

Vysoká škola: strojní a textilní

Katedra: sklářství a keramiky

Fakulta: strojní

Školní rok: 1978/79

DIPLOMOVÝ ÚKOL

pro Jindřicha S v o b o d u

obor 23-34-8 Výrobní stroje a zařízení

Zaměření sklářské a keramické stroje

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: Ohlazení forem na stroji AL 118.

Pokyny pro vypracování:

Formy současných strojů na výrobu obalového skla jsou chlazeny proudem vzduchu. Tato skutečnost se nepříznivě projevuje ve vysoké hlučnosti a nákladech na elektrickou energii. Z tohoto důvodu:

1. Proveďte rozbor možnosti chlazení forem strojů na výrobu obalového skla.
2. Zhodnoťte nejvýhodnější možnost jiného způsobu chlazení forem než tradičním způsobem - vzduchem.
3. Vyhodnocený způsob chlazení zpracujte konstrukčně.
4. Výsledky své práce zhodnoťte po stránce technické i po stránce ekonomické.

Autorské právo se řídí směrnicemi
MŠK pro státní záv. zkoušky č.j. 31
727/62-III/2 ze dne 13. července
1962-Věstník MŠK XVIII, sešit 24 ze
dne 31. 8. 1962 § 19 aut. z. č. 115/58 Sb.

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 5
FSC 461 17

Rozsah grafických laboratorních prací: cca 40 stran textu
příslušná výkresová dokumentace

Rozsah průvodní zprávy:

Seznam odborné literatury:

- Závěrečné zprávy VV úkolů na KSK:
- Výzkum chlazení forem, C-55-322-022, 1976
 - Chlazení forem stroje AL 118, VŠST-FS-012,
ve kterých je uvedena literatura další.
- J. Cafourek: DP VŠST, 1978

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jaroslav Belda, CSc

Konsultanti:

Ing. Antonín Havelka

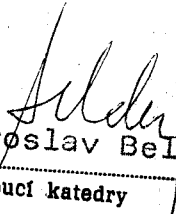
Datum zahájení diplomové práce:

9. 10. 1978

Datum odevzdání diplomové práce:

25. 5. 1979




Ing. Jaroslav Belda, CSc
Vedoucí katedry


Doc. RNDr. B. Stráž, CSc
Děkan

v Liberci

dne

9. 10.

1978

V Š S T L i b e r e c

Fakulta strojní

obor 23 - 34 - 8

Výrobní stroje a zařízení

zaměření

sklářské a keramické stroje

Katedra sklářství a keramiky

CHLAZENÍ FOREM STROJE AL- 118

Jindřich S v o b o d a

DP 328/79

Vedoucí práce: Ing. Jaroslav Belda, OSc. - VŠST

Konzultant: Ing. Antonín Havelka - VŠST

Rozsah práce:

Počet stran	71
Počet příloh	0
Počet tabulek	34
Počet obrázků	48
Počet výkresů	1

DT: 666.1.032.5

25.5. 1979

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

Jindřich Svoboda

V Liberci dne 25. května 1979

OBSAH

	str.
Seznam použitých zkratek a symbolů	5
1.0. Úvod	7
2.0. Zákonitosti přestupu tepla při tvarování skla	9
3.0. Návrhy jiného způsobu chlazení než vzdu- chem	13
4.0. Měření součinitele přestupu tepla	15
5.0. Schema měření na AL 118 a popis zařízení .	18
6.0. Úpravy komínů	23
7.0. Vlastní měření na zjištění účinnosti chlazení	40
8.0. Ekonomické zhodnocení	68
9.0. Závěr	69
Použitá literatura	71

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

$c_{v,p}$	- součinitel měrného tepla vzduchu	$[J/kg.K]$
d_1	- vnější průměr formy	$[m]$
d_2	- vnitřní průměr formy	$[m]$
Δt	- rozdíl teplot na Thomasově válci	$[^{\circ}C]$
t_z	- teplota vnějšího povrchu formy	$[^{\circ}C]$
t_f	- teplota formy před stykem se sklem	$[^{\circ}C]$
t_p	- teplota skloviny + formy	$[^{\circ}C]$
t_s	- teplota skloviny	$[^{\circ}C]$
t_{sk}	- teplota srovnávacích konců termočlánků	$[^{\circ}C]$
t_{vz}	- teplota chladicího vzduchu	$[^{\circ}C]$
B	- materiálová konstanta	$[J/^{\circ}C.m.s^{1/2}]$
E	- tepelná akumulační schopnost	
L	- délka formy	$[m]$
M	- průtočné množství vzduchu	$[kg/s]$
V	- průtočné množství vzduchu	$[m^3/s]$
P	- příkon Thomasova válce	$[kW]$
Q	- tepelný výkon prošlý formou	$[W]$
Q_h	- tepelný výkon vysálaný na formu	$[W]$
Q'_h	- tepelný výkon pro 1/2 formy	$[W]$

$Q_{př}$	- množství přivedeného tepla	[W]
Q_z	- ztracený tepelný výkon	[W]
Q_{zv}	- tepelný výkon uniklý vypařováním vody	[W]
Q_{zk1}	- tepelný výkon uniklý konvekcí z vnitřní strany formy	[W]
Q_{zk2}	- tepelný výkon uniklý konvekcí z vnější strany formy	[W]
Q_{zs1}	- tepelný výkon uniklý radiací z vnitřní strany formy	[W]
Q_{zs2}	- tepelný výkon uniklý radiací z vnější strany formy	[W]
α	- součinitel přestupu tepla	[W/m ² .K]
ρ	- měrná hmotnost vzduchu	[kg/m ³]
λ	- součinitel tepelné vodivosti	[W/m.K]
ξ	- korekční součinitel	

1.0. ÚVOD

Sklářská výroba u nás náleží mezi nejstarší výrobní obory a zaujímala v naší průmyslové výrobě vždy důležité místo. Výroba uměleckého a okrasového skla proslavila české sklářství po celém světě a dodnes zaujímá v naší sklářské výrobě významné postavení. Sklo se stalo materiálem, který v dnešní době zasahuje téměř do všech oborů lidské činnosti a pro některá průmyslová odvětví se stává důležitým materiálem konstrukčním. Například rozvoj potravinářského, chemického a farmaceutického průmyslu si nelze dobře představit bez dostatečného množství skleněných obalů, které především pro své dobré vlastnosti jsou a i nadále budou nenahraditelné. Tyto skleněné výrobky jsou vyráběny především z tuzemských surovin, což se kryje se závěry XV. sjezdu KSČ.

Kvantita i kvantila těchto výrobků je přímo závislá na strojním zařízení, na kterém je výroba skleněných obalů realizována. Řadové stroje na výrobu obalového skla se vyvíjí a vyrábějí v k.p. Sklostroj Turnov.

Zvyšování produktivity práce těchto strojů úzce souvisí s chlazením forem. Všechny stroje řady AL využívají k chlazení forem vzduch, který k formám proudí od ventilátoru přes klapku ve frémě stroje dovnitř frémy a odtud přes chladicí komíny na formy.

Předností je hlavně jednoduchost a operativnost. Ale nízká účinnost chlazení vyžaduje, aby k formám proudilo velké množství chladicího vzduchu o vysoké rychlosti. To má za následek vysokou spotřebu chladicího vzduchu. Výroba chladicího vzduchu je energeticky velmi náročná a představuje převážnou část energie potřebnou na provoz stroje. Proto jedním ze způsobů, jak zvýšit provoz stroje, je zlepšit účinnost chlazení.

Zde máme 2 varianty:

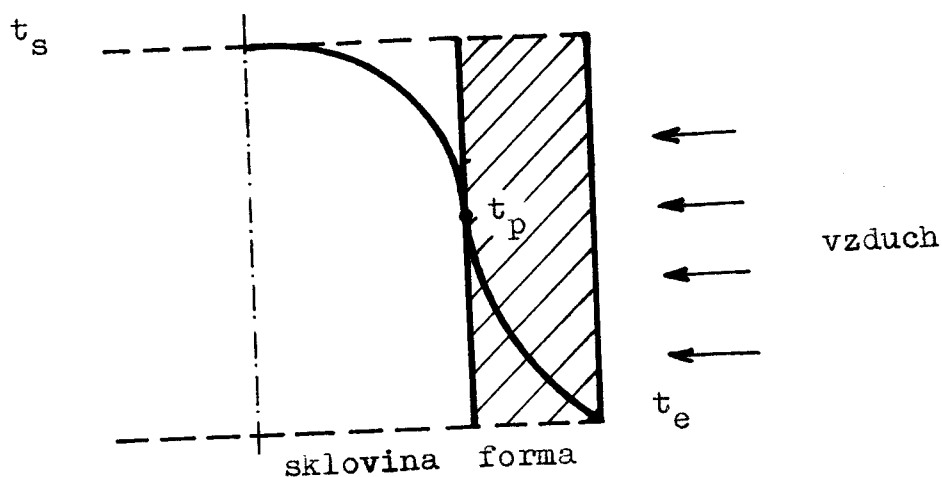
- 1/ využít všech možností, jež dává chlazení vzduchem
 - 2/ použít ke chlazení jiného způsobu
- Nejvýhodnější by bylo při stejné nebo vyšší účinnosti chlazení snížit množství přiváděného chladicího vzduchu a tím podstatně snížit i vysokou hlučnost stroje.

Úkolem této diplomové práce je navrhnout jiný způsob chlazení forem stroje než klasickým způsobem - vzduchem a tím účinnost chlazení zlepšit i po stránce hlučnosti.

2.0. Zákonitosti přestupu tepla při tvarování skla

Základní požadavky při tvarování skla:

- 1/ rychlé a přesné vytvoření tvaru
 - 2/ rychlé ochlazení skloviny na takovou teplotu,
že se při další manipulaci nedeformuje
 - 3/ provést toto bez vad a odchylek od požadovaného
tvaru
 - 4/ ekonomické a hygienické podmínky.
- Za rozhodující se považuje otázka tepelných podmínek.



Obr. 1. Přestup tepla ze skloviny do formy

- t_s - teplota skloviny
- t_e - teplota povrchu formy
- t_f - teplota formy před stykem se sklem
- t_p - teplota skloviny + formy
- E - tepelná akumulační schopnost

Pro přestup tepla ze skloviny do formy platí dle /2/ vztahy:

$$\frac{t_s - t_p}{t_p - t_f} = \frac{E_f}{E_s}$$

λ - součinitel tepelné vodivosti

c - součinitel měrného tepla

γ - součinitel měrné hustoty

Pro množství tepla Q předaného ze skla do formy platí:

$$Q = B \cdot s \cdot (t_s - t_f) \cdot \sqrt{\tau} \quad (1)$$

$$B = \frac{\frac{2}{\sqrt{\pi}}}{\frac{1}{E_s} + \frac{1}{E_f}}$$

τ - doba styku

s - styčná plocha

B - materiálová konstanta

Rovnice (1) je základní pro výpočet rychlosti přestupu tepla.



Obr. 2. Závislost $\frac{dQ}{d\tau}$ v závislosti na čase

Měřením se zjistilo, že přestup tepla ze skloviny do formy klesá s časem podle paraboly.

Okamžitý součinitel přestupu tepla:

$$d\tau = \frac{B}{2\sqrt{\tau}}$$

Ze závislosti je vidět, že je neekonomické nechávat výrobek dlouho ve formě. Platí rovněž z hlediska tepelného.

2.1. Velikost odvedeného tepla

Tvarované sklovině musíme odejmout takové množství tepla, aby se výrobek při další manipulaci nedeformoval. Odejmeme-li tepla méně, výrobek se deformuje a tím vzniká zmetek. Odejmeme-li tepla více, snižujeme tím vlastně výkon stroje. Ve sklárnách bývá snaha chladit více, než to provoz vyžaduje, aby se tak zamezilo nebezpečí praskání výrobků zaviněné přilnutím skloviny k horkým stěnám formy. Takové chlazení je vždy na úkor dobrého vzhledu výrobku. Smrček/1/ uvádí, že při tvarovacím procesu úzkohrdlých lahví hmotnosti 100 - 700 gramů odebíráme na sekčních strojích tepla průměrně 430 ± 40 J/gram. Na stroji s dobrou odstávkou ještě o něco méně.

2.2. Teplota forem

Teplota t_p - skloviny + formy je určena viskozitou.

Je-li povrchová teplota formy větší než odpovídající viskozitě lepení, dojde nám k přilepení skloviny na formu. Jestliže budeme mít nižší teplotu formy, než je dolní hranice tvarovatelnosti, dojde ke vzniku trhlinek. Zatím nikdo přesně neurčí, jakou bychom měli mít přesnou teplotu pro nejekonomičtější tvarování. Interval povrchových teplot skloviny a formy je asi 500 - 600 °C.

2.3. Chlazení vnější strany formy

Tvarovací automaty na výrobu obalového skla chladí formy zatím s nevelkou účinností chlazení. Proto je snahou toto chlazení zlepšit. Dle /1/ se dá toto chlazení zlepšit zvýšením koeficientu přestupu tepla α z požadovaných 200 - 500 [W/m²K] asi na 700 [W/m²K].

Toho můžeme docílit:

- zvýšením množství chladícího vzduchu / nevýhodné z hlediska energetického i z hlediska hlučnosti /,
- zvýšením rychlosti chladícího vzduchu proudícího na formy / vede ke zvýšení hlučnosti /,
- úpravami chladícího vzduchu,
- použitím jiného způsobu chlazení než vzduchu / vodní chlazení, sytá pára, ... /.

3.0. Návrhy jiného způsobu chlazení forem než klasickým způsobem - vzduchem

Ve sklářství se nejčastěji k chlazení forem používá vzduch. Ale jsou i způsoby, při kterých využíváme k odvedení potřebného množství tepla s povrchu formy jiného média než vzduch. Mezi tyto způsoby patří například použití tepelných trubíc, syté páry nebo použití vzduchu vlhčeného.

3.1. Chlazení pomocí tepelných trubíc

Tepelné trubice zajišťují vysoce intenzivní přenos tepelné energie mezi 2 místy i při malém tepelném rozdílu. Pro volbu pracovní látky rozhoduje oblast teplot. Například pro trubice s H_2O je rozsah $50 - 250^\circ C$ / tj. výkon asi $10 - 1000 W/cm^2$ /. Trubice s tekutými kovy při $700 - 1000^\circ C$ mají výkon $1 - 10 kW/cm^2$.

3.1.1. Trubice s nekonvenční náplní

Platí pro oblast $200 - 600^\circ C$

Rtuť - nelze použít pro dlouhodobý provoz/korozní napadení stěn, špatná smáčivost /.

Dowtherm - pouze do $350^\circ C$

Síra - kritická teplota $1040^\circ C$, je stabilní v celém rozsahu, hygienicky vyhovuje. Nepříznivá je

změna viskozity. Výkon asi 600 W/cm^2 .

Výkon tepelných trubíc zvýšíme, když použijeme jako náplně tekutých kovů. Např. Na, K - pro oblast $400 - 800^\circ\text{C}$.

3.1.2. Měděné trubice s náplní vody, acetonu a etylalkoholu

Nedochází k napadení stěny trubice, netvoří se inertní plyn. Může ale nastat interkrystalická koroze.

3.2. Chlazení pomocí syté páry

Používá se hlavně pro vnitřní chlazení. Je to však poměrně drahá investice a z bezpečnostních důvodů se málo používá.

3.3. Chlazení pomocí vlhčeného vzduchu

Účelem tohoto způsobu chlazení je zvýšit množství tepla, které z formy odvádíme. Při použití neupraveného chladicího vzduchu je část tepla odváděna konvekci a část radiací. Při použití chladicího vzduchu, do kterého přivádíme určité množství vody, je navíc část tepla odváděna vypařováním. Působením vody dojde také k určitému ochlazení chladicího vzduchu. Jestliže takto zvýšíme množství odvedeného tepla s povrchu formy, mělo by se při stejné účinnosti chlazení snížit množství přiváděného chladicího vzduchu.

Toto snížení by mělo za následek i snížení hlučnosti, která je v současné době často neúnosná a má vliv na pracovní prostředí.

Konstrukční provedení je poměrně jednoduché a je možné jej vyzkoušet na KSK na 1 sekci stroje AL 118.

Tento způsob chlazení považuji za nejvýhodnější a ve své diplomové práci se jím budu zabývat.

4.0. Měření součinitele přestupu tepla

Pro posouzení účinnosti chlazení byl porovnáván součinitel přestupu tepla α pro jednotlivé způsoby chlazení. Byla měřena povrchová teplota vnějšího povrchu formy a z tohoto spolu s dalšími veličinami se součinitel přestupu tepla vypočítal.

