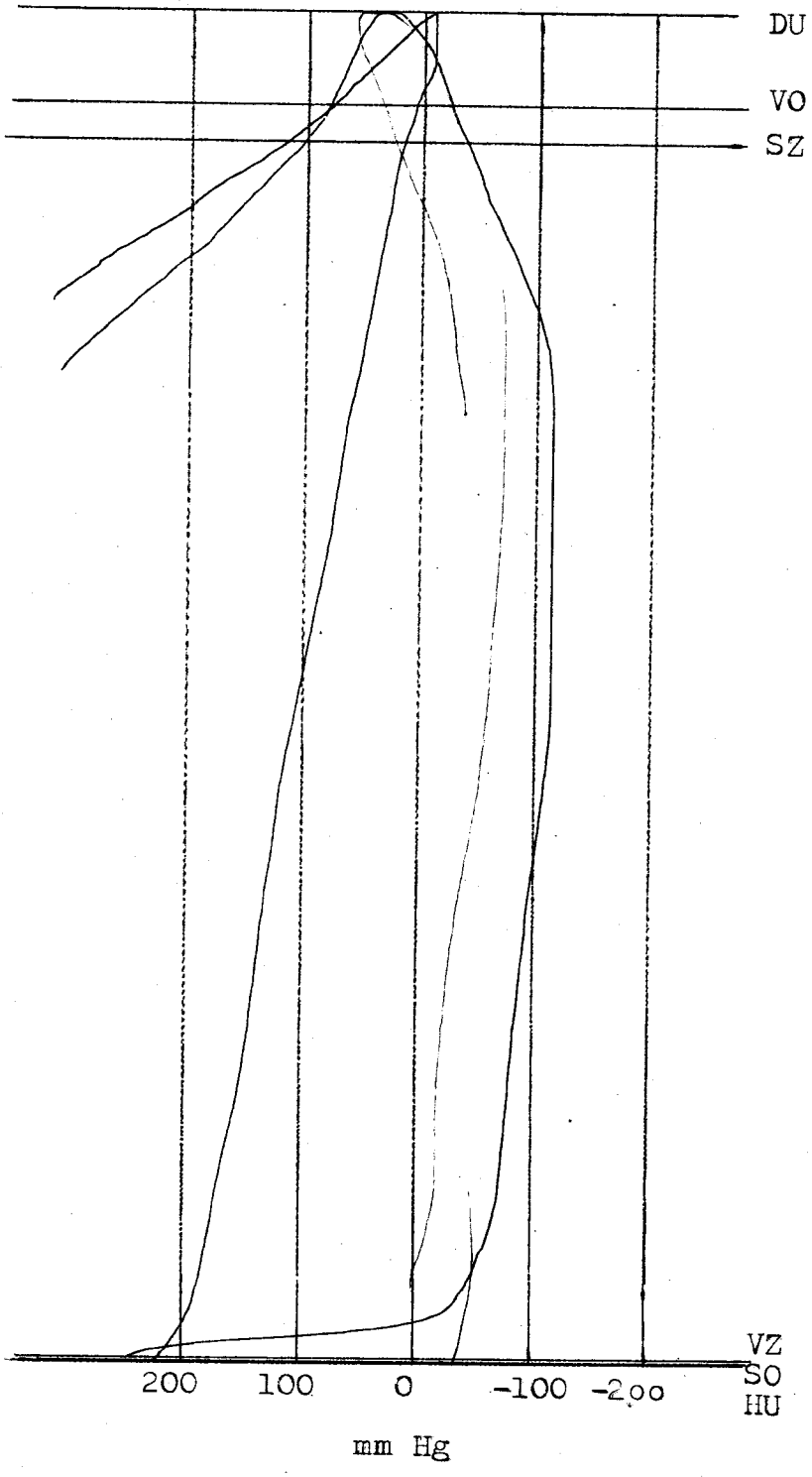


—— Průběh tlaku ve válci

—— Průběh tlaku v ssacím potrubí

1000 ot/min 1:1130 mm

2.válec

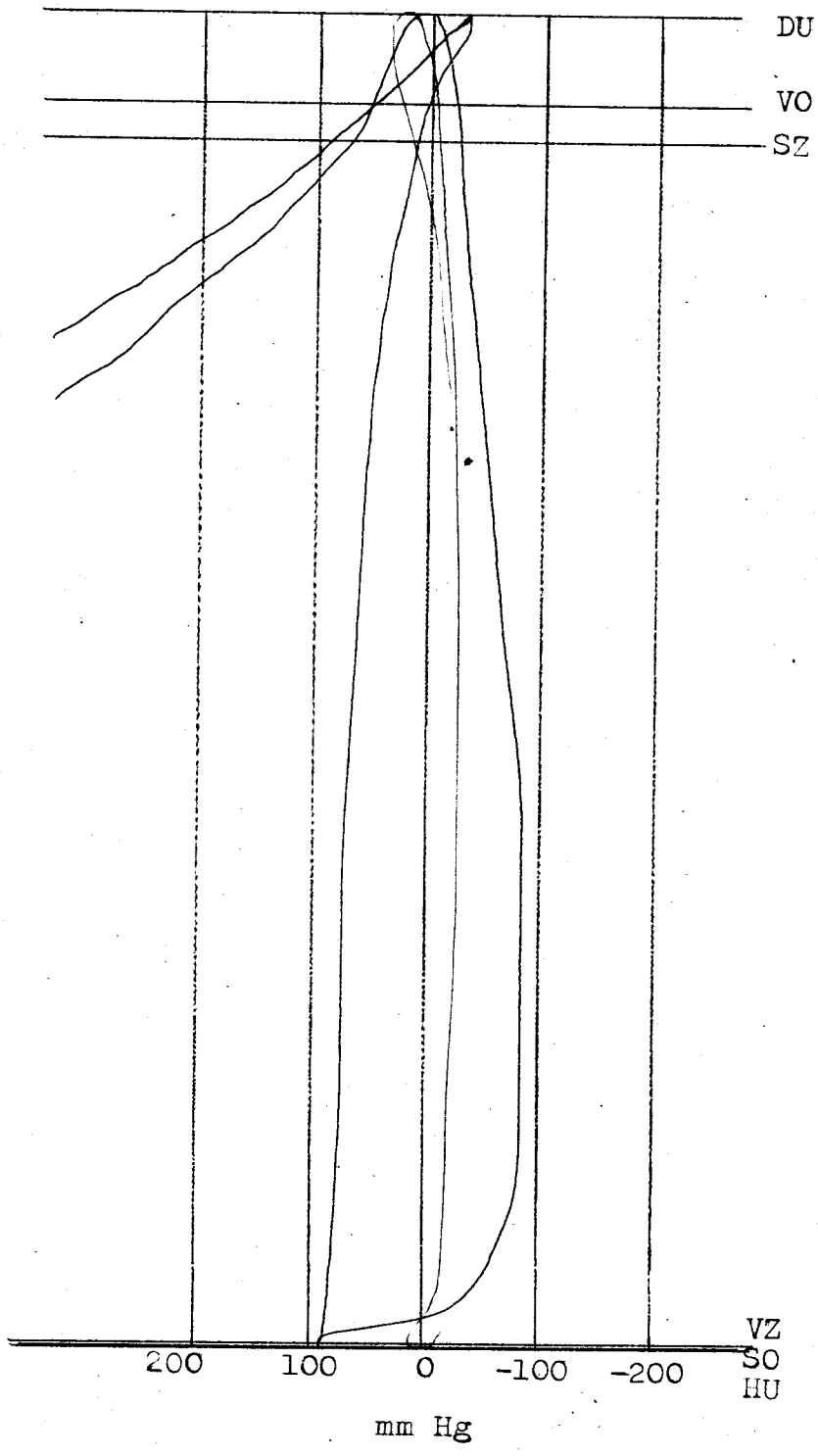


—— Průběh tlaku ve válci

—— Průběh tlaku v ssacím potrubí

800 ot/min 1:1130 mm

2.válec

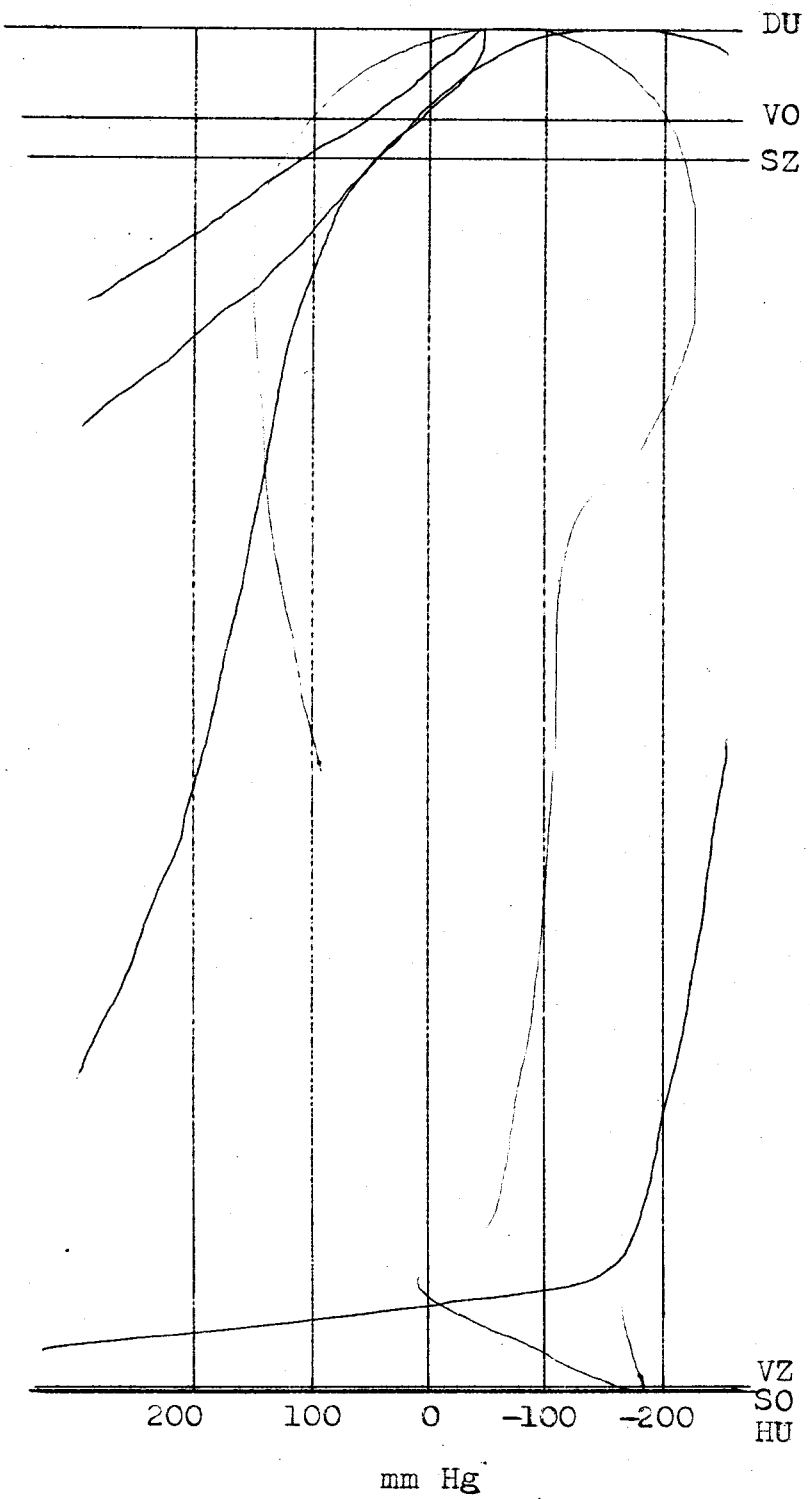


—— Průběh tlaku ve válci

—— Průběh tlaku v ssacím potrubí

1800 ot/min 1:1130 mm

4.válec

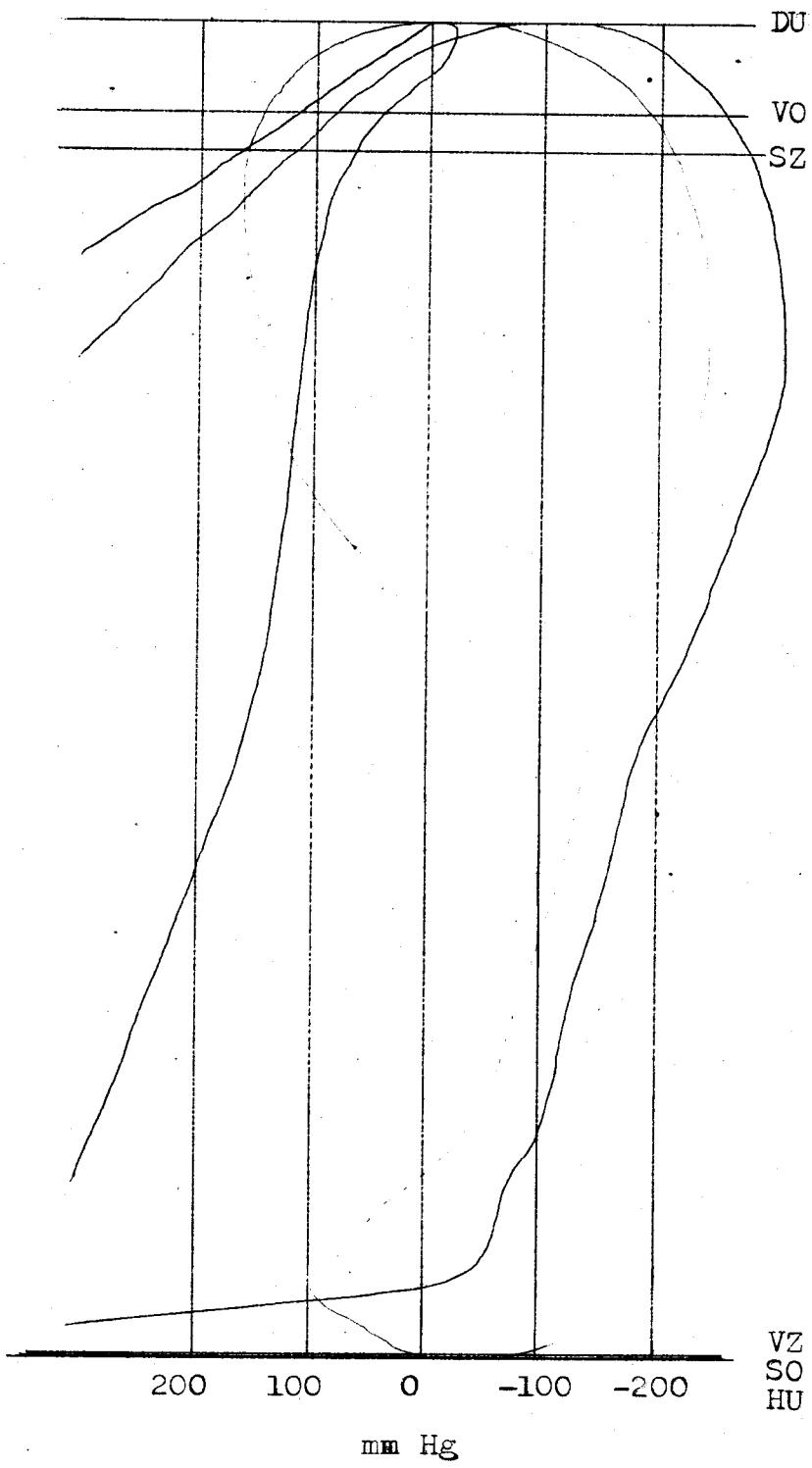


____ Průběh tlaku ve válci

____ Průběh tlaku v ssacím potrubí

1600 ot/min 1:1130 mm

4.válec

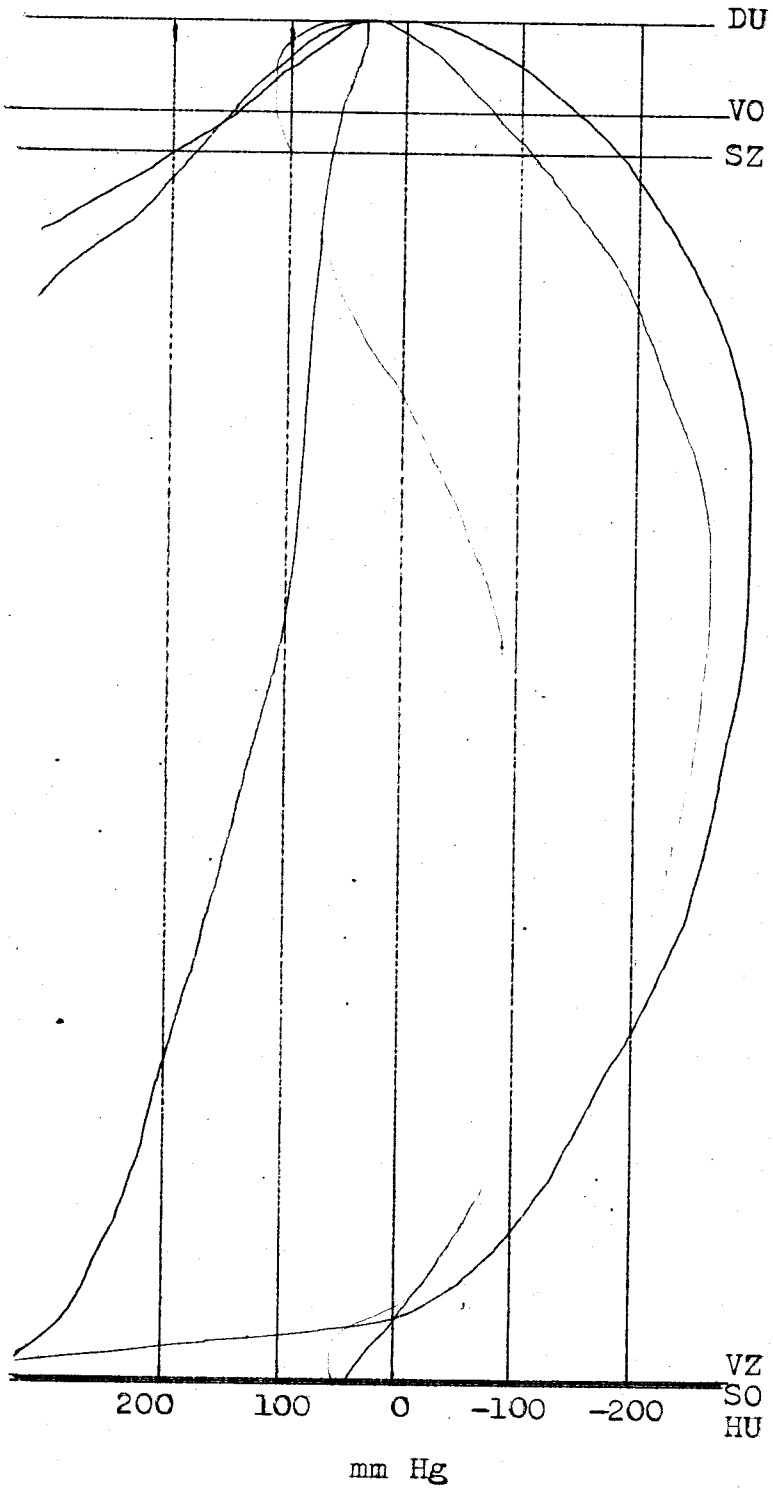


——— Průběh tlaku ve válci

———Průběh tlaku v ssacím potrubí

