

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ V LIBERCI

NOSITELKA ŘÁDU PRACE

Fakulta strojní

Obor 23 - 21 - 8

Stroje a zařízení pro chemický, potravinářský

a spotřební průmysl

zaměření

sklářské a keramické stroje

Katedra sklářských a keramických strojů

Ú P R A V A C H L A Z E N Í F O R E M

Vladimír H O L O U B E K

DP 023/82

Vedoucí práce :	Ing. Vladimír Klebsa, CSc	-	VŠST Liberec
Konzultant :	Ing. Jan Cibulka	-	VŠST Liberec

Rozsah práce :

Počet stran	63
Počet tabulek	24
Počet obrázků	27
Počet výkresů	1
Počet modelů	1

DT : 666.1.032.5

4.6. 1982

Vysoká škola:strojní a textilní.....
Fakulta:strojní.....

Katedra:sklář. a keram. strojů
Školní rok:1981/82.....

DIPLOMOVÝ ÚKOL

proVladimíra Holoubka.....
obor23-21-8.....

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

Název tématu:Úprava chlazení forem.....
.....
.....

Pokyny pro vypracování:

V návaznosti na dosavadní práce a zkušenosti na úseku chlazení forem řadového stroje řady AL na výrobu obalového skla se zaměřte na zvýšení účinnosti chlazení a na snížení hlučnosti. V práci uveďte:

1. Rozbor současného stavu.
2. Konstrukční úpravu chlazení forem.
3. Změření účinnosti chlazení.
4. Změření úrovně hluku.
5. Ekonomické zhodnocení.

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC 1, SÍŤOVSKÁ 5
PSC 461 17

Autorské právo se řídí směrnice
MŠK pro státní záv. zkoušky č.j. 31
727/ČJ 7/1 ze dne 13. července
1962-Věstník MŠK XVII, část 24 ze
dne 31. 3. 1963, 19. část z. č. 115/33 Sb.

V 116/82 S

KJK/10

Rozsah grafických prací: cca 40 stran textu doložených příslušnými výpočty, výkresovou dokumentací a výsledky měření

Rozsah průvodní zprávy:

Seznam odborné literatury: Technické zprávy VV úkolů
Kolomazník M.: DP 366/81
Sýkora O.: DP 329/79
Smetana C.: Měření hluku a chvění
SNTL Praha 1974

Vedoucí diplomové práce: Ing. Vladimír Klebsa, CSc

Konsultanti: Ing. Jan Cibulka

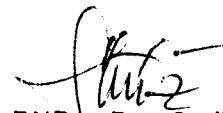
Datum zadání diplomového úkolu: konečné zadání 23.9.1981

Termín odevzdání diplomové práce: 4.6.1982




Doc. Ing. J. Belda, CSc

Vedoucí katedry


Doc. RNDr. B. Stříž, CSc

Děkan

V Liberci dne 23.9. 81
19

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

Vladimír Holoubek
Vladimír H o l o u b e k

V Liberci 4.6. 1982

Seznam použitých zkratk a symbolů	5
Úvod	7
1. Rozbor současného stavu chlazení	
sklářských forem	9
2. Teoretická část	11
2.1. Tepelné poměry při tvarování skla	11
2.1.1. Přestup tepla ze skloviny do formy	12
2.1.2. Vedení tepla formou	12
2.1.3. Přestup tepla z formy do vzduchu	13
2.2. Fyzikální podstata hluku	14
2.2.1. Posuzování hluku v prac. prostředí.....	15
3. Analýza možností úprav chlazení	18
3.1. Zvýšení účinnosti chlazení	18
3.2. Snížení hlučnosti chlazení	19
4. Konstrukční úprava chlazení forem na strojích AL	21
4.1. Přívod vzduchu do chladících držáků	21
4.2. Chladící držáky.....	24
5. Experimentální část	28
5.1. Funkční zkouška navržené úpravy chlazení	29
5.2. Měření účinnosti chlazení	31
5.2.1. Popis měřícího zařízení	31
5.2.2. Použité vztahy a veličiny	34
5.2.3. Měření účinnosti navržené úpravy chlaz.....	35
5.3. Měření hladiny hluku.....	47
5.3.1. Popis měřiče hluku	47
5.3.2. Porovnání měřiče RFT s zvukoměrem ZKM 1 ...	48
5.3.3. Měření hluku na automatu AL 118	50
5.3.4. Měření hlučnosti navržené úpravy chlaz.....	53
6. Zhodnocení výsledků.....	57

	strana
7.Ekonomické zhodnocení	60
8.Závěr	61
Seznam použité literatury	62
Seznam příloh	63

Seznam použitých zkratek a symbolů

- B - materiálová konstanta $/\text{J K}^{-1} \text{m}^{-1} \text{s}^{-1/2}/$
c - specifické teplo $/\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}/$
d - průměr formy $/\text{m}/$
E - tepelná akumulární schopnost
G - objemový průtok vzduchu $/\text{m}^3 \text{s}^{-1}/$
H - výška formy $/\text{m}/$
L - hladina akustického tlaku $/\text{dB}/$
Q - příkon topné tyče $/\text{kW}/$
 $\dot{Q}$ - tepelný tok formou $/\text{kW}/$
S - plocha $/\text{m}^2/$
 t_d - průměrná teplota termočlánků $/^\circ\text{C}/$
 t_1 - teplota termočlánku 1 $/^\circ\text{C}/$
 t_2 - teplota termočlánku 2 $/^\circ\text{C}/$
 t_3 - teplota termočlánku 3 $/^\circ\text{C}/$
 t_e - teplota vnějšího povrchu formy $/^\circ\text{C}/$
 t_f - teplota vnitřního povrchu formy před stykem
se sklovinou $/^\circ\text{C}/$
 t_p - teplota vnitřního povrchu formy po styku
se sklovinou $/^\circ\text{C}/$
 t_s - teplota skloviny $/^\circ\text{C}/$
 t_{vz} - teplota chladícího vzduchu $/^\circ\text{C}/$
N - číslo třídy hluku
 p_{ef} - efektivní hodnota akustického tlaku $/\text{Pa}/$
 p_{ref} - referenční hodnota akustického tlaku $/\text{Pa}/$
f - frekvence $/\text{Hz}/$
l - vzdálenost od zdroje hluku $/\text{m}/$

- α - koeficient přestupu tepla / $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \text{K}^{-1}$ /
 λ - koeficient tepelné vodivosti / $\text{J m}^{-1} \text{K}^{-1}$ /
 τ - čas /s/
 ρ - měrná hmotnost / kg m^{-3} /
 ξ - korekční součinitel

Ú v o d

Sklářská výroba u nás náleží mezi nejstarší výrobní obory a zaujímal vždy důležité místo v naší průmyslové výrobě. Pokud sklo bylo pouze uměleckým a exkluzivním materiálem, stačila sklářům k vytváření výrobků pouze píšťala, dřevěné formy, tvořítka a hlavně zkušenost a fantazie. Když se však sklo stalo především předmětem denní potřeby, bylo nutno zvýšit produktivitu a přesnost výrobků. Toho bylo možno dosáhnout pouze pomocí strojní výroby sklářských výrobků. Stále zvyšující se poptávka na domácím i zahraničním trhu, ale i velký rozvoj jiných oborů průmyslové činnosti, měla vliv na rychlý rozvoj sklářského průmyslu. Tento rozvoj vyžaduje co nejdokonalejší a nejmodernější strojní vybavení, a co nejširší zautomatizování výrobního procesu.

Na rozvoj sklářského průmyslu byly u nás, díky podpoře ústředních stranických a státních orgánů, věnovány značné prostředky. Byly postaveny nové výrobní kapacity, zajištěn dovoz špičkové výrobní techniky a licencí.

Přes všechny dosažené úspěchy v minulé pětiletce, je nutno se zaměřit na nové úkoly zadané XVI. sjezdem KSČ a hledat cesty dalšího zlepšování naší práce, aby československý sklářský průmysl nejen úspěšně splnil úkoly sedmé pětiletky, ale hlavně v oblasti vývozu na západní trhy pomohl celému našemu národnímu hospodářství řešit složitou situaci vyvolanou v oblasti vývozu krizovou vlnou kapitalistického systému.

Rozvoj některých výrobních oborů si nelze představit bez dostatečného množství skleněných obalů. Kvalita i kvan-

tita těchto obalů je přímo závislá na strojním zařízení, které je třeba neustále zdokonalovat. A to je cíl n.p. Sklostroj v Turnově, který je výrobcem řadových automatů na výrobu obalového skla.

Zde vznikl úspěšný řadový šestisekční stroj AL 106, a také nový osmisekční automat AL 118, který je již zaváděn do provozu. Při tom se ukazují určité rezervy ve zvládnutí tepelných procesů při tvarování skla, zvláště pak v chlazení forem.

Řešením těchto problémů se zabývá ve spolupráci se Sklostrojem Turnov také KSK, a to je i úkolem této diplomové práce.

1. Rozbor současného stavu chlazení sklářských forem

V současné době se k chlazení sklářských forem strojů na výrobu obalového skla používá převážně vzduch /1/. Tento způsob je výhodný z mnoha důvodů, např. snadná regulace přiváděného množství chladicího vzduchu, poměrně jednoduchá konstrukce zařízení a z toho vyplývající spolehlivost. Na druhé straně jsou nedostatky, které jsou v současnosti obzvláště závažné. Patří mezi ně malé specifické teplo vzduchu, z čehož plyne jeho velká spotřeba, která má za následek velký příkon chladících ventilátorů, tvořící značnou část celkového příkonu sklářského automatu. Další neméně závažnou nevýhodou tohoto způsobu chlazení je hlučnost, která dosahuje u sklářských automatů řady AL hodnot až 102 dB, což značně zhoršuje pracovní prostředí v okolí těchto strojů /6/. Proto se zkouší různé alternativy, jak tyto negativní vlastnosti omezit.

Hlučnost je snižována úpravou rozvodu chladicího vzduchu, čímž klesá jeho spotřeba a tím i spotřeba elektrické energie potřebné na jeho stlačení.

Sklářské automaty řady AL mají provedeno chlazení forem pomocí pevných chladících komínů, u kterých se výrazně projevují výše uvedené nedostatky. Proto se provádí výzkum speciálních chladících držáků, u kterých probíhá chlazení forem stále stejně velkou intenzitou a podílí se na něm prakticky veškeré množství chladicího vzduchu, který je do chladicího držáku vháněn od ventilátoru. Těmito problémy se zabývá ve spolupráci se Sklostrojem Turnov také KSK VŠST v Liberci. Byly zde řešeny problémy pevných chladících komínů a také zde byly vyvinuty radiálně drážkované a rastrované formy. V současné době se zde provádí výzkum chladících držáků, ale i výzkum netradičních způsobů chlazení sklář-

ských forem.

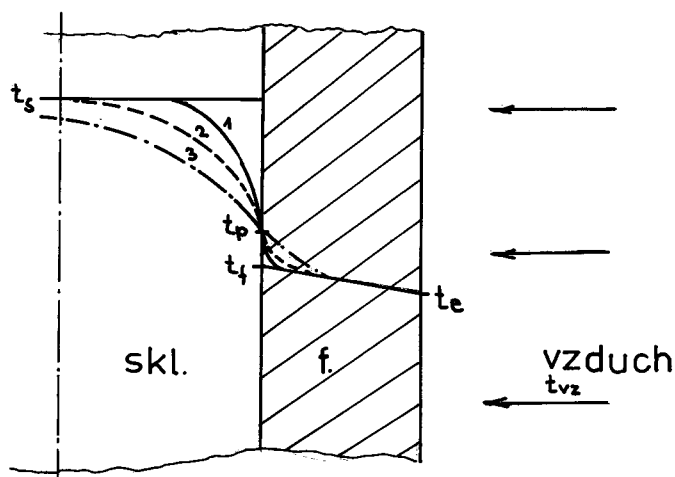
Ve své diplomové práci jsem se zaměřil na zlepšení chlazení pomocí chladících držáků a provedení vhodných úprav uvnitř držáků, které by vedly k větší účinnosti chlazení a tím i ke snížení hladiny hluku.

2. Teoretická část

V této části jsou uvedeny základní tepelné zákonitosti a vztahy při tvarování skla a jsou zde také uvedeny vztahy a hlediska týkající se problematiky měření hlučnosti pracovního prostředí.

2.1 Tepelné poměry při tvarování skla

Při tvarování se stýká dávka skloviny o zhruba rovnoměrné teplotě t_s s kovovou formou, jejíž povrch má teplotu t_f . Forma je zevně ochlazována. Ihned po styku dojde k poklesu povrchové teploty skloviny a k vzestupu povrchové teploty formy; teplo ze skloviny je odváděno do formy a formou do chladicího média. Postupně klesá teplota uvnitř dávky skloviny a naopak vzestup teploty formy postupuje jako teplotní vlna do hloubky.



Obr.1 Průběh teplot při tvarování skla

Na obr.1 křivky 1,2,3 znázorňují průběh teploty ve skle a formě v různých údobích po styku.

Teplovní pole ve sklovině i ve formě se mění s časem, proto má i přestup tepla nestacionární povahu /2/. Při strojním tvarování se teplotní pole ve sklovině i ve formě přesně opakuje

v každém tvarovacím cyklu, takže dochází ke quasistacionární rovnováze. Tato rovnováha je specifikována tím, že teploty ve formě oscilují kolem neměnných středních hodnot a množství tepla, předané při každém tvarovacím cyklu, je stejné.

Sdílení tepla lze rozdělit do několika jevů; přestup tepla ze skloviny do formy, vedení tepla formou a přestup tepla z formy do vzduchu.