4.1. Výpočet součinitele přestupu tepla

Měření součinitele přestupu tepla α bylo provedeno na zjednodušeném modelu přestupu tepelné energie mezi formou a vzduchem. Formu uvažujeme ve výpočtech jako válcovou bez vlivu odvodu tepla držáky a čely forem. Oproti skutečnému tepelnému poli ve sklářské formě je u modelového zařízení vytvořeno stacionární tepelné pole s trvalým ohřevem plynovým hořákem. Toto zjednodušení nemá velký vliv na velikost

součinitele přestupu tepla $\mathcal{L}$ na vnějším povrchu, neboť u formy při výrobě obalového skla je teplota na vnějším povrchu formy po době náběhu konstantní. Tento výpočet není přesný, ale pro naši potřebu je vyhovující. Přesný výpočet by byl velmi náročný. Velikost $\mathcal{L}$ byla zjišťována na základě tepelného pole a tepelného toku procházejícího formou a velikostí teploty na vnějším povrchu formy. Podle okrajové podmínky platí Newtonův zákon přestupu tepla na vnějším povrchu:

$$Q = \pi \cdot d_1 \cdot L \cdot \mathcal{L} \cdot (t_2 - t_{vz}) \quad (2)$$

t_{vz} - teplota chladícího vzduchu

Q - tepelný výkon prošlý formou

Z rovnice (2) plyne:

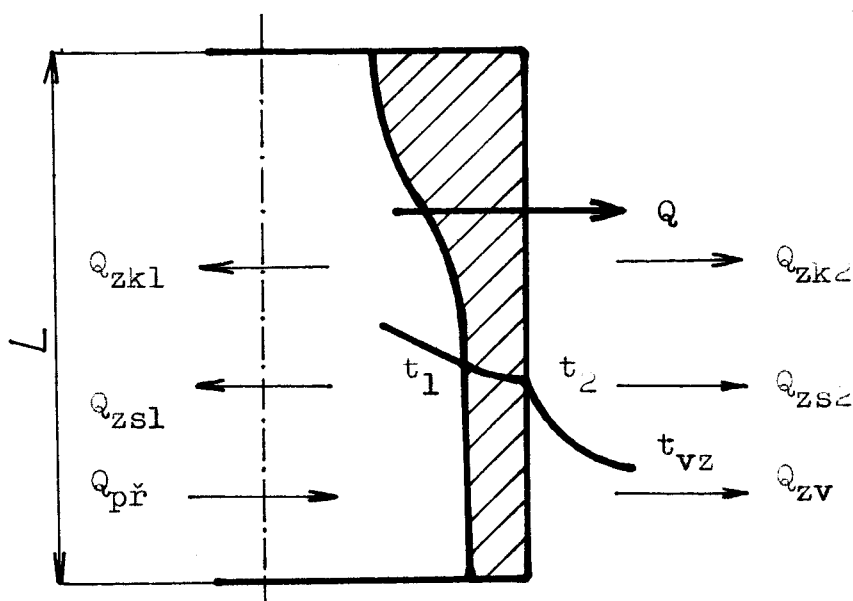
$$\mathcal{L} = \frac{Q}{\pi \cdot d_1 \cdot L \cdot (t_2 - t_{vz})} \quad \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}} \right]$$

Grafické znázornění průběhů teplot ve formě je na obr. 3.

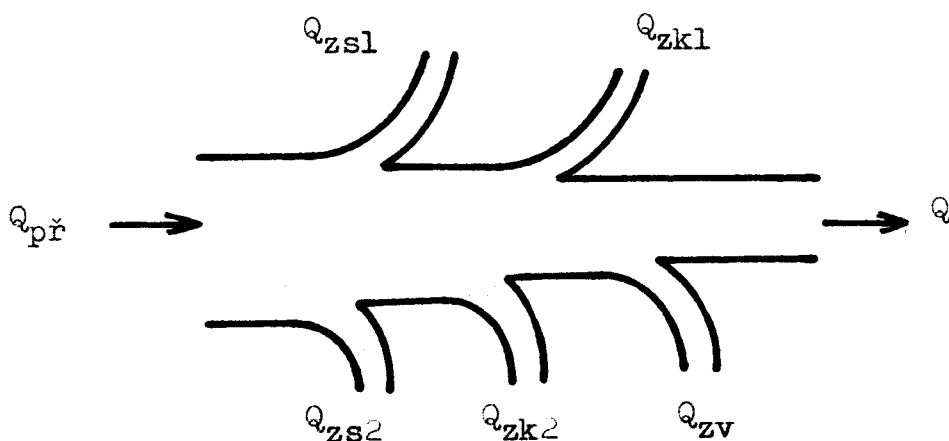
Abychom znali všechny hodnoty ze vzorce, musíme ještě zjistit tepelný výkon $Q_n [\text{W}]$ prošlý formou. Při zahřívání formy plynovým hořákem dochází k určitým tepelným ztrátám. Část tepla uniká konvekci a radiací a část vypařováním. Z obr. 4 platí: $Q_{vyp} + Q_{zs} + Q_{zk} = Q_z$

Q_z - ztracené teplo uniklé mimo formu

V dalších výpočtech uvažují, že při ohřívání formy plynovým hořákem vznikají 50 % ztráty. Při měřeních je však zahřívána plynovým hořákem pouze polovina formy, což má vliv na celkový tepelný výkon Q_h prošlý formou.



Obr.3 Průběhy teplot ve formě



Obr.4 Tok tepla formou

4.2. Číselné vyjádření Q

$$Q = Q_h$$

Výhřevnost plynového hořáku pro polovinu formy:

spotřeba plynu - $0,5 \text{ m}^3/\text{hod.}$

výhřevnost svítiplynu - $15488 [\text{kJ}/\text{nm}^3]$

$$Q'_h = 15488000 \cdot 0,5 \cdot 2 \cdot \frac{1}{3600} = 4302 [\text{W}]$$

Při předpokladu 50 % ztrát je skutečný tepelný výkon vysálaný na formu:

$$\underline{Q_h} = Q'_h \cdot \frac{1}{2} = \underline{2151} [\text{W}]$$

Tento tepelný výkon budu uvažovat ve všech dalších výpočtech.

5.0. Schema měření na AL 118 a popis zařízení

Schema měření je na obr.5. Chladicí vzduch dodával odstředivý ventilátor V typu SH 1,75/650 a množství chladicího vzduchu bylo měřeno pomocí Thomasova válce TV typu M 059. Regulačním autotransformátorem typu RA 10 s pomocí wattmetru byl nastaven příkon 1 000 W do topné mříže TV. Na mostu pro přímé odečítání rozdílu teplot typu M 027 byl odečítán teplotní rozdíl Δt . Teplota chladicího vzduchu byla měřena rtuťovým teploměrem t_{vz} . Rtuťovým teploměrem byla snímána teplota srovnávacích konců termočlánků t_{sk} . Celkový pohled na pracoviště je na obr.6.

Pomocí speciálního plynového hořáku byl prováděn ohřev jedné poloviny formy. Vzduch do plynového hořáku byl dodáván dmychadlem. Po ohřátí formy byl spuštěn chladicí vzduch a na mV cejchovaném ve °C byla odečítána teplota povrchu formy.

Výpočet množství chladicího vzduchu byl proveden dle vzorců /3/.

$$M = \frac{P}{\Delta t \cdot \xi \cdot c_{v,\varphi}}$$

$$V = \frac{M}{\rho}$$

M - průtočné množství vzduchu v kg/s

V - průtočné množství vzduchu v m³/s

P - příkon TV v kW

ξ - korekční součinitel ≈ 1

$c_{v,\varphi}$ - měrné teplo vzduchu $f(T, p_b)$

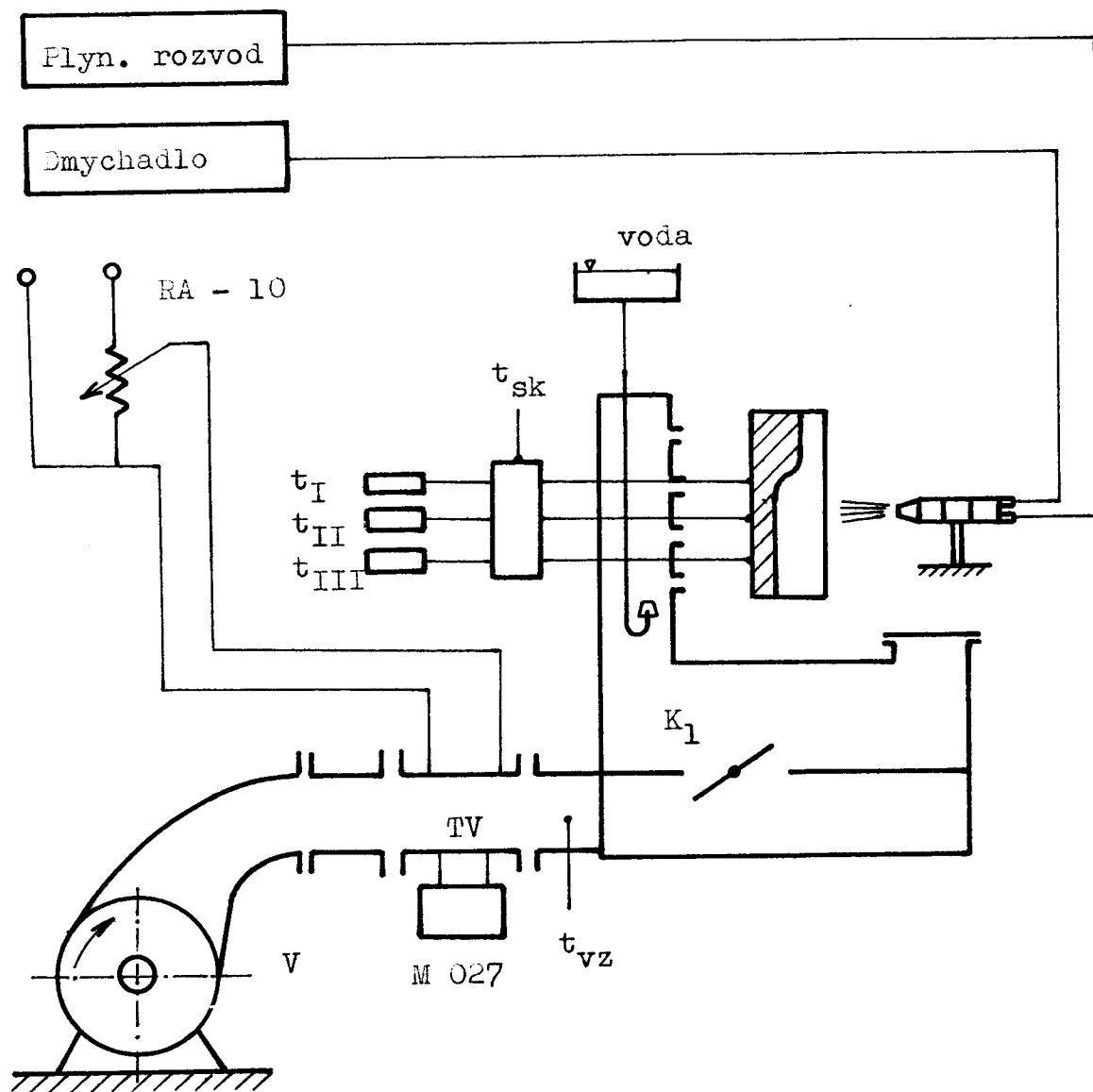
ρ - měrná hmotnost vzduchu v kg/m³

Číselné vyjádření množství chladicího vzduchu:

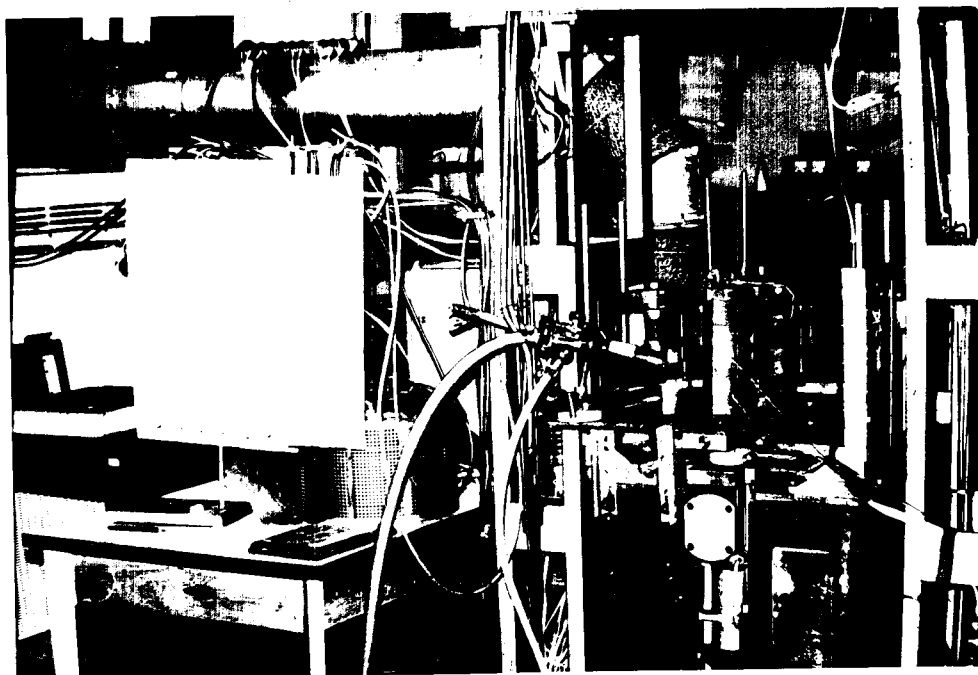
Pro měření jsme určili z tabulek $c_{v,\varphi} = 1,12$ [kJ/kgK]
a z nomogramů /4/ $\rho = 1,11$ [kg/m³]

Výsledné hodnoty jsou pro otevření regulačních klapek na 2 hodnoty:

otevření klapky	Δt [°C]	M [kg/s]	V [m ³ /s]
1	4,3	0,208	0,187
2	3,5	0,255	0,230



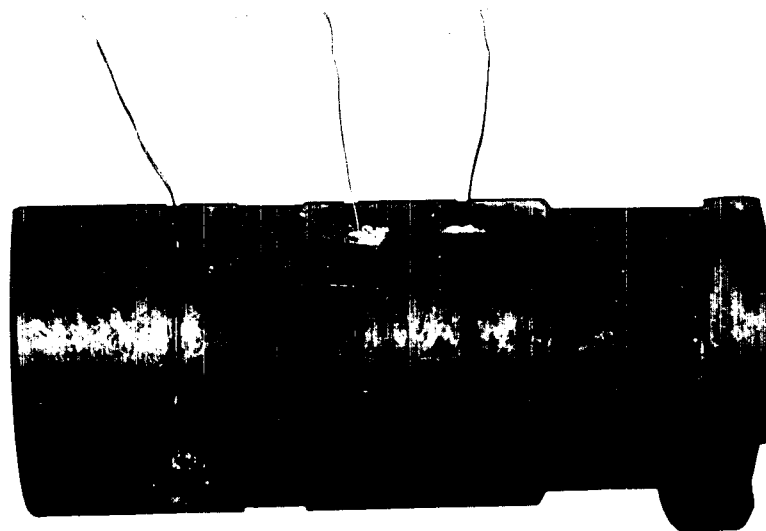
Obr. 5 Schema měření na stroji AL 118



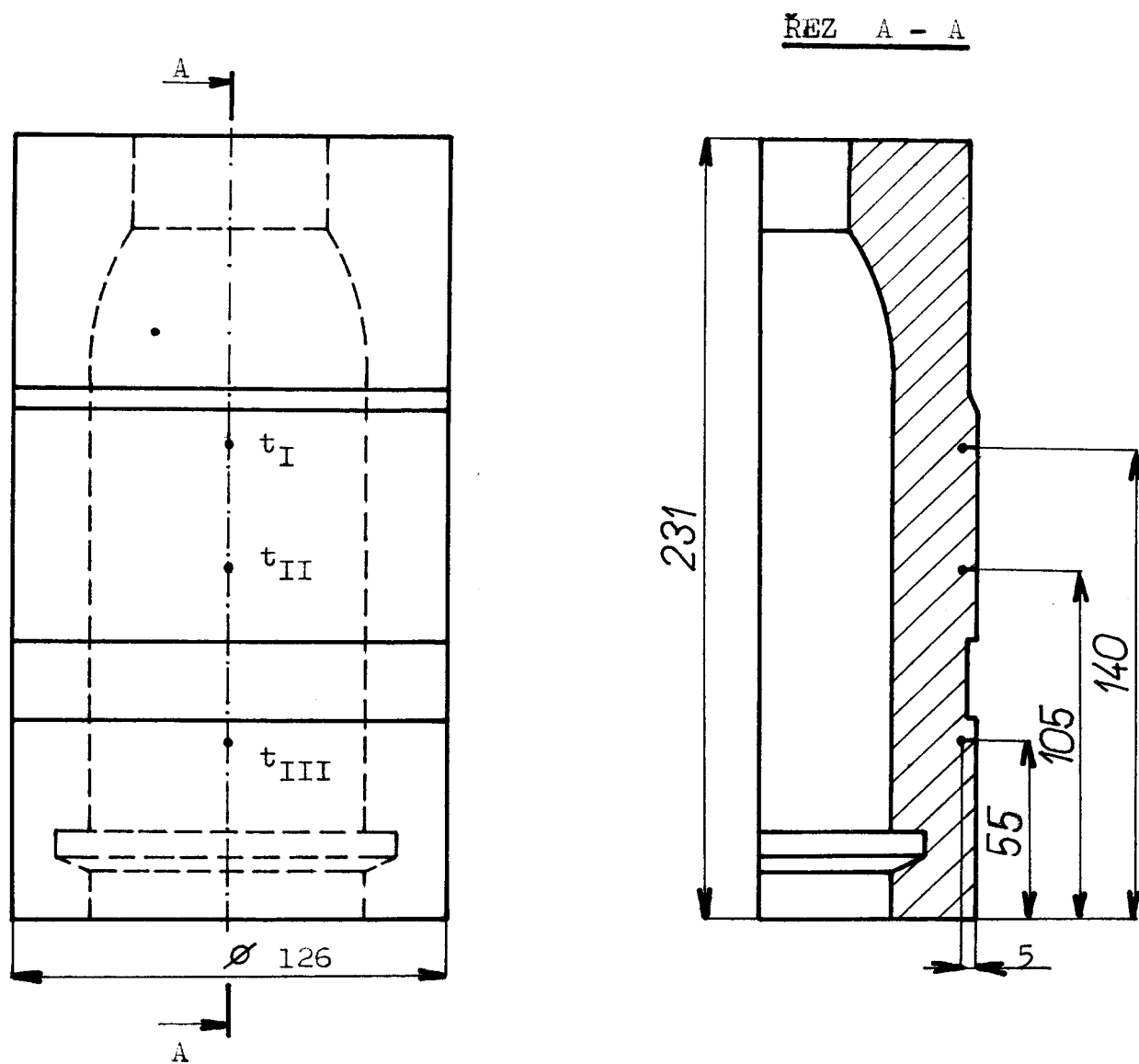
Obr.6 Celkový pohled na pracoviště

5.1. Umístění termočlánků na formě

Při měření rozložení teplot ve formě bylo použito tří NiCr-Ni termočlánků. Umístění termočlánků na jedné polovině formy ukazuje obr.7 a obr.8.



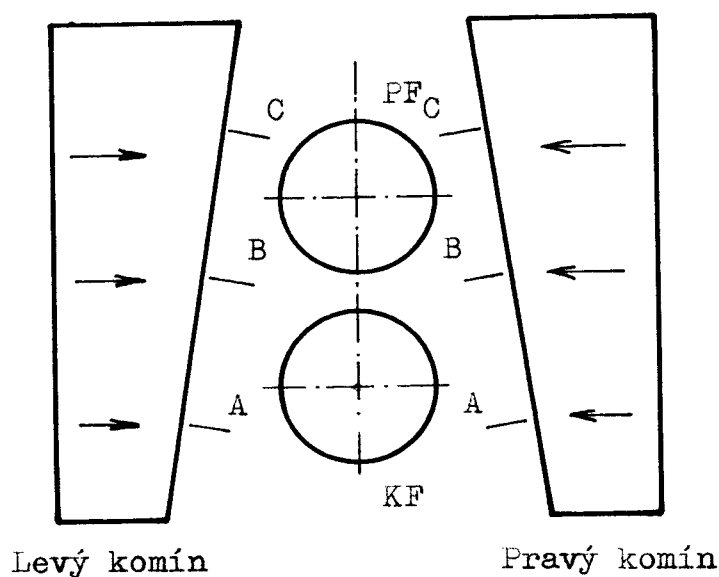
Obr.7 Umístění termočlánků na formě



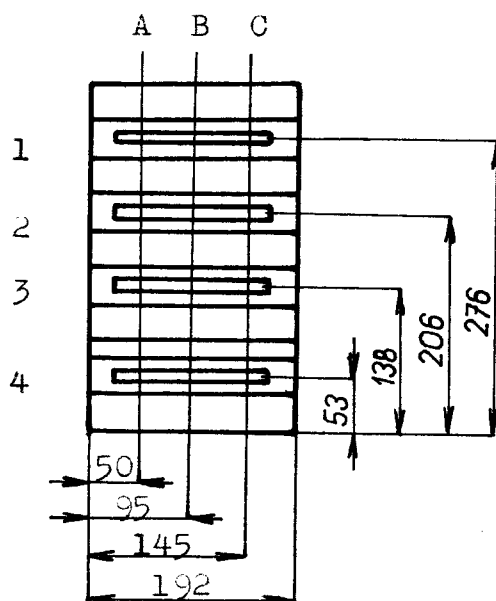
Obr.8 Schema umístění termočlánků na formě

6.0. Úpravy komínů

Při zkušebním měření bylo zjištěno, že u chladících komínů je v jednotlivých šterbinách dosti rozdílný tlak. To má poměrně velký vliv na chlazení forem, neboť jednotlivé části forem jsou různě ofukovány a tím i rozdílně chlazeny. Proto byly pro zlepšení rovnoměrnosti tlaku provedeny různé úpravy v komínech/ měření 1 - 4 /. Schema uspořádání komínů je na obrázku 9. Měření byla prováděna v místech A, B, C, jak je vyznačeno na obrázku 10. Šterbiny jsme označili čísly 1 - 4. Při všech měřeních je levý komín pro porovnání bez úprav, pravý s úpravami.



Obr.9 Uspořádání komínů



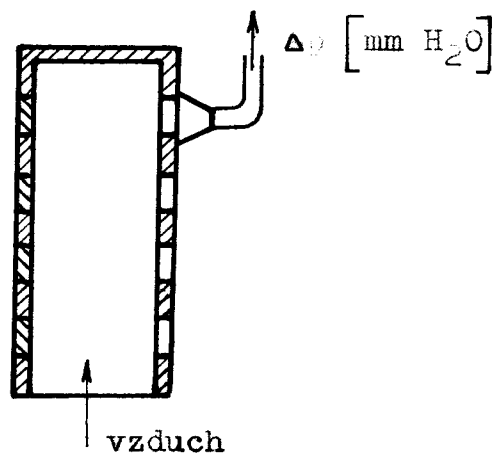
Obr.10 Schema chladicího komínu s rozměry

Měření č.1

Podle obrázku 11 byl měřen u komínů vnější tlak. Naměřené hodnoty v (mm H₂O) jsou uvedeny v tabulce 1.

Značení: A_L, B_L, C_L - levý komín

A_P, B_P, C_P - pravý komín.

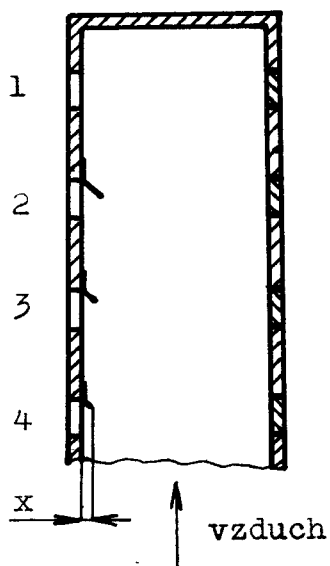


Obr.11 Schema měření vnějšího tlaku u komínu

tab.1

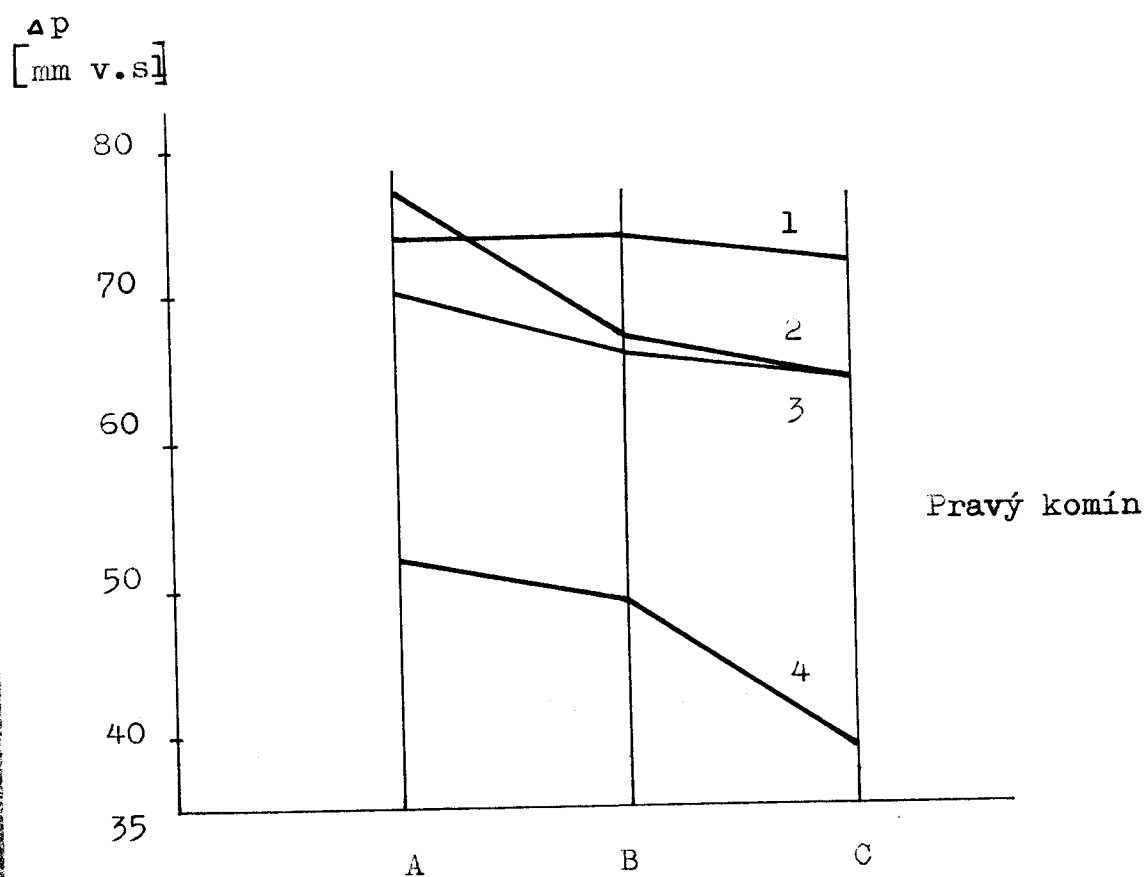
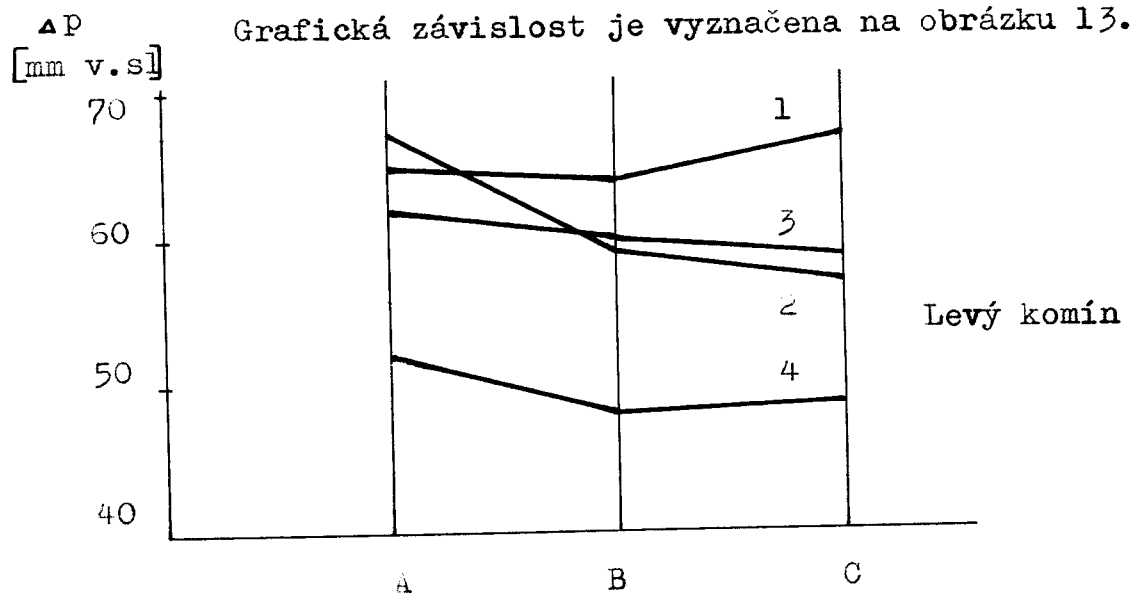
místo štěrby	A_L	B_L	C_L	A_P	B_P	C_P
1	65	64	67	74	74	72
2	67	59	57	77	67	64
3	62	60	59	70	66	64
4	52	48	49	52	49	39

Na pravém komínu byla provedena úprava pomocí žeber. Schema je na obrázku 12. Rozměry žeber jsou uvedeny v tabulce 2.



Obr.12 Úprava komínu pomocí žeber
tab.2

štěrby	1	2	3	4
vzdál. x [mm]	0	9,5	6,5	3,5



Obr.13 Porovnání tlaků u levého a pravého komínu

Měření č.2

Při tomto měření byla u žeber zvětšena délka x .
Nové hodnoty jsou uvedeny v tabulce 3.

tab.3

šterbina	1	2	3	4
vzdál. x [mm]	0	12,5	9,5	6,5

Pro vnější tlak jsou hodnoty uvedeny v tab.4, pro
vnitřní tlak v tab.5. V tabulkách jsou vždy uvedeny
hodnoty ze 2 měření. Pro lepší přehlednost jsem z obou
měření spočítal průměrné hodnoty a uvedl je do tabu-
lek 6 a 7. Grafická závislost je pro vnější tlak na
obr.14, pro vnitřní tlak na obr.15.

tab.4

místo šterbina	A_L	B_L	C_L	A_P	B_P	C_P
1	66	64	63	66	68	65
	66	64	62	67	69	65
2	60	55	57	63	60	56
	60	55	57	64	61	57
3	55	54	53	63	60	57
	57	55	52	64	60	57
4	45	42	31	50	42	35
	46	46	35	50	45	30

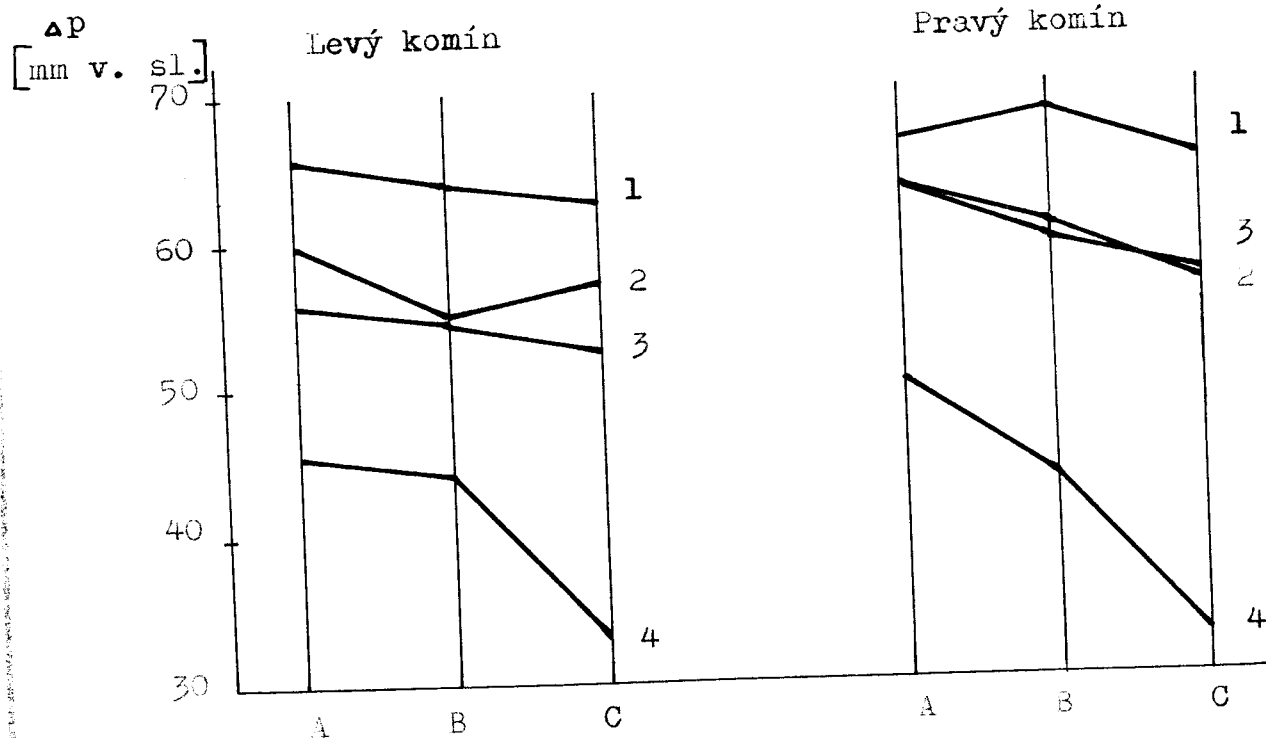
tab.5

místo štěrby	A _L	B _L	C _L	A _P	B _P	C _P
1	72 75	64 65	51 50	71 70	65 68	56 57
2	72 72	60 58	52 54	69 70	59 61	57 57
3	73 75	54 62	55 56	71 72	61 62	54 58