1400 ot/min 1:1130 mm

4.válec

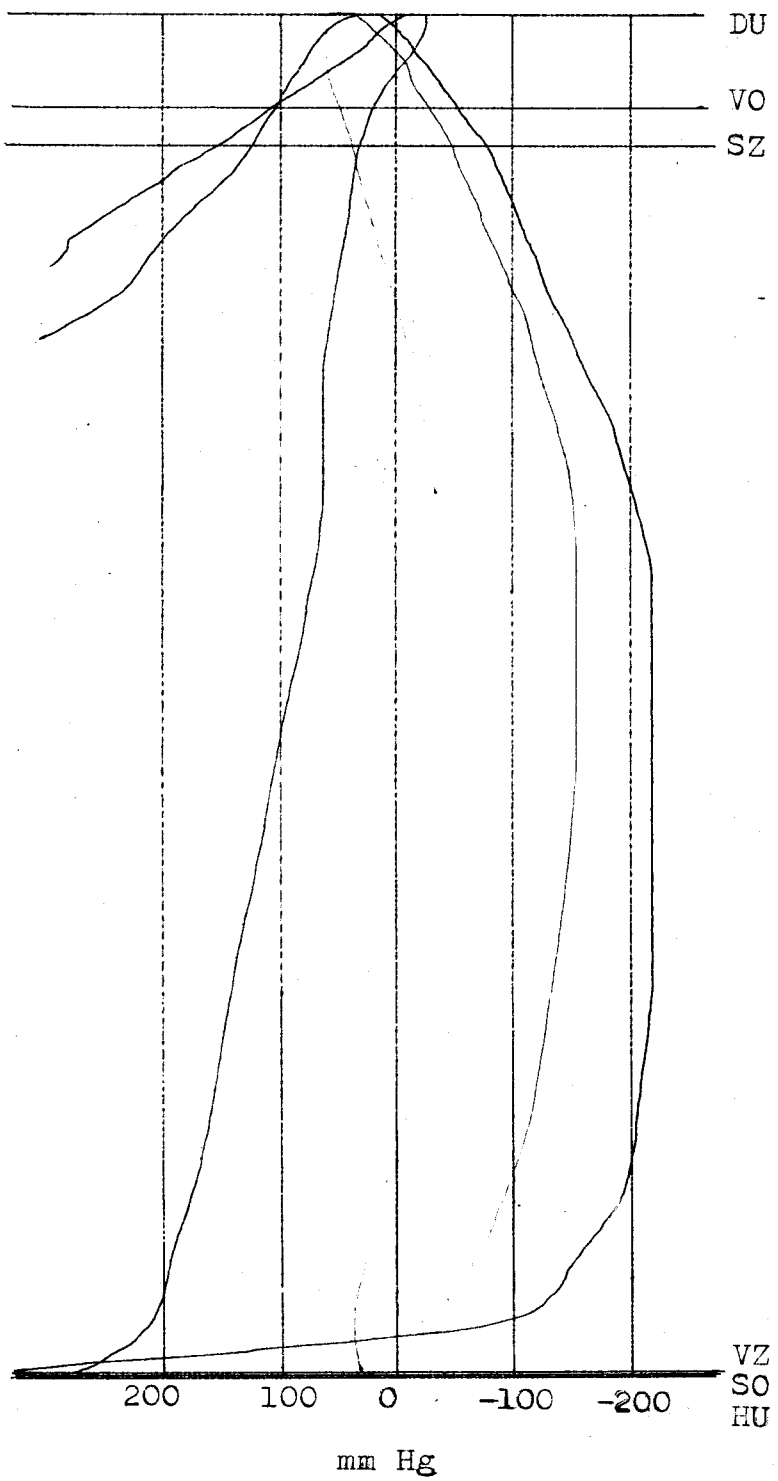


——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

1200 ot/min 1:1130

4.válec

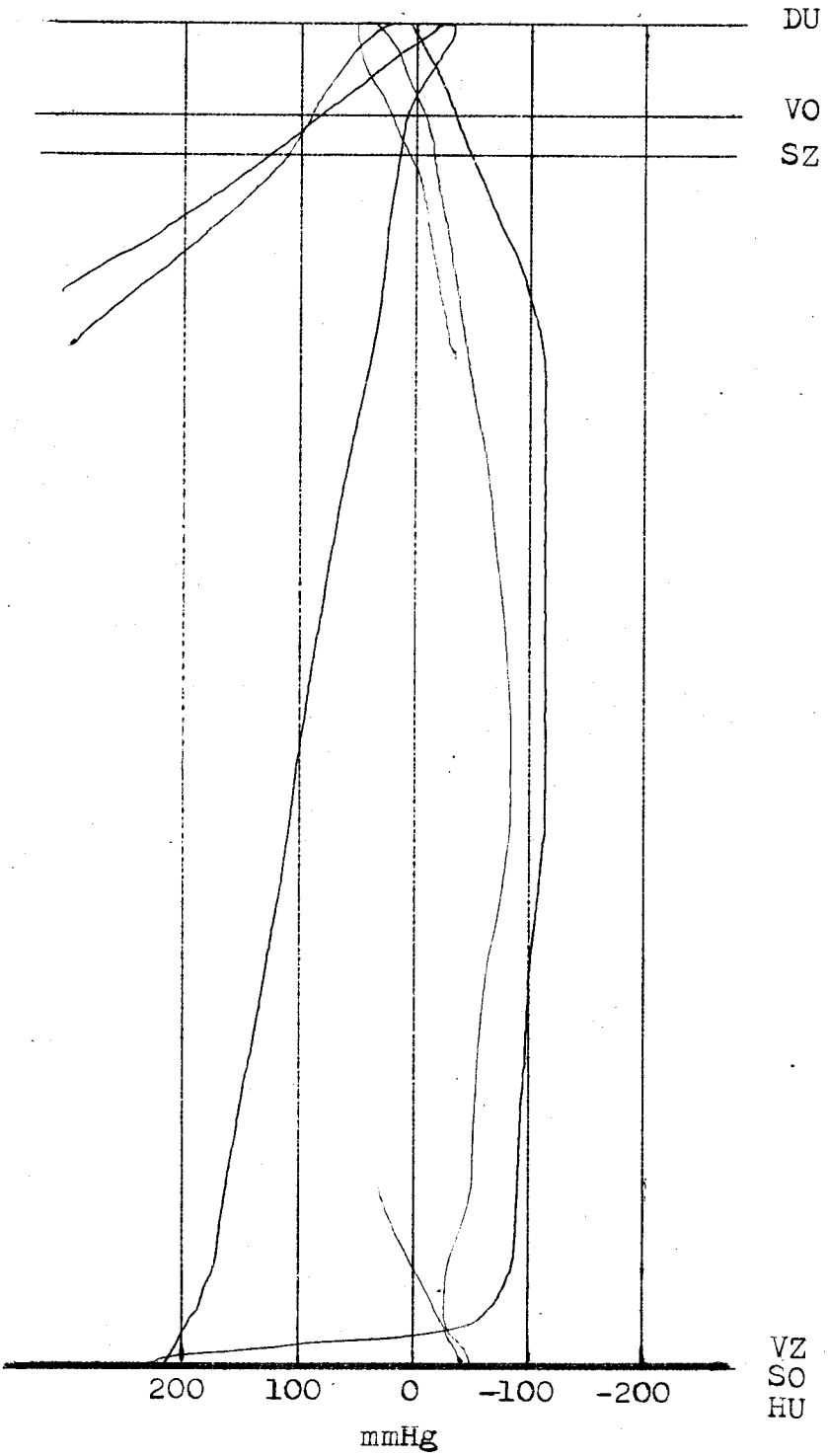


——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

1000 ot/min 1:1130 mm

4. válec

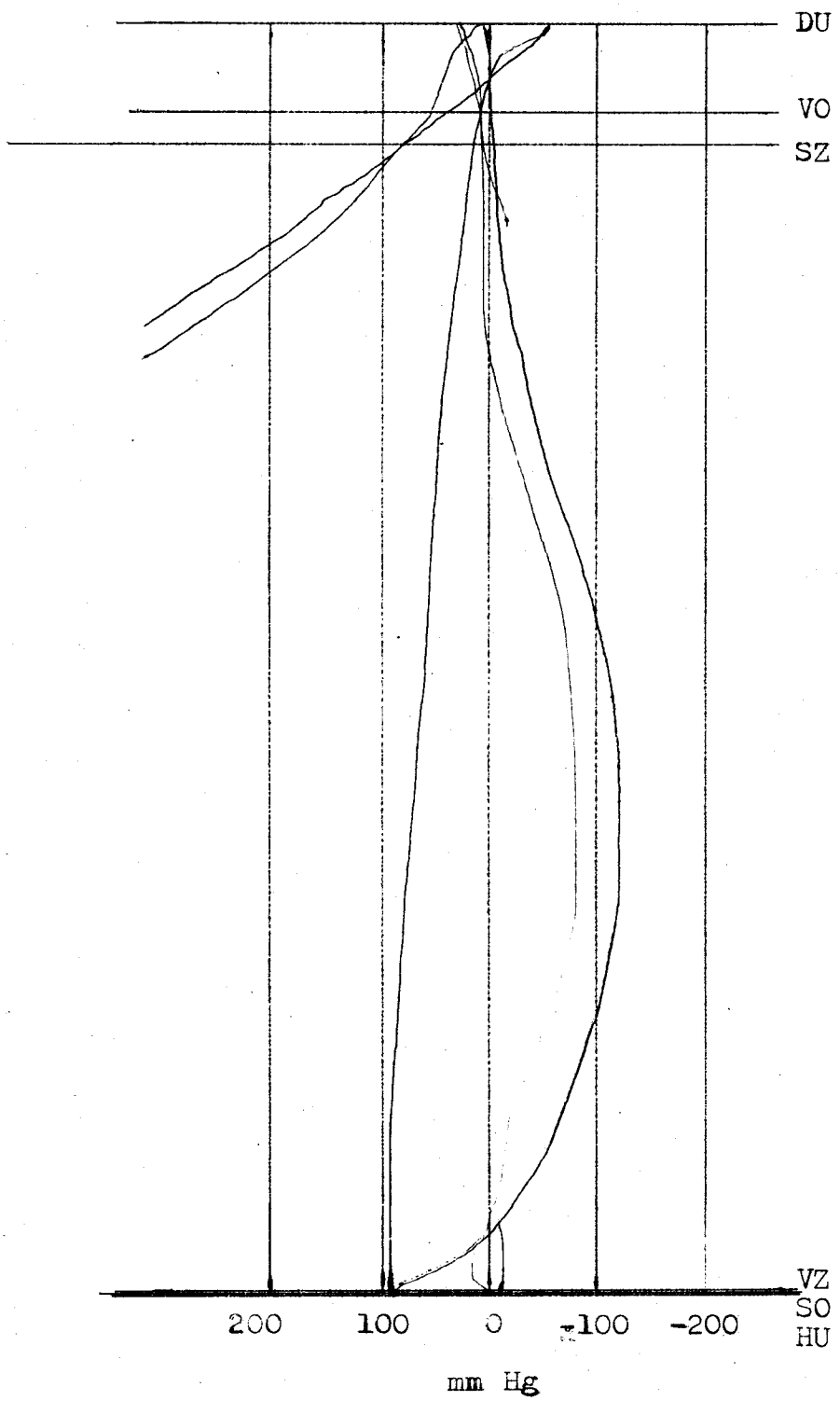


____ Průběh tlaku ve válci

____ Průběh tlaku v ssacím potrubí

800 ot/min 1:1130 mm

4.válec

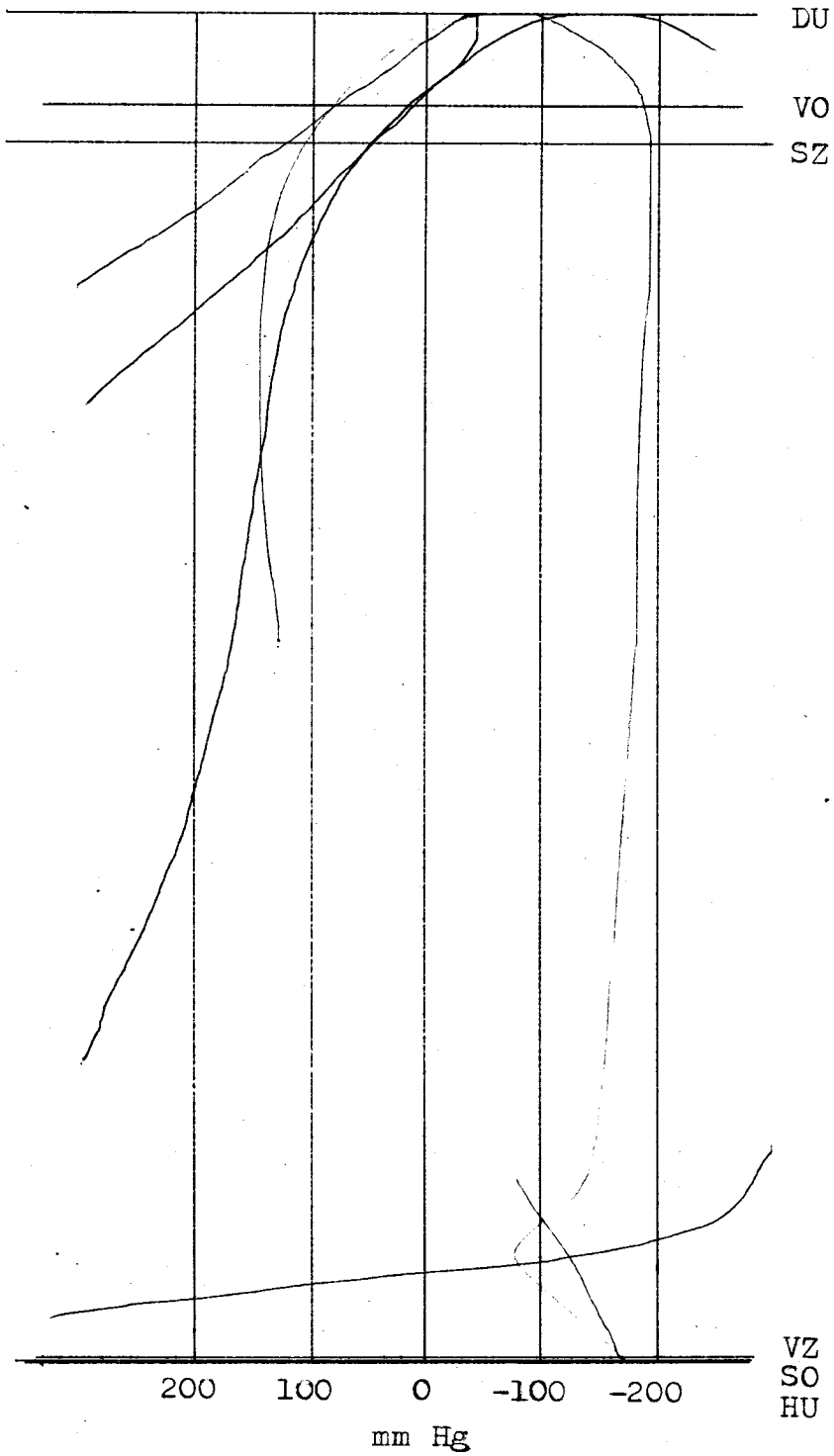


—— Průběh tlaku ve válci

——Průběh tlaku v ssacím potrubí

1800 ot/min 1:1380 mm

4.válec

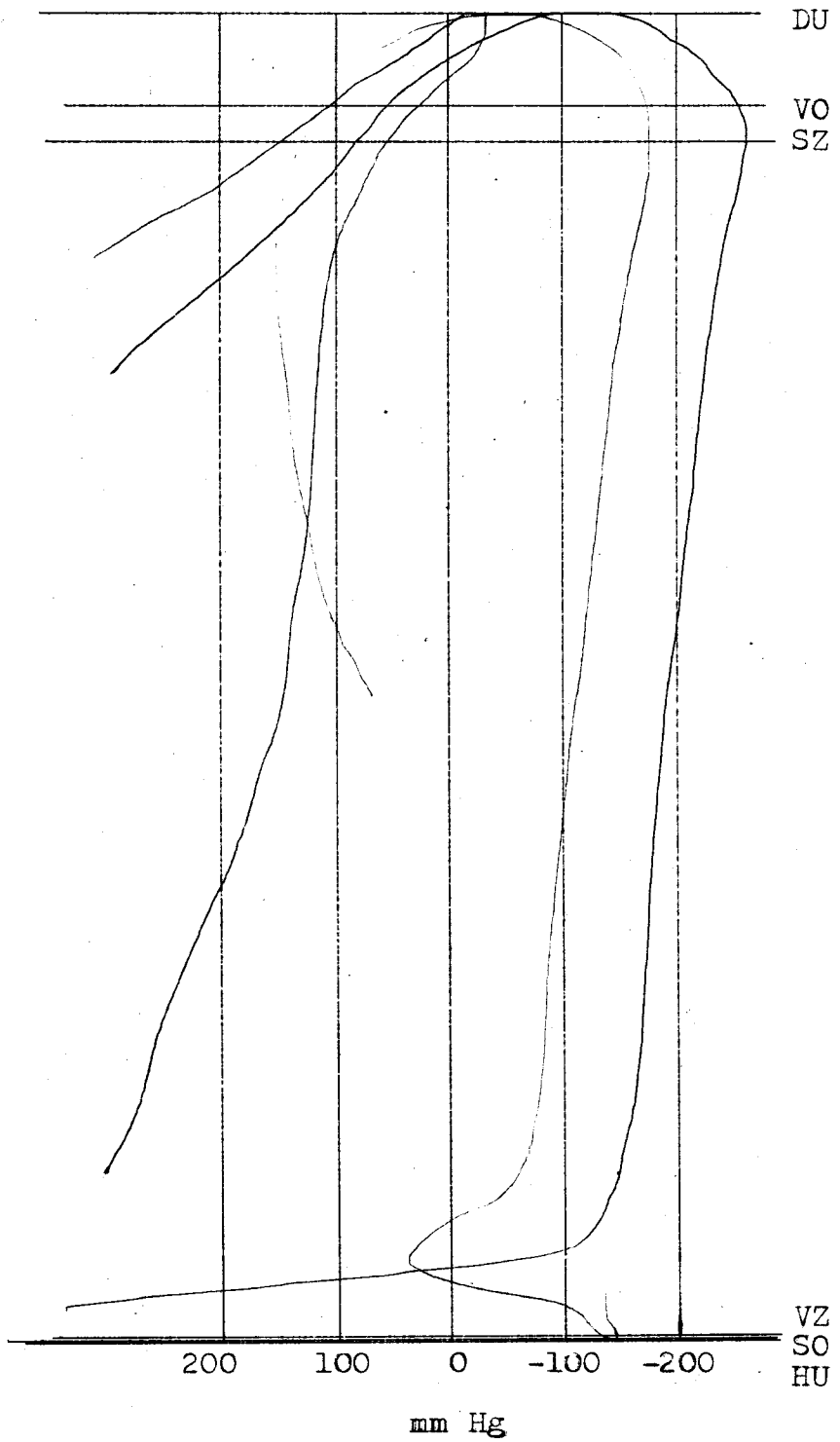


——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