2.1.1 Přestup tepla ze skloviny do formy

Za předpokladu dokonalého tepelného kontaktu mezi sklovinou a formou platí dle /1/ rovnice:

$$\frac{t_s - t_p}{t_p - t_f} = \frac{E_f}{E_s} \quad (1)$$

kde veličina E je materiálová konstanta definovaná jako:

$$E = \sqrt{\lambda \cdot c \cdot \rho} \quad (2)$$

Množství tepla, které přejde ze skloviny do formy, je určeno vztahem:

$$Q = B \cdot S \cdot (t_s - t_f) \cdot \sqrt{\tau} \quad (3)$$

kde S je plocha vnitřní stěny formy, τ je doba od vzájemného styku skloviny s formou. Konstanta B je ovlivněna pouze vlastnostmi skla a kovu a platí pro ni:

$$B = \frac{\frac{2}{\sqrt{\pi}}}{\frac{1}{E_s} + \frac{1}{E_f}} \quad (4)$$

2.1.2 Vedení tepla formou

Tepelný výkon, který projde stěnou formy, se vypočte podle vztahu:

$$\dot{Q} = \frac{2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot H}{\ln \frac{d_2}{d_1}} \cdot (t_1 - t_2) \quad (5)$$

kde λ je materiálová konstanta, t_1 je teplota vnitřního a t_2 teplota vnějšího povrchu formy, d_1 je vnitřní průměr a d_2 je vnější průměr formy, H je výška formy.

2.1.3 Přestup tepla z formy do vzduchu

Je charakterizován součinitelem přestupu tepla α , pomocí něhož můžeme sledovat účinnost chlazení /1/.

Tento výpočet je zatížen určitými chybami, protože se neuvažuje odvod tepla držáky formy a čely formy, ale pro naše účely vyhovuje.

Pro přestup tepla na vnějším povrchu formy platí Newtonův zákon:

$$\dot{Q} = \pi \cdot d \cdot H \cdot \alpha \cdot (t_d - t_{vz}) \quad (6)$$

z čehož vyplývá pro součinitel :

$$\alpha = \frac{\dot{Q}}{\pi \cdot d \cdot H \cdot (t_d - t_{vz})} \quad (7)$$

kde $\dot{Q}$ je tepelný tok prošlý formou / cca 85% příkonu topné tyče /
 d je vnější průměr formy, t_d je teplota na vnějším průměru formy a t_{vz} je teplota chladícího vzduchu.

2.2 Fyzikální podstata hluku

Jeden z činitelů, který značně ovlivňuje pracovní prostředí je hluk. Z fyzikálního hlediska je to mechanické vlnění, které se projevuje mechanickým kmitáním částic. V plynném či kapalném prostředí se zvuk šíří v podobě podélných vln. Akustické vlnění se v takovém prostředí projevuje kmitáním částic tekutiny ve směru šíření vlnění, které má za následek střídavé zředování a zhušťování tekutiny a projevuje se střídavým zvětšováním a zmenšováním tlaku v určitém místě. Tuto střídavou složku nazýváme akustickým tlakem a charakterizujeme ji efektivní hodnotou p_{ef} . Pro fyzikální charakteristiku zvuku se často užívá hladina akustického tlaku, pro kterou dle [3] platí:

$$L = 20 \log \frac{p_{ef}}{p_{ref}},$$

kde $p_{ref} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$ je referenční hodnota akustického tlaku.

Někdy se charakterizuje zdroj zvuku pomocí hladiny akustického výkonu, pro kterou platí:

$$L_p = 10 \log \frac{P}{P_{ref}},$$

kde P je akustický výkon zdroje a $P_{ref} = 10^{-12} \text{ W}$.

Dopadá-li do určitého místa zvuk od několika zdrojů, potom platí vztah pro sčítání hladin akustického tlaku:

$$L = 10 \log \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}} \quad (8)$$

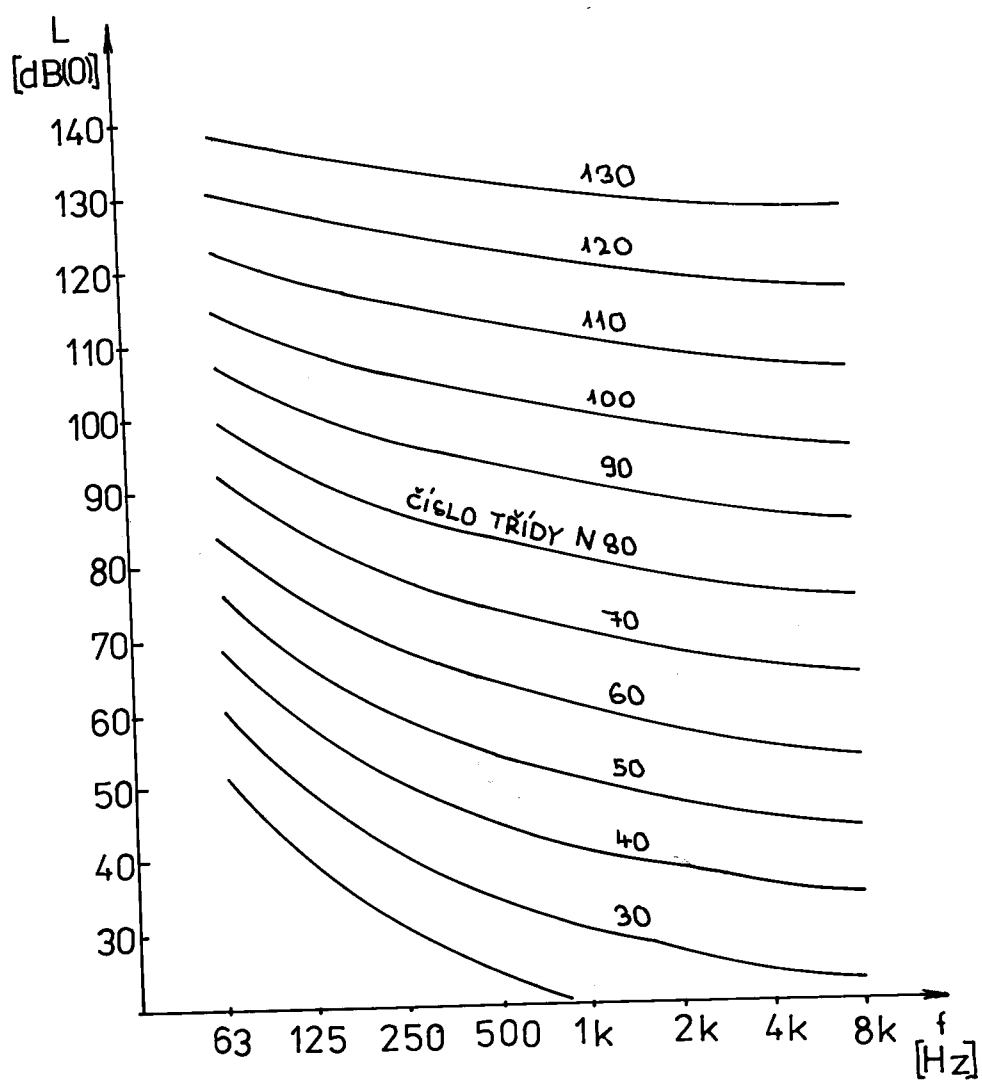
kde L_i je hladina hluku jednoho zdroje. Rozlišujeme dva hlavní způsoby vzniku hluku. V prvním případě vyzařují hluk části strojů, které svým chvěním rozkmitávají sousední částice vzduchu.

V druhém případě vyzařuje zvuk chvějící se kapalina nebo plyn. K jejímu rozechvění dochází obvykle v důsledku nestacionárního proudění, turbulence, rázových vln a pod. To je také případ chlazení sklářských forem vzduchem.

K určení průběhu akustického tlaku v závislosti na kmitočtu slouží amplitudové spektrum. Rozeznáváme spektrum čarové, spojitě, ale i kombinované.

2.2.1 Posuzování hluku v pracovním prostředí

Přípustné hodnoty pro hlučnost se vyjadřují číslem třídy hluku N , které zastupuje hladiny akustického tlaku ve spektru/1/. Hladiny akustického tlaku v jednotlivých oktávových pásmech, které přísluší různým číslům N , jsou znázorněny na obr.2. Platí, že číslo N je přibližně o 5 jednotek nižší než hladina hluku L_A . To znamená, že číslo třídy hluku, které je nejvyšší přípustné, je dáno součtem základního čísla třídy hluku $N_z = 80$ a korekce pro druh činnosti/viz. tabulka 1/ a doby expozice hluku / viz. tabulka 2 /.



Obr.2 Průběhy čísel třídy hluku N

Tabulka 1

Druh činnosti	Korekce
koncepční, tvůrčí práce	- 40
duševní práce	- 35
duševní práce s dorozumíváním	- 40
duševní práce s kontrolou sluchem	- 25
duševní práce vyžadující soustředění	- 20
fyzická práce bez nároků na duševní a smyslovou činnost	- 15
fyzická práce bez nároků na duševní a smyslovou činnost, v oddůvodněných případech	- 10
	- 5
	0
	+ 5

Tabulka 2

Doba expozice hluku v minutách za osmi-hodinovou pracovní dobu	Korekce
pod 5	+ 20
5 - 15	+ 15
16 - 50	+ 10
51 - 150	+ 5
nad 150	0

3. Analýza možností úprav chlazení

V této kapitole je poukázáno na možnosti v úpravách chlazení forem řadových strojů řady AL, jak z hlediska zvýšení účinnosti chlazení, tak i snížení hlučnosti zařízení.

3.1 Zvýšení účinnosti chlazení

U řadových automatů AL 106 a AL 118 je použito chlazení ventilátorovým vzduchem a formy jsou ofukovány pomocí pevných chladících komínů.

Při chlazení ventilátorovým vzduchem závisí dosažený koeficient přestupu tepla na rychlosti chladícího vzduchu, na geometrickém uspořádání formy, na průměru a vzdálenosti chladicí dýzy, na jejich vzájemné poloze a na úpravě povrchu formy /2/. Optimální cestou ke zvýšení účinnosti chlazení vzduchem je využití proudu vzduchu správnou vzduchotechnikou. Vzduch má proudit tangenciálně na formu za použití usměrňovacích plechů a vyřešení tvaru dýz. Nevýhodné jsou ostré hrany a prudké změny profilu, které vedou ke ztrátě tlaku a rychlosti a k nepravdělnému proudění. Nejúčinnější se ukazuje náhrada volného ofukování formy nucenou konvekcí, kde vzduch proudí v dutině kolem formy.

Další možností jak zvýšit účinnost chlazení je použití nekonvenčních způsobů chlazení. Sem patří oběhové chlazení vodou, které je tiché, energeticky nenáročné a podstatně intenzivnější než chlazení vzduchem. Potřebné zařízení je však daleko složitější. V poslední době se rozvíjí výzkum chlazení vodním sprayem. Toto chlazení se zkouší v současnosti i na KSK. Účelem tohoto způsobu chlazení je zvýšit odvedené množství tepla z povrchu

formy o výparné teplo vody, která se na povrch formy přivádí spolu s chladícím vzduchem. Problémem je vyřešení optimálního množství chladicí vody, aby nebylo ovlivněno pracovní prostředí a nadměrně se nezvyšovala koroze součástí stroje.

3.2 Snížení hlučnosti chlazení

Dosavadní způsob chlazení ventilátorovým vzduchem, za použití pevných chladících komínů, je příčinou vysoké hladiny hluku.

Problém snižování hluku je třeba chápat komplexně, tzn. že je třeba si uvědomit všechny možné cesty šíření hluku od jednotlivých zdrojů k posluchači. Hlavními zdroji hluku u automatů AL jsou ventilátor, rozvodný systém a hlavně pevné chladící komíny.

Jednou z cest ke snížení hluku je úprava těch částí zařízení, které tvoří překážky proudění vzduchu. Do této skupiny patří hlavní škrtková klapka, která je kruhového tvaru. Výhodnější by bylo použití škrtkového ventilu kuželového tvaru. Také šoupátka v patě chladících komínů nevhodně ovlivňují proudění chladícího vzduchu.

Další cestou je nahrazení pevných komínů chladícími držáky. U těchto držáků je nucená konvekce, a z toho důvodu jsou výhodnější, protože chlazení je intenzivnější, z čehož vyplývá možnost snížení množství přiváděného vzduchu, a tím snížení hlučnosti celého zařízení. Hlučnost by se u těchto držáků dala snížit ještě tím, že vzduch, který ochladil formu by se nenechal volně unikat do okolí, ale odváděl se frémou stroje ven. Zde se naráží na problém utěsnění mezi formou a držáky a na problém přívodu a odvodu chladícího vzduchu z hlediska omezeného prostoru, který je dán konstrukcí řadových strojů AL.

V posledku je možnost nahrazení současného chlazení vzduchem chlazením netradičním, které by přispělo k dalšímu snížení hlučnosti stroje. Tohoto způsobu chlazení by se dalo použít i ve vzájemné kombinaci s chladícími držáky.

4. Konstrukční úprava chlazení forem na automatech řady AL

Protože stávající řešení chlazení forem pevnými chladicími komíny nevyhovuje z důvodů nízké účinnosti chlazení a vysoké hlučnosti, hledají se cesty, jak toto řešení nahradit. Nejschůdnější se zdá cesta náhrady volného ofukování forem nucenou konvekci chladicími držáky. Toto řešení má výhody v tom, že se podstatně zvýší účinnost chlazení, ale i sníží hluk bez zásadního konstrukčního zásahu do koncepce stroje. Lze ho použít, jak pro modernizaci šestisekčního automatu AL 106, tak i pro nový osmisekční automat AL 118. Problém se zužuje na vyřešení přívodu chladicího vzduchu do plechových krytů držáků a vyřešení těchto krytů, při použití původních držáků forem.

4.1 Přívod vzduchu do chladících držáků

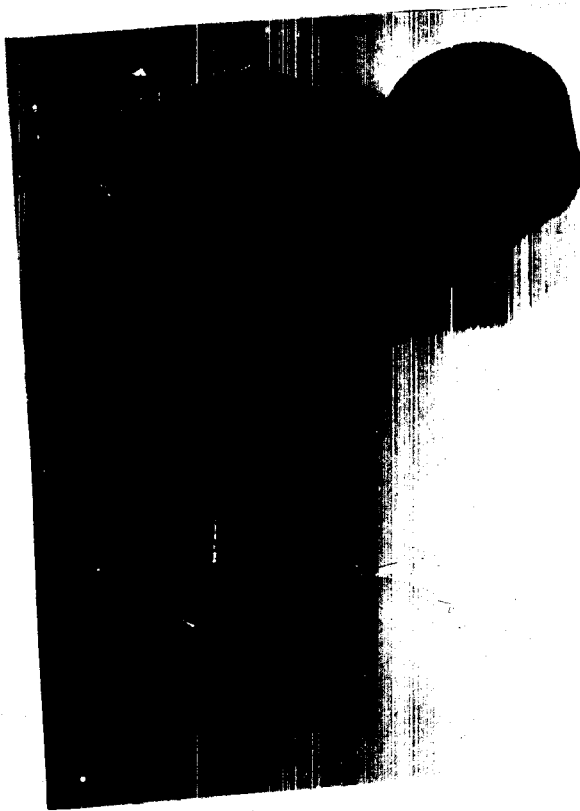
Řešení tohoto problému naráží na úskalí, kterými jsou omezené prostorové možnosti u sklářských automatů řady AL. Procházelo několika vývojovými stupni. Nejprve byl tento problém na KSK řešen pomocí pružné pancéřové trubky. Výhoda spočívá v tom, že přiváděný vzduch velmi málo mění svůj směr, z čehož vyplývají malé ztráty a nízká hlučnost. Protože ale pancéřová trubka špatně přenáší kroutící moment, vznikající při otvírání a zavírání forem, byly problémy se životností.