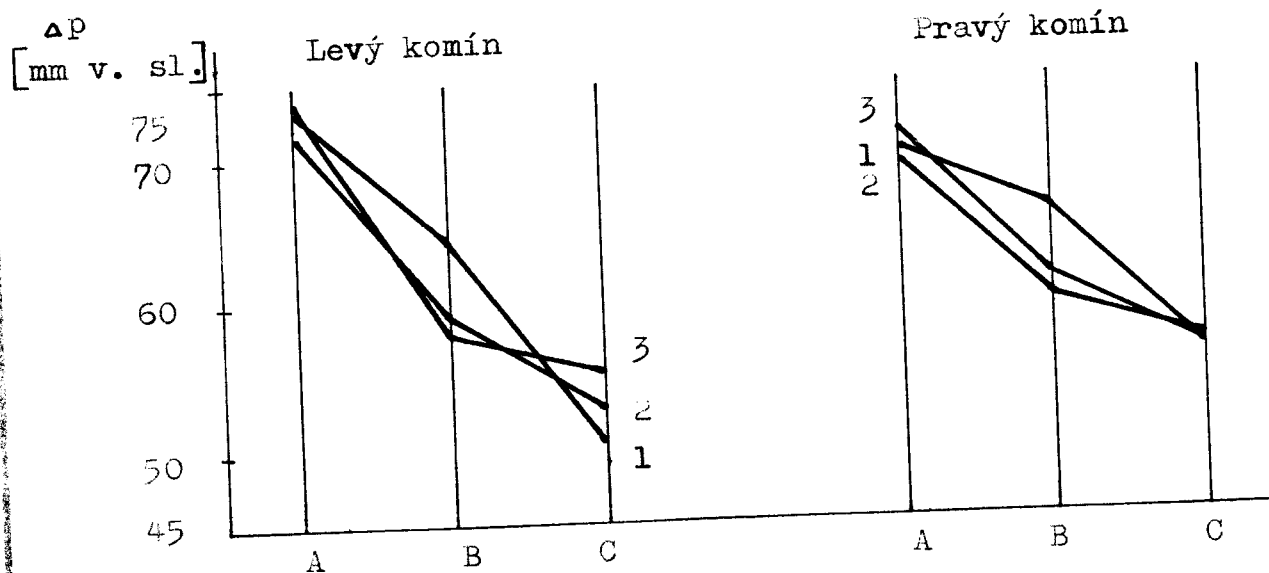
Štěrbinu č.4 nebylo možno z technických důvodů změřit.

tab.6

místo štěrby	A _L	B _L	C _L	A _P	B _P	C _P
1	66	64	62,5	66,5	68,5	65
2	60	55	57	63,5	60,5	56,5
3	56	54,5	52,5	63,5	60	57
4	45,5	44	33	50	43,5	32,5



Obr. 14 Vnější tlak pro jednotlivé komíny



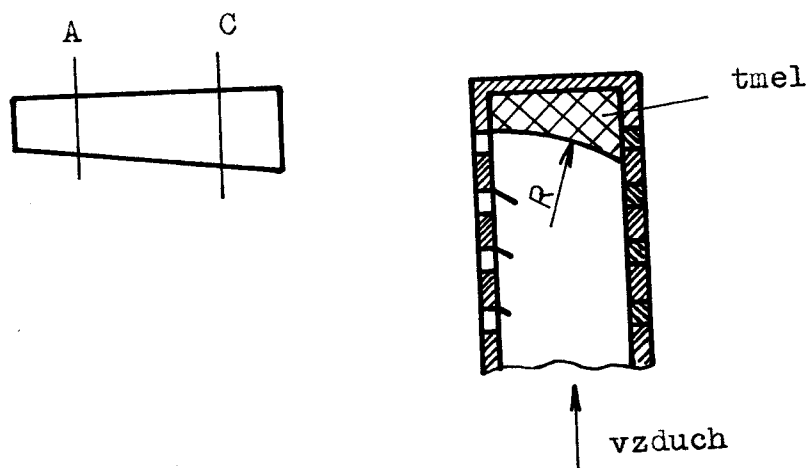
Obr. 15 Vnitřní tlak pro jednotlivé komíny

tab.7

místo štěrbina	A_L	B_L	C_L	A_P	B_P	C_P
1	73,5	64,5	50,5	70,5	66,5	56,5
2	72	59	53	69,5	60	57
3	74	58	55,5	71,5	61,5	56

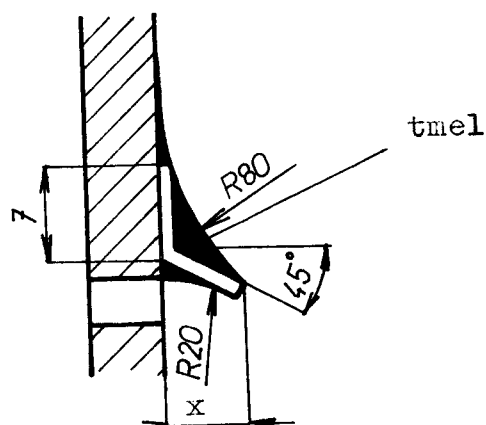
Měření č.3 - pro vnější tlak

Pro toto měření byly provedeny úpravy u štěrbin č.2 - 4 a na komínu. Úpravy jsou vyznačeny na obr.16 pro komín a na obr.17 pro štěrby.



Obr.16 Schema úpravy komínu pro díl č.0

Velikost poloměru R pro: rovinu A - asi 18 mm
rovinu B - asi 24 mm.



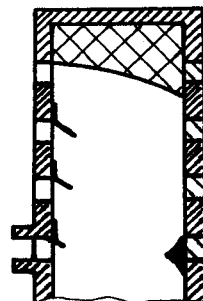
Obr.17 Schema úpravy štěrbin

Vzdálenost $-x-$ pro jednotlivé štěrby je uvedena v tabulce 3.

tab.8

štěrbina	2	3	4
vzdál. x [mm]	12,5	9,5	6,5

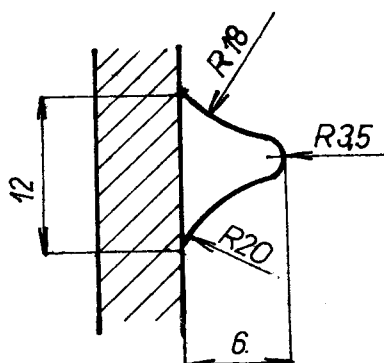
Naměřené hodnoty pro obr.18 jsou uvedeny v tab.9 a graficky znázorněny na obr.19. Pro úpravu na obr.20 jsou hodnoty uvedeny v tab.10 a graficky vyneseny do obr.21. Pro poslední úpravu dle obr.22 jsou naměřené hodnoty zaneseny do tab.11 a graficky zobrazeny na obr.23. V tabulkách jsou vždy uvedeny průměrné hodnoty ze 2 měření.



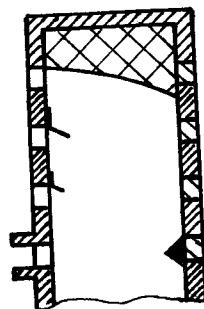
Obr.18 Komín s naběráky a deflektorem

tab.9

místo štěrbina	A_P	B_P	C_P
1	66,5	67	67
2	62,5	63	58
3	65,5	64,5	60
4	46	52	40



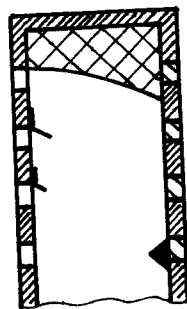
Obr.24 Detail deflektoru



Obr.20 Schema úpravy komínu

tab.10

místo štěrbina	A_P	B_P	C_P
1	66,5	66	64
2	60	62	56,5
3	68	69,5	60
4	47	44,5	

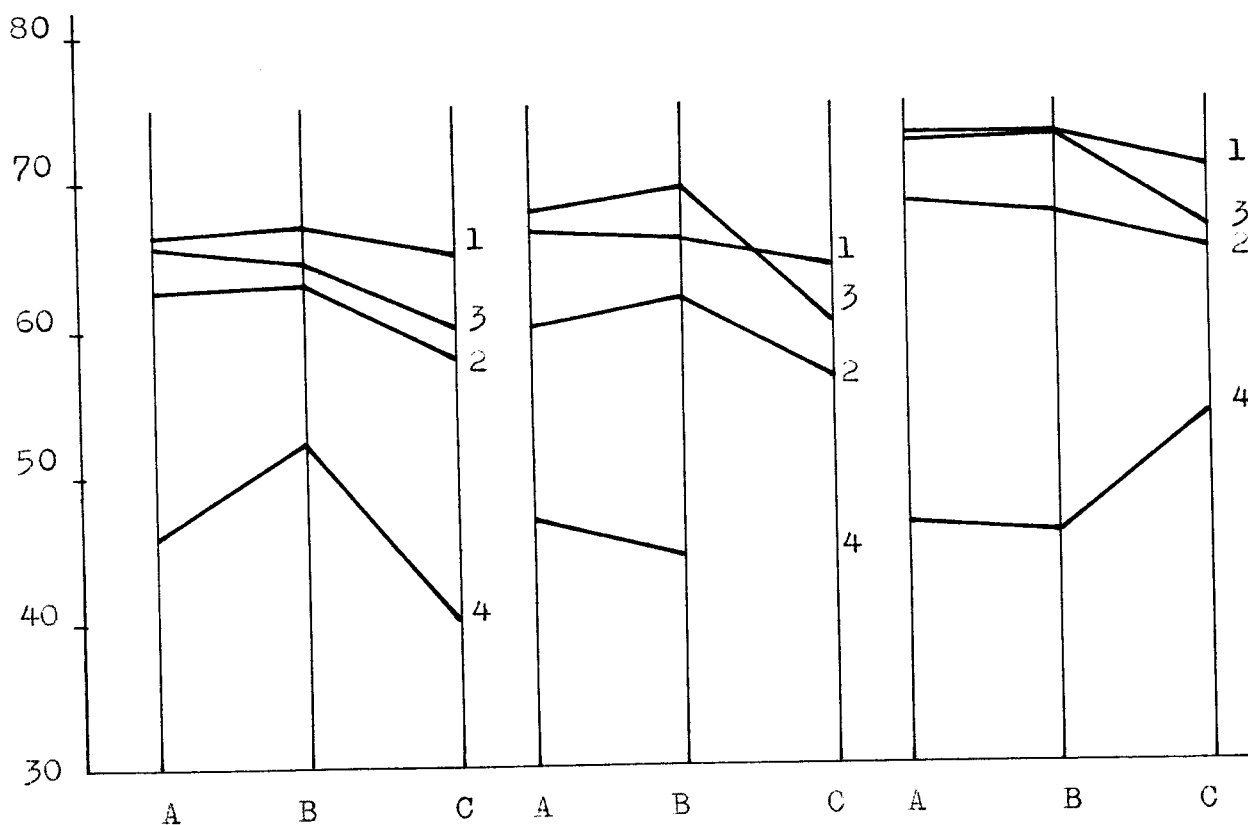


Obr.22 Schema komínu bez nálitku a naběráku

tab.11

místo šterbina	A _P	B _P	C _P
1	73	73	70,5
2	68,5	67,5	65
3	72,5	73	66,5
4	46,5	46	54

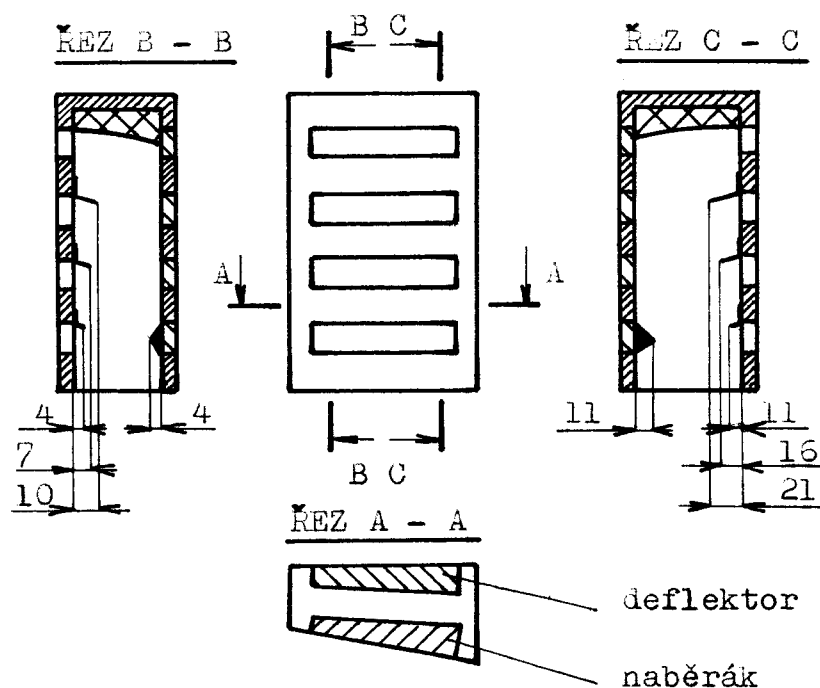
Δp [mm v. sl.]



Obr.19,21,23 Grafické závislosti pro jednotlivé případy

Měření č. 4

Při tomto měření byl u komínů měřen vnější tlak. Byly prováděny úpravy pomocí naběráku a deflektorů. Celkové schema s rozměry je vyznačeno na obr.25.