1600 ot/min 1:1380 mm

4.válec

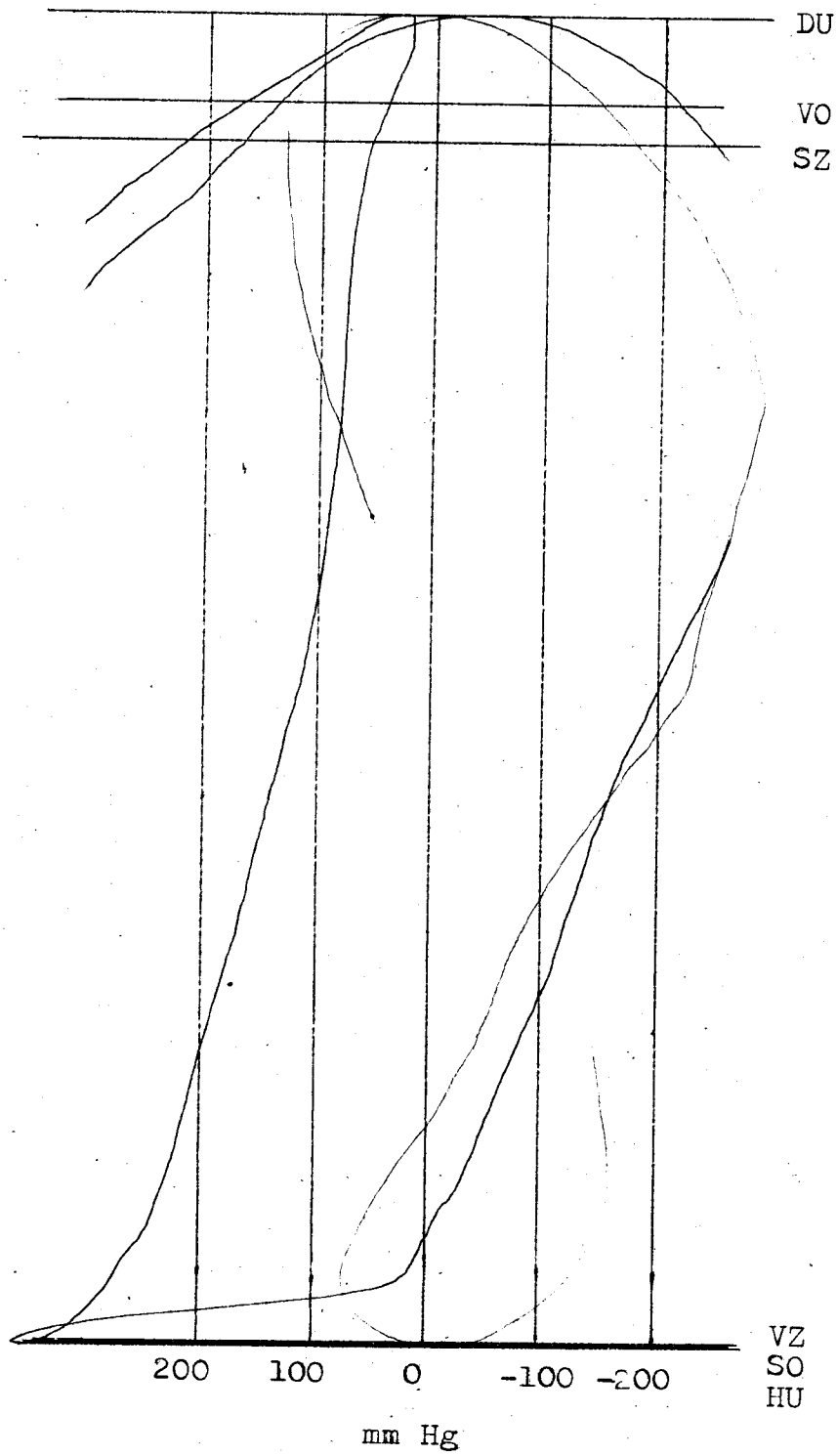


——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

1400 ot/min 1:1380 mm

4.válec

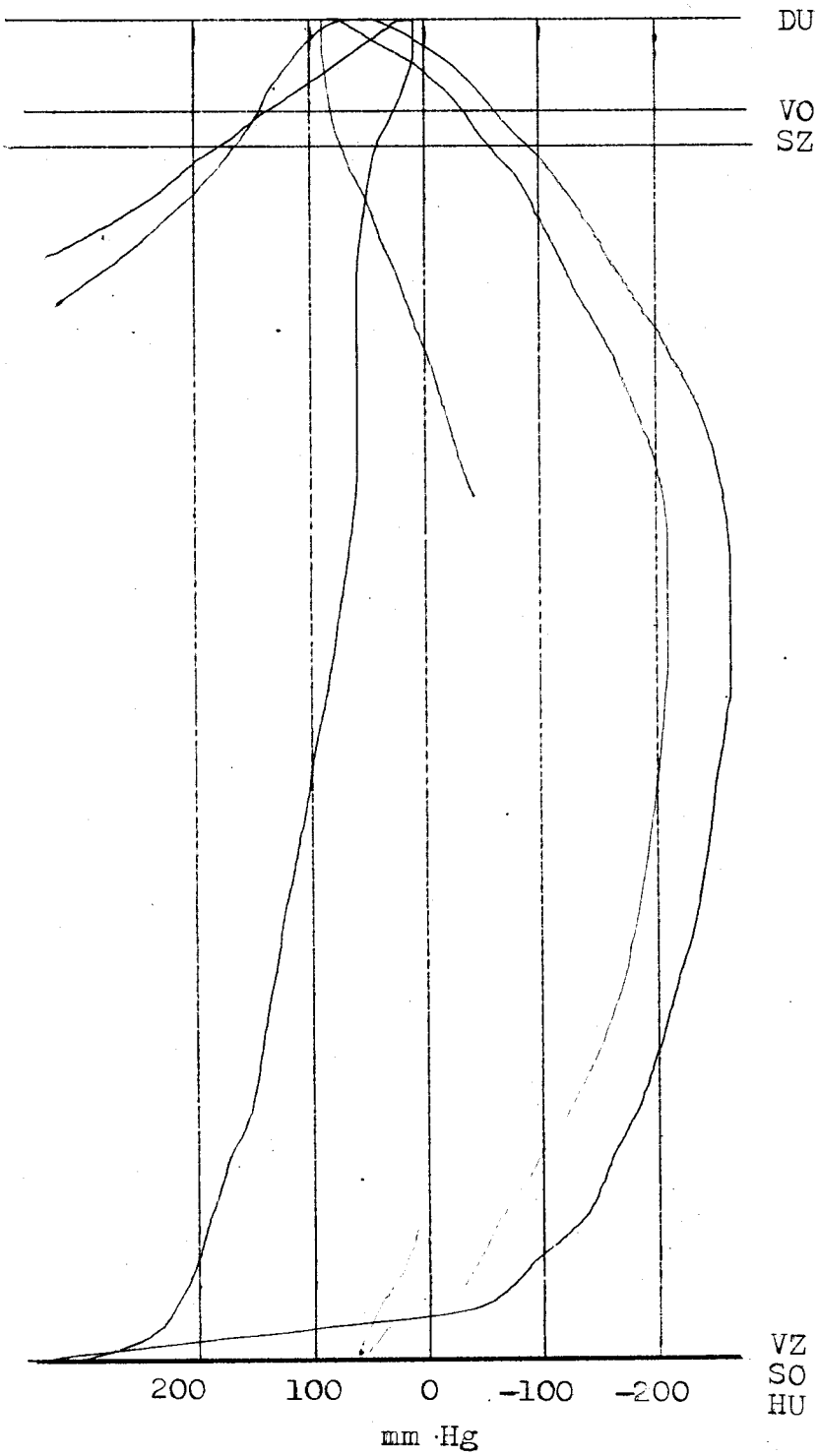


——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

1200 ot/min 1:1380 mm

4.válec

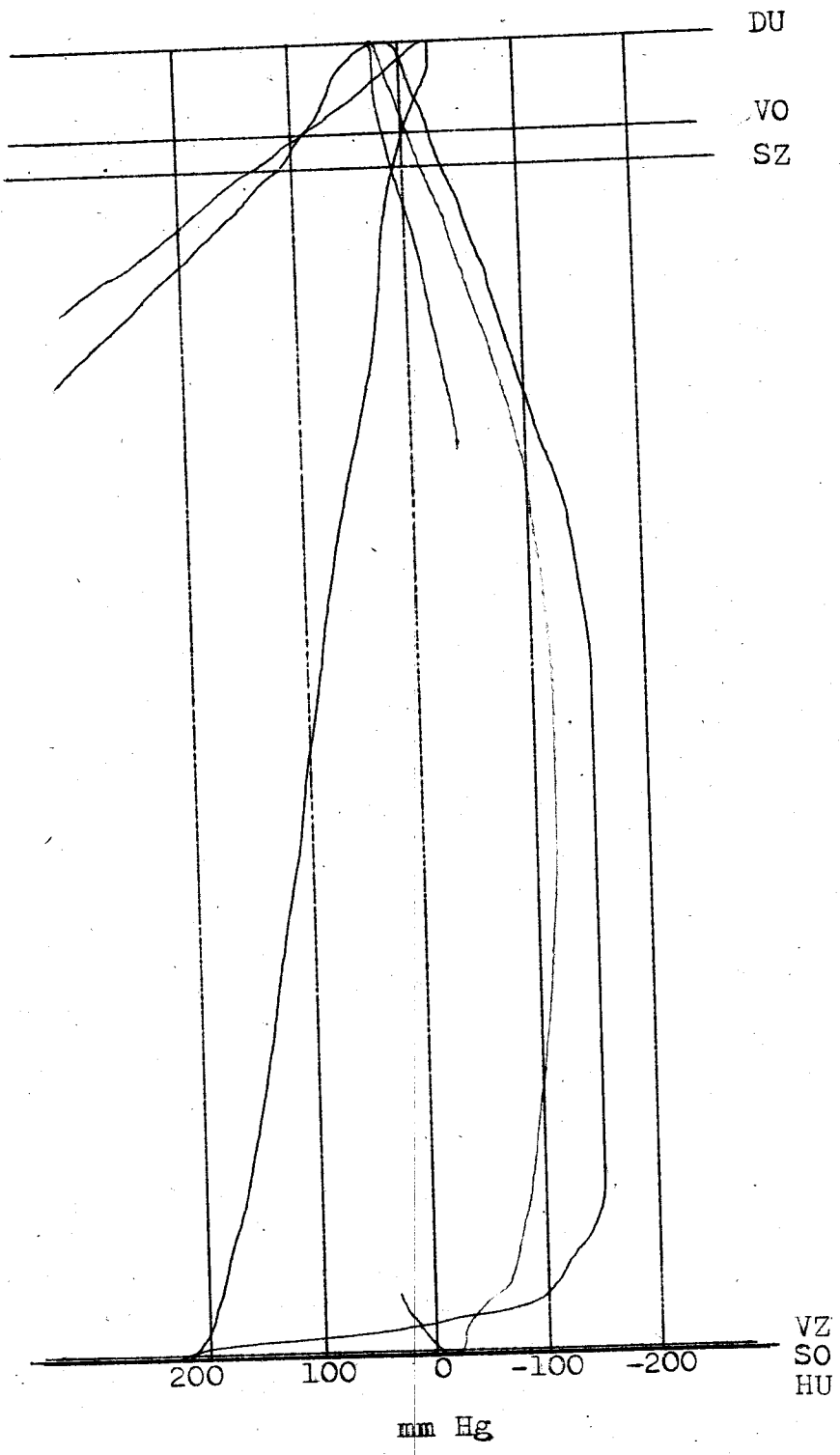


____ Průběh tlaku ve válci

____ Průběh tlaku v ssacím potrubí

1000 ot/min 1:1380 mm

4.válec

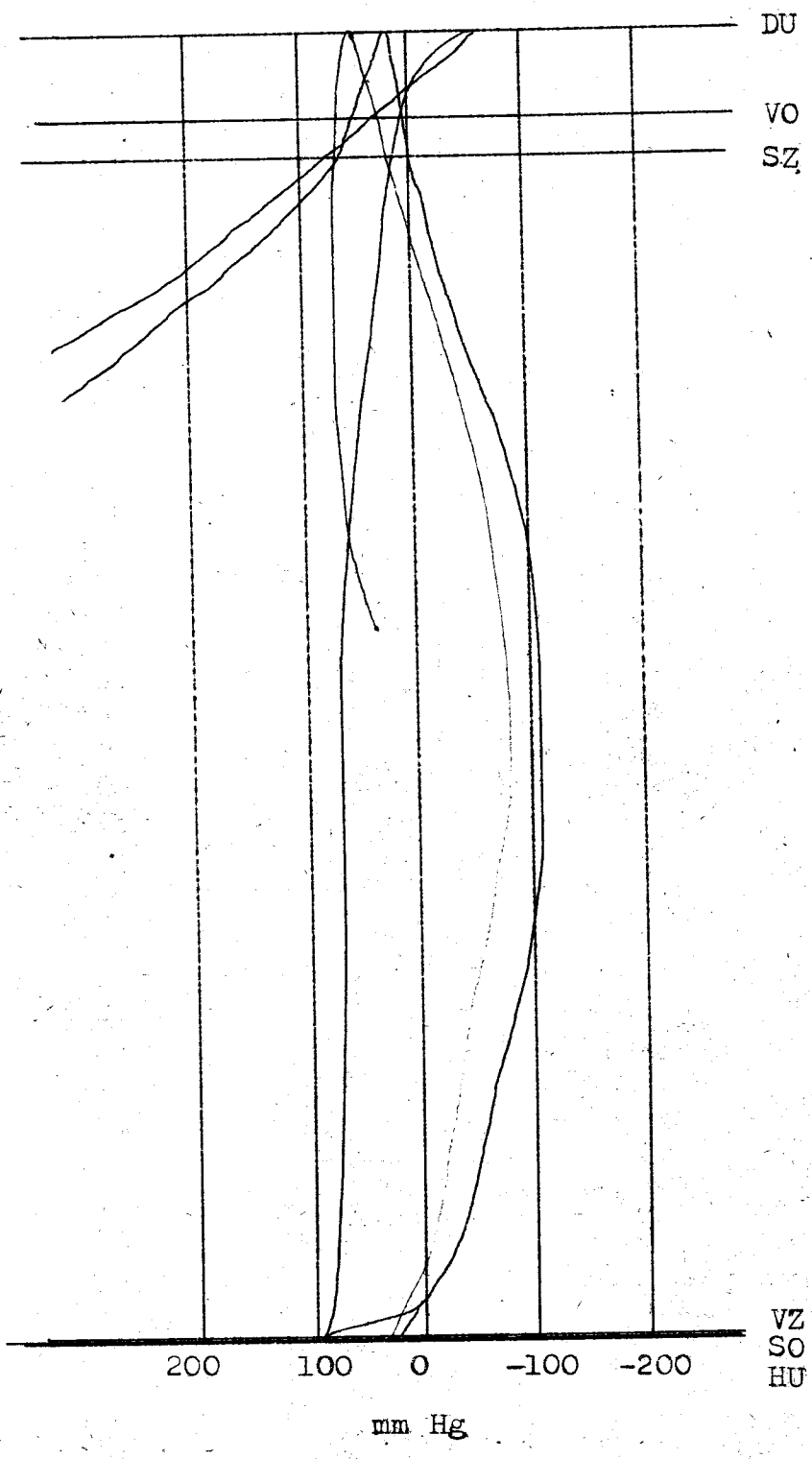


____ Průběh tlaku ve válci

—— Průběh tlaku v ssacím potrubí

800 ot/min 1:1380 mm

4.válec

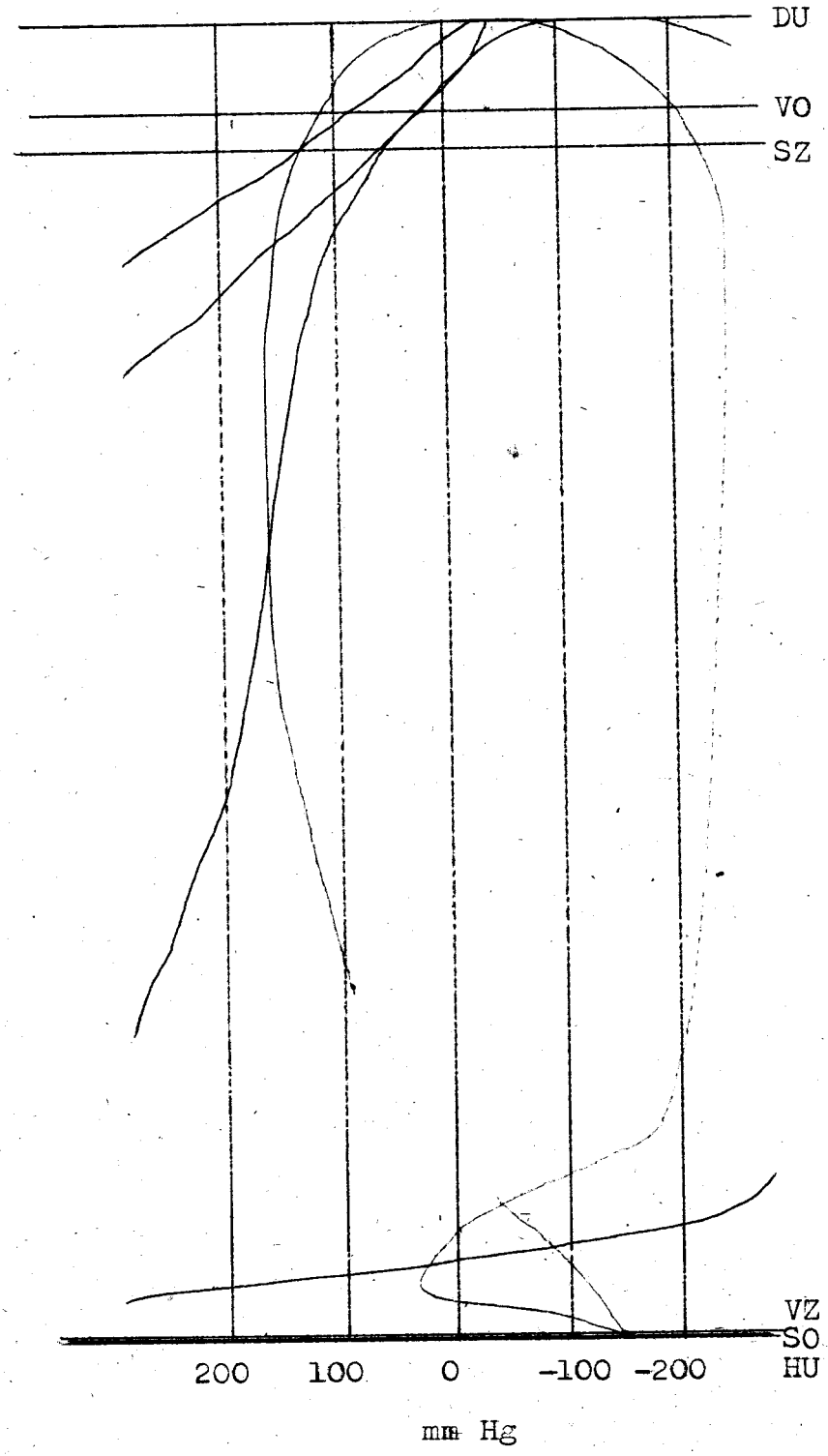