Další variantou přívodu vzduchu byly dva do sebe se zasouvající komíny. Jejich nevýhodou bylo přičení, vlivem krátké dráhy posuvu. Na podobném principu byly navrženy přívody, kde posuv byl zajištěn pohybem horní desky, která kryla plechovou komoru. Byla zde sice odstraněna možnost přičení při posuvu, ale zařízení bylo prostorově náročnější. Obě tato řešení navíc neměla vyřešen problém mazání. Rovněž se ukázalo, že v prostoru, který je k dis-

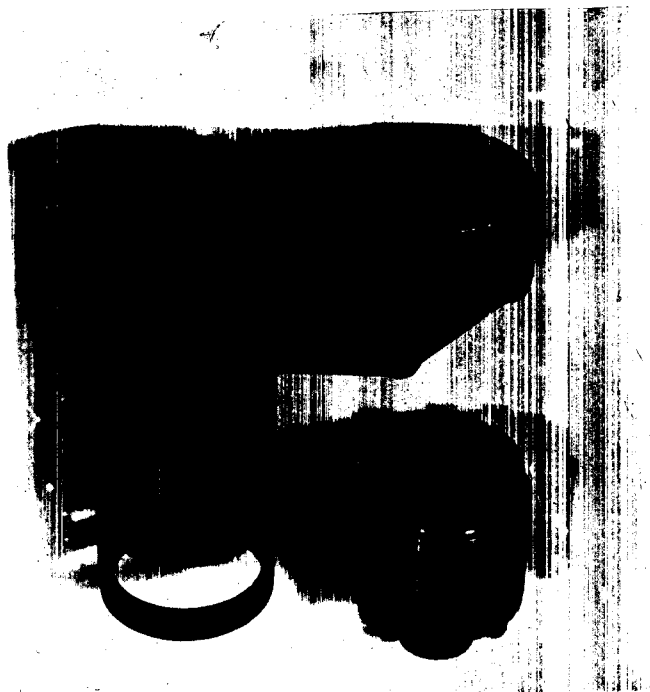
pozici na stroji AL 106, nelze tato řešení instalovat.

Zcela novým je řešení pomocí pevných přivaděčů, které bylo v dílnách KSK prakticky realizováno / obr.3 /. Toto řešení řeší nevýhody předchozích variant, neboť vzduch je zde veden plynuleji, nejsou zde téměř žádné třecí plochy a je zde zajištěna plynulá regulace vzduchu a výhodou je i malá prostorová náročnost.

Přivaděč se skládá ze dvou hlavních částí; vlastní komín přivaděče s otočným šoupátkem a ventil přivaděče / viz.obr.4 /. Princip přivaděče je ten, že při zavřených formách je ventil otevřen a chladicí vzduch může proudit komínem do chladících krytů. Při otevření forem ventil uzavře vstup, takže nedochází k ofukování vnitřků forem. Ventil je ovládán tlakovým vzduchem z kompresoru.

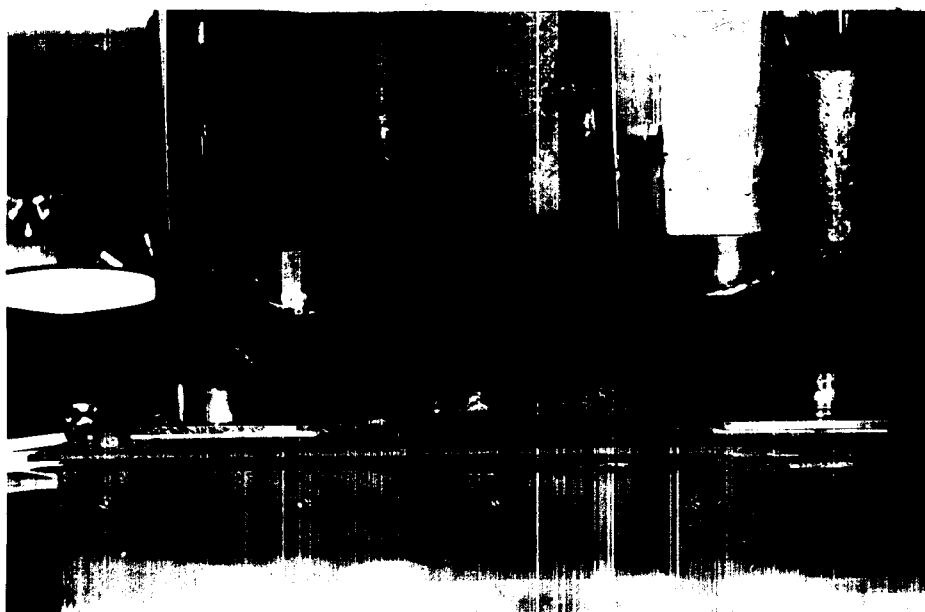


Obr.3 Přivaděč



Obr.4 Přivaděč s odšroubovaným ventilem

Na obr. 5 je vidět poloha ústí přivaděče vůči chladícím držákům . Nalevo je držák v poloze otevřené a napravo v poloze uzavřené.



Obr.5 Poloha přivaděče vůči chladícím držákům

4.2 Chladicí držáky

Chladicí držáky byly vyrobeny jako plechové kryty / obr.6 /, které jsou přišroubovány šrouby M8x10 k stávajícím čelistem. Ramena jsou částečně zakryta, jak je vidět na obr.7. Pro levé resp. pravé poloviny forem je jeden kryt a do něj je samostatným přívaděčem vháněn vzduch / obr.8 /.

Plechové kryty jsou svařeny z plechu o tloušťce 1 mm, z něhož je vytvořena centrální komora, bočnice vytvářející vlastní šterbinu a víko, které zabraňuje úniku chladicího vzduchu směrem vzhůru / obr.9 /.

Chladicí držáky pracují na principu, že vzduch z přívaděče proudí spodem do centrální komory, kde pomocí čelistí, ramena a víka mění směr a je rozváděn tak, aby proudil velkou rychlostí šterbinou těsně kolem povrchu forem.

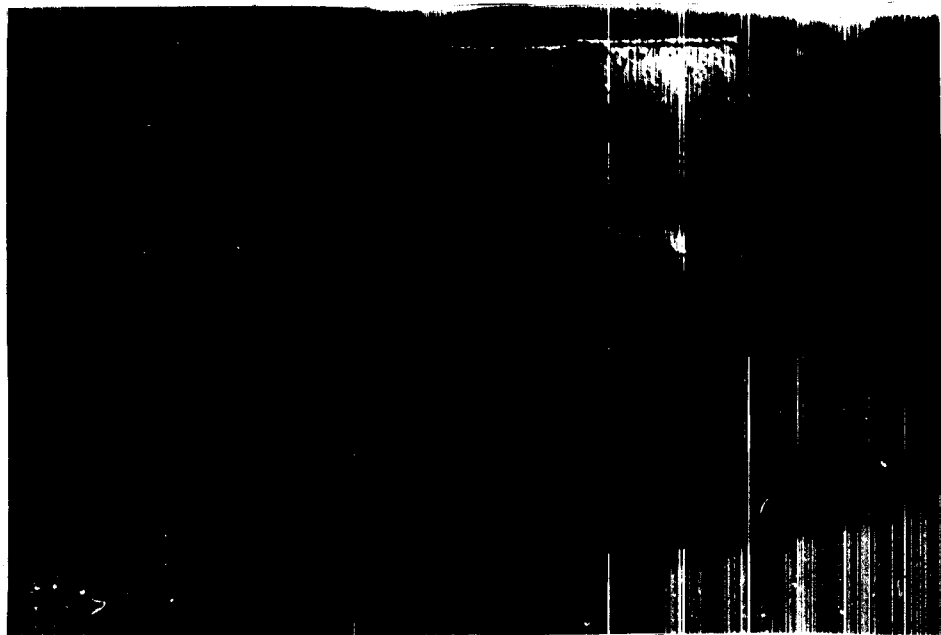
První zkoušky ukázaly, že chladicí vzduch proudí s největší intenzitou do horní části držáku, a tím by spodní část forem byla méně chlazena. Proto bylo třeba uskutečnit některé úpravy na krytu. Nejdříve byl vyzkoušen plechový klín umístěný v horní části centrální komory. I když se dosáhlo určitého zlepšení v rozšíření vzduchového pole, bylo třeba hledat lepší řešení. Další úpravou chladicího krytu byla naváděcí otočná lopatka umístěná v centrální komoře, jejímž úkolem bylo rozdělení a navedení proudu vzduchu do spodní části krytu. Ani tato úprava nesplnila svůj účel, i když podstatně zlepšila rozložení proudu vzduchu.

Nejllepší se v tomto směru ukázala varianta, kde ke chladicímu krytu bylo přivařeno žebro, které nabíralo vzduch z centrální komory a vedlo jej šterbinou ven z držáku. Bylo dosaženo rovnoměrného rozložení proudu vzduchu podél celé výšky formy. Naváděcí žebro je vidět na obr.10. Tato varianta je v dalším

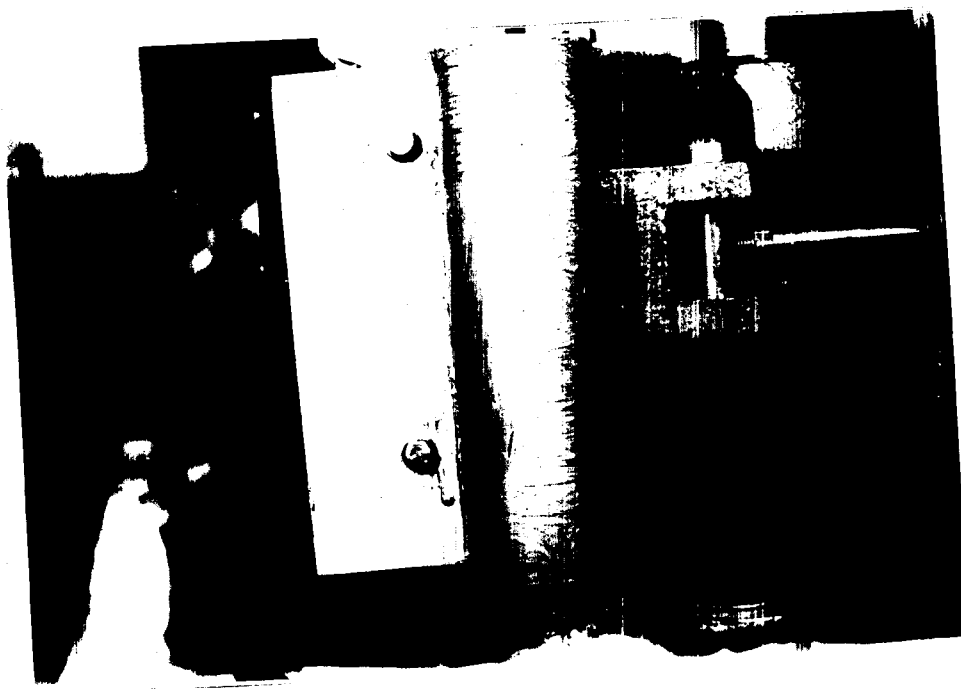
textu označena jako D_0 .

Aby se omezilo rozdílné chlazení předních a zadních polovin forem, byla navržena varianta D_1 , která toto uspokojivě vyřešila. Tato varianta vycházela z varianty D_0 , jen zadní bočnice krytu byla upravena tak, aby se snížil průtok vzduchu kolem zadní formy. Jak ukazují výsledky v kapitole 5.2.3, dosáhlo se vyrovnání teplot předních i zadních polovin forem.

Na variantách D_0 a D_1 byla změřena účinnost a hlučnost chlazení.



Obr.6 Chladicí kryt - pohled zvenčí



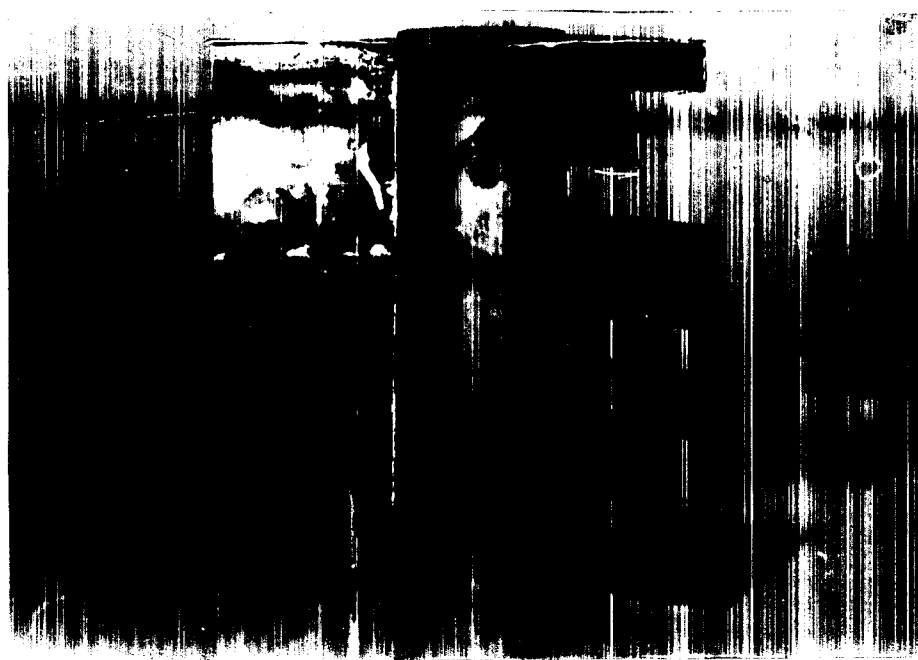
Obr.7 Detail nasazení chladičího krytu na rameno forem



Obr.8 Pohled zepředu na nasazené kryty



Obr.9 Pohled zezhora na nasazené chladicí kryty



Obr.10 Chladicí kryt - pohled zevnitř

5. Experimentální část

Praktické zkoušky navrženého řešení chladících krytů s přiváděcí chladicího vzduchu byly provedeny v dílnách KSK na laboratorní stoličce, složené z části jedné sekce konečných forem stroje AL 106 / obr.11 /.