Obr.25 Schema komínu s provedenými úpravami

Měření č. 4A

Štěrbina 4 je zde bez vnějšího nálitku. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 12. Grafická závislost je na obrázku 26.

tab. 12

místo štěrby	A _L	B _L	C _L	A _P	B _P	C _P
1	69	73	70	69	70	67
	69	68	69	69	70	67
2	63	56	58	65	65	61
	61	56	58	66	66	61
3	58	54	58	69	71	63
	57	55	56	70	71	65
4	49	50	37	43	47	43
	52	46	40	44	46	48

Měření č. 4B

Štěrba 4 je bez vnějšího nálitku, je zde naběrák a naproti deflektor. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 13 a grafická závislost na obr. 27.

tab. 13

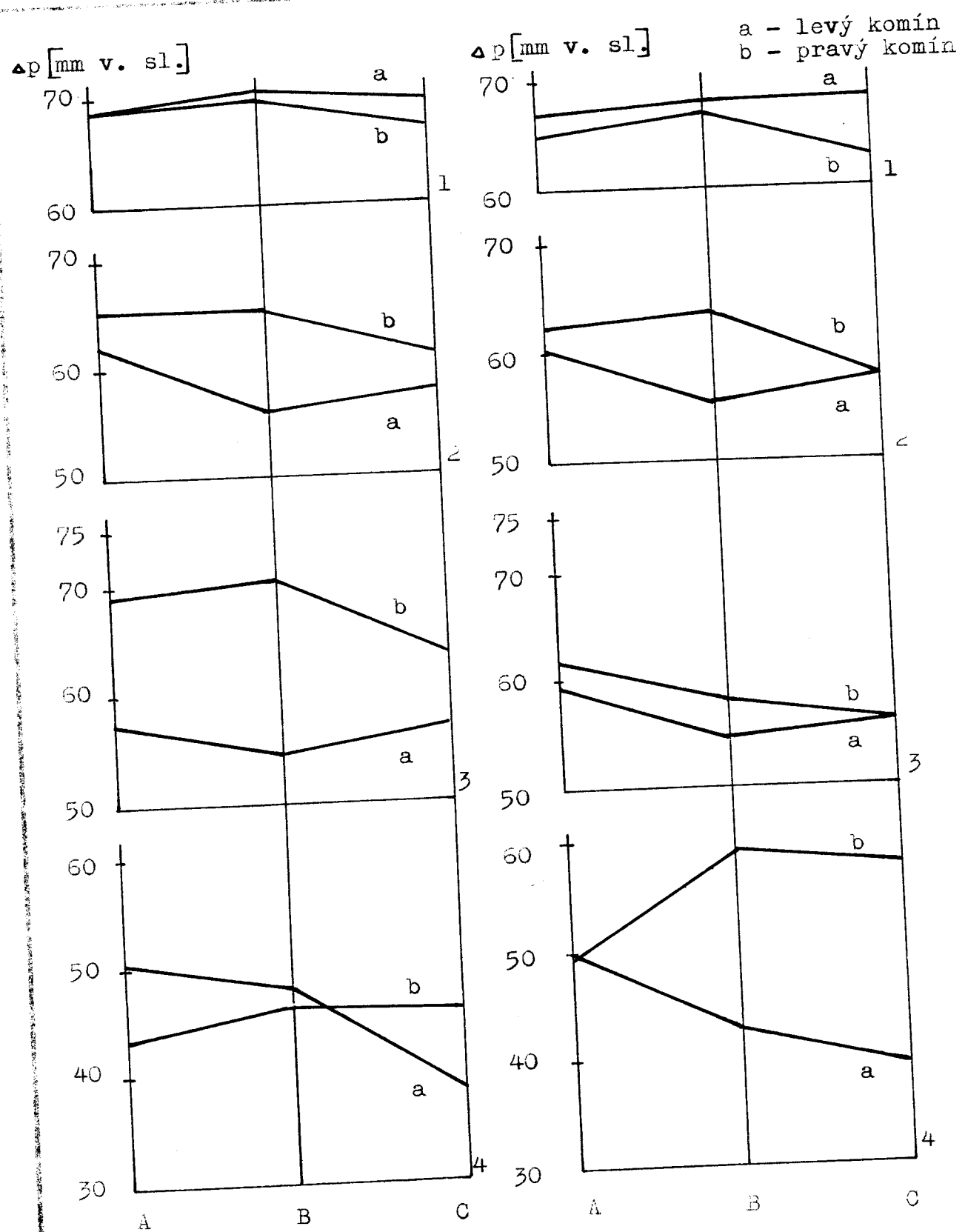
místo štěrby	A _L	B _L	C _L	A _P	B _P	C _P
1	67	68	68	65	67	62
	67	68	68	65	67	63
2	60	55	57	62	63	57
	61	55	58	63	65	58
3	59	55	56	60	58	56
	60	54	56	64	59	57
4	50	45	39	47	60	58
	50	41	40	52	59	58

Měření č. 40

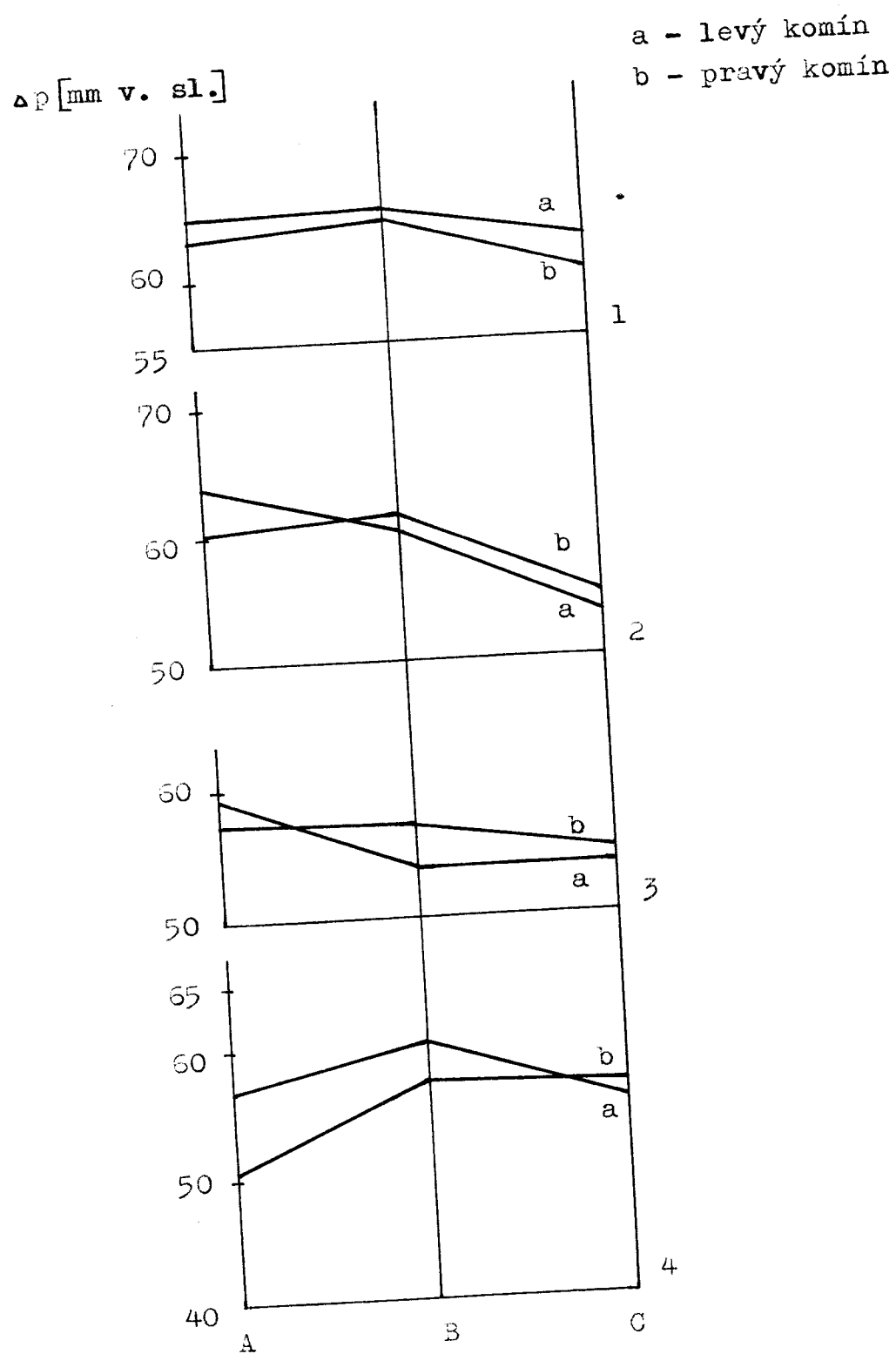
Při tomto měření jsou oba komíny s naběráky a deflektory. Štěrbina 4 je bez vnějšího nálitku. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 14 a graficky vyznačeny na obrázku 28.

tab. 14

místo štěrbina	A _L	B _L	C _L	A _P	B _P	C _P
1	65	65	63	63	64	60
	65	66	63	64	65	60
2	64	59	53	61	62	55
	64	61	54	60	61	55
3	60	54	54	58	58	55
	59	54	54	57	57	55
4	57	60	56	50	58	57
	57	61	56	51	57	57



Obr. 26,27 Průběhy tlaků v komínech



Obr. 28 Průběhy tlaků v komínech

7.0. Vlastní měření na zjištění účinnosti chlazení

Při následujících měřeních byl zjišťován součinitel přestupu tepla $\mathcal{L}$ na konečné formě. Při měření č. 5 je to závislost $\mathcal{L}$ na množství chladícího vzduchu, při měření č. 6 na množství vody přidávané do různých množství chladícího vzduchu. Dále byla prováděna měření, při kterých se do určitého množství chladícího vzduchu přidávalo určité množství vody a vše se porovnávalo s neupraveným vzduchem/viz měření č. 7 - 10 /. Při měření č. 11 byly prováděny konstrukční úpravy difuzorů na dosažení rovnoměrnosti rozstříku vody do vzduchu a tím dosažení souměrného výstupu média ze štěrbin chladících komínů.

7.1. Měření č. 5

Při tomto měření byla zjišťována závislost $\mathcal{L}$ na množství chladícího vzduchu. Zjištěné hodnoty pro měření A jsou uvedeny v tabulce 15, pro měření B v tabulce 16. Hodnoty byly zapisovány po 5 minutách. Závislost teploty formy na čase pro jednotlivé termočlánky je uvedena na obrázku 29 a 30.

Ukázka číselného výpočtu součinitele přestupu tepla $\mathcal{L}$:

$$\mathcal{L} = \frac{Q'_n}{\pi \cdot d \cdot L \cdot (t_2 - t_{vz})} = \frac{2151}{3,14 \cdot 0,126 \cdot 0,231 \cdot (160 - 17,5)}$$

$$= 165 \text{ W/m}^2\text{K}$$

7.1.1 Měření A :

teplota vzduchu venku - 1[°C]

relativní vlhkost vzd. - 75 %

 $t_{vz} - 17,5[^\circ\text{C}]$ $\Delta t - 4,3[^\circ\text{C}]$ $t_{sk} - 19,5[^\circ\text{C}]$

tab. 15

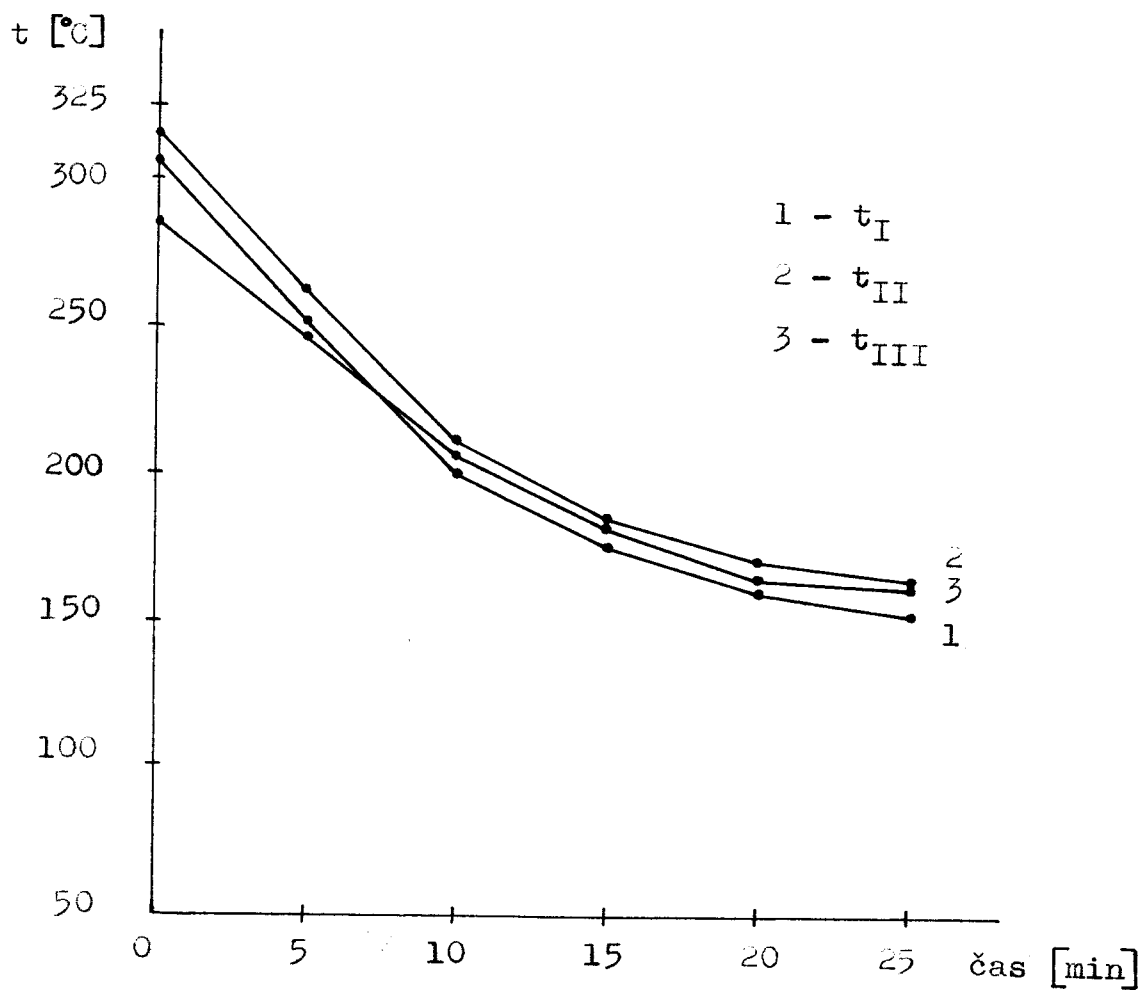
čas(min) místo	0	5	10	15	20	25	$\mathcal{L} [\text{W/m}^2\text{K}]$
t_I	305	250	200	175	160	152	
t_{II}	315	260	210	185	170	167	165
t_{III}	285	245	205	182	165	162	

7.1.2 Měření B :

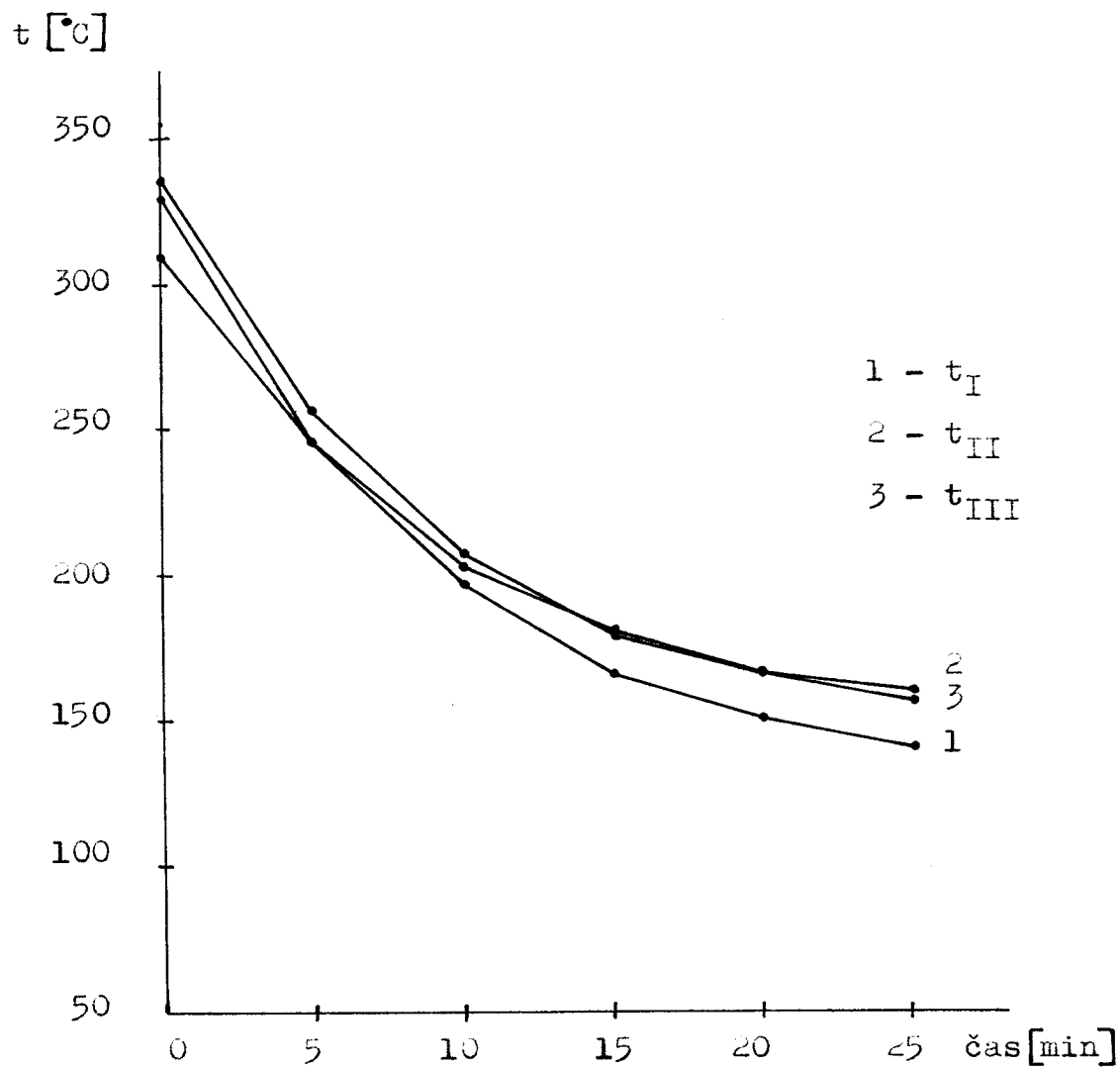
Podmínky stejné jako při měření A. Pouze rozdíl
v množství vzduchu - $\Delta t = 3,5[^\circ\text{C}]$

tab. 16

čas místo	0	5	10	15	20	25	$\alpha [W/m^2K]$
t_I	330	245	195	165	150	140	
t_{II}	335	255	208	180	165	160	175
t_{III}	310	245	202	180	165	157	



Obr. 29 Závislost teploty na čase



Obr. 30 Závislost teploty na čase

7.2. Měření č. 6

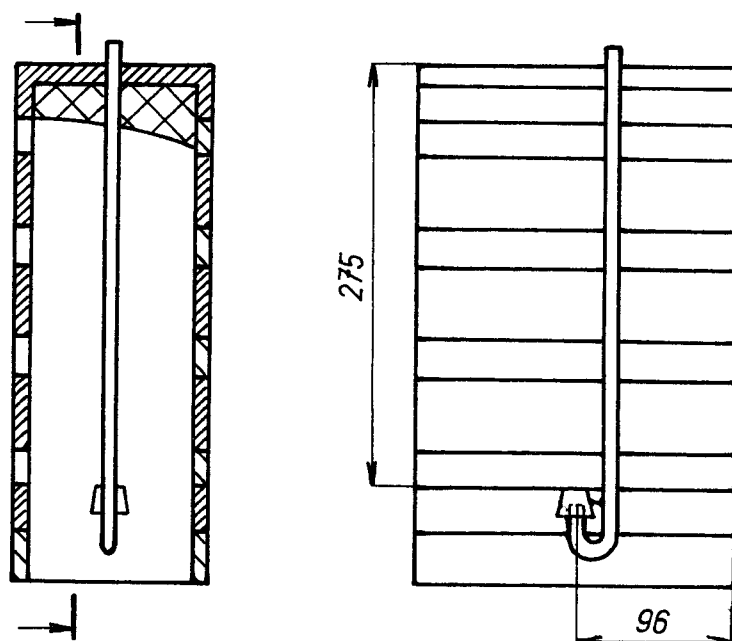
Při tomto měření byla do proudu chladícího vzduchu přidávána 2 různá množství vody. Měření je pro 2 různá množství chladícího vzduchu.