____ Průběh tlaku ve válci

____ Průběh tlaku v ssacím potrubí

1800 ot/min 1:1590 mm

4.válec

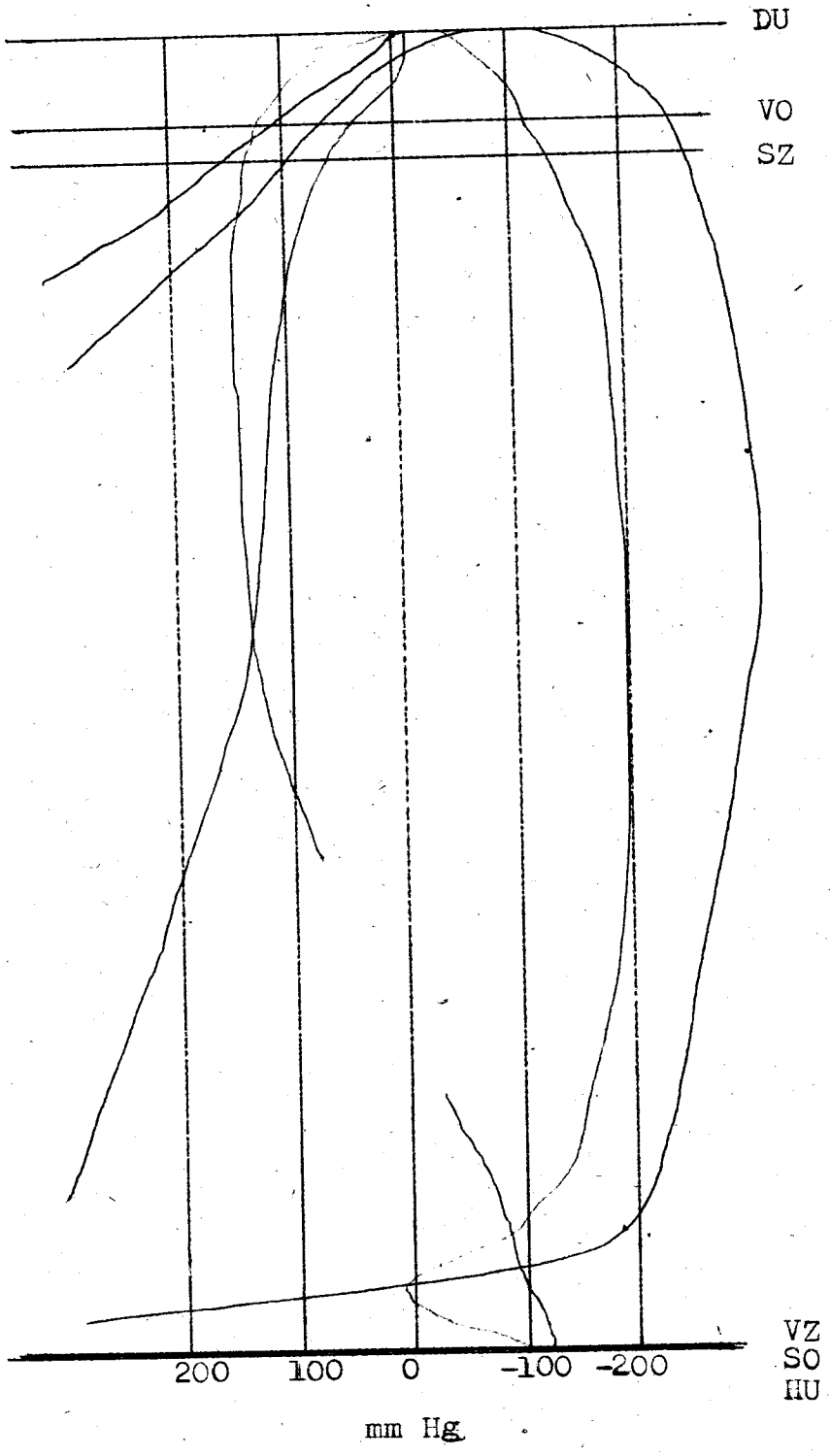


____ Průběh tlaku ve válci

____ Průběh tlaku v ssacím potrubí

1600 ot/min 1:1590 mm

4.válec

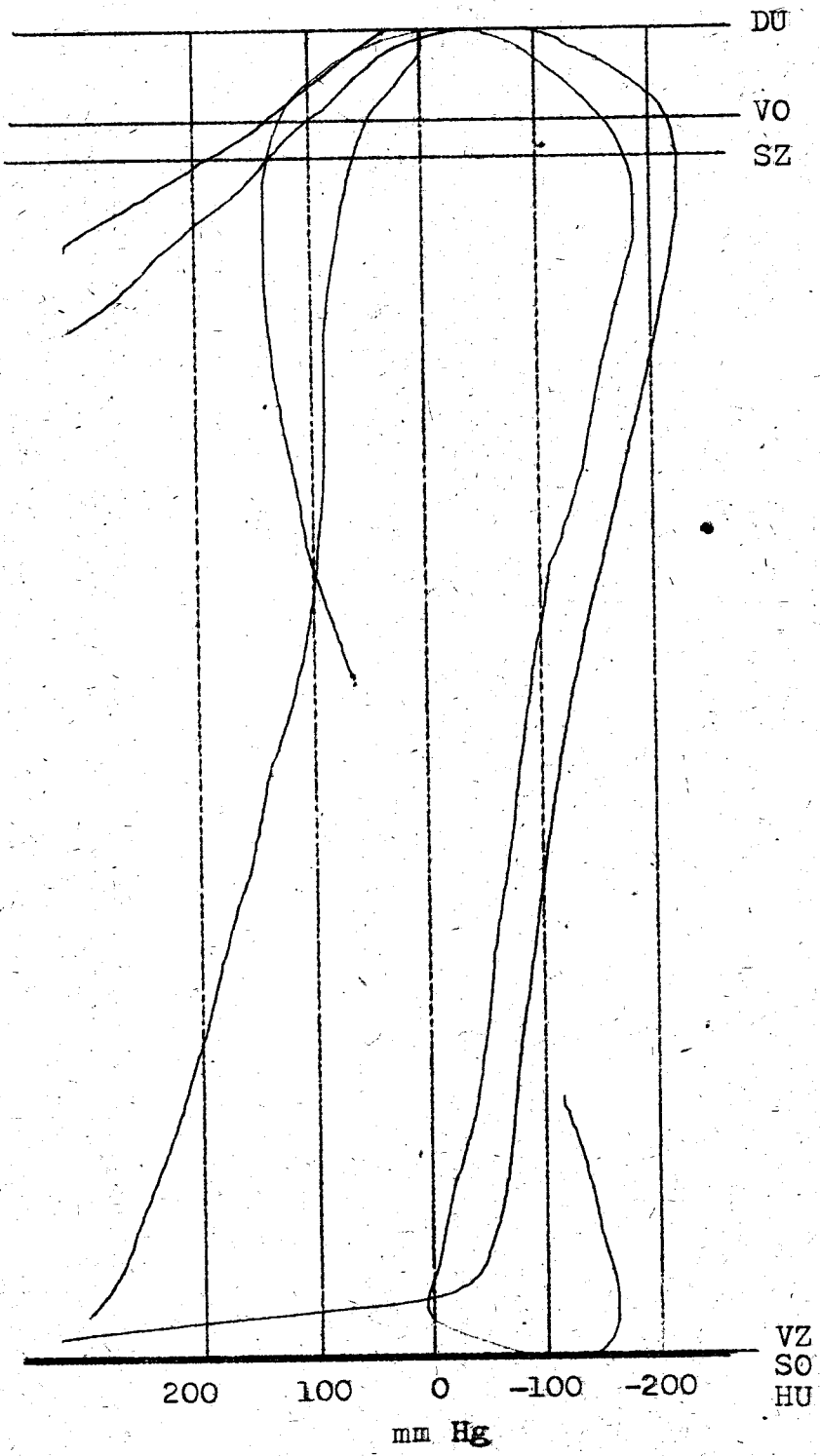


____ Průběh tlaku ve válci

____ Průběh tlaku v ssacím potrubí

1400 ot/min 1:1590 mm

4.válec

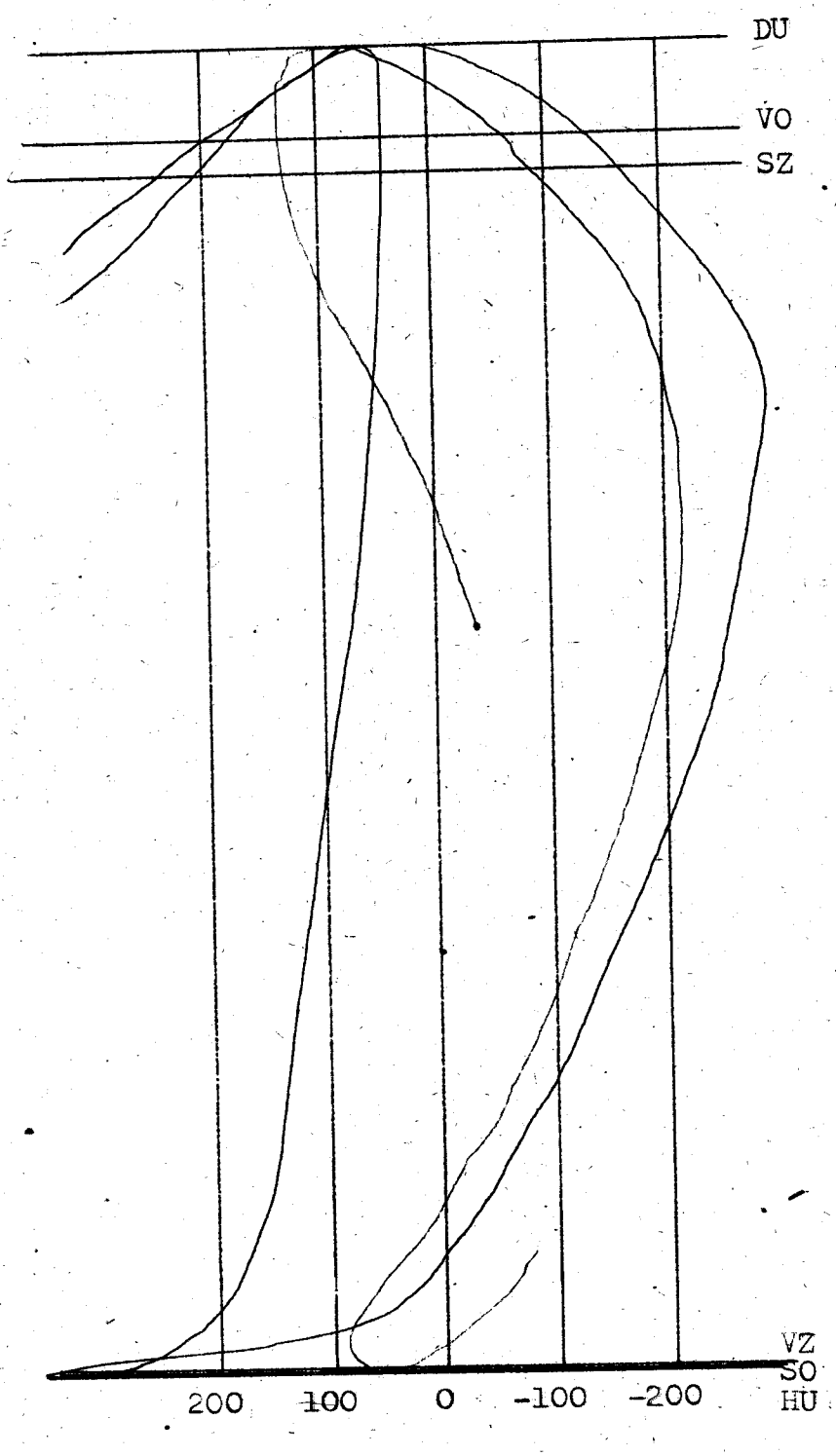


___ Průběh tlaku ve válci

___ Průběh tlaku v ssacím potrubí

1200 ot/min 1:1590 mm

4.válec

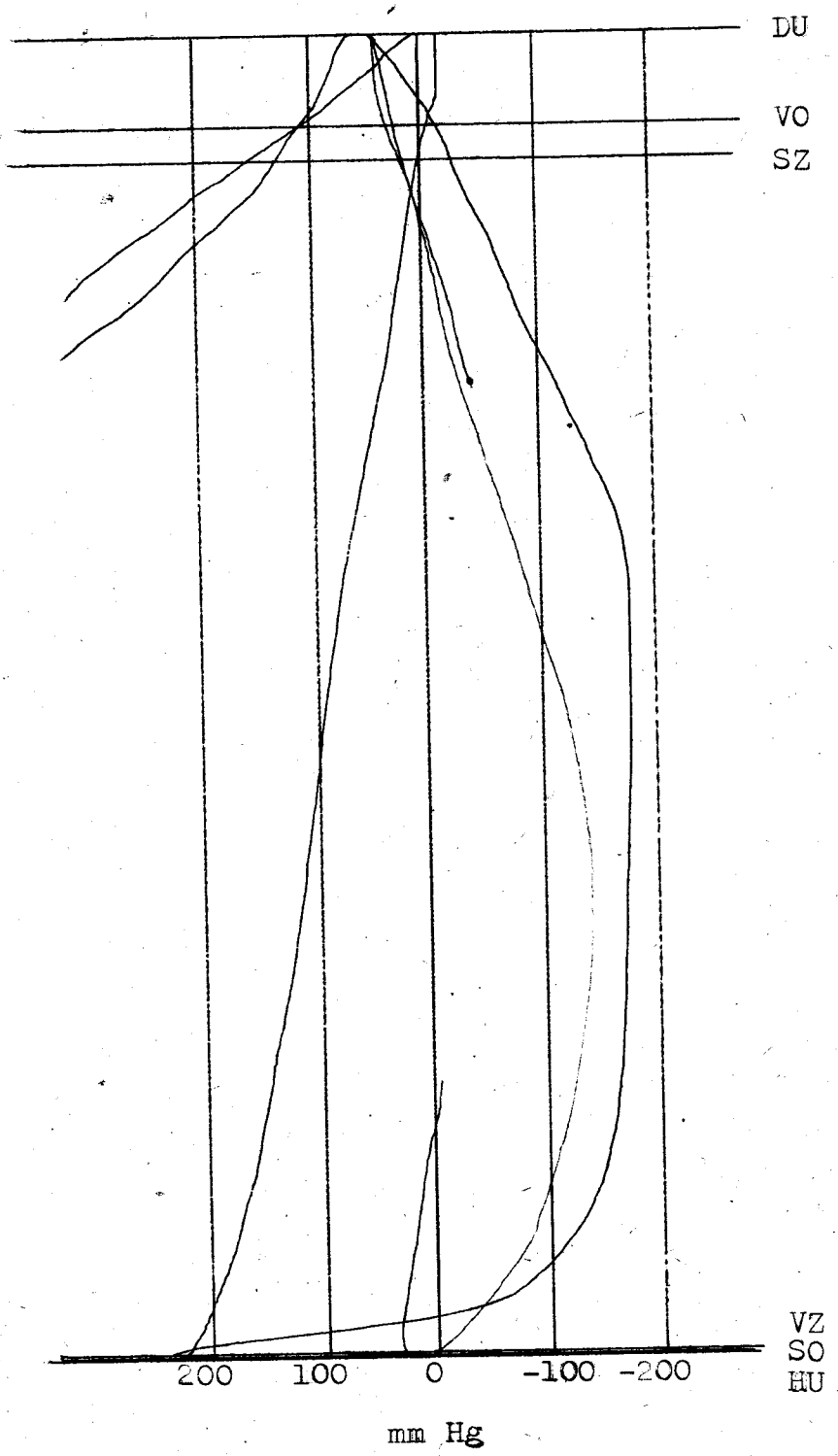


_____ Průběh tlaku ve válci

_____ Průběh tlaku v ssacím potrubí

1000 ot/min 1:1590 mm

4.válec