Na této stoličce byla realizována funkční zkouška, měření účinnosti i hlučnosti navržené úpravy chlazení pomocí chladících držáků.

V této části jsou uvedeny i externí měření hlučnosti na řádovém stroji AL 118 v provozu v Novém Sedle.



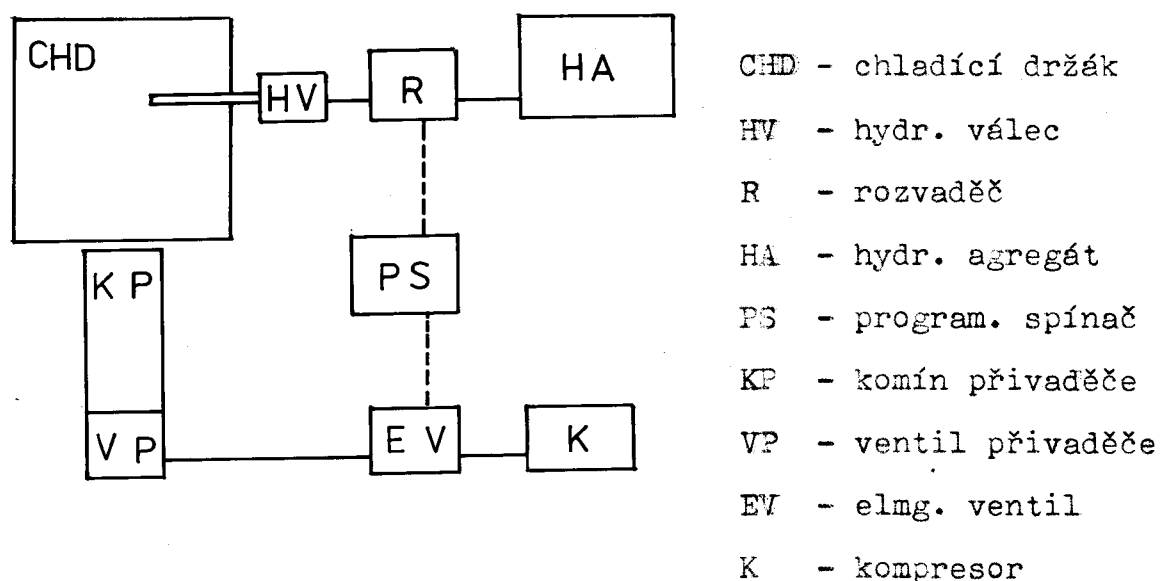
Obr.11 Laboratorní stolička s nasazenými chladícími kryty

5.1 Funkční zkouška navržené úpravy chlazení

Zkouška správné mechanické funkce byla nejdříve prováděna s vypnutým chladícím ventilátorem. Při odkryté přední stěně laboratorní stolice byla vyzkoušena funkce zavírání a otvírání ventilu přiváděče VP. Ventil VP se nechal otvírat a zavírat 30 minut v 1 sekundových intervalech. Ovládání ventilu VP bylo provedeno tlakovým vzduchem z kompresoru přes dvoupolohový elektromagnetický ventil, který byl ovládán programovým spínačem ACO2.

Ovládání chladících držáků forem bylo provedeno pomocí hydraulického válce JHVJ 32, který byl poháněn hydraulickým agregátem typu IHA přes dvoupolohový elektromagnetický rozvaděč. Rozvaděč byl napojen na programový spínač.

Po vyzkoušení této funkce byla provedena synchronizace celého ovládání přes centrální programový spínač ACO2 tak, aby při otevřených držácích s formami byl uzavřen přívod chladícího vzduchu ventilem VP. Blokové schema celého ovládání je na obrázku 12.



Obr.12 Blokové schema ovládání mech. funkcí chlazení

Po ověření již uvedených funkcí modelu byla přišroubována přední stěna stolu laboratorní stolice a vyzkoušela se funkce modelu při zapnutém chladícím ventilátoru. Byla přezkoušena těsnost uzavření přívodu chladícího vzduchu při otevřených formách.

Dále se ověřovalo rovnoměrné rozložení proudu chladícího vzduchu při zavřených formách a otevřeném přívodu chladícího vzduchu. Tato zkouška ukázala některé nedostatky původně navržených chladících krytů, a proto byly uskutečněny úpravy popsané v kapitole 4.2 .

Funkční zkouška ukázala, že zařízení pracuje spolehlivě, a proto se přistoupilo k měření účinnosti a hlučnosti navržené úpravy chlazení. Při těchto měřeních byl zapnut pouze chladící ventilátor a model byl ponechán v klidu.

5.2 Měření účinnosti chlazení

V této kapitole je uveden popis měřicího zařízení, které je na KSK k dispozici, dále jsou zde uvedeny použité vztahy a výsledky měření.

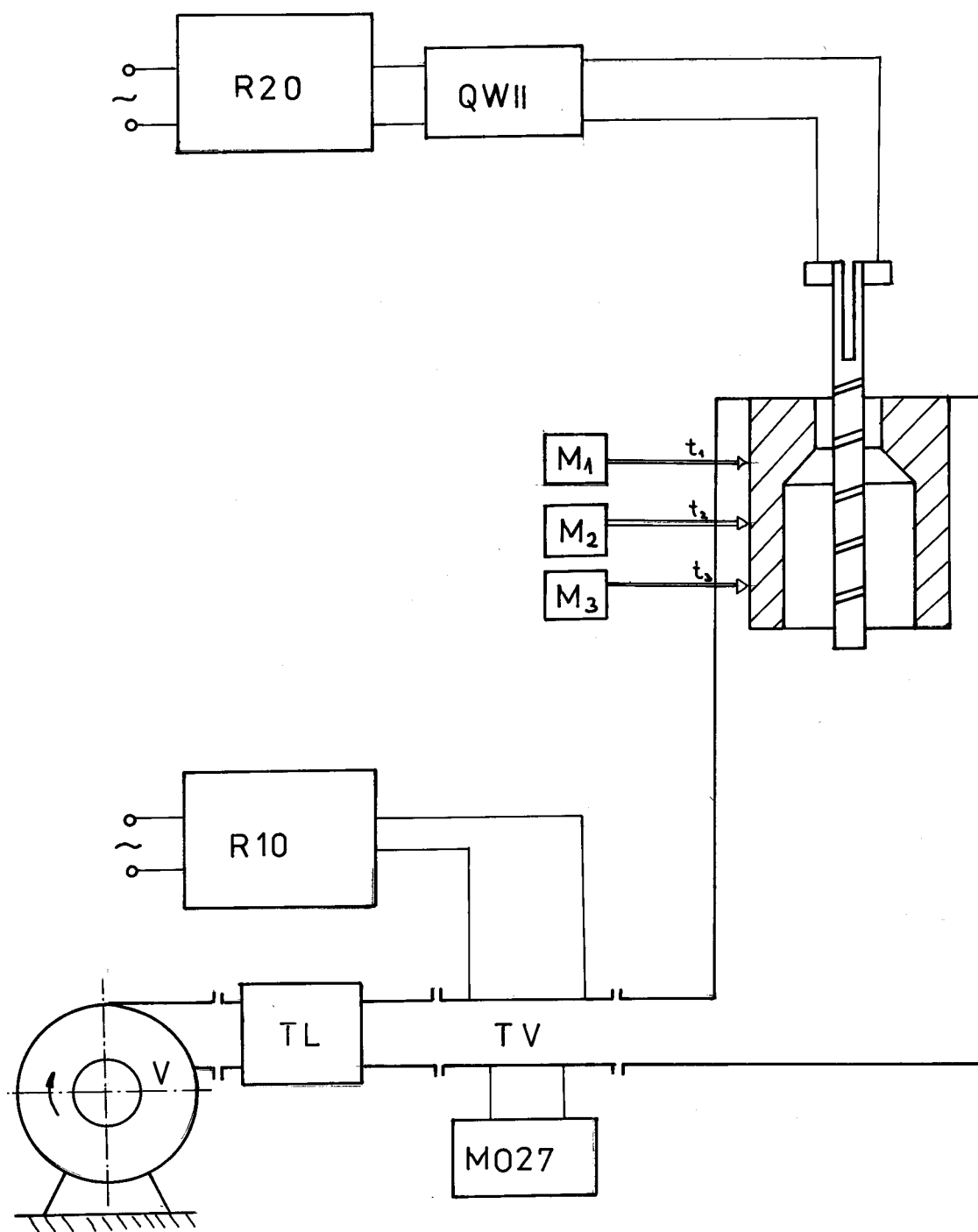
5.2.1 Popis měřicího zařízení

Protože KSK se již několik roků zabývá chlazením řadových strojů řady AL, je zde k dispozici měřicí zařízení, které bylo již využíváno v předchozích diplomových pracích /1/, /3/, /7/.

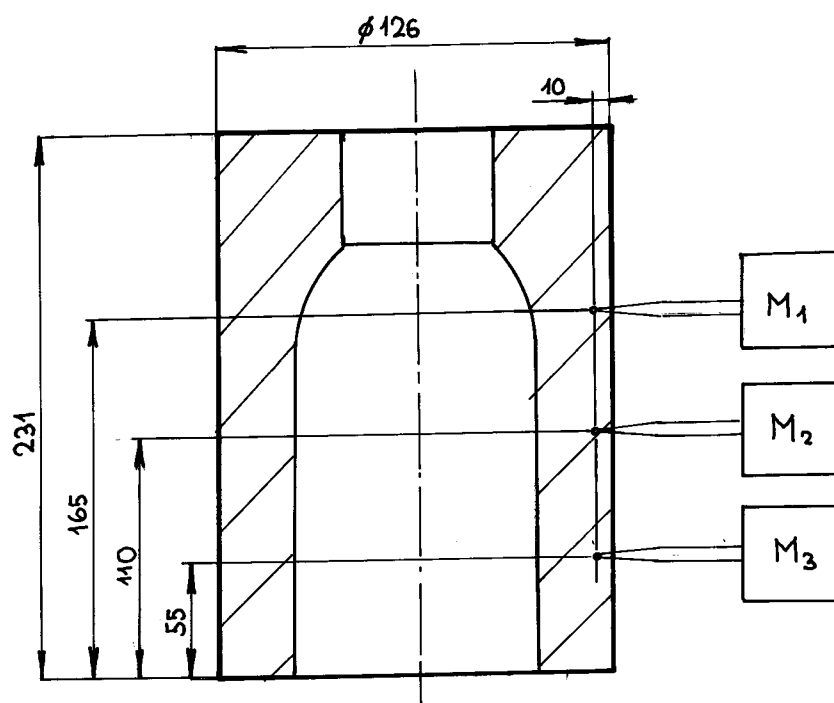
Schema zařízení je patrné z obr.13. Chladicí vzduch je vháněn do laboratorní stolice ventilátorem V / typ SH 1,75/650 /. Množství vháněného vzduchu je zjišťováno Thomasovým válcem TV typu MO59. Topná mřížka Thomasova válce je napájena z regulačního autotransformátoru RA 10. Na TV je připojen odporový můstek MO27, pomocí něhož se určí objemový průtok G. Mezi ventilátorem a Thomasovým válcem je umístěn tlumič TL.

Ohřev formy byl proveden crusilitovou topnou tyčí, která byla napájena regulačním autotransformátorem RA 20. Příkon topné tyče byl měřen pomocí měřicího kufru QW II. Teplota vnějšího povrchu formy byla snímána třemi termočlánky typu Ni-Cr-Ni a registrována měřidly M_1 , M_2 , M_3 . Umístění termočlánků na formě je patrné z obr.14. Na obr.15 je vidět zavěšená forma s termočlánky na čelistech, na kterých je šipkou označen otvor se závitem pro šrouby M8x10 na přidělení chladících krytů.

Teplota chladicího vzduchu byla měřena laboratorním teploměrem.



Obr.13 Schema měřicího zařízení



Obr.14 Umístění termočlánků na formě



Obr.15 Zavěšená forma s termočlánky na čelistech

5.2.2 Použité vztahy a veličiny

Na určení objemového průtoku vzduchu G byl použit vztah

$$G = \frac{Q^+}{\Delta t \cdot \rho_{vz} \cdot \xi_{t=20^\circ C} \cdot c_{v,q}}$$

kde Q^+ je příkon topné mřížky Thomasova válce

Δt je rozdíl teplot na výstupu a vstupu TV

ρ_{vz} je měrná hmotnost vzduchu při tlaku $9,4 \cdot 10^4 \text{ Pa}$

$c_{v,q}$ je specifické teplo vzduchu při konst. objemu a vlhkosti

$\xi_{t=20^\circ C}$ je korekční součinitel

$$/ Q^+ = 1 \text{ kW}; \rho_{vz} = 1,11 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}; c_{v,q} = 1,12 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1};$$

$$\xi_{t=20^\circ C} \doteq 1./$$

Koeficient α byl určován vyjádřením z Newtonova zákona.

Forma se uvažuje jako válcová stěna. Vliv držáků a čel formy na odvod tepla se zanedbává. Na rozdíl od skutečnosti je u modelu vytvořeno stacionární tepelné pole z důvodu trvalého ohřevu crusilitovou tyčí.