Vyčíslení množství vody:

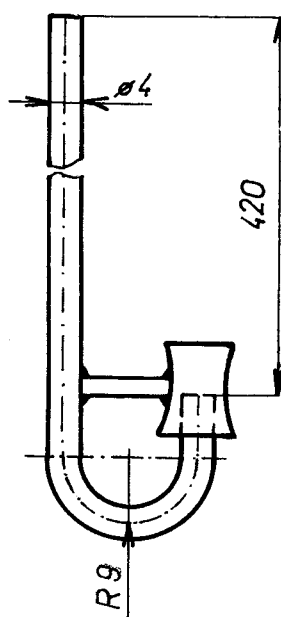
- 25 kapek 0,0025 l
- 40 kapek 0,003 l
- 60 kapek 0,0055 l
- 100 kapek 0,0085 l.

Pro množství chladícího vzduchu, kde $\Delta t = 4,3$ jsou hodnoty uvedeny v tabulce 17 pro měření A1 a v tabulce 18 pro měření B1.

Pro $\Delta t = 3,5$ jsou hodnoty uvedeny v tabulce 19 pro měření A2, v tabulce 20 pro měření B2. Umístění difuzoru je znázorněno na obrázku 31, schema difuzoru je na obrázku 32. Grafická závislost $\mathcal{L} - V$ je vyznačena na obrázku 33. Závislost $t - \tau$ je na obrázku 34 pro měření A1, B1 a na obrázku 35 pro měření A2, B2.



Obr. 31 Umístění difuzoru v komínu



Obr. 32 Schema difuzoru

7.2.1. Měření A1

teplota vzduchu venku	1 [°C]
relativní vlhkost vzd.	89 [%]
t_{vz}	16,5 [°C]
teplota místnosti	20 [°C]
t_{sk}	19,5 [°C]
množství vody	25 kapek/min

tab. 17

čas (min) místo	0	5	10	15	20	25	30	$\mathcal{L} [W/m^2K]$
t_I	300	225	190	165	155	150	150	
t_{II}	315	245	205	185	175	170	170	158
t_{III}	315	245	210	190	180	175	175	

7.2.2. Měření B1

množství vody	100 kapek/min
---------------	---------------

tab. 18

čas (min) místo	0	5	10	15	20	25	30	$\mathcal{L} [W/m^2K]$
t_I	305	225	190	165	155	150	150	
t_{II}	320	240	205	180	170	162	160	173
t_{III}	310	235	205	185	170	165	160	

7.2.3. Měření A2

množství vody 25 kapek/min
 teplota vzd.venku -3 [°C]
 relativní vlhkost 89 [%]
 t_{vz} 13 [°C]
 teplota místnosti 20 [°C]
 t_{sk} 19 [°C]

tab. 19

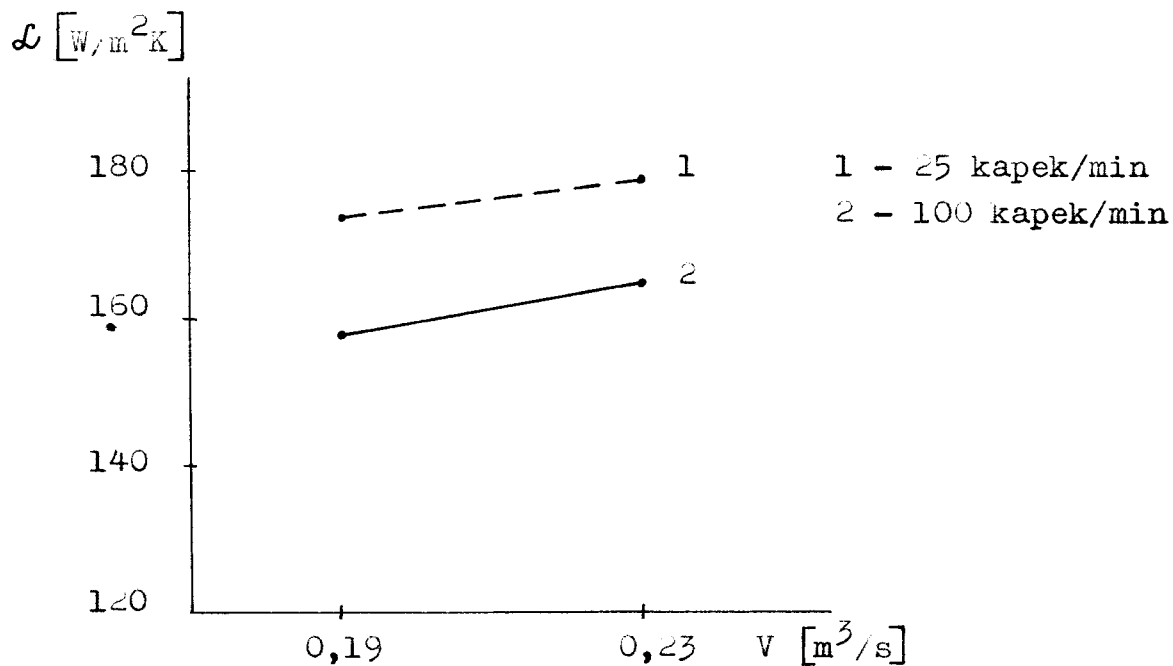
čas [min] místo	0	5	10	15	20	25	30	$\mathcal{L}$ [W/m ² K]
t_I	330	230	180	160	150	145	142	
t_{II}	340	250	200	180	170	165	161	163
t_{III}	340	270	220	190	180	175	172	

7.2.4. Měření B2

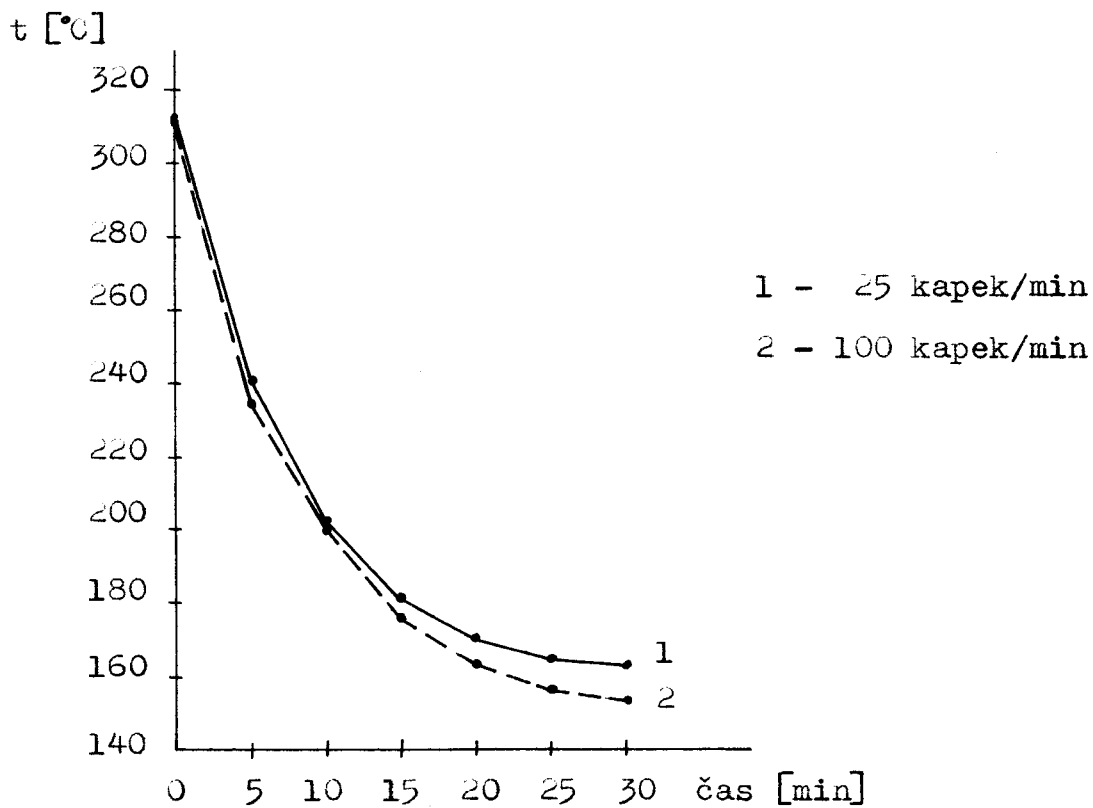
množství vody 100 kapek/min

tab. 20

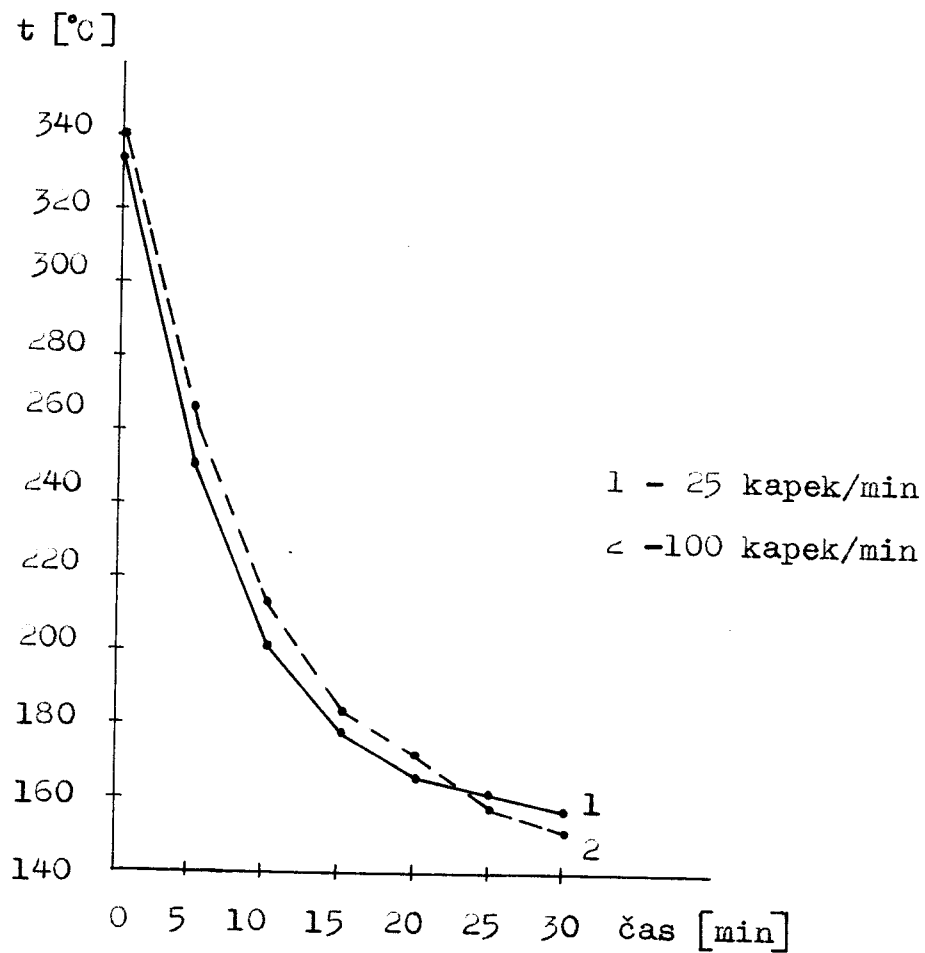
čas [min] místo	0	5	10	15	20	25	30	$\mathcal{L}$ [W/m ² K]
t_I	340	250	200	170	160	145	140	
t_{II}	350	270	220	190	175	165	160	168
t_{III}	330	260	220	195	180	165	162	



Obr. 33 Grafická závislost $L - V$



Obr. 34 Závislost teploty na čase



Obr. 35 Závislost teploty na čase

7.3. Měření č. 7

Nejprve bylo provedeno měření při použití neupraveného vzduchu /7.3.1./. Po dalším ohřátí formy byl pro chlazení použit vzduch, do kterého bylo přiváděno nejprve malé množství vody /7.3.2./. Po dalším ohřátí bylo do chladicího vzduchu přiváděno větší množství vody /7.3.3./. Nakonec bylo pro porovnání provedeno opět měření s neupraveným vzduchem /7.3.4./. Ve všech případech byl vypočítán součinitel přestupu tepla α a jednotlivé případy byly porovnány. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulkách 21 - 24. Grafické znázornění je na obrázku 36.