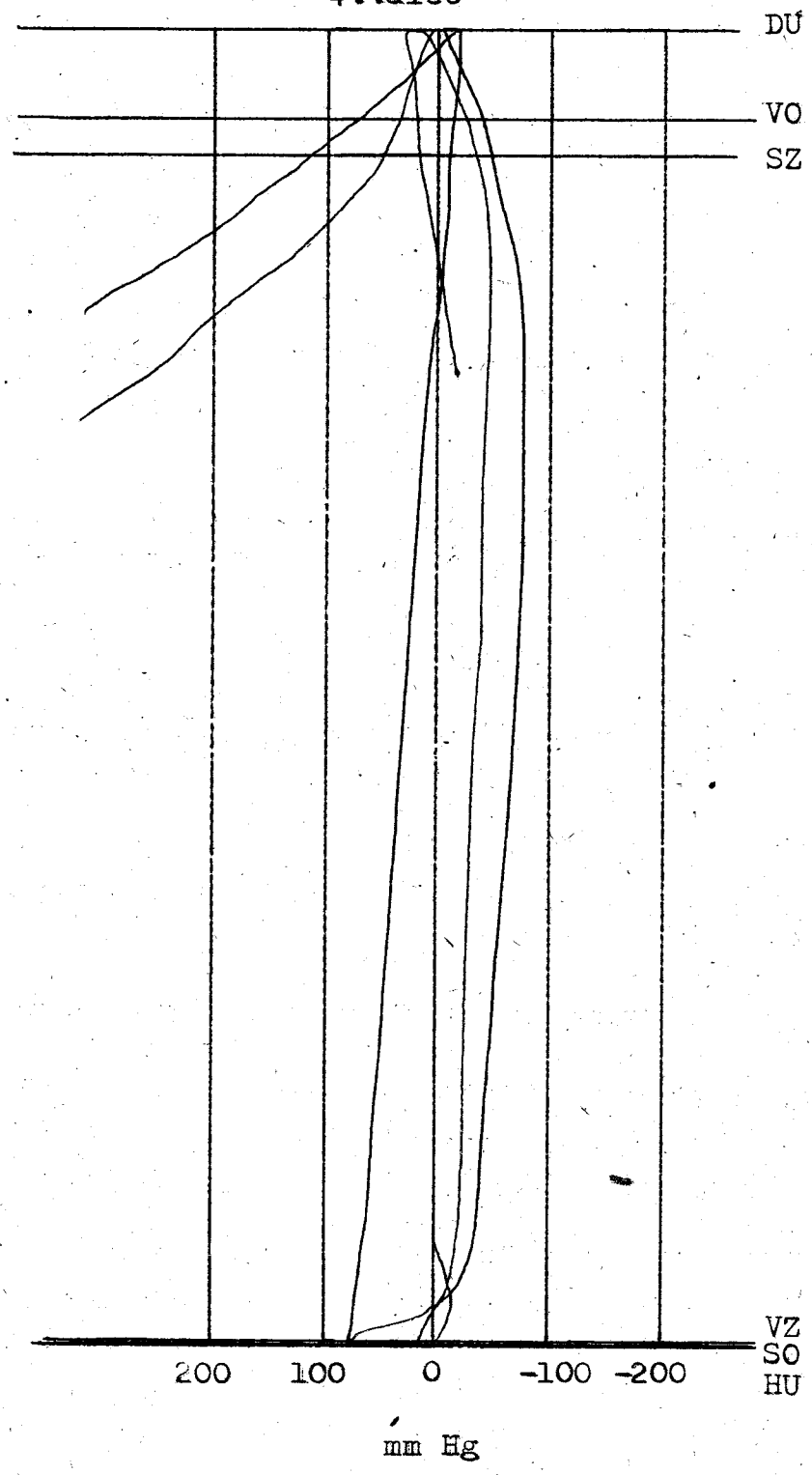


____ Průběh tlaku ve válci

____ Průběh tlaku v ssacím potrubí

800 ot/min 1:1590 mm

4.válec

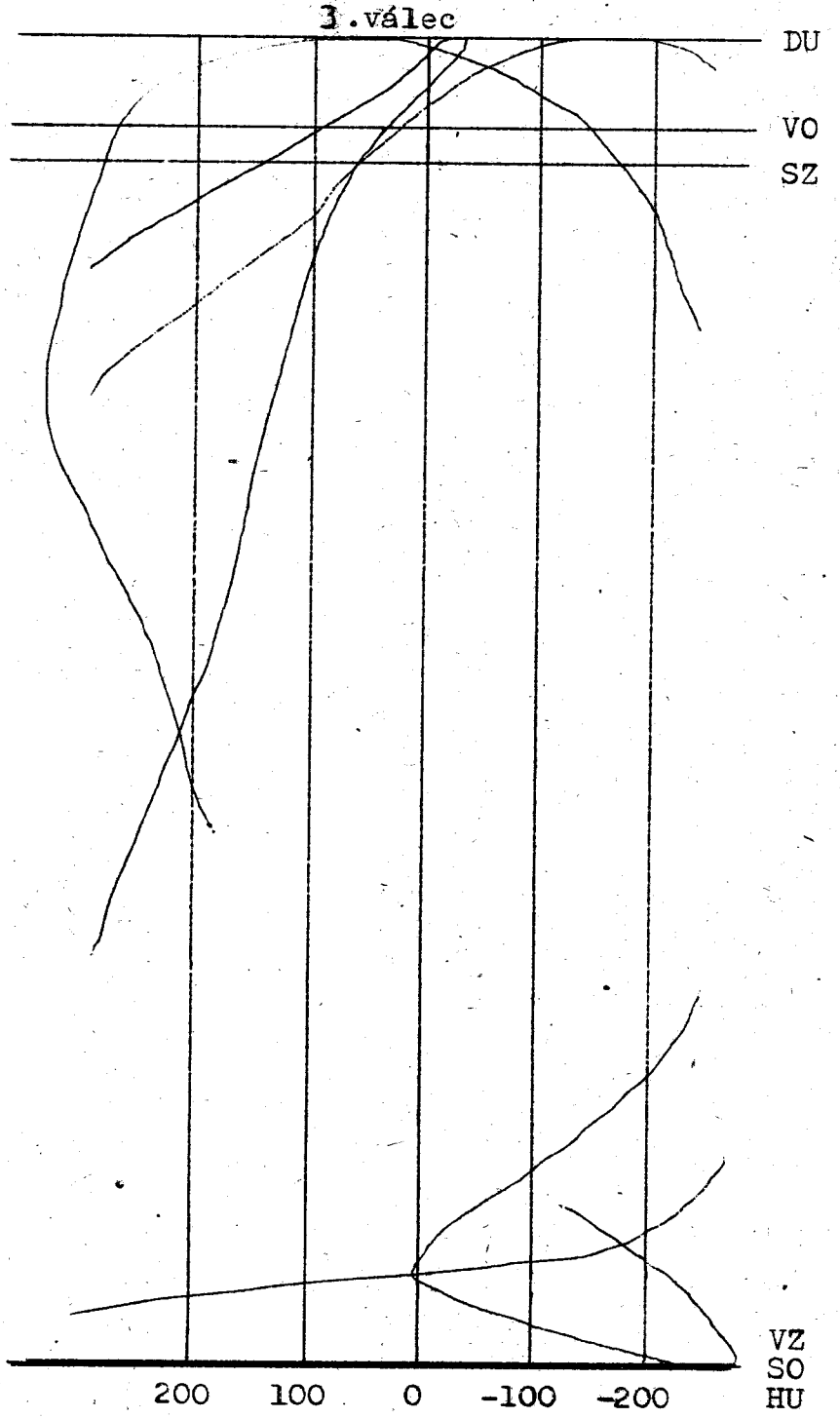


—— Průběh tlaku ve válci

—— Průběh tlaku v ssacím potrubí

1800 ot/min 1:1590 mm

3.válec



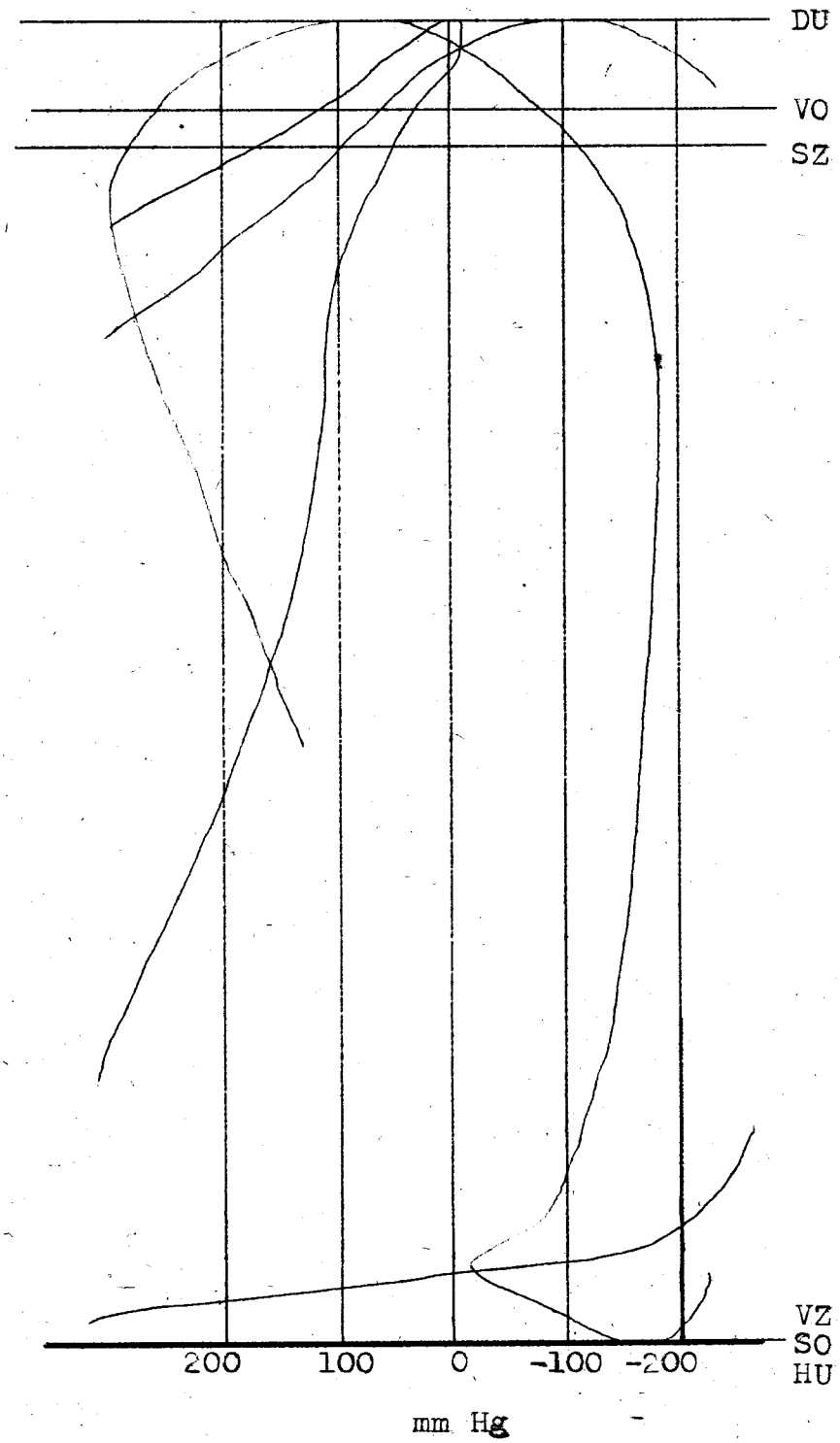
mm Hg

____ Průběh tlaku ve válci

____ Průběh tlaku v ssacím potrubí

1600 ot/min 1:1590 mm

3.válec

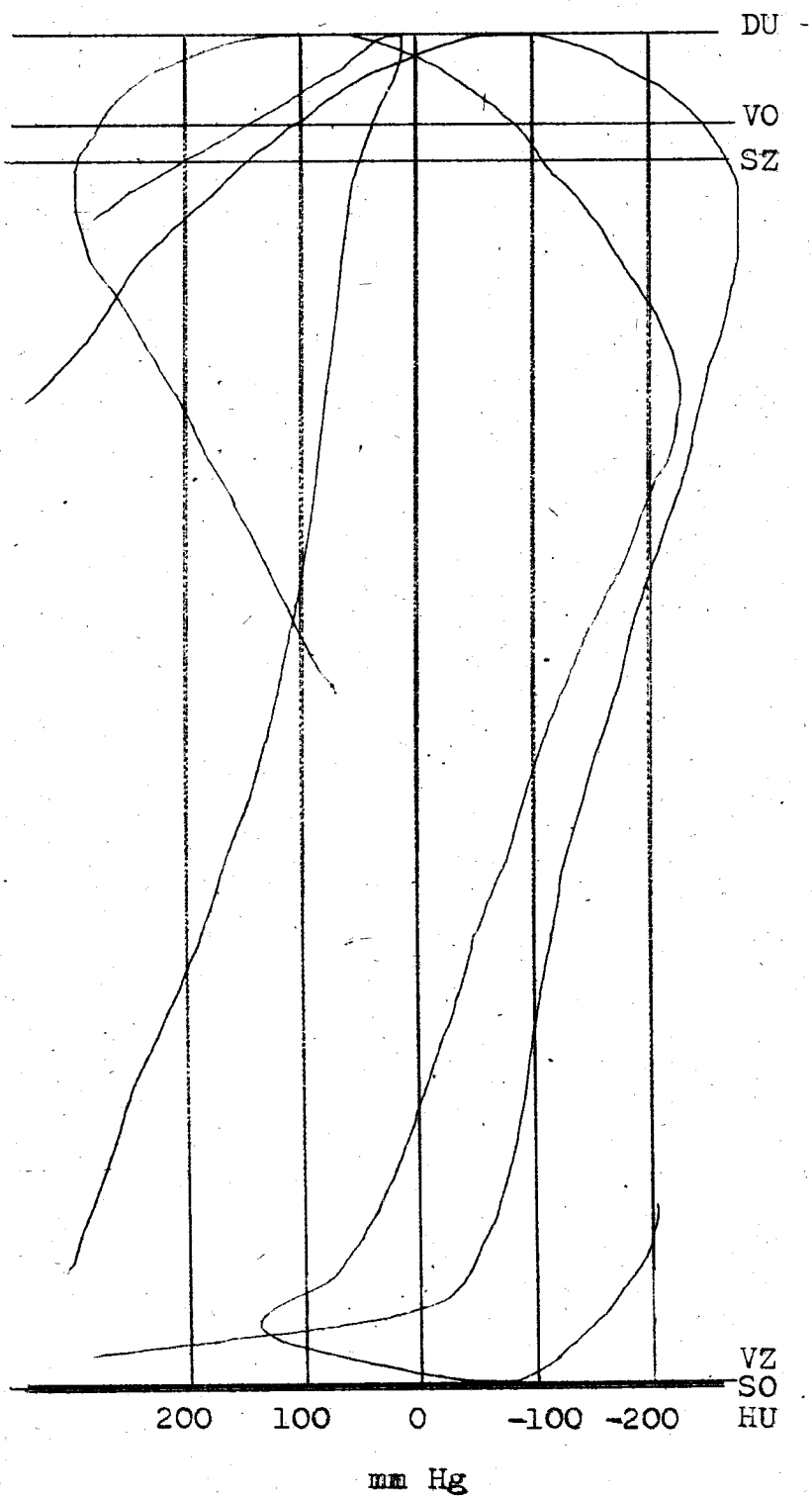


——— Průběh tlaku ve válci

———·Průběh tlaku v ssacím potrubí

1400 ot/min 1:1590 mm

1.válec

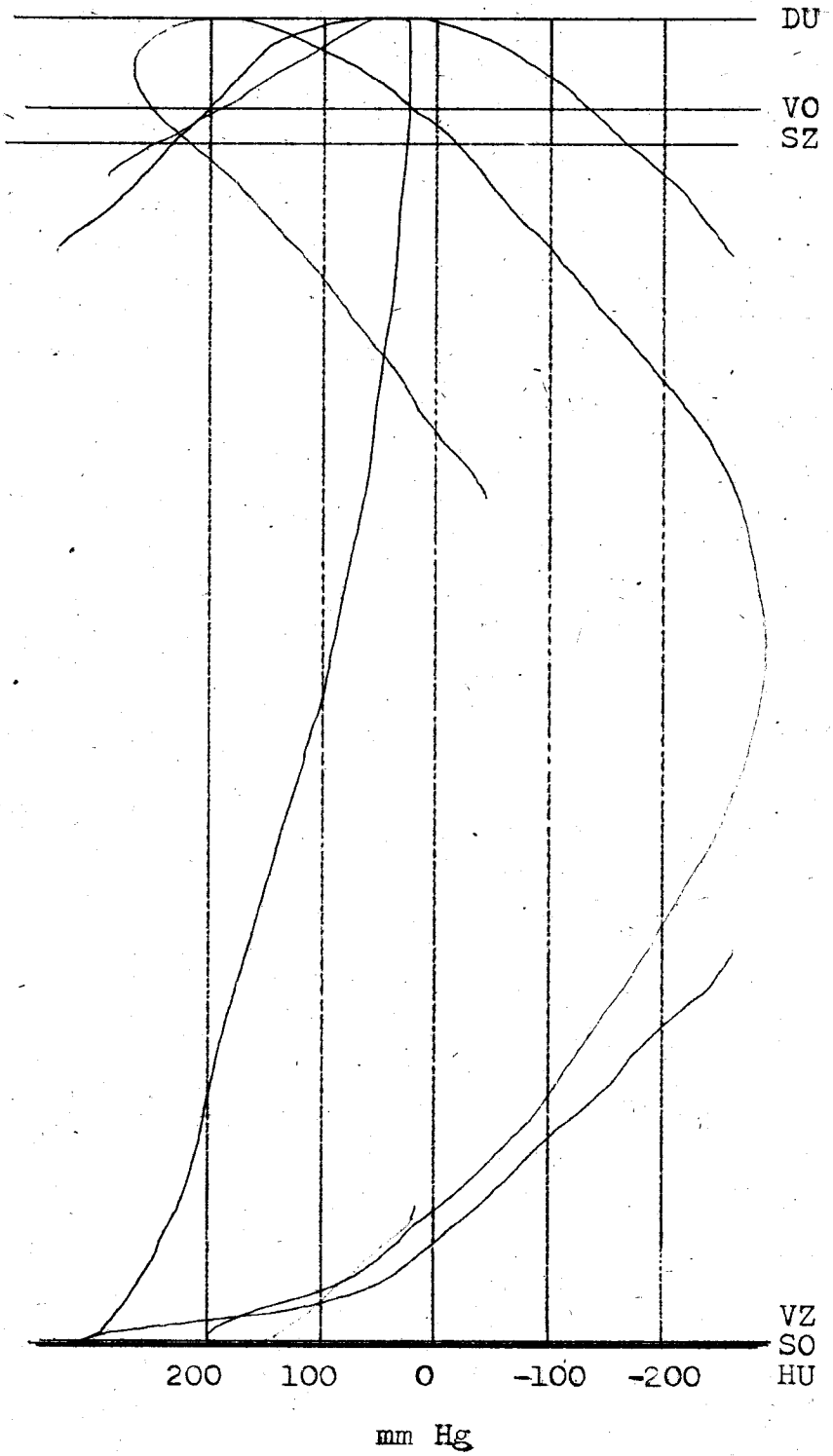


———Průběh tlaku ve válci

———Průběh tlaku v ssacím potrubí