Pro α platí :

$$\alpha = \frac{\dot{Q}}{\pi \cdot d \cdot H \cdot (t_d - t_{vz})}$$

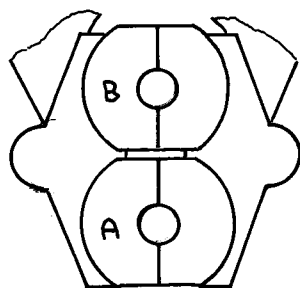
kde $\dot{Q}$ je množství tepla ,procházející formou / 85% příkonu topné tyče / , d je vnější průměr formy / 0,126m / , H je výška formy / 0,231m / , t_d je průměrná výsledná teplota termočlánků / na vnějším povrchu formy / , t_{vz} je teplota chladicího vzduchu / 18°C /.

5.2.3 Měření účinnosti navržené úpravy chlazení

Měření účinnosti se provádělo pro tři stupně chlazení, které byly určeny objemovými průtoky vzduchu G_1 , G_2 , G_3 .

Byly použity hladké formy a byla změřena teplota forem v poloze A a B, jak je znázorněno na obr. 16.

Chladicí držáky byly v zavřené poloze, měření se provádělo do ustálených hodnot teplot forem. Byla změřena účinnost variant D_0 a D_1 za příkonu topné tyče 2 000 W. Varianta D_1 byla proměřena i při 4 000 W.



Obr.16 Polohy forem

Měření 1 : za podmínek $G_1 = 0,298 \text{ m}^3/\text{s}$

$$Q = 2\,000 \text{ W}$$

varianta D_0 , měřena forma v poloze A

Výsledky měření viz. tabulka 3, velikost koeficientu

α_{01A} na obr. 17.

Měření 2 : za podmínek $G_2 = 0,247 \text{ m}^3/\text{s}$

$$Q = 2\,000 \text{ W}$$

varianta D_0 , měřena forma v poloze A

Výsledky měření viz. tabulka 4, velikost koeficientu

α_{02A} na obr. 17.

Měření 3 : za podmínek $G_3 = 0,138 \text{ m}^3/\text{s}$

$$Q = 2\,000 \text{ W}$$

varianta D_0 , měřena forma v poloze A

Výsledky měření viz. tabulka 5, velikost koeficientu

α_{03A} na obr. 17.

Měření 4 : za podmínek $G_1 = 0,298 \text{ m}^3/\text{s}$

$$Q = 2\,000 \text{ W}$$

varianta D_0 , měřena forma v poloze B

Výsledky měření viz. tabulka 6, velikost koeficientu

α_{04B} na obr. 17.

Měření 5 : za podmínek $G_2 = 0,247 \text{ m}^3/\text{s}$

$$Q = 2\,000 \text{ W}$$

varianta D_0 , měřena forma v poloze B

Výsledky měření viz. tabulka 7, velikost koeficientu

α_{02B} na obr. 17.

Měření 6 : za podmínek $G_3 = 0,138 \text{ m}^3/\text{s}$

$$Q = 2\,000 \text{ W}$$

varianta D_0 , měřena forma v poloze B

Výsledky měření viz. tabulka 8, velikost koeficientu

α_{03B} na obr. 17.

Měření 7 : za podmínek $G_1 = 0,298 \text{ m}^3/\text{s}$

$$Q = 2\,000 \text{ W}$$

varianta D_1 , měřena forma v poloze A

Výsledky měření viz. tabulka 9, velikost koeficientu

α_{11A} na obr. 18.

Měření 8 : za podmínek $G_2 = 0,247 \text{ m}^3/\text{s}$

$$Q = 2\,000 \text{ W}$$

varianta D_1 , měřena forma v poloze A

Výsledky měření viz. tabulka 10, velikost koeficientu α_{12A} na obr. 18.

Měření 9 : za podmínek $G_3 = 0,138 \text{ m}^3/\text{s}$

$$Q = 2\,000 \text{ W}$$

varianta D_1 , měřena forma v poloze A

Výsledky měření viz. tabulka 11, velikost koeficientu α_{13A} na obr. 18.

Měření 10 : za podmínek $G_1 = 0,298 \text{ m}^3/\text{s}$

$$Q = 2\,000 \text{ W}$$

varianta D_1 , měřena forma v poloze B

Výsledky měření viz. tabulka 12, velikost koeficientu α_{11B} na obr. 18.

Měření 11 : za podmínek $G_2 = 0,247 \text{ m}^3/\text{s}$

$$Q = 2\,000 \text{ W}$$

varianta D_1 , měřena forma v poloze B

Výsledky měření viz. tabulka 13, velikost koeficientu α_{12B} na obr. 18.

Měření 12 : za podmínek $G_3 = 0,138 \text{ m}^3/\text{s}$

$$Q = 2\,000 \text{ W}$$

varianta D_1 , měřena forma v poloze B

Výsledky měření viz. tabulka 14, velikost koeficientu α_{13B} na obr. 18.

Měření 13 : za podmínek $G_3 = 0,298 \text{ m}^3/\text{s}$

$$Q = 4\,000 \text{ W}$$

varianta D_1 , měřena forma v poloze A

Výsledky měření viz. tabulka 15, velikost koeficientu

α_{14A} na obr. 19.

Na obr.18 je pro srovnání vynesena hodnota koeficientu α_k pro stávající pevné komíny, dle /7/.

Na obr.19 je pro srovnání vynesena hodnota koeficientu α_k pro stávající pevné komíny , dle /3/.

Tabulka 3

τ	0	5	10	15	20
t_1	76	74	66	66	66
t_2	79	71	69	69	69
t_3	80	74	71	71	71
t_d	78,3	73	68,6	68,6	68,6
α_{01A}	308,3	338,06	367,45	367,45	367,45

Tabulka 4

τ	0	5	10	15	20
t_1	79	83	88	88	88
t_2	76	87	91	91	91
t_3	81	90	91	91	91
t_d	78,6	86,6	90	90	90
α_{02A}	306,8	271,04	258,24	258,24	258,24

Tabulka 5

τ	0	5	10	15	20
t_1	166	168	171	171	171
t_2	169	172	178	178	178
t_3	173	175	183	183	183
t_d	169,3	171,6	177,3	177,3	177,3
α_{03A}	122,89	121,05	116,71	116,71	116,71

Tabulka 6

τ	0	5	10	15	20
t_1	69	65	56	55	55
t_2	70	66	57	56	56
t_3	69	65	58	56	56
t_d	69,3	65,3	57	55,6	55,6
α_{01B}	362,44	393,09	476,75	494,5	494,5

Tabulka 7

τ	0	5	10	15	20
t_1	55	59	61	61	61
t_2	56	60	62	62	62
t_3	56	61	62	62	62
t_d	55,6	60	61,6	61,6	61,6
α_{02B}	494,5	442,7	426,45	426,45	426,45

Tabulka 8

τ	0	5	10	15	20
t_1	63	72	88	91	91
t_2	65	78	91	91	91
t_3	65	78	89	91	91
t_d	64,3	76	89,3	91	91
α_{03B}	401,58	320,5	260,77	254,70	254,70

Tabulka 9

τ	0	5	10	15	20
t_1	75	64	63	63	63
t_2	80	71	69	69	69
t_3	77	65	63	63	63
t_d	77,3	66,6	65	65	65
α_{11A}	313,54	382,58	395,6	395,6	395,6

Tabulka 10

τ	0	5	10	15	20
t_1	97	81	79	78	78
t_2	98	87	83	81	81
t_3	96	87	80	79	79
t_d	97	85	80,6	79,3	79,3
α_{12A}	235,36	277,5	297,01	303,31	303,31

Tabulka 11

τ	0	5	10	15	20
t_1	148	153	157	157	157
t_2	159	160	163	163	163
t_3	157	159	162	162	162
t_d	154,6	157,3	160,6	160,6	160,6
α_{13A}	136,11	133,47	130,38	130,38	130,38

Tabulka 12

τ	0	5	10	15	20
t_1	55	56	57	58	58
t_2	56	56	58	59	59
t_3	56	57	59	60	60
t_d	55,6	56,3	58	59	59
α_{11B}	494,50	485,46	464,8	453,49	453,49

Tabulka 13

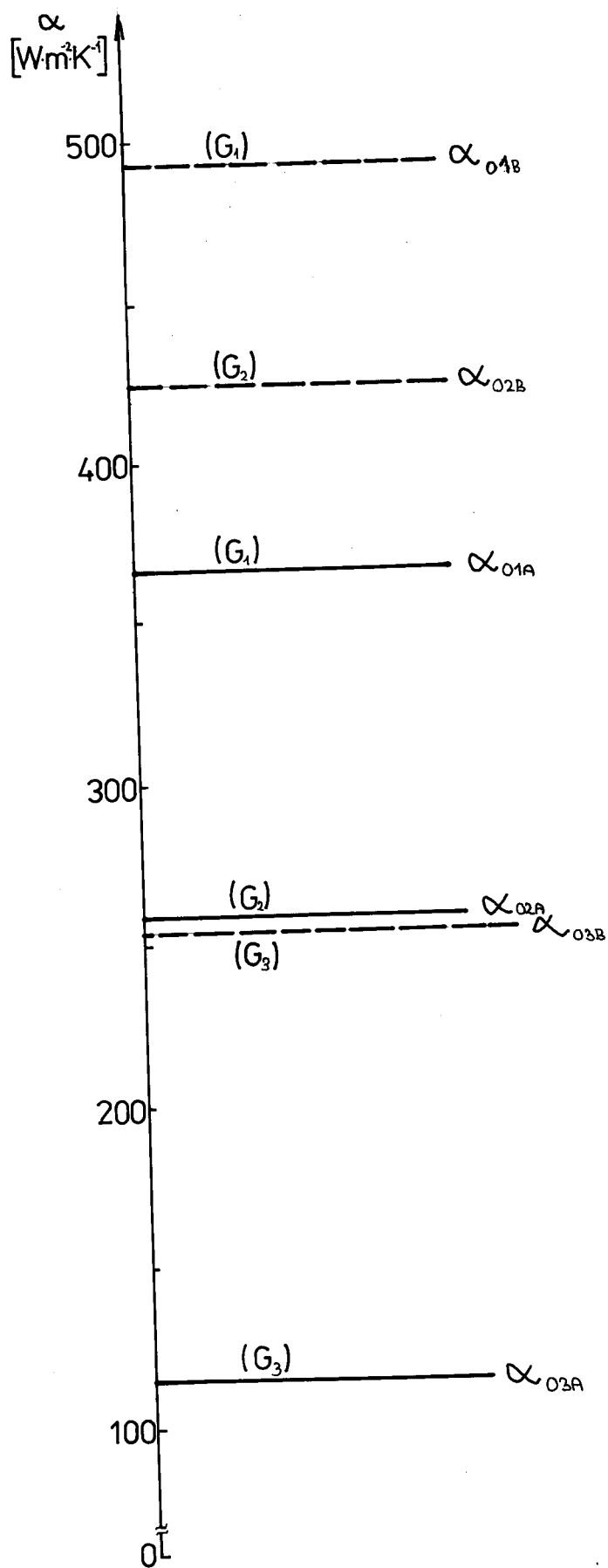
τ	0	5	10	15	20
t_1	66	68	69	70	70
t_2	67	69	70	71	71
t_3	69	70	71	72	72
t_d	67,3	69	70	71	71
α_{12B}	377,14	364,57	357,56	350,81	350,81

Tabulka 14

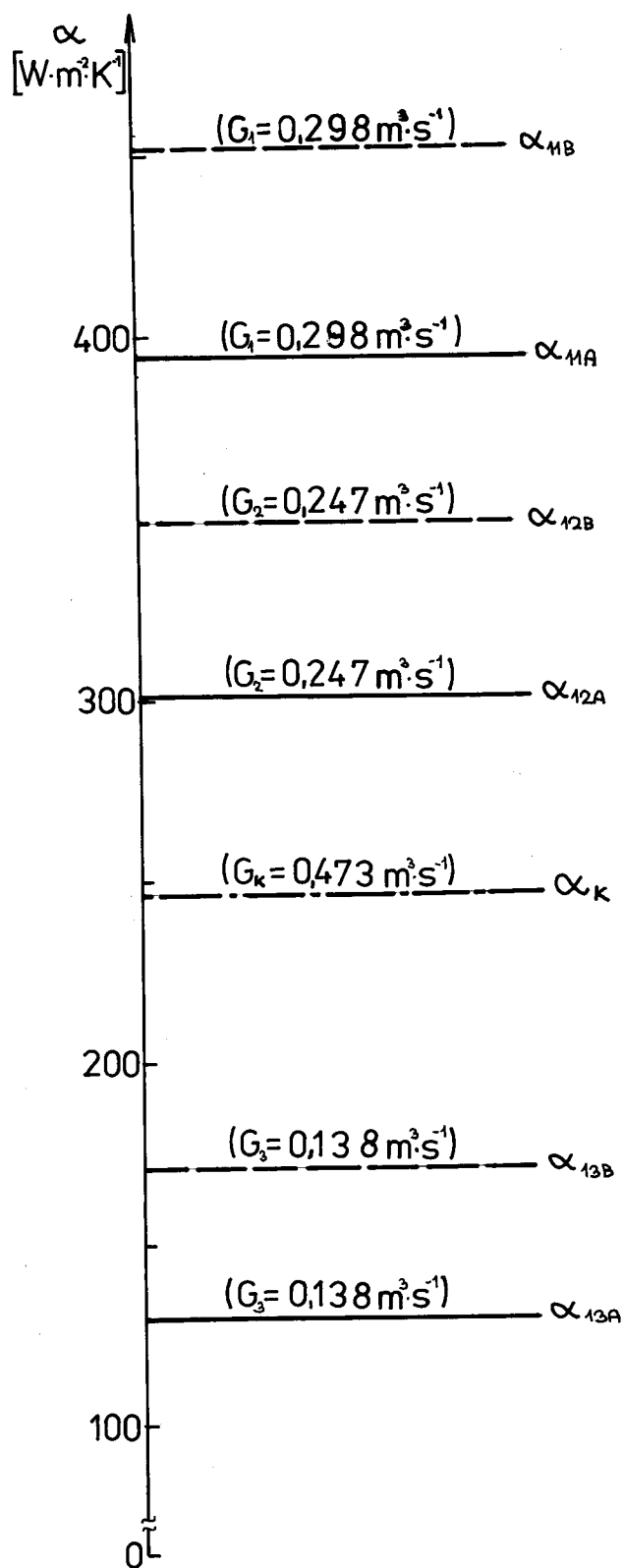
τ	0	5	10	15	20
t_1	110	120	124	125	125
t_2	111	121	124	126	126
t_3	115	124	126	128	128
t_d	112	121,6	124,6	126,3	126,3
α_{13B}	197,80	179,47	174,42	171,68	171,68