Podmínky při měření:

teplota vzduchu venku	5 [°C]
teplota místnosti	19 [°C]
relativní vlhkost vzduchu	75 [%]

7.3.1. Měření s neupraveným vzduchem - 1. suché měření

$$\Delta t = 4,3 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$t_{vz} = 16 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

tab. 21

čas [min]	0	5	10	15	20	25	30	35	$\mathcal{L} [J/m^2K]$
místo									
t_I	330	260	220	200	195	190	185	185	
t_{II}	350	290	250	230	220	215	210	205	127
t_{III}	350	305	270	245	230	225	220	215	

7.3.2. Tzv. 1.vlhké měření

množství vody

40 kapek/min

$t_{vz} = 19 [^{\circ}C]$

tab. 22

čas [min]	0	5	10	15	20	25	30	35	$\mathcal{L} [W/m^2K]$
místo									
t_I	340	255	220	205	195	190	185	183	
t_{II}	350	280	250	230	220	215	212	205	129
t_{III}	340	280	250	230	225	220	217	215	

7.3.3. Tzv. 2.vlhké měření

množství vody

100 kapek/min

$t_{vz} = 20,5 [^{\circ}C]$

tab. 23

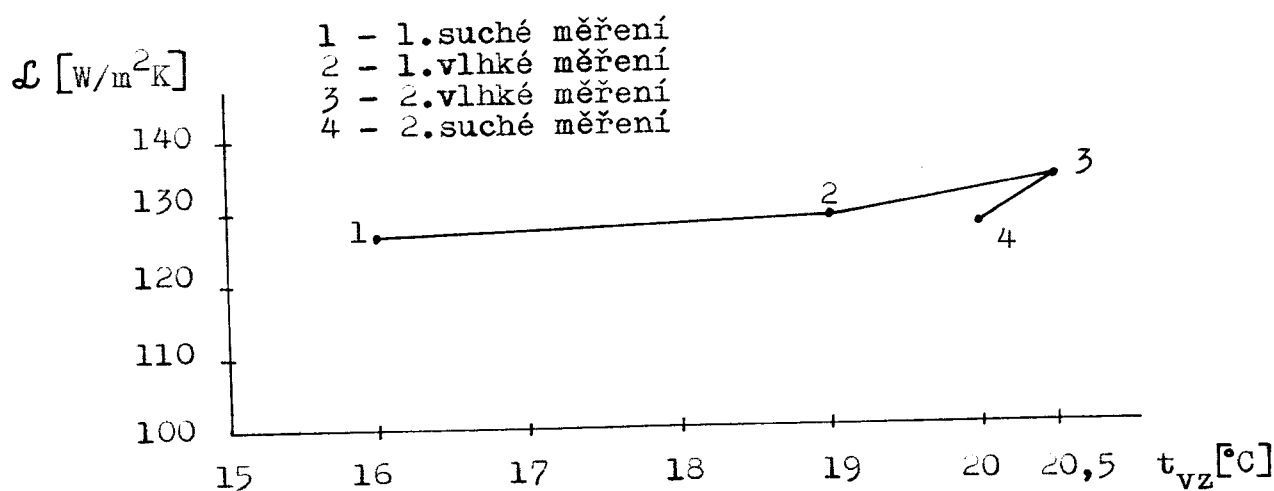
$\begin{matrix} \text{čas [min]} \\ \text{místo} \end{matrix}$	0	5	10	15	20	25	30	35	$\mathcal{L} [\text{W/m}^2\text{K}]$
t_I	330	265	220	205	195	190	185	180	134
t_{II}	350	290	245	230	220	215	210	205	
t_{III}	330	290	245	230	220	215	215	205	

7.3.4. Měření s neupraveným vzduchem - 2.suché měření

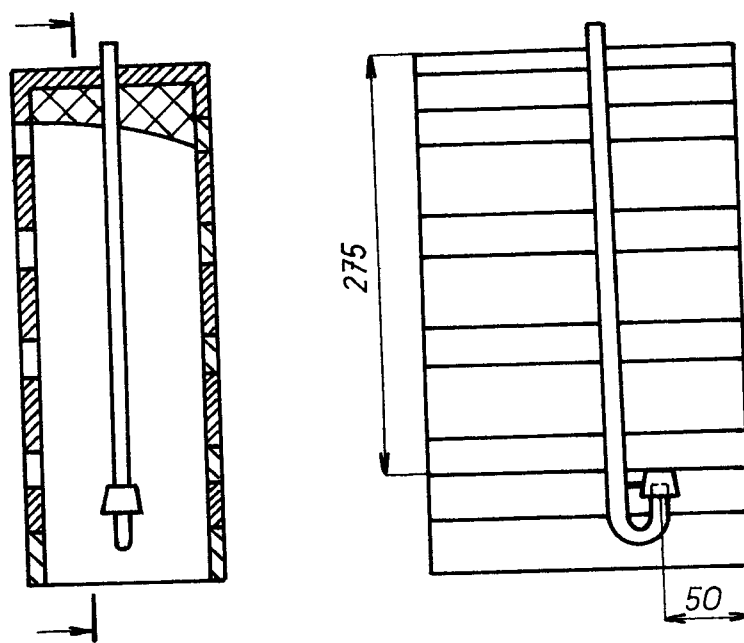
$$t_{vz} = 20 [^{\circ}\text{C}]$$

tab. 24

$\begin{matrix} \text{čas [min]} \\ \text{místo} \end{matrix}$	0	5	10	15	20	25	30	35	$\mathcal{L} [\text{W/m}^2\text{K}]$
t_I	330	260	225	210	200	195	190	188	128
t_{II}	350	290	250	230	225	215	212	210	
t_{III}	330	290	250	230	225	220	217	215	

Obr. 36 Grafická závislost $\mathcal{L} - t_{vz}$

Pro následující měření byla provedena úprava na přívod vody do proudu vzduchu. Protože je zahřívána pouze levá polovina formy, je potřeba, aby vzduch spolu s kapičkami vody proudil převážně na tuto část. Proto byl difuzor na přívod vody otočen na opačnou stranu než v předešlých případech, jak je vyznačeno na obrázku 37.



Obr. 37 Umístění difuzoru v komínu

7.4. Měření č. 8

Způsob měření je stejný jako při měření č.7,
ale je použito většího množství vzduchu, $\Delta t = 3,5/$.

Podmínky při měření:

teplota vzduchu venku	5 [°C]
teplota místnosti	19 [°C]
relativní vlhkost vzduchu	70 [%]
t_{sk}	19,5 [°C]

7.4.1. Měření 1. suché

$$t_{vz} = 16,5 [^{\circ}\text{C}]$$

tab. 25

čas [min] místo	0	5	10	15	20	25	30	35	$\mathcal{L} [\text{W/m}^2\text{K}]$
t_I	330	210	170	165	160	155	152	150	152
t_{II}	350	240	205	195	190	185	180	180	
t_{III}	340	240	215	205	190	185	185	185	

7.4.2. Měření 1. vlhké

množství vody 40 kapek/min

$$t_{vz} = 17,5 [^{\circ}\text{C}]$$

tab. 26

čas [min] místo	0	5	10	15	20	25	30	35	$\mathcal{L} [\text{W/m}^2\text{K}]$
t_I	330	250	200	180	165	160	155	155	153
t_{II}	350	270	225	205	195	185	180	180	
t_{III}	330	265	220	205	195	190	185	180	

7.4.3. Měření 2.vlhké

množství vody

100 kapek/min

 $t_{vz} = 18 [^{\circ}\text{C}]$

tab. 27

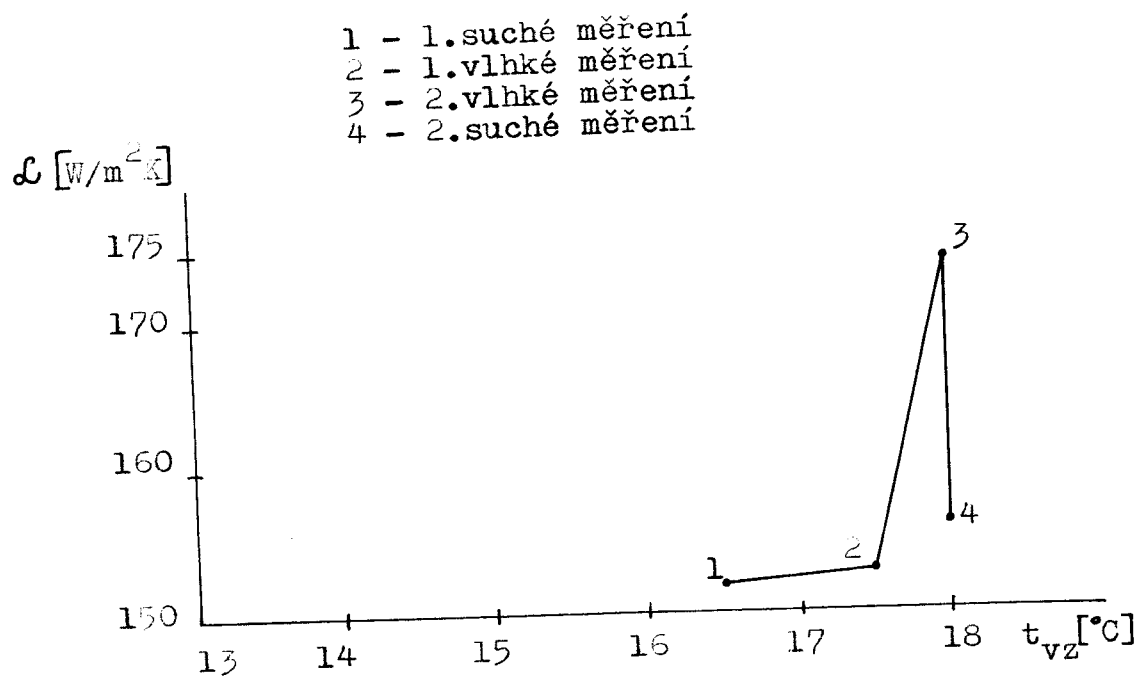
čas [min] místo	0	5	10	15	20	25	30	35	$\mathcal{L} [\text{W/m}^2\text{K}]$
t_I	330	220	160	150	145	142	141	140	174
t_{II}	350	240	180	170	165	163	162	160	
t_{III}	330	230	180	170	165	163	162	160	

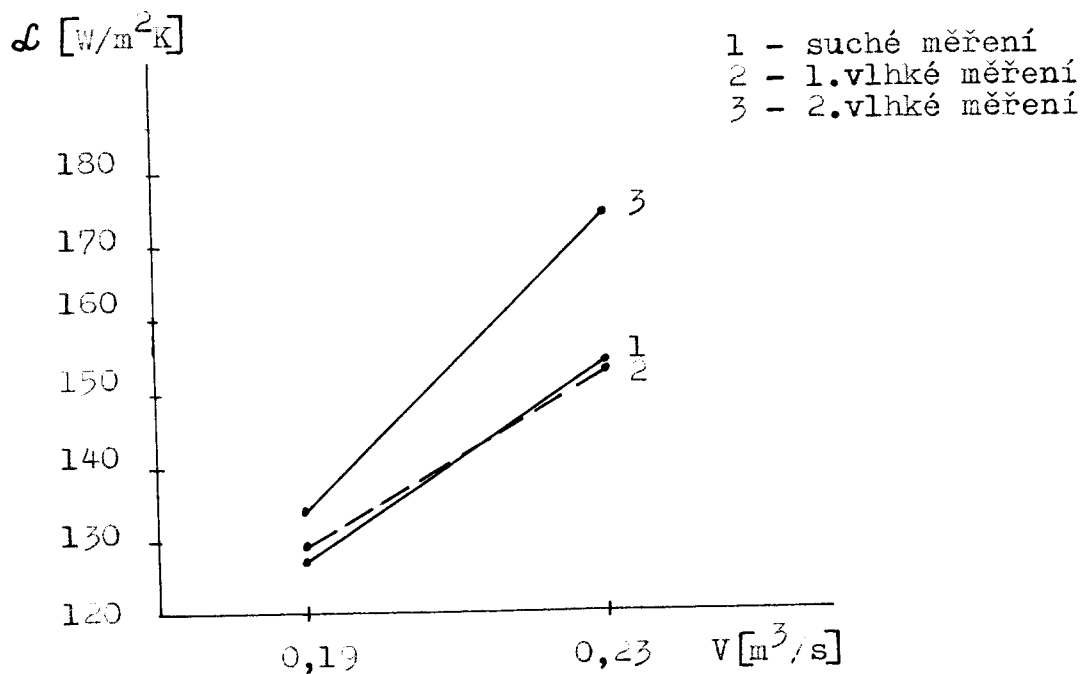
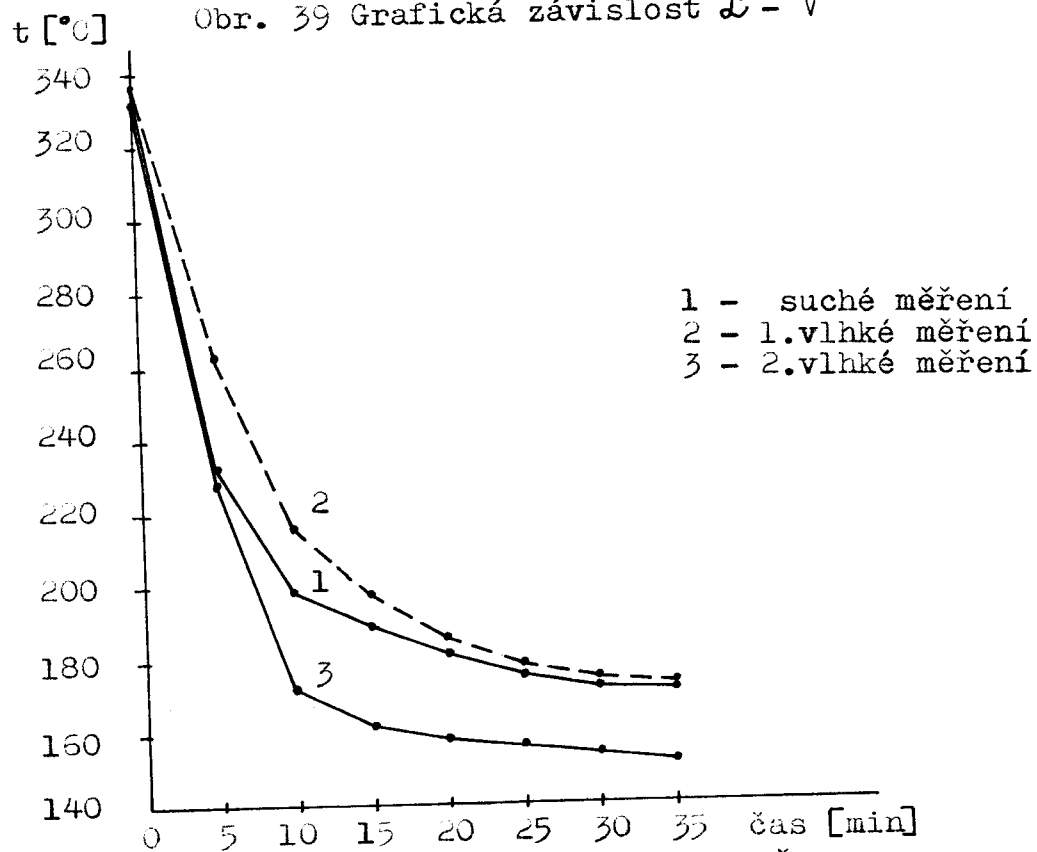
7.4.4. Měření 2.suché $t_{vz} = 18 [^{\circ}\text{C}]$

tab. 28

čas [min] místo	0	5	10	15	20	25	30	35	$\mathcal{L}$ [W/m ² K]
t_I	330	245	195	170	160	155	150	142	156
t_{II}	350	275	220	200	190	185	180	175	
t_{III}	330	275	225	210	195	195	190	190	

Grafické znázornění celého měření je na obrázku 38.
Pro měření č. 7 a č. 8 je vynesena na obrázku 39
grafická závislost $\mathcal{L}$ - V pro různé hodnoty vlhčení
vzduchu. Závislost t - τ je vyznačena na obrázku 40.

Obr. 38 Grafická závislost $\mathcal{L}$ - t_{vz}

Obr. 39 Grafická závislost $L - V$ 

Obr. 40 Závislost teploty na čase

7.5. Měření č. 9

Účelem tohoto měření bylo posoudit účinnost chlazení při použití vzduchu neupraveného a vzduchu vlhčeného.

Nejprve byla provedena měření s použitím vzduchu neupraveného. Dosažené hodnoty jsou zaznamenány do tabulky 29. Současně byla změřena hlučnost prostředí /viz 7.5.1./. Dále bylo provedeno měření s použitím vzduchu, do kterého bylo přiváděno 100 kapek vody za minutu /7.5.2./. Grafické znázornění je na obrázku 41. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 30. Pro další měření bylo opět použito vzduchu vlhčeného. Aby bylo obě měření možno porovnat, muselo být sníženo množství chladícího vzduchu, abychom se dostali na hodnotu $\mathcal{L}$ [$\text{W/m}^2\text{K}$] jako při použití vzduchu neupraveného. Nakonec byla opět změřena hlučnost prostředí. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 31 /7.5.3./.

Po vyhodnocení se došlo k tomuto závěru: Při snížení množství chladícího vzduchu vlhčeného o 16,5 % dojde při stejné účinnosti chlazení ke snížení hlučnosti o 3,4 %. To znamená, že použití vlhčeného vzduchu zvýší $\mathcal{L}$ [$\text{W/m}^2\text{K}$] o 8,6 %.