1200 ot/min 1:1590 mm

3.válec

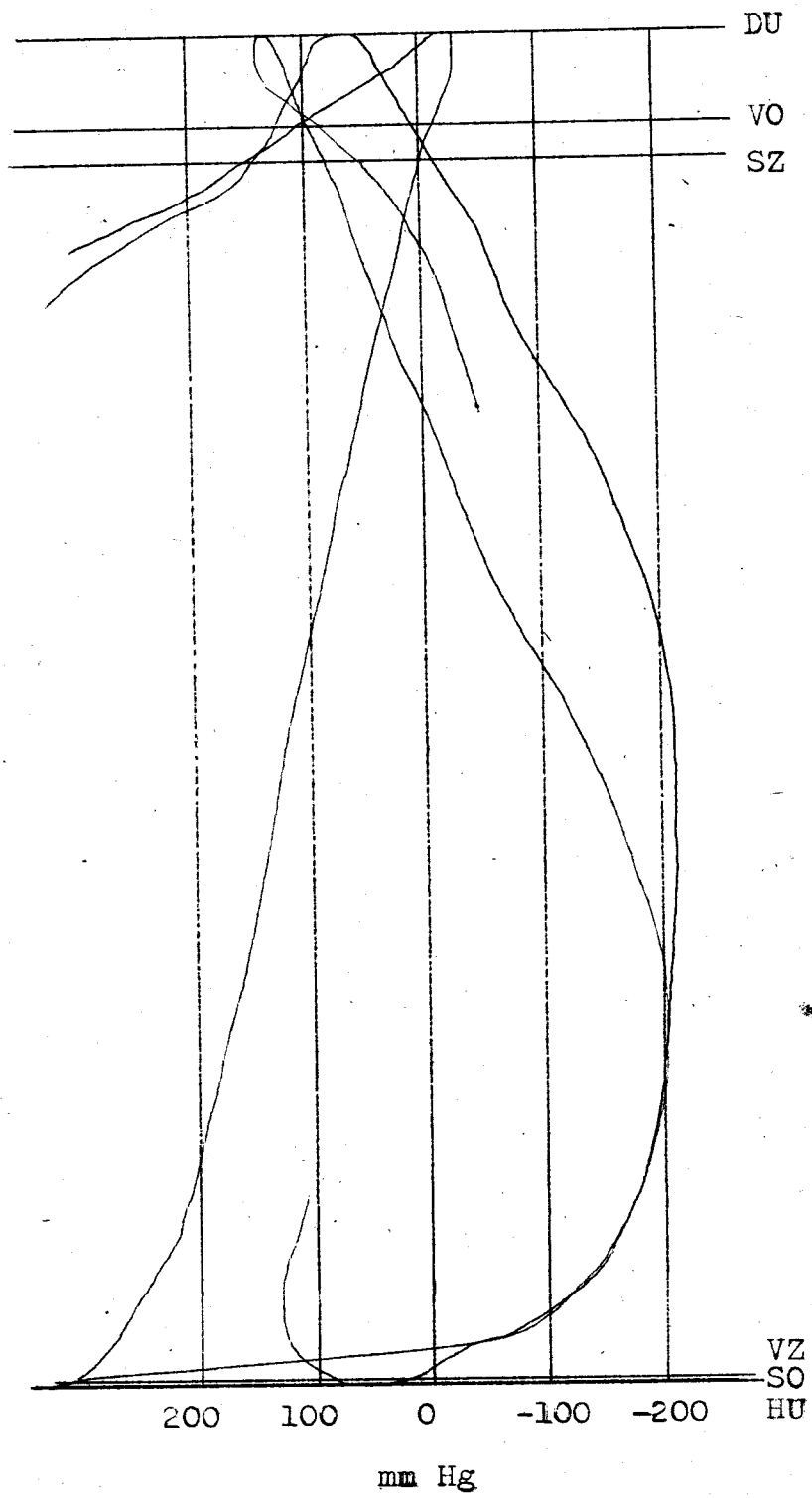


——— Průběh tlaku ve válci

———— Průběh tlaku v ssacím potrubí

1000 ot/min 1:1590 mm

3.válec

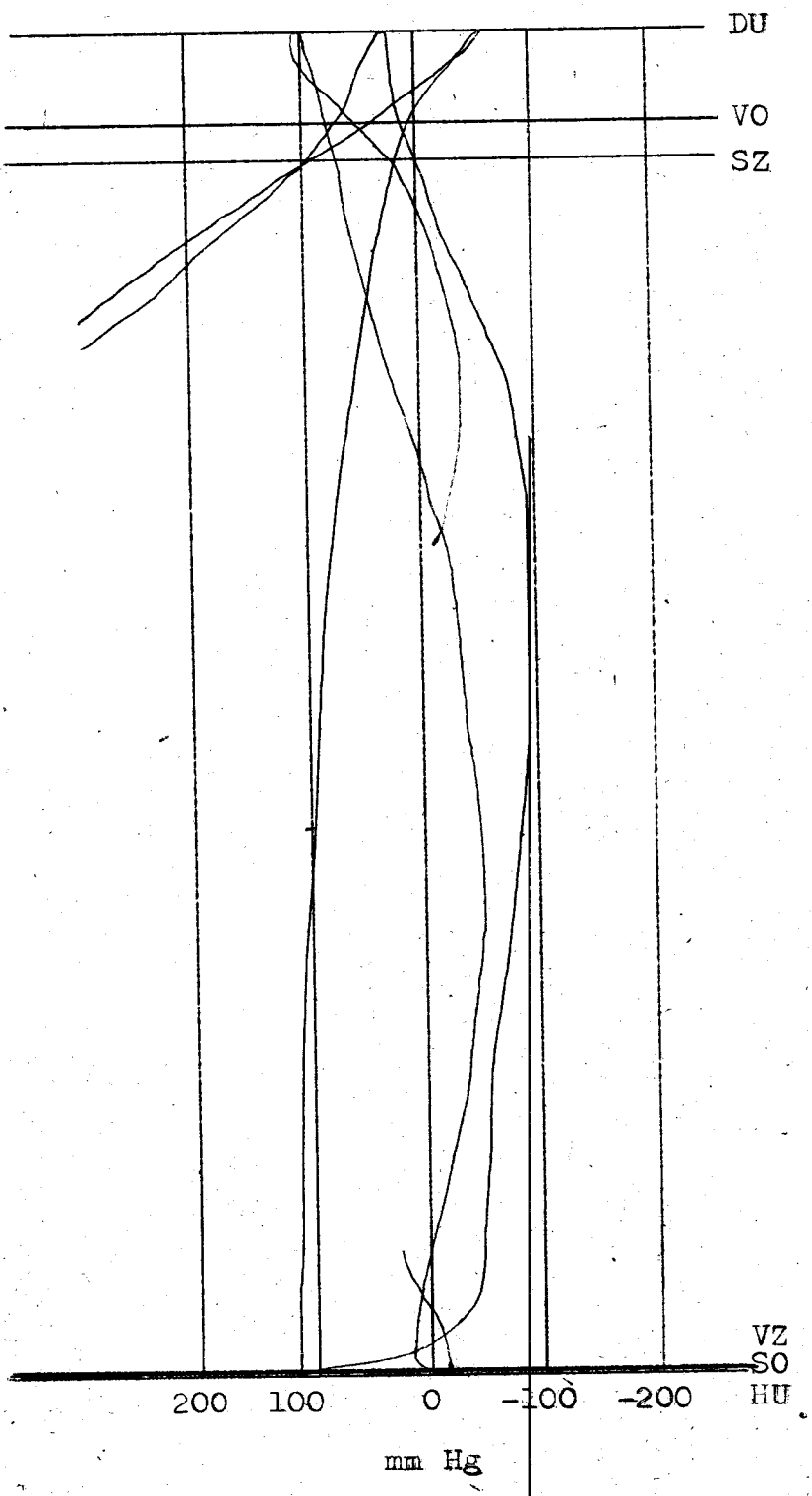


———Průběh tlaku ve válci

———Průběh tlaku v ssacím potrubí

800 ot/min 1:1590 mm

3.válec

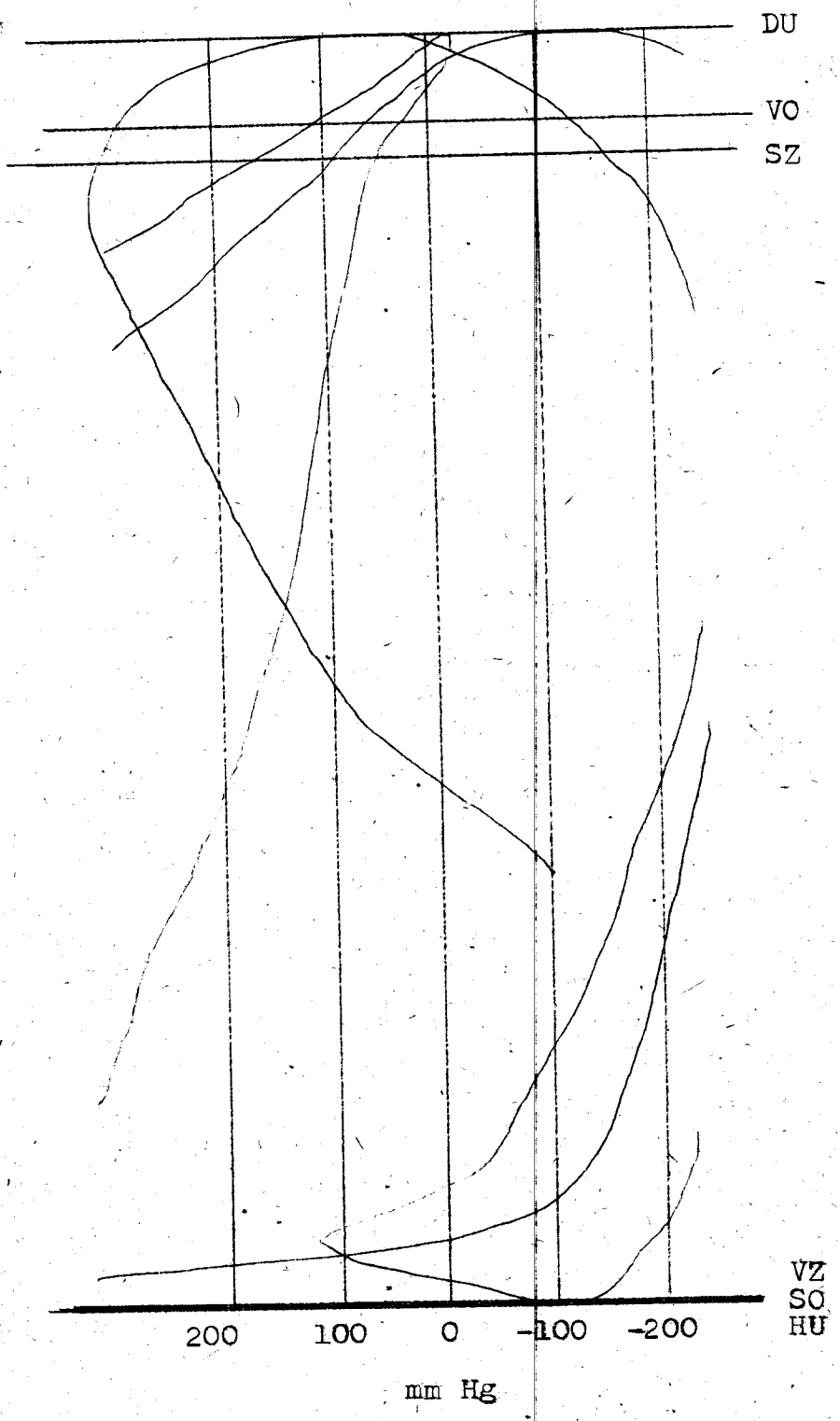


——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

1800 ot/min 1:1380 mm

3.válec

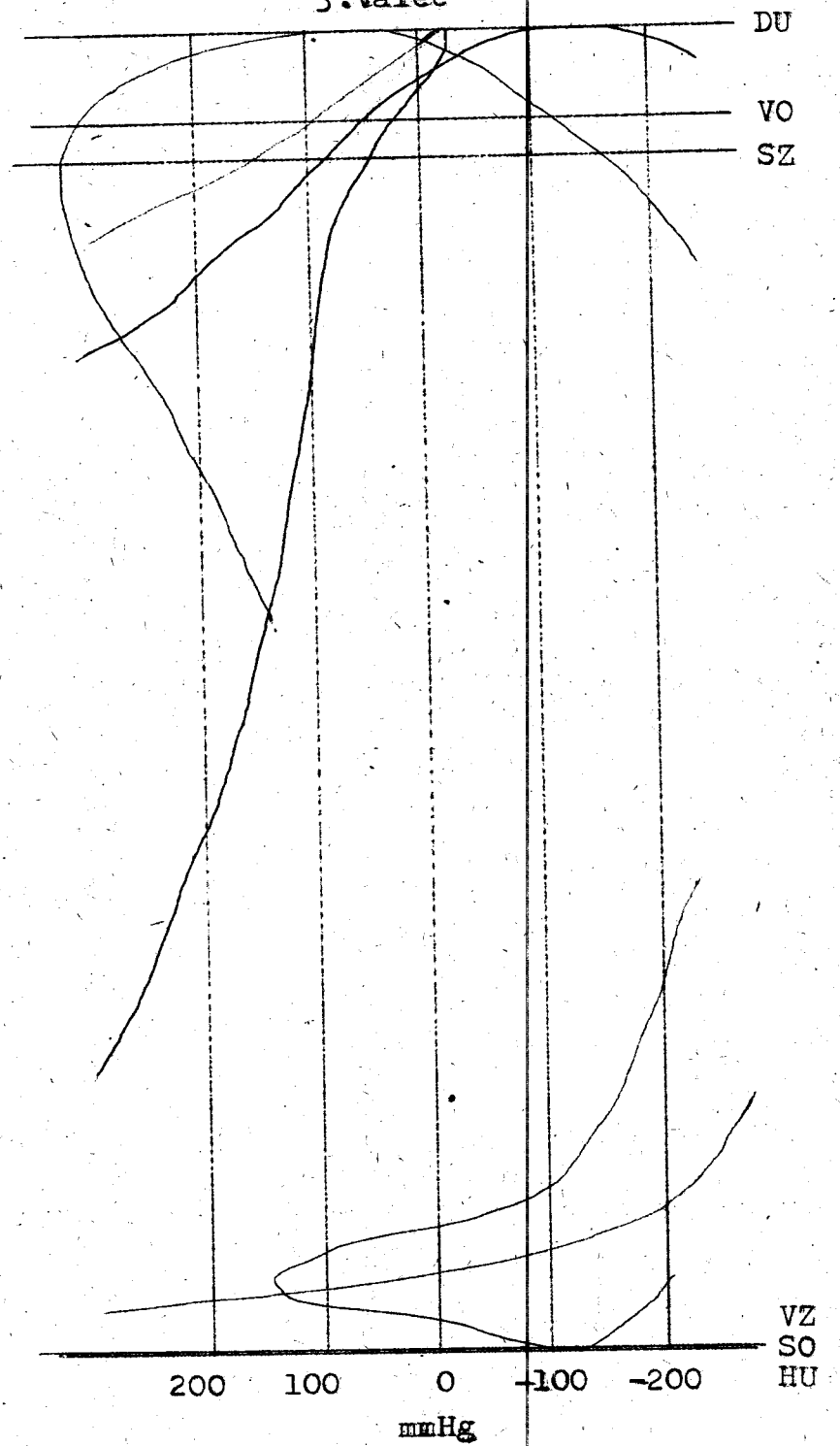


——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v sacím potrubí

1600 ot/min 1:1380 mm

3.válec

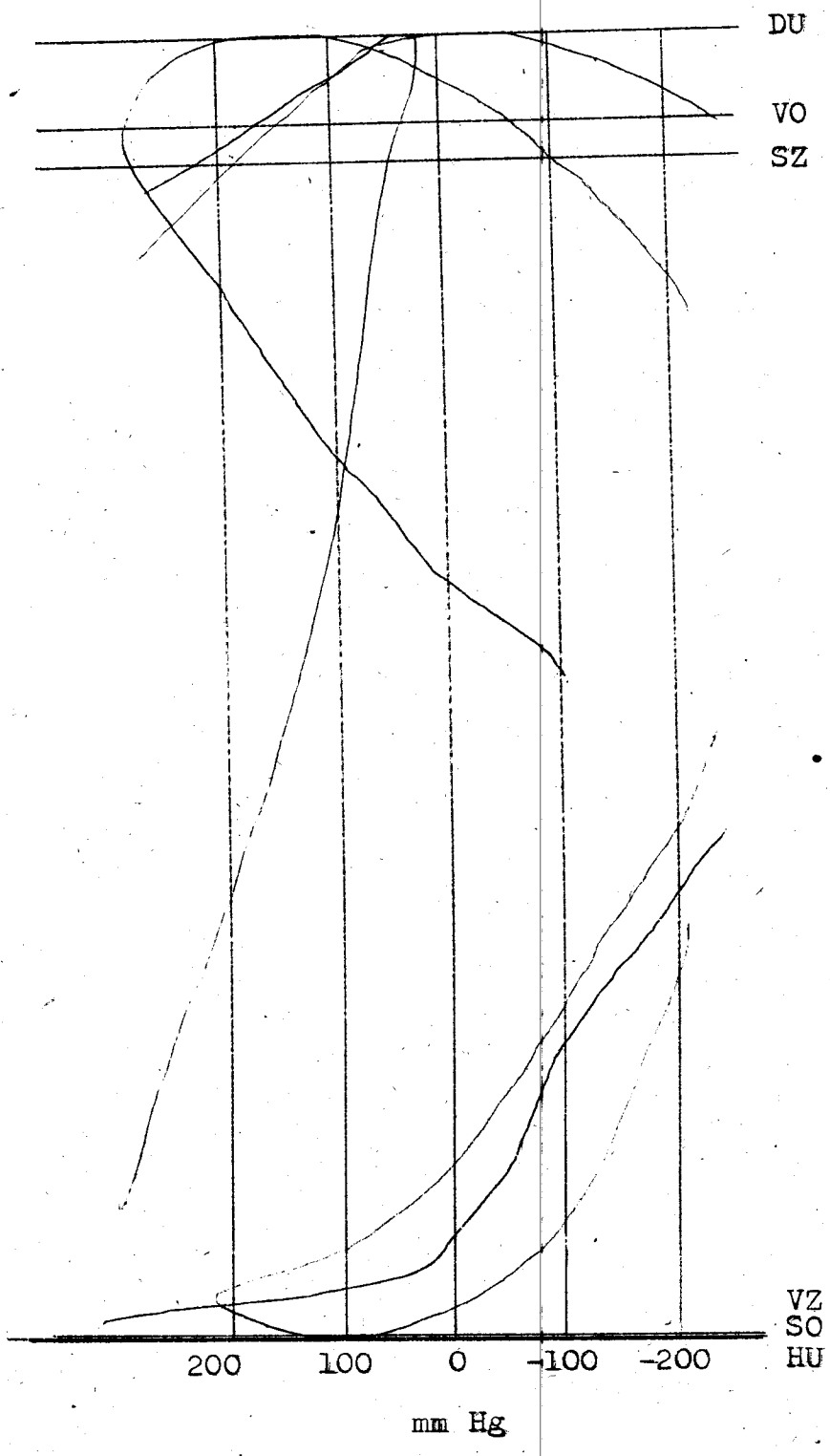