Tabulka 15

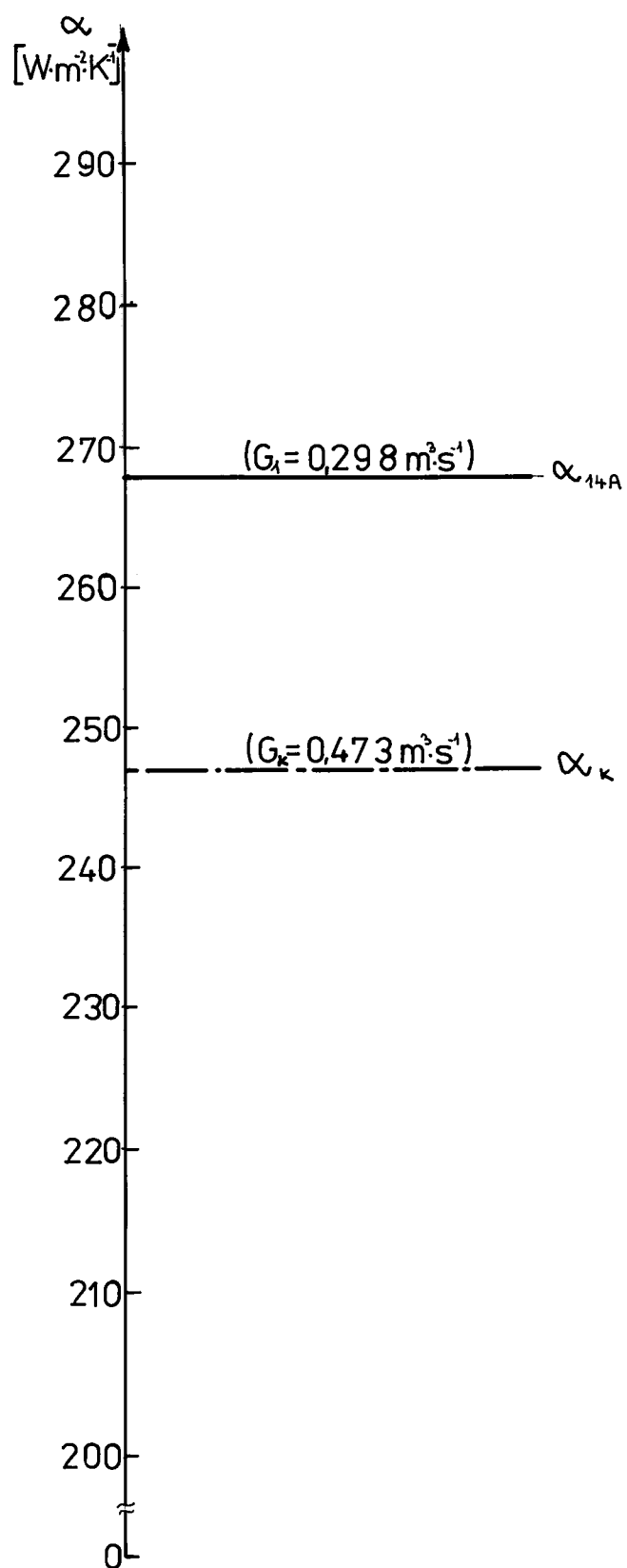
τ	0	5	10	15	20
t_1	139	141	151	153	153
t_2	145	149	160	162	162
t_3	141	146	154	155	155
t_d	141,6	145,3	155	156,6	156,6
α_{14A}	300,86	292,1	271,43	268,30	268,30



Obr.17 Ustálené hladiny α při různém G



Obr.18 Ustálené hodnoty α při různém G



Obr.19 Ustálené hodnoty α při různém G / $Q = 4\text{kW}$ /

5.3 Měření hladiny hluku

V rámci této kapitoly je uveden popis měřiče firmy RFT, porovnání měřiče RFT s měřičem Tesla, výsledky měření přístrojem RFT na stroji AL 118 v Novém Sedle s porovnáním s výsledky naměřenými pracovníky Výzkumného ústavu bezpečnosti práce Praha a změřením hlučnosti navzžené úpravy chlazení.

5.3.1 Měřič hladiny zvuku

Pro měření hlučnosti bylo použito přesného impulsního měřiče hladiny zvuku OO 017 firmy RFT / viz. obr.20 /.

Z /5/ vyplývá, že měřič je přenosný, na síti nezávislý přístroj pro přesné určování hladiny zvukového tlaku hluku s libovolným časovým průběhem, a který je vhodný pro všechna měření na poli boje proti hluku, prostorové a stavební akustiky, pro nasazení v průmyslové výrobě a pro výzkumné úkoly.

Pomocí vestavěného oktávového filtru může být uskutečněna oktávová analýza ve dvanácti oktávových pásmech od 31,5 Hz do 63 kHz. Je možné připojit i externí filtry.

Při měření bylo použito větrného krytu na mikrofonu, aby se zamezilo vlivu proudícího vzduchu od stroje. Kalibrace přístroje byla provedena interním kalibračním napětím dle /5/, protože nebyl k dispozici pistonfon, který nebyl součástí objednávky. Pro budoucí měření na tomto měřiči bude nutno pistonfon doobjednat, neboť kalibrace interním kalibračním napětím není zcela přesná.



Obr.20 Měřič RFT

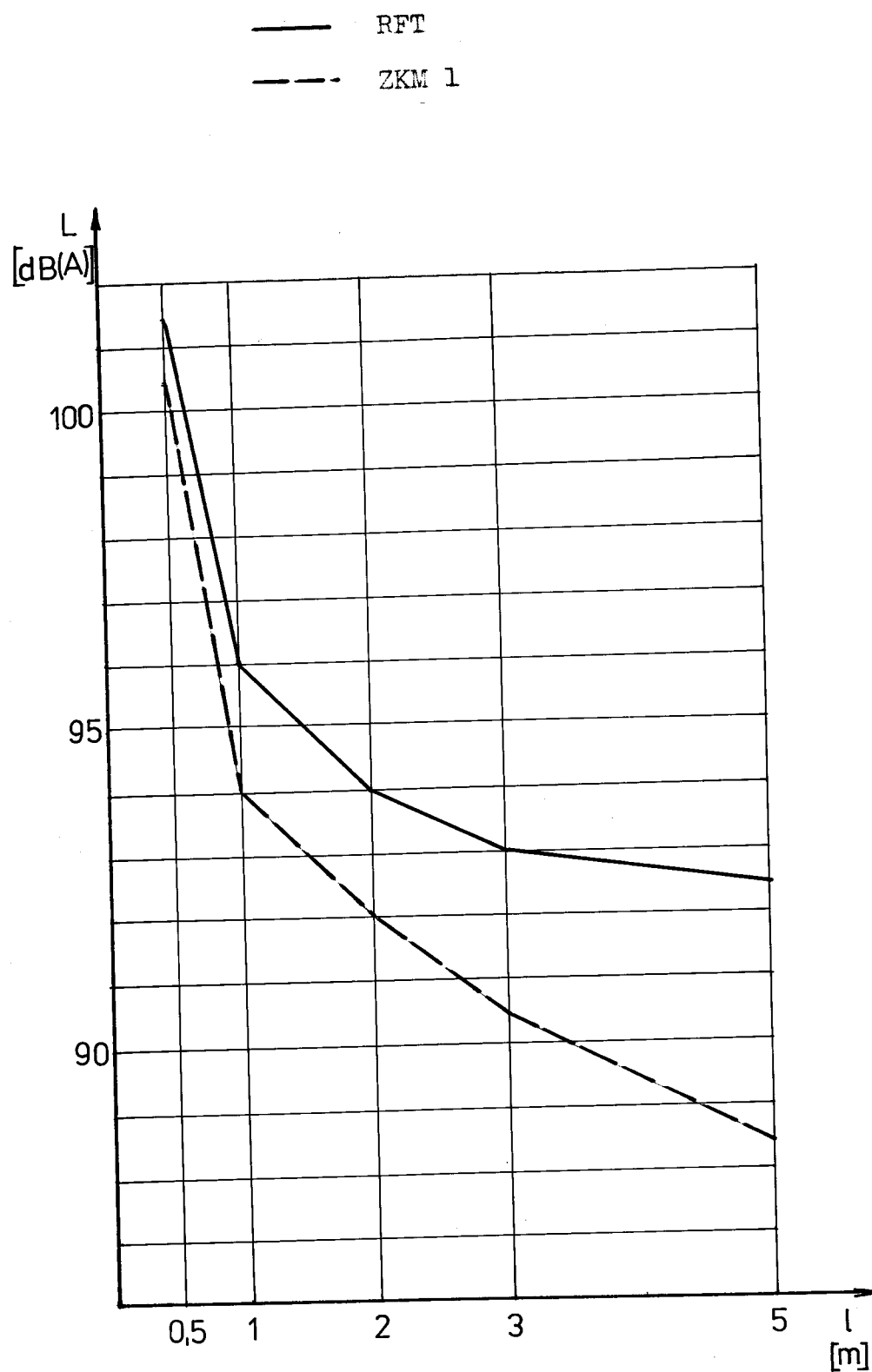
5.3.2 Porovnání měřiče RFT se zvukoměrem Tesla ZKM 1

Před zakoupením měřiče RFT byla řada měření na KSK uskutečněna pomocí zvukoměru Tesla, který byl zapůjčen n.p.Sklostroj v Turnově. Nyní nastala nutnost porovnání tohoto přístroje s novým přístrojem, aby se zjistila objektivnost minulých měření.

Zvukoměr Tesla ZKM 1 je přenosný, na síti nezávislý přístroj. Kalibrace se provádí pomocí membranofonu podstatně složitěji než na přístroji RFT.

S oběma přístroji bylo provedeno měření hlučnosti stejného zdroje hluku a výsledky jsou v tabulce 16 a závislost hladiny hluku L_A na vzdálenost od zdroje 1 je na obrázku 21 .

I /m/	0,5	1	2	3	5
$L_{A,RFT}$	101,5	96	94	93	92,5
$L_{A,ZKM}$	100,5	94	92	90,5	88,5



Obr.21 Závislost L_A na vzdálenosti l

5.3.3 Měření hluku na automatu AL 118

Měření bylo provedeno v n.p. Obalové sklo v Novém Sedle. Byly získány ekvivalentní hladiny akustického tlaku v oktávo-
vých pásmech a ekv. hladiny zvuku A v měřených místech.

Tato měření byla porovnávána s měřeními provedenými pracovníky Výzkumného ústavu bezpečnosti práce v Praze, kteří použili pro měření přístroj firmy Brüel a Kjaer /6/.

Aby tato měření byla srovnatelná, vycházelo se z těchto podmínek: 1. měřeno zepředu uprostřed stroje

0,5m od obrysu ve výšce 1,5m

chladicí vzduch 100%, ostatní stroje v chodu

Výsledky viz. tabulka 17 a obr.22.

2. měřeno zezadu uprostřed stroje

0,5m od obrysu ve výšce 1,5m

chladicí vzduch 100%, ostatní stroje v chodu

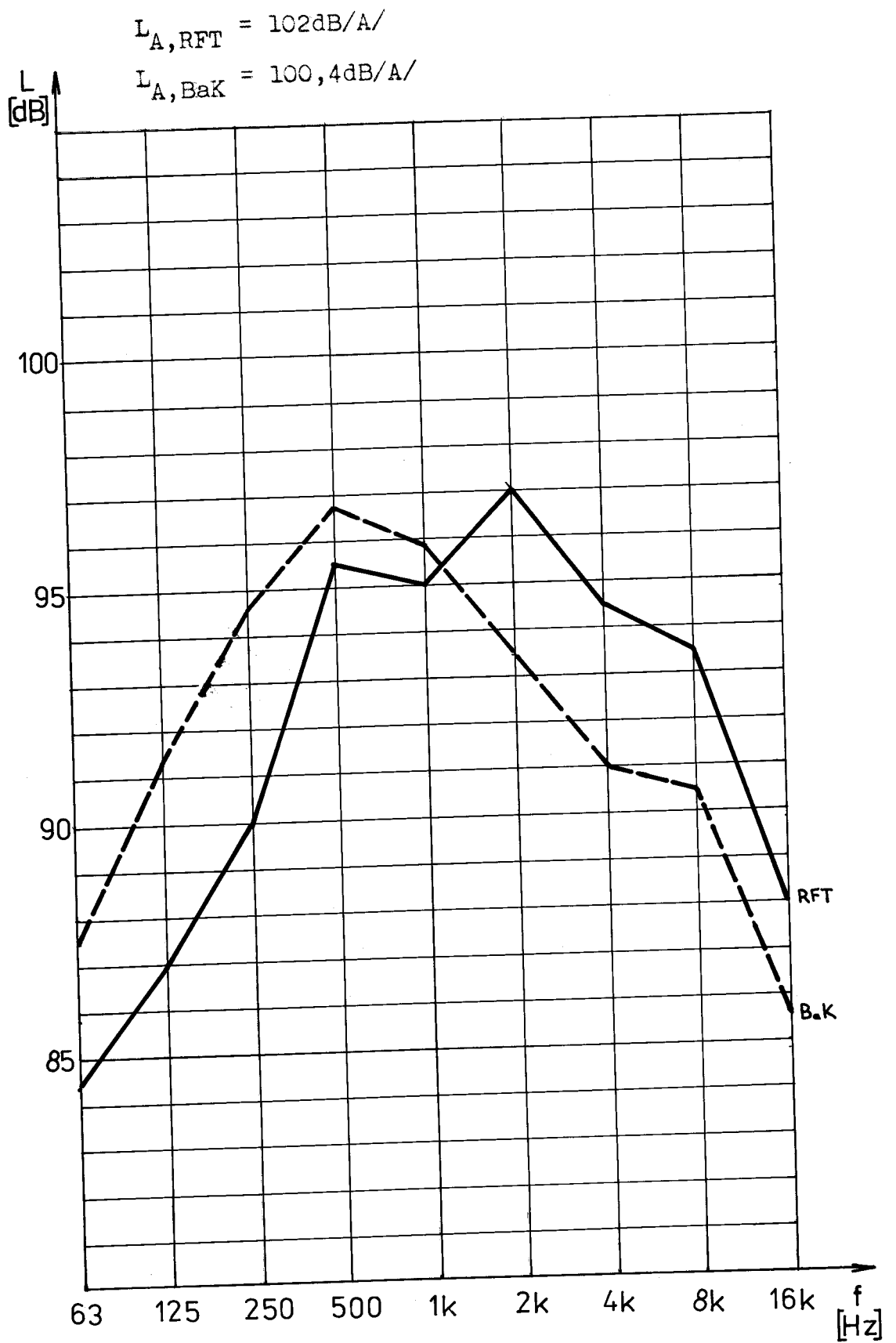
Výsledky viz. tabulka 18 a obr.23.