——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

1400 ot/min 1:1380 mm

3.válec

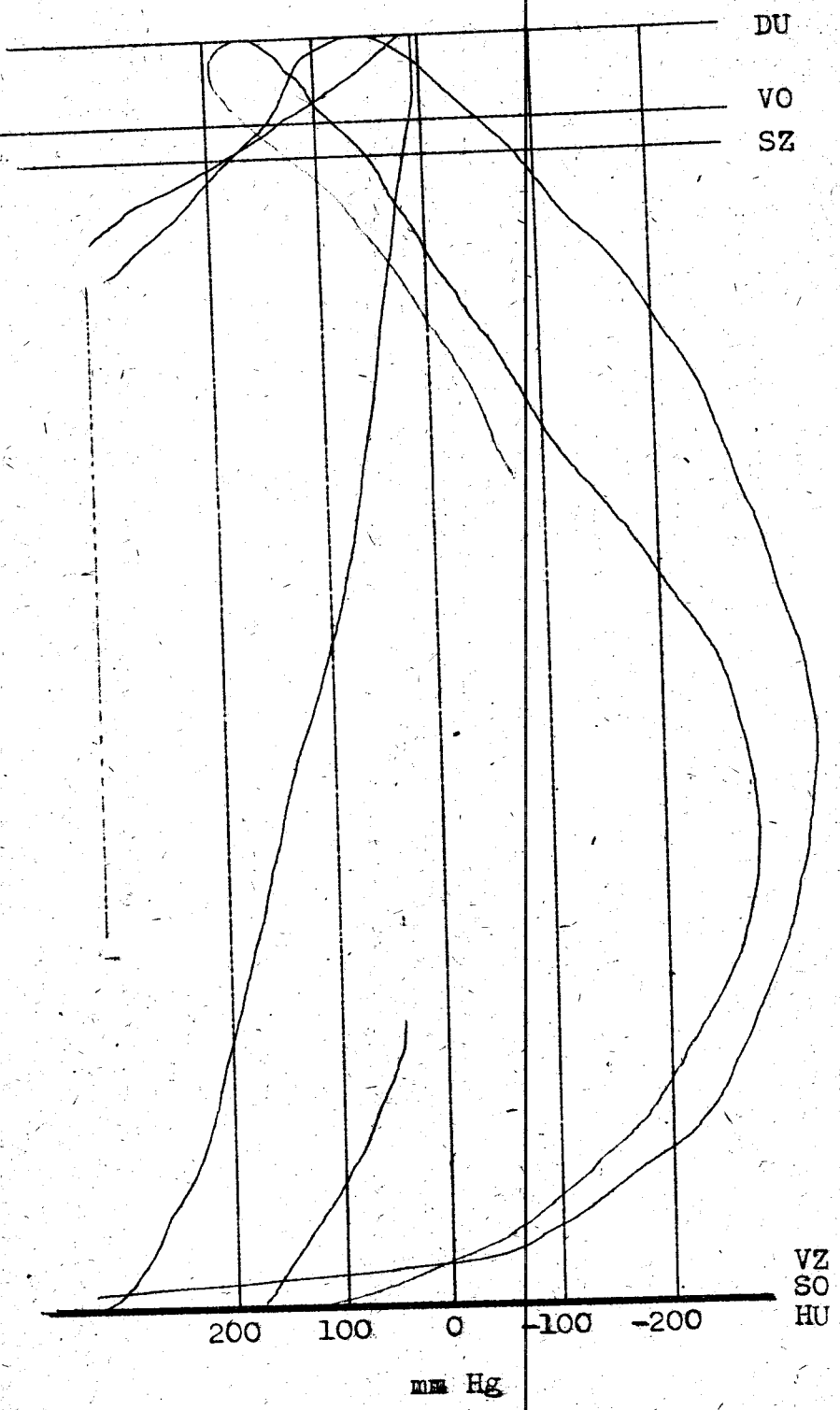


——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

1200 ot/min 1:1380 mm

3.válec

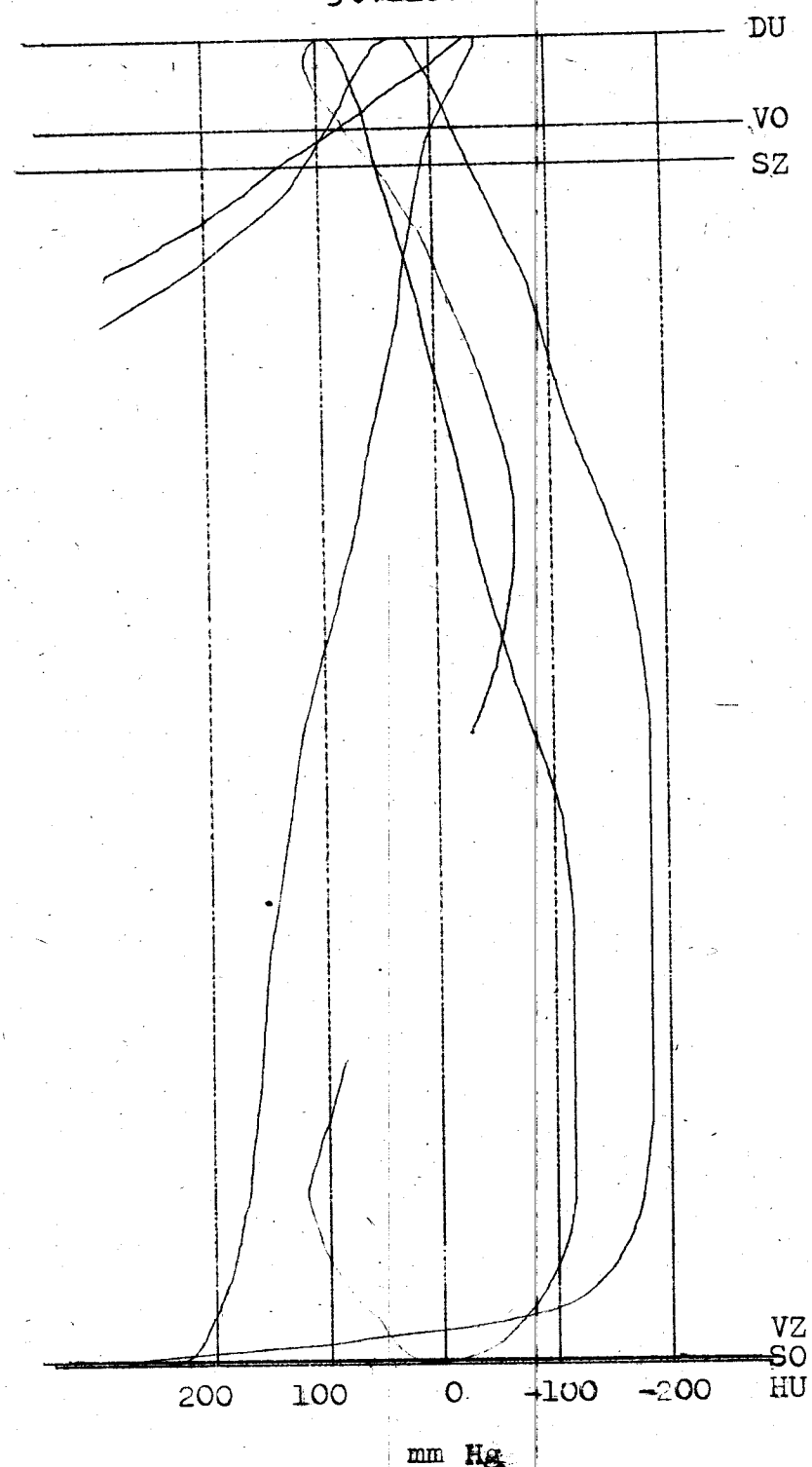


——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

1000 ot/min 1:1380 mm

3.válec

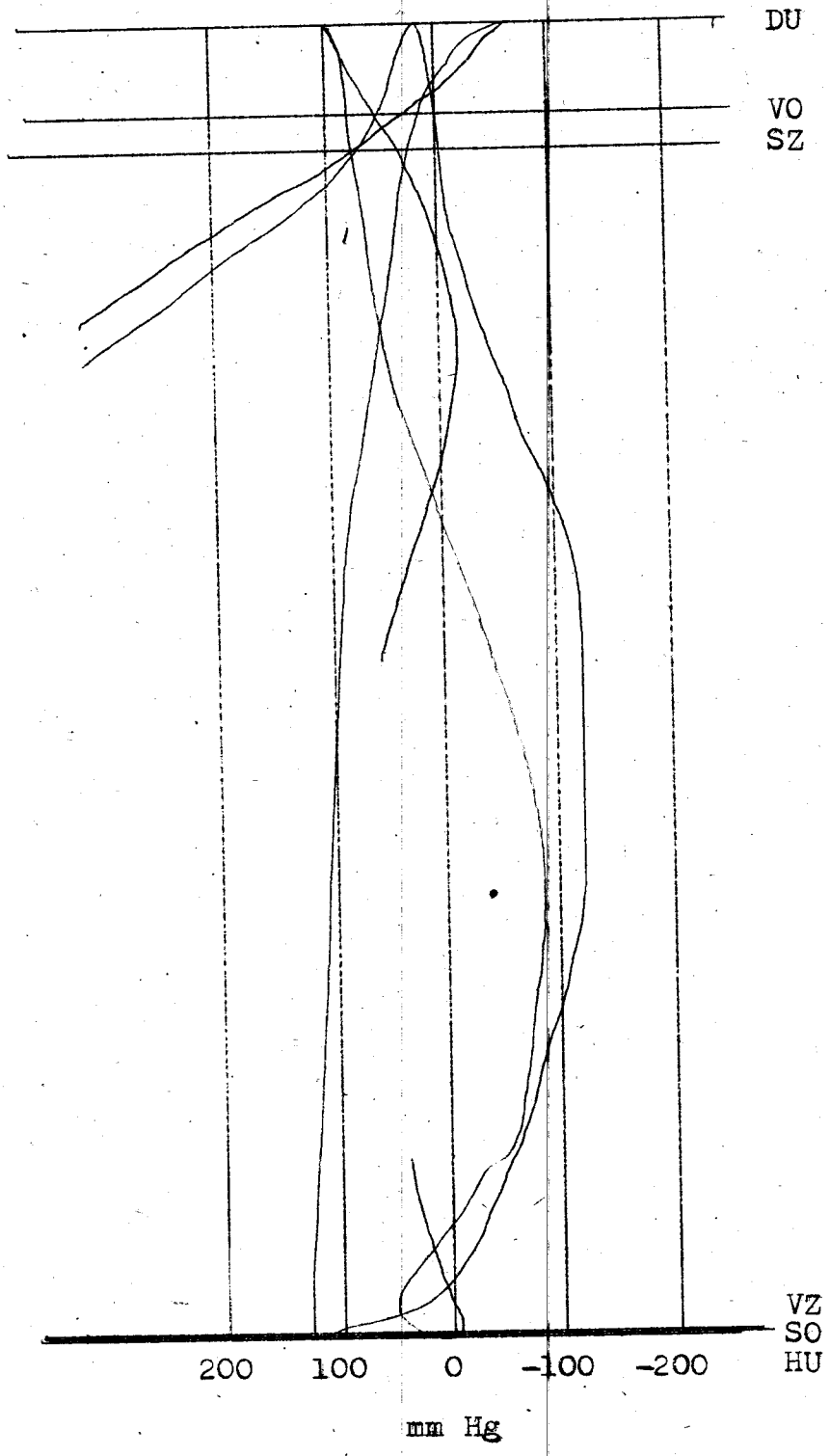


——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

800 ot/min 1:1380 mm

3.válec

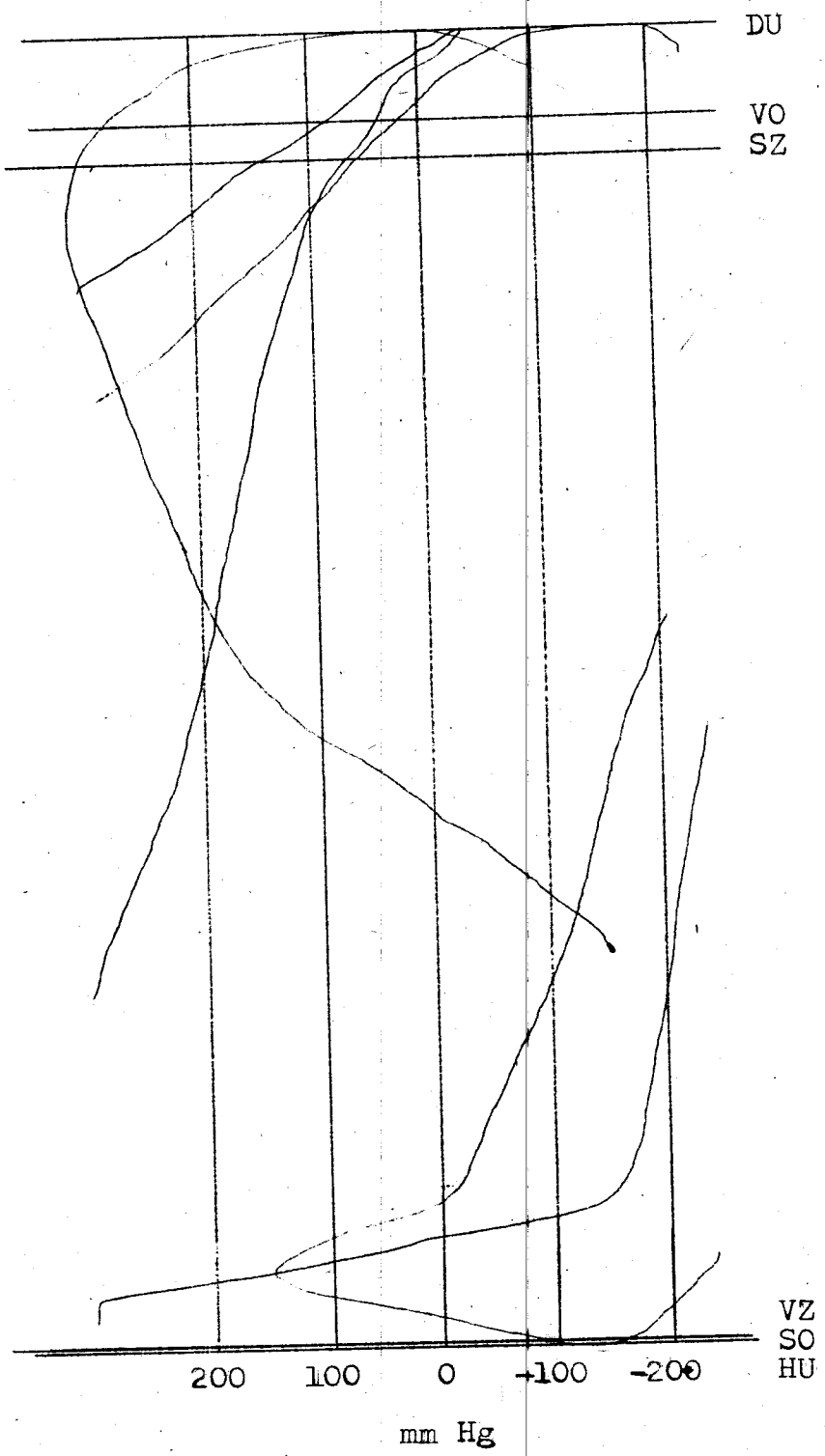


_____ Průběh tlaku ve válci

_____ Průběh tlaku v ssacím potrubí

1800 ot/min 1:1130 mm

3.válec

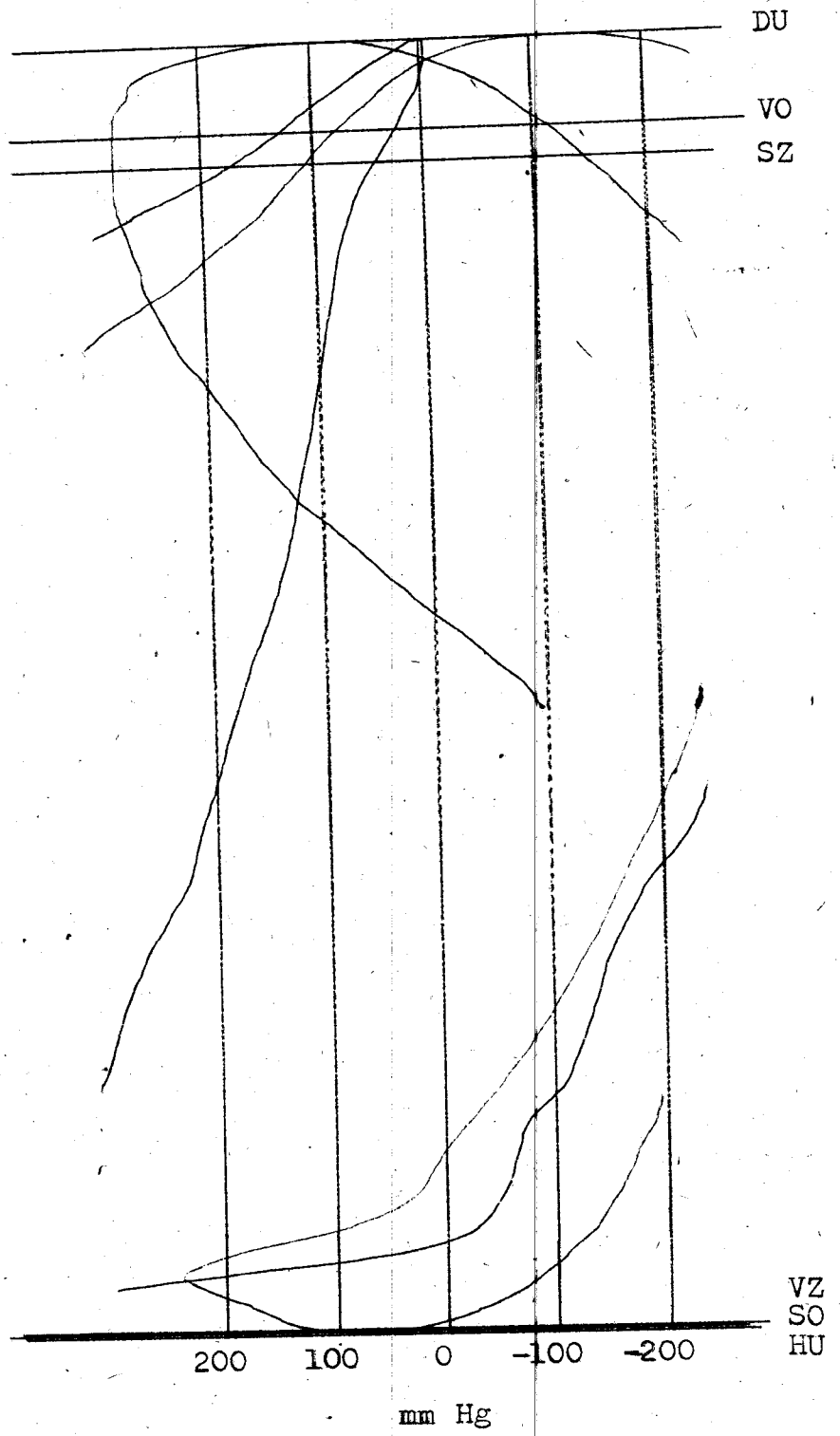


——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v sacím potrubí

1600 ot/min 1:1130 mm

3.válec

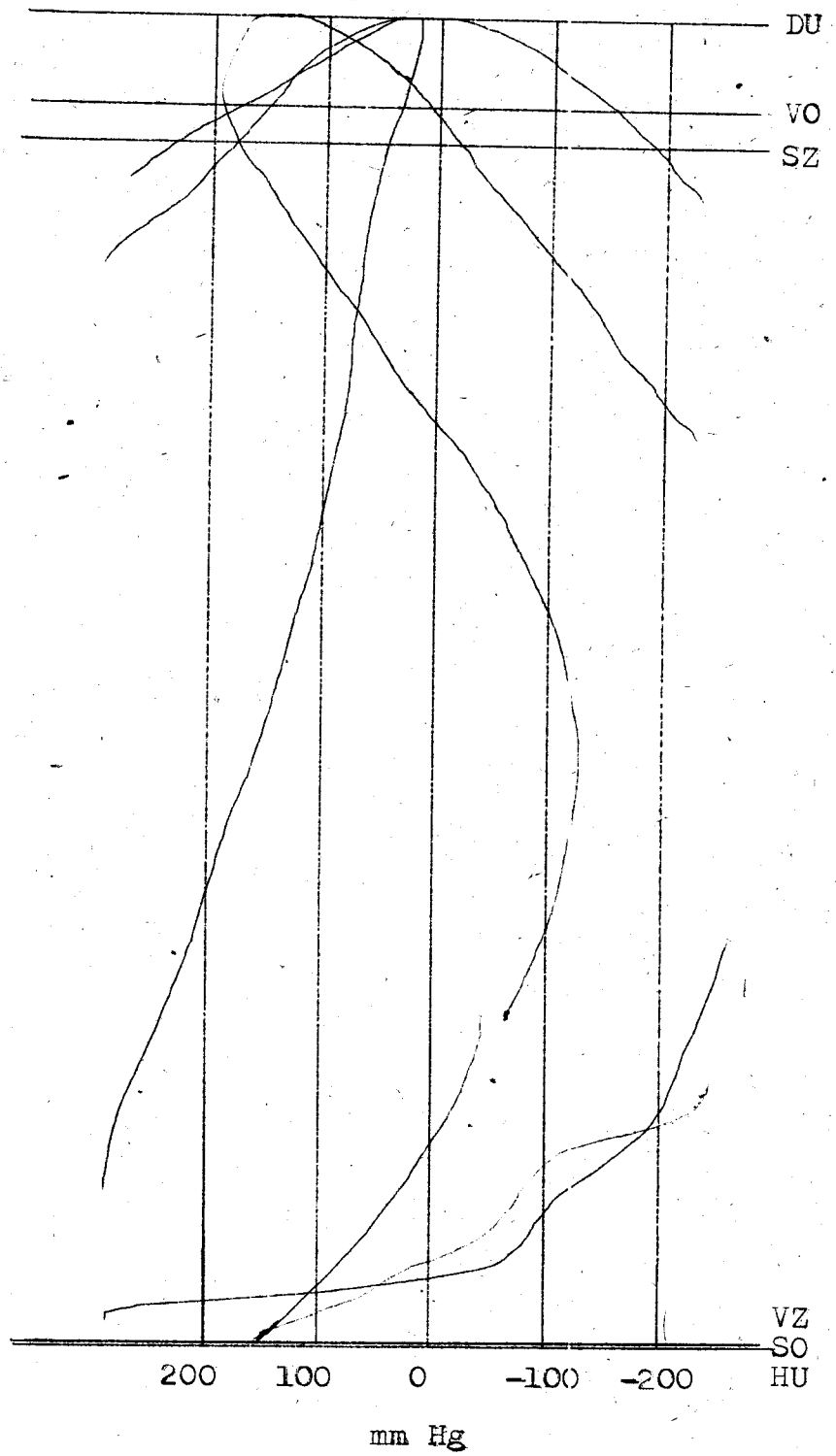


——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

1400 ot/min 1:1130 mm

3.válec

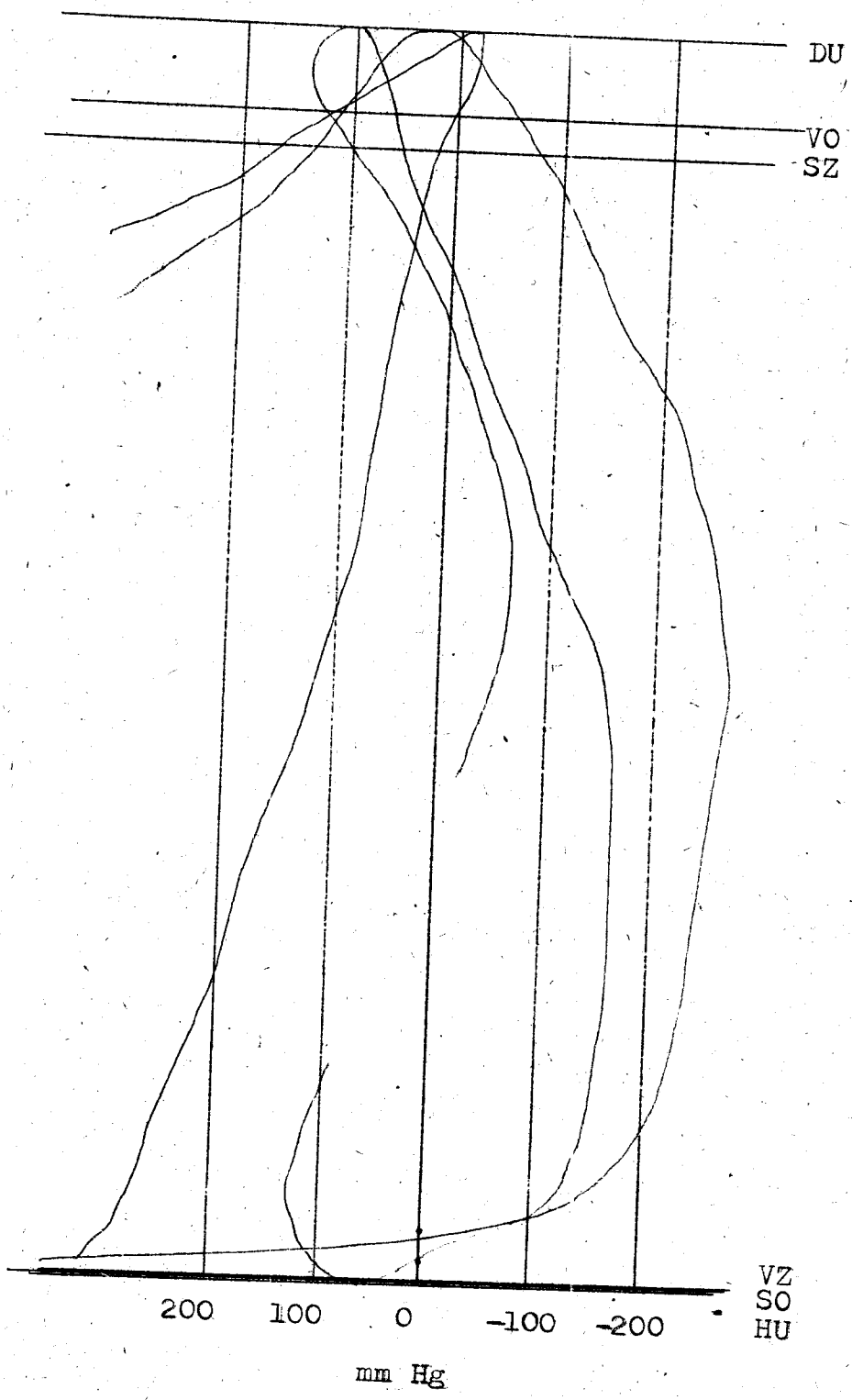


——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

1200 ot/min 1:1130 mm

3.válec

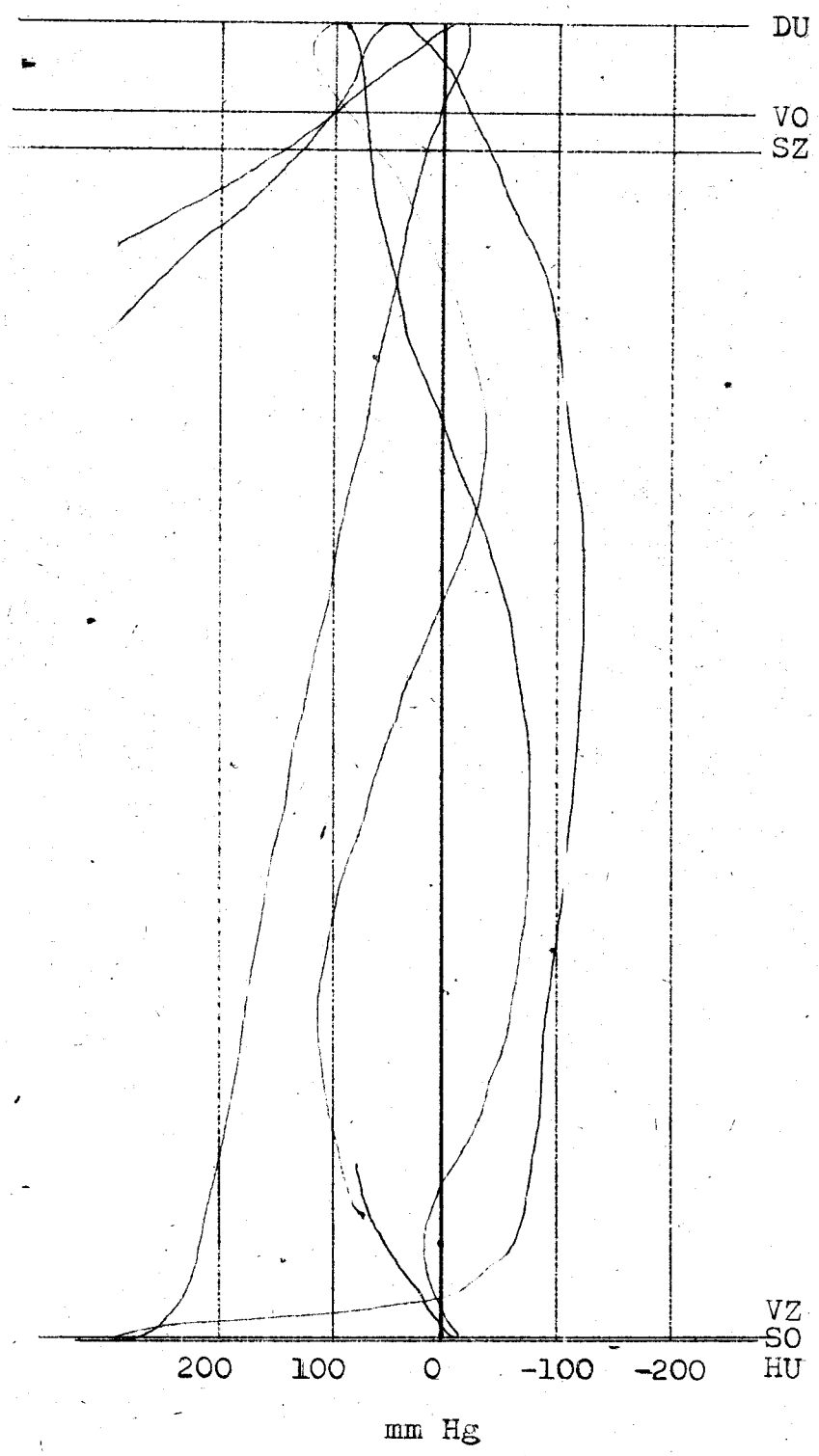


——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

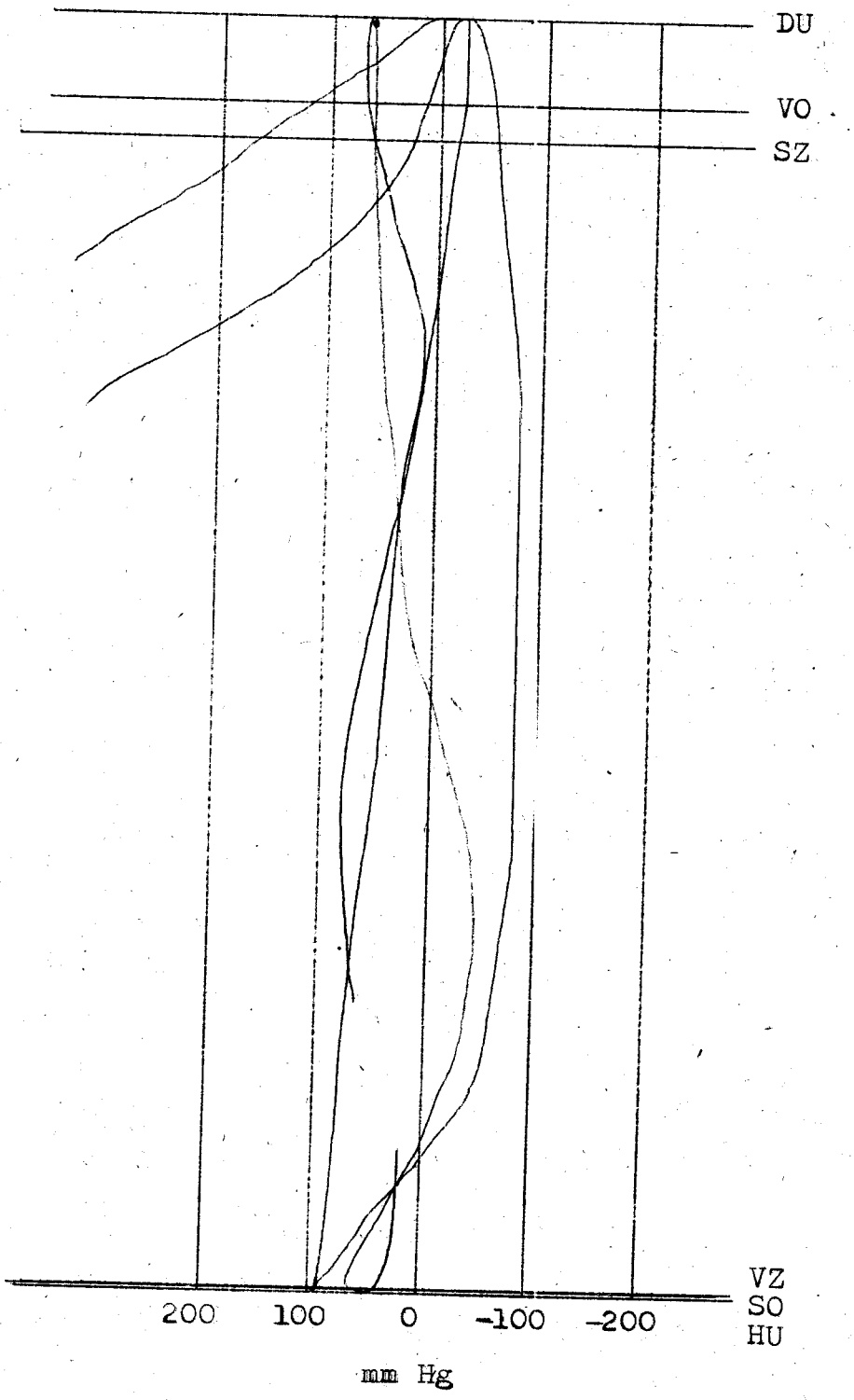
1000 ot/min 1:1130 mm

3.válec



——— Průběh tlaku ve válci

——— Průběh tlaku v ssacím potrubí

800 ot/min 1:1130 mm

3.válec