Tabulka 17

měřič	Ekvival. hladiny akust. tlaku v okt. pásmech L [dB]									L _A
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k	
RFT	84,5	87	90	95,5	95	97	94,5	93,5	88	102
BaK	87,5	91,3	94,6	96,8	95,9	93,5	91	90,5	85,6	100,4

Tabulka 18

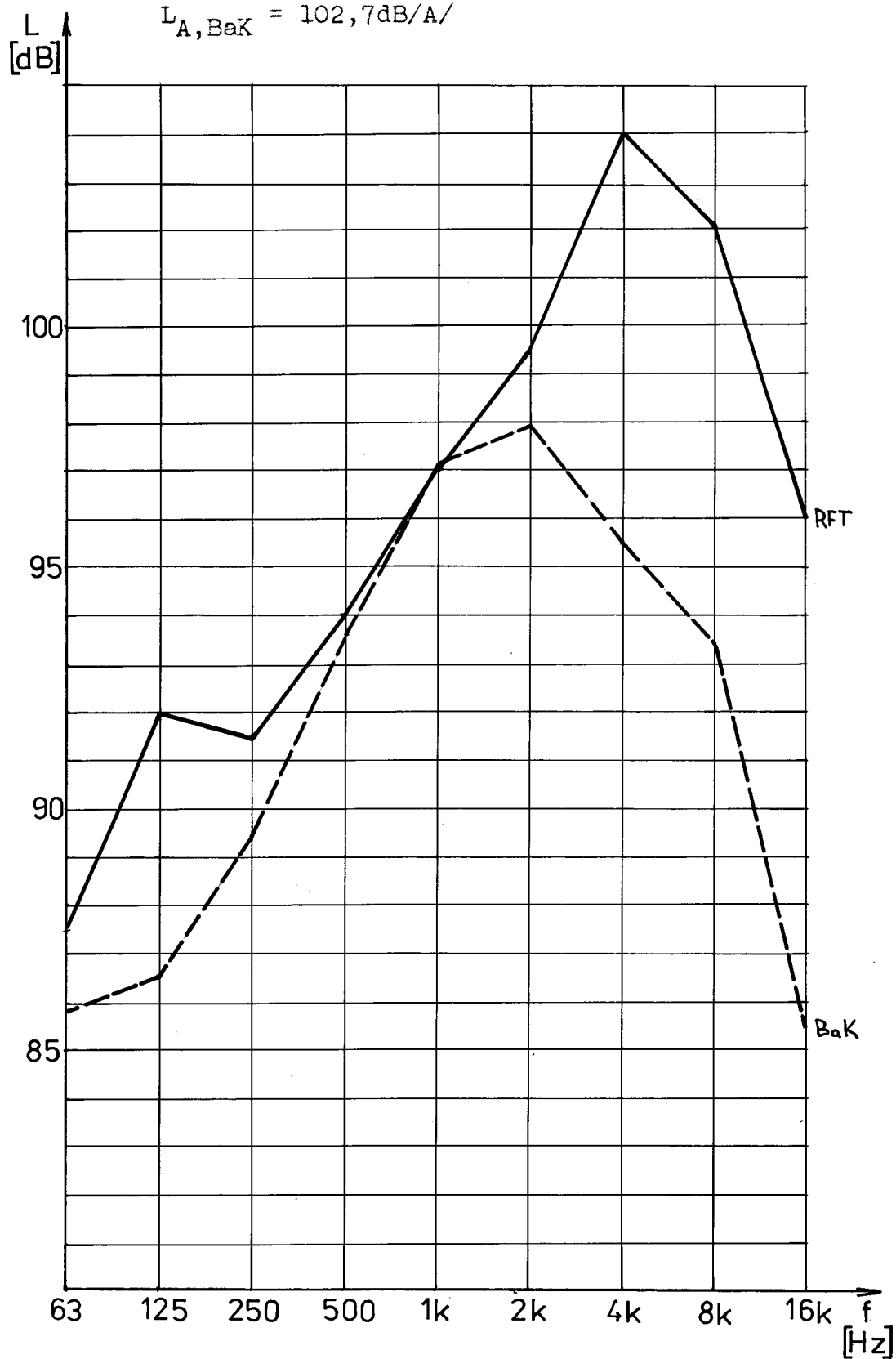
měřič	Ekvival. hladiny akust. tlaku v okt. pásmech L [dB]									L _A
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k	
RFT	87,5	92,0	91,5	94	97	99,5	104	102	96	106
BaK	85,9	86,6	89,4	93,6	97,1	97,9	95,5	93,4	85,5	102,7



Obr.22 Závislost L na frekvenci f

$$L_{A,RFT} = 106 \text{ dB/A/}$$

$$L_{A,BaK} = 102,7 \text{ dB/A/}$$



Obr.23 Závislost L na frekvenci f

5.3.4 Měření hlučnosti navržené úpravy chlazení

Toto měření bylo provedeno pro tři stupně intenzity chlazení / viz. kapit.5.2.3 /při zavřených formách. Mikrofon byl umístěn 0,7m od obrysu forem ve výšce 1,5m.

Měření 1 : za podmínek $G_1 = 0,298\text{m}^3/\text{s}$

varianta D_0

Výsledky viz. tabulka 19 a obr.24

Měření 2 : za podmínek $G_2 = 0,247\text{m}^3/\text{s}$

varianta D_0

Výsledky viz. tabulka 20 a obr.24

Měření 3 : za podmínek $G_3 = 0,138\text{m}^3/\text{s}$

varianta D_0

Výsledky viz. tabulka 21 a obr.24

Měření 4 : za podmínek $G_1 = 0,298\text{m}^3/\text{s}$

varianta D_1

Výsledky viz. tabulka 22 a obr. 25

Měření 5 : za podmínek $G_2 = 0,247\text{m}^3/\text{s}$

varianta D_1

Výsledky viz. tabulka 23 a obr. 25

Měření 6 : za podmínek $G_1 = 0,138\text{m}^3/\text{s}$

varianta D_1

Výsledky viz. tabulka 24 a obr. 25

Tabulka 19

f /Hz/	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k	L _A
L /dB/	79,5	83,5	90	101,5	99	98	93	87,5	76	104

Tabulka 20

f /Hz/	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k	L _A
L /dB/	76,5	81	89	99,5	98,5	98	91,5	84,5	73	103

Tabulka 21

f /Hz/	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k	L _A
L /dB/	66,5	67	71	77,5	79	80,5	76	69,5	63,5	91

Tabulka 22

f /Hz/	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k	L _A
L /dB/	81	83,5	90,5	102,5	99,5	98	93,5	87,5	77,5	104,5

Tabulka 23

f /Hz/	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k	L _A
L /dB/	79	82	89	101	98	98	91,5	83,5	73	103,5

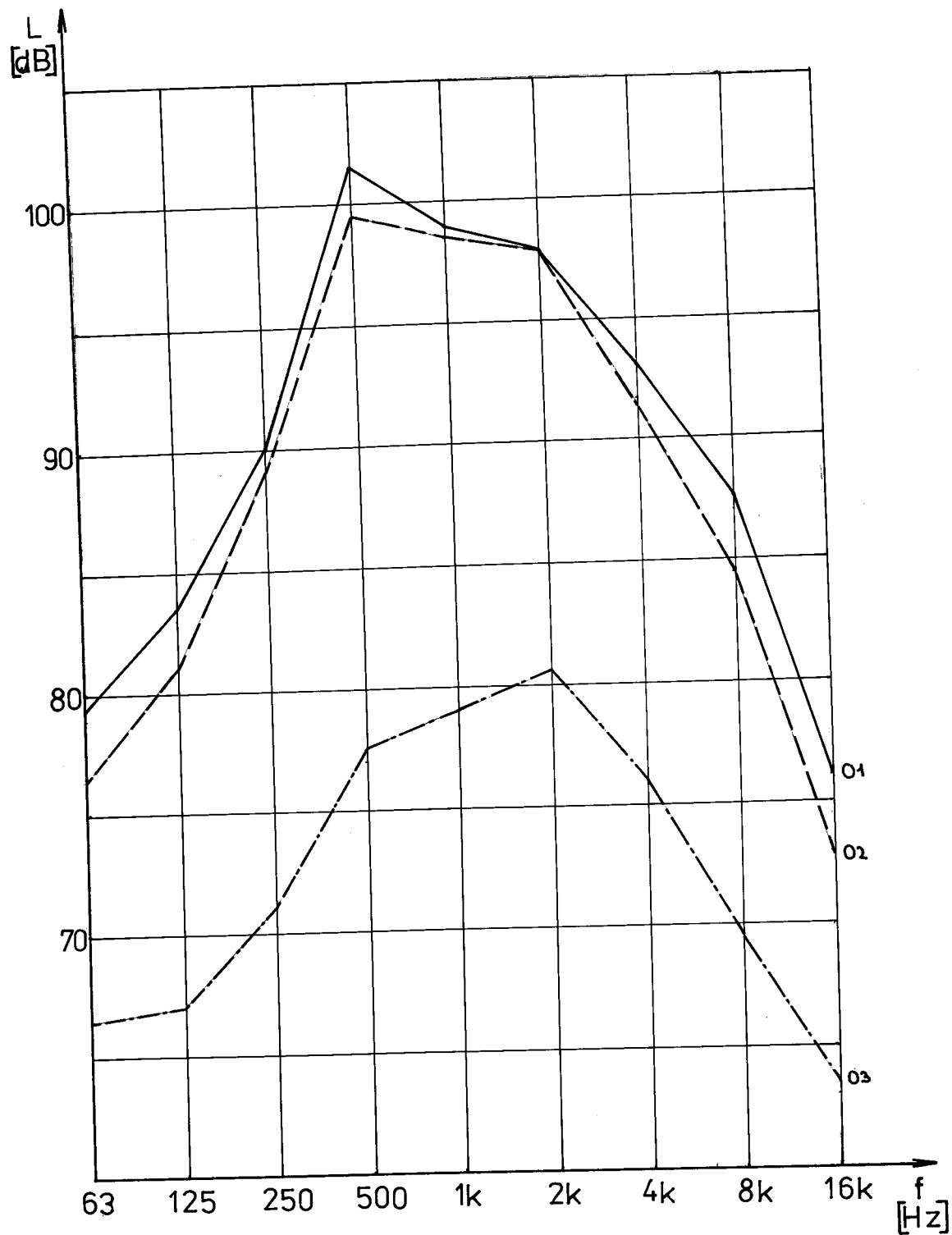
Tabulka 24

f /Hz/	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k	L _A
L /dB/	79	74	79	84,5	85,5	86	79,5	73,5	63	90,5

$$L_{A,01} = 104 \text{ dB/A/}$$

$$L_{A,02} = 103 \text{ dB/A/}$$

$$L_{A,03} = 91 \text{ dB/A/}$$

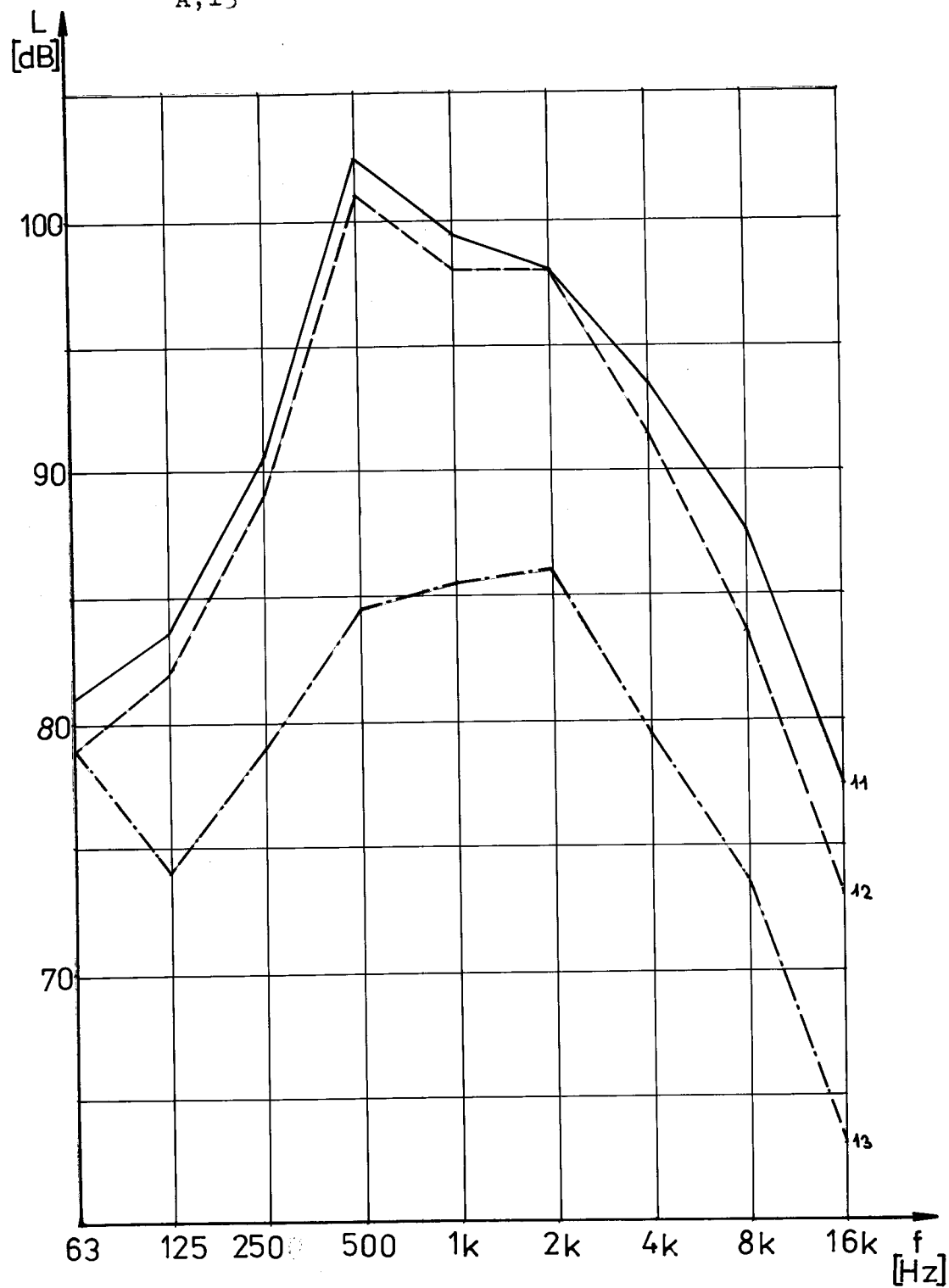


Obr.24 Závislost L na frekvenci f

$$L_{A,11} = 104,5 \text{ dB/A/}$$

$$L_{A,12} = 103,5 \text{ dB/A/}$$

$$L_{A,13} = 90,5 \text{ dB/A/}$$



Obr. 25 Závislost L na frekvenci f

6. Zhodnocení výsledků

Navržené chladicí držáky měly za úkol zlepšit proudění chladicího vzduchu uvnitř těchto držáků a tím zvýšit účinnost chlazení. Jak vyplývá z kapitoly 5.2.3, nejlepší výsledky byly dosaženy s variantou D_1 .

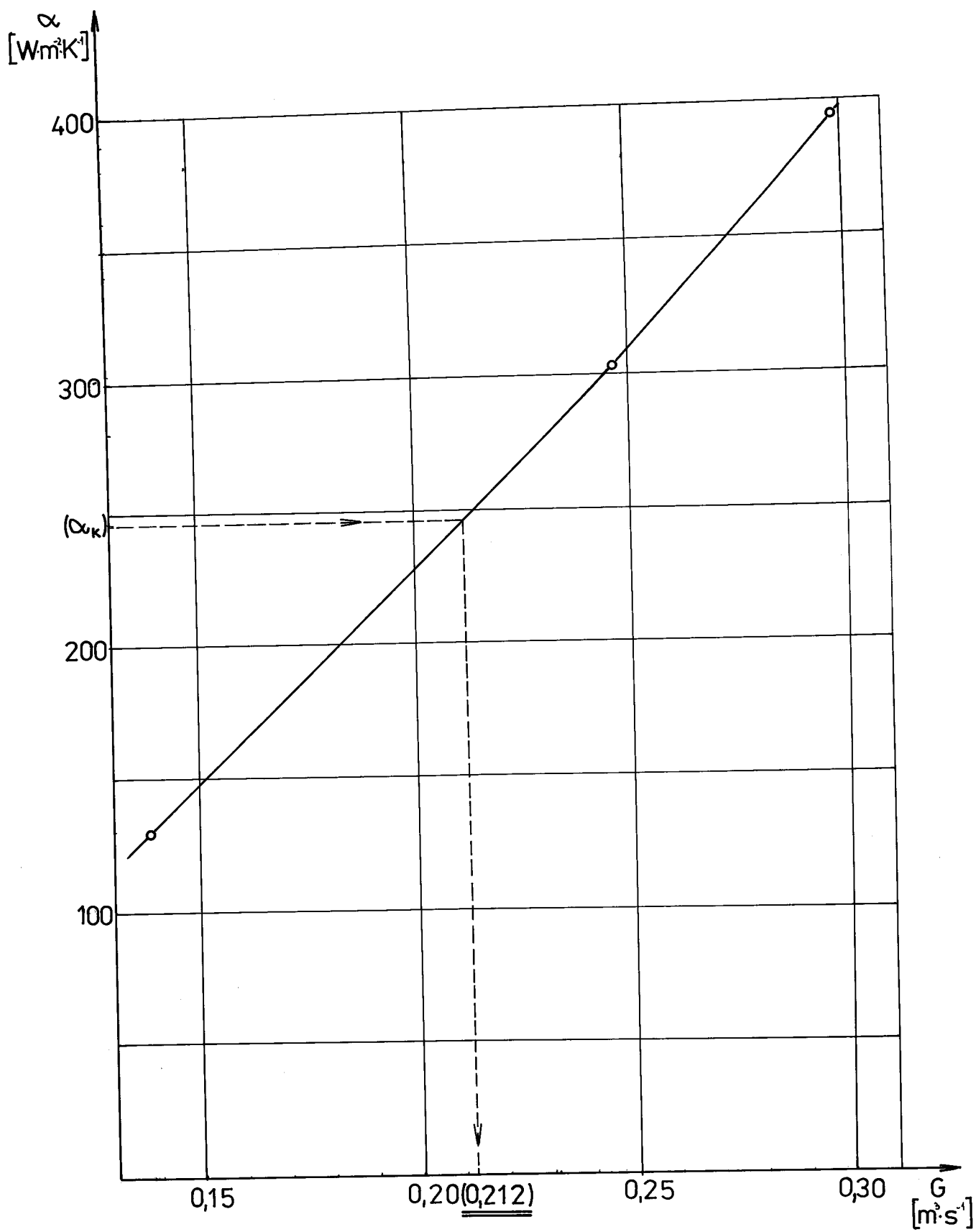
Na obr.26 je zakreslena závislost koeficientu přestupu tepla na objemovém průtoku vzduchu. Koeficientu $\alpha = 247,5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ se dosáhne při $G = 0,212 \text{ m}^3/\text{s}$, což je o $0,261 \text{ m}^3/\text{s}$ méně než u stávajících pevných chladicích komínů, kde se tohoto koeficientu dosahuje až při $0,473 \text{ m}^3/\text{s}$. Z toho vyplývá, že úspora je 55,2% chladicího vzduchu.

Z grafu na obr. 27 je vidět, že pro hodnotu $G = 0,212 \text{ m}^3/\text{s}$ je předpokládaná hodnota $L_A = 10 \text{ dB/A/}$ pro jednu sekci, což dle vztahu (8) odpovídá hladině hluku pro osm sekcí $L_A = 110 \text{ dB/A/}$. Tato hodnota je sice o 4 dB/A/ vyšší než hodnota naměřená na stroji AL 118 v Novém Sedle, ale nutno podotknout, že byla změřena v laboratorních podmínkách, kde hluk podstatně zvyšoval nedostatečně odhlučněný chladicí ventilátor.

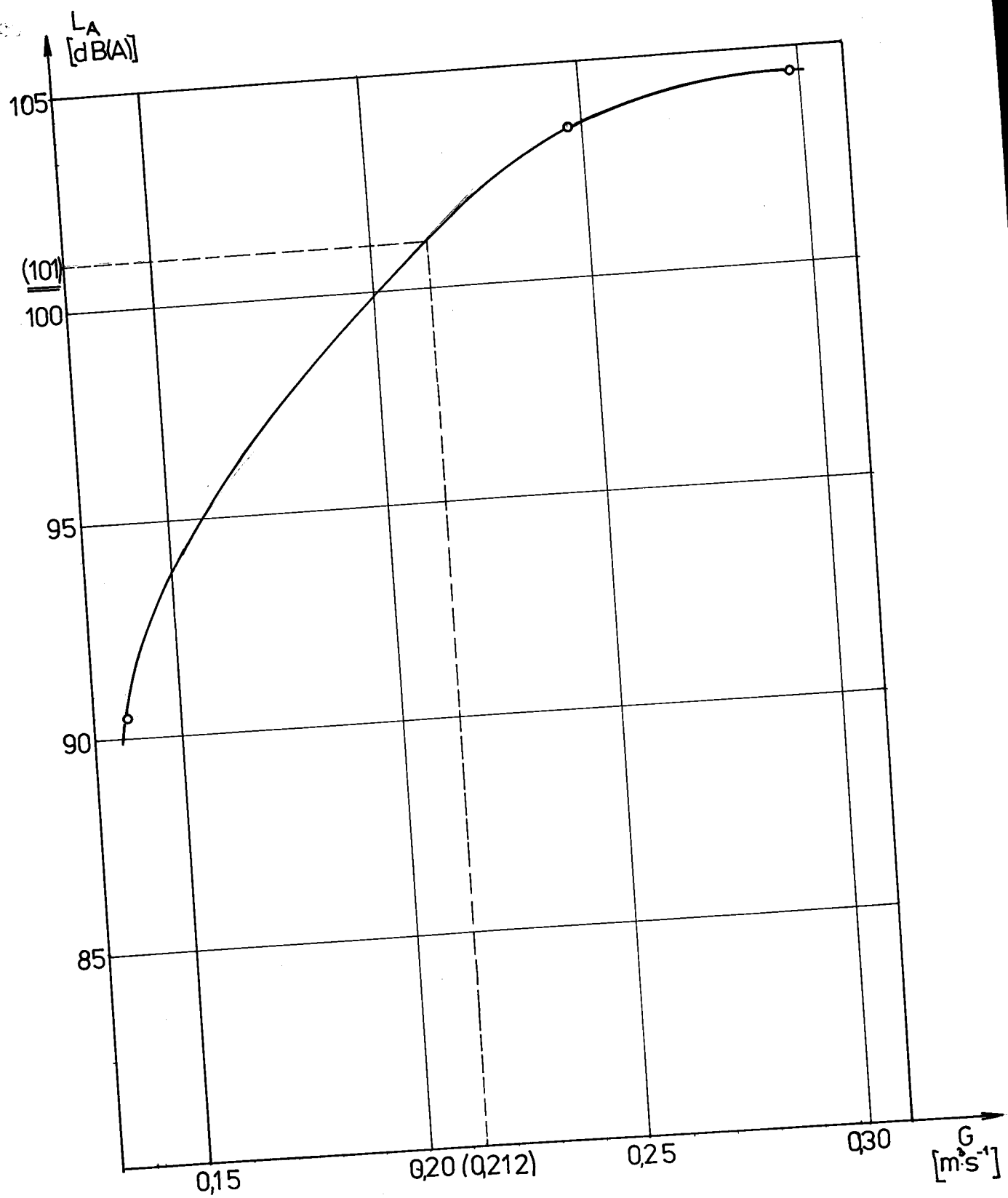
Z kapitoly 5.3.2 vyplývá, že zvukoměr ZKM 1 měřil ve vzdálenosti 0,5m hodnoty o 1 dB/A/ menší a s rostoucí vzdáleností se tento rozdíl zvětšoval. Ve vzdálenosti 5m byl tento rozdíl již 4 dB/A/ .

Z kapitoly 5.3.3 vyplývá, že hlučnost automatu AL 118 je za strojem větší než před strojem a hodnoty L_A s porovnáním s měřením přístrojem Brüel a Kjaer jsou o 1,6 resp. 3,3 dB/A/ vyšší.

Z kapitoly 5.3.4 vyplývá, že u navržené úpravy chlazení se nejvyšší hladina hluku vyskytuje v pásmu 500 Hz.



Obr.26 Závislost koeficientu α na G



Obr.27 Závislost L_A na objemovém průtoku G

7. Ekonomické zhodnocení

Spotřeba elektrické energie na výrobu chladicího vzduchu představuje u strojů na výrobu obalového skla značnou část celkového příkonu stroje. Konkrétně u AL 118 tvoří 52% potřebného příkonu/7/. Výroba $1\,000\text{m}^3$ neupraveného chladicího vzduchu stojí dle /7/ 39,-Kčs. Roční spotřeba vzduchu je $8\,199\,360\text{ m}^3$, což představuje částku 319 775,-Kčs.

S navrženou úpravou chlazení chladicími držáky lze oproti stávajícím pevným chladicím komínům uspořit 55,2% chladicího vzduchu, jak vyplývá z kapitoly 6. Tato úspora činí $4\,526\,046\text{m}^3$, což představuje částku 176 516,-Kčs.

Tyto úspory jsou sice teoretické, protože byly zjištěny v laboratorních podmínkách, které se liší od skutečných provozních podmínek. Ale přesto je vidět, že ve využití chladicích držáků jsou skryty značné rezervy, jejichž využití by značně zvýšilo produktivitu práce sklářských automatů na obalové sklo.

8. Závěr

Ve sklářském průmyslu jsou aktuální problémy efektivnost výroby a úroveň pracovního prostředí. Protože se každoročně zvyšuje výroba skleněných obalů přibližně o 20%, je třeba značně zvyšovat produktivitu sklářských automatů, a to souvisí velkou měrou ve zvládnutí tepelných procesů při tvarování skla. Proto je zřejmé, že při zvyšující se výkonnosti sklářských automatů se nemůže již vystačit s chlazením forem pomocí pevných chladících komínů, jak vyplývá z výsledků měření na KSK.

Musíme mít také na zřeteli značnou spotřebu elektrické energie potřebné na toto chlazení, což při stále rostoucích cenách všech druhů energií má značný vliv na ekonomiku sklářské výroby.

Použitím chladících držáků se poměrně značně zvyšuje účinnost chlazení forem a tím je možné snížit potřebné množství chladícího vzduchu a tím snížit i energetickou náročnost stroje.

Na závěr bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce s.ing. Vladimíru Klebsovi, CSc a konzultantovi s.ing. Janu Cibulkovi za odborné vedení diplomové práce a soudruhům Vysušilovi a Hlavatému za pomoc při praktické realizaci navrhovaných úprav a při vlastním měření.

Seznam použité literatury

- /1/ Kolomazník,M.: DP 366/81 na VŠST Liberec
- /2/ Smrček,A.: Strojní tvarování skla, SNTL 1981
- /3/ Sýkora,O.: DP 329/79 na VŠST Liberec
- /4/ Smetana,C.: Měření hluku a chvění, SNTL 1974
- /5/ firemní dokumentace : Přesný impulsní měřič hladiny
zvuku OO 017
- /6/ VVZ Výzkumného ústavu bezpečnosti práce v Praze , 1980
- /7/ Pažout,E.: DP 342/80 na VŠST Liberec

Seznam příloh

Výkres : 0 - DP - 023/82 - 01