7.5.1. Tzv. suché měření

hlučnost prostředí 89 [dB]

 $\Delta t = 3,1$ [°C] $t_{vz} = 18$ [°C]

tab. 29

čas [min] místo	0	5	10	15	20	25	30	35	$\mathcal{L}[\text{W/m}^2\text{K}]$
t_I	330	245	210	190	180	175	170	170	139
t_{II}	350	270	230	215	200	195	195	195	
t_{III}	340	265	230	215	200	195	195	195	

7.5.2. Tzv. vlhké měření

množství vody 100 kapek/min

 $t_{vz} = 20,5$ [°C]

tab. 30

čas [min] místo	0	5	10	15	20	25	30	35	$\mathcal{L}[\text{W/m}^2\text{K}]$
t_I	330	245	200	185	175	165	160	160	151
t_{II}	350	265	220	205	195	190	185	182	
t_{III}	330	265	225	210	200	190	190	188	

7.5.3. Měření na snižování množství vzduchu

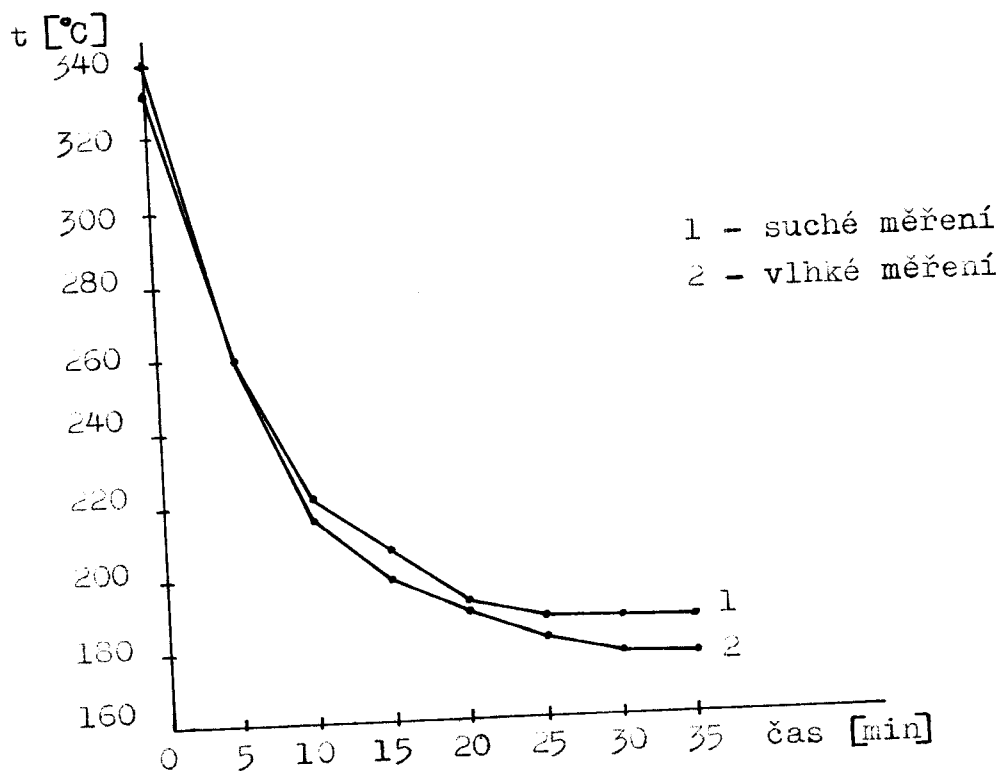
množství vody 100 kapek/min

 $\Delta t = 3,7 [^{\circ}\text{C}] // t_{\text{tj.}} 0,217 [\text{m}^3/\text{s}] //$ $t_{\text{vz}} = 23 [^{\circ}\text{C}]$

hlučnost prostředí 86 [dB]

tab. 31

čas [min]	0	5	10	15	20	25	30	35	$\mathcal{L} [\text{W}/\text{m}^2\text{K}]$
místo									
t_{I}	330	245	215	195	185	182	179	176	137
t_{II}	350	270	240	225	215	210	205	200	
t_{III}	330	270	240	227	220	215	211	207	



Obr. 41 Závislost teploty na čase

7.6. Měření č. 10

Při tomto měření bylo používáno k rozstříku vody do chladicího vzduchu 2 difuzorů dle obr. 42. Nejprve bylo provedeno měření při použití chladicího vzduchu neupraveného. Dosažené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 32 /7.6.1./. Pomocí hlukoměru byla změřena hlučnost prostředí. Nyní bylo použito vzduchu, do kterého bylo přiváděno každým difuzorem 60 kapek vody za minutu. Naměřené hodnoty jsou zaznamenány v tabulce 33 /7.6.2./. Grafická závislost je na obrázku 43. Dále bylo opět snižováno množství vlhčeného chladicího vzduchu, až byla dosažena hodnota $\mathcal{L}$ jako při použití neupraveného chladicího vzduchu. Nakonec byla změřena opět hlučnost prostředí /7.6.3./. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 34.

Po vyhodnocení se došlo k tomuto závěru: Při snížení množství chladicího vzduchu /vlhčeného/ o 11,5 % se sníží hlučnost prostředí o 3,5 %. Při použití vlhčeného vzduchu se zlepšil součinitel přestupu tepla $\mathcal{L}$ o 18,8 %.

7.5.1. Tzv. suché měření

Při měření je komín hladký, bez deflektoru a naběráků.

Podmínky při měření:

$$\Delta t = 3,4 \text{ } [^{\circ}\text{C}]$$

$$t_{vz} = 18,5 \text{ } [^{\circ}\text{C}]$$

$$t_{sk} = 22,5 \text{ } [^{\circ}\text{C}]$$

hlučnost prostředí 86 [dB]

tab. 32

čas [min] místo	0	5	10	15	20	25	30	35	$\mathcal{L} [\text{W/m}^2\text{K}]$
t_I	330	250	215	185	180	170	165	160	143
t_{II}	350	270	235	210	200	195	190	190	
t_{III}	340	280	250	225	220	210	205	200	

7.6.2. Tzv. vlhké měření

množství vody 2 x 60 kapek/min

$$t_{sk} = 21 \text{ } [^{\circ}\text{C}]$$

$$t_{vz} = 20 \text{ } [^{\circ}\text{C}]$$

tab. 33

čas [min] místo	0	5	10	15	20	25	30	35	$\mathcal{L} [\text{W/m}^2\text{K}]$
t_I	340	235	180	160	150	140	135	135	170
t_{II}	350	260	210	185	180	180	175	165	
t_{III}	340	260	215	195	190	185	180	175	

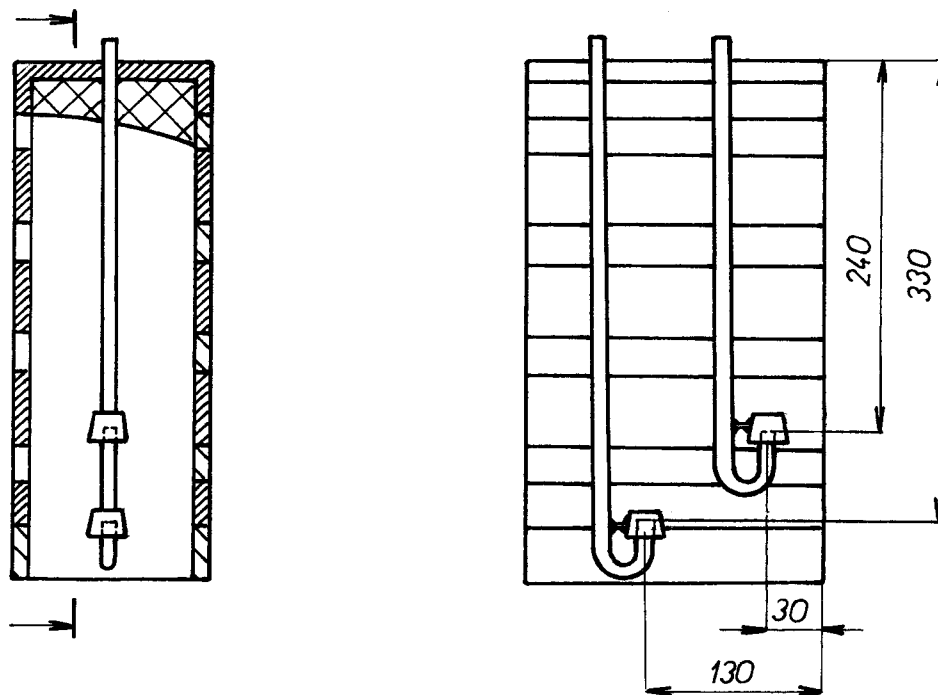
7.6.3. Měření na snižování množství vzduchu

hlučnost prostředí 83 [dB]

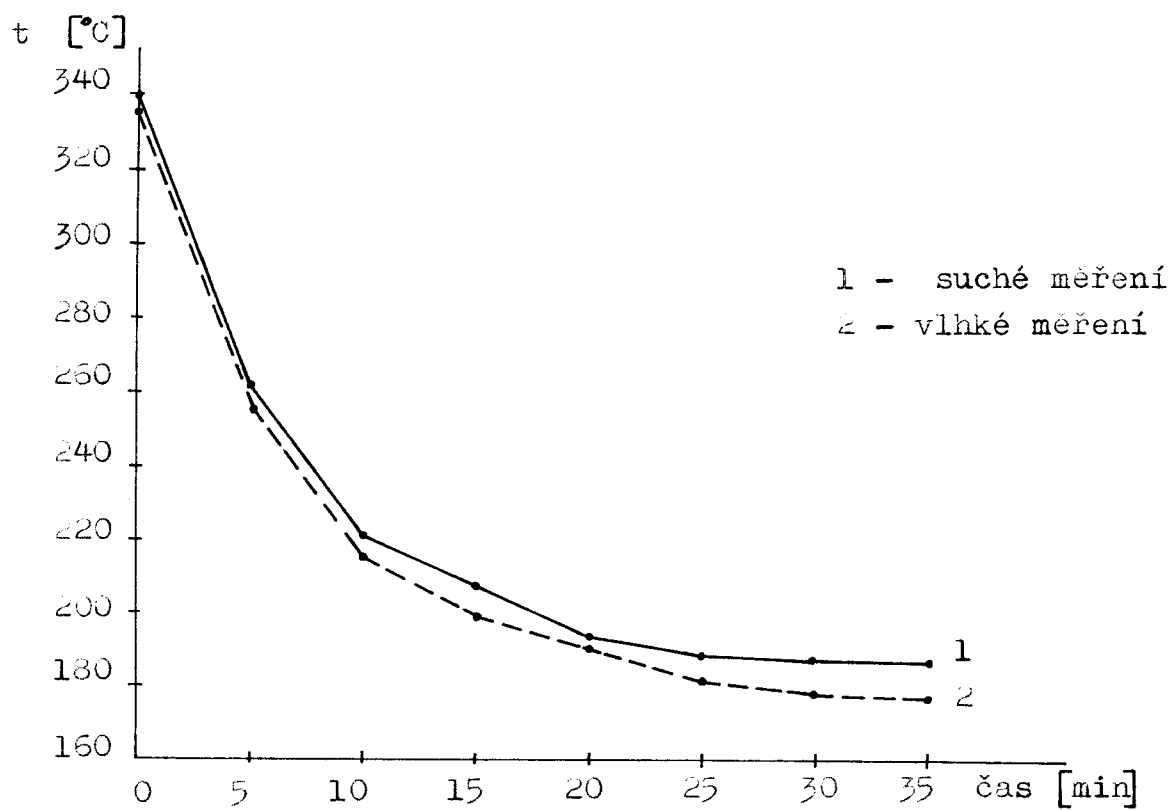
 $\Delta t = 3,8 [^{\circ}\text{C}] // 0,23 [\text{m}^3/\text{s}] //$ $t_{sk} = 22 [^{\circ}\text{C}]$ $t_{vz} = 22,5 [^{\circ}\text{C}]$ množství vody 2×60 kapek/min

tab. 34

čas [min] místo	0	5	10	15	20	25	30	35	$\mathcal{L} [\text{W/m}^2\text{K}]$
t_I	330	255	225	205	195	190	180	175	141
t_{II}	350	280	250	230	220	210	200	195	
t_{III}	330	280	250	235	225	215	205	200	



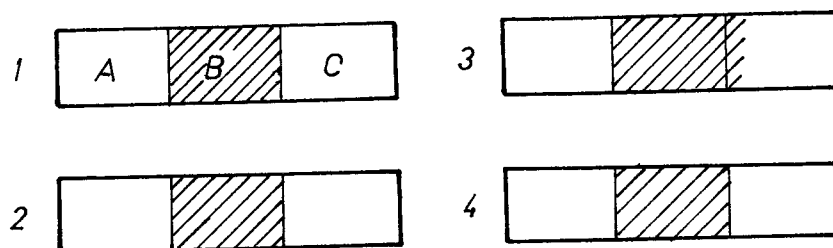
Obr. 42 Umístění difuzorů v komínu



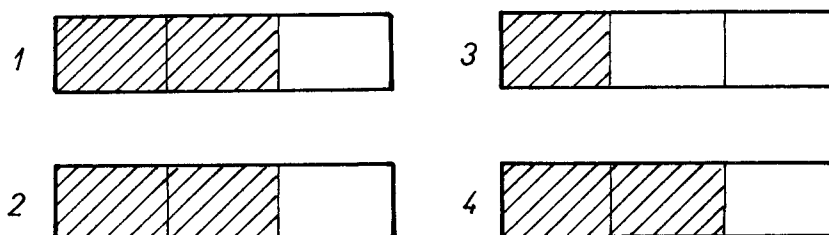
Obr. 43 Závislost teploty na čase

7.7. Měření č. 11

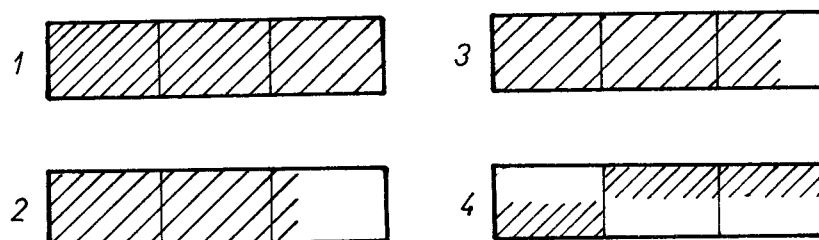
Cílem měření bylo dosáhnout rozstříku vody hlavně pro levou polovinu šterbiny chladicího komínu, neboť při všech měřeních pracuji s konečnou formou. Nejprve byla provedena zkouška, při které byl umístěn difuzor dle obrázku 37. Množství vody bylo asi 60 kapek za minutu. Schematické znázornění pro jednotlivé šterbiny je na obrázku 44. Dále bylo provedeno měření se 2 difuzory umístěnými dle obrázku 42. Množství vody bylo asi 60 kapek za minutu v každém difuzoru. Schematické znázornění je na obrázku 45. Obě měření platí pro množství vzduchu, kde $\Delta t = 3,4$ /tj. $0,237 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ /. Pro případ se 2 difuzory byla provedena zkouška, při které se zjišťoval rozstřík pro zmenšené množství vzduchu, kde $\Delta t = 4,1$ /tj. $0,196 [\text{m}^3 \text{ s}^{-1}]$ /. Schematické znázornění je na obrázku 46.



Obr. 44 Rozstřík pro jednotlivé šterbiny



Obr. 45 Rozstřík vody pro jednotlivé štěrby



Obr. 46 Rozstřík pro snížené množství vzduchu

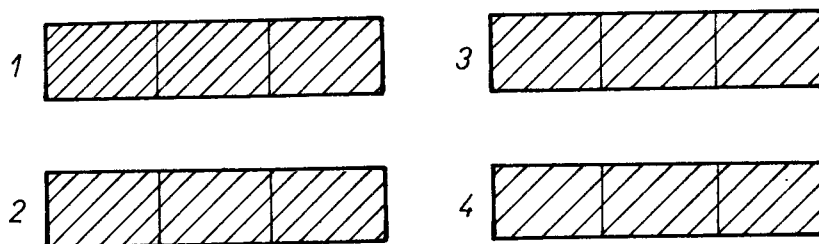
7.8. Měření č. 12

Účelem měření bylo dosáhnout rovnoměrného rozstříku vody po celé délce štěrby chladicího komínu, neboť toto odpovídá skutečným provozním podmínkám. Po mnoha měřeních, při kterých byly prováděny různé kombinace nastavení obou difuzorů se došlo k nejvýhodnější variantě, která je zobrazena na přiloženém výkresu//DP - 328/79 - 1//.

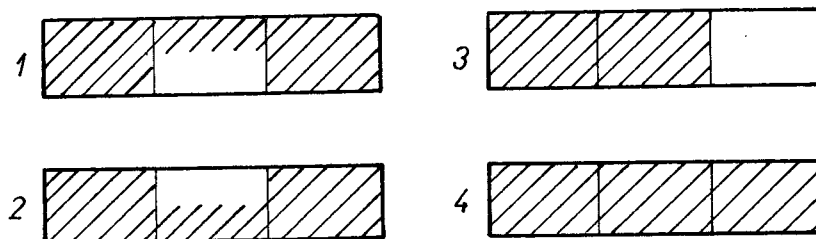
Měření je pro množství vzduchu, kde $\Delta t = 3,5$.

Schematické znázornění je na obrázku 47. Platí pro 60 kapek za minutu v každém difuzoru.

Dále bylo provedeno měření pro stejné umístění difuzorů a pro snížení množství chladícího vzduchu o 10,4 % //tj. na hodnotu $0,206 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ //. Pokrytí jednotlivých štěrbin je vyznačeno na obrázku 48. Při kolísání množství chladícího vzduchu do hodnoty asi 10 % by toto na chlazení forem nemělo velký vliv. Při větším kolísání množství chladícího vzduchu by se muselo nastavení difuzorů v komínech změnit.



Obr. 47 Rozstřík vody pro jednotlivé štěrbin



Obr. 48 Rozstřík pro snížené množství vzduchu

8.0. Ekonomické zhodnocení

Cílem diplomové práce bylo navrhnout způsob chlazení, při kterém by se při stejné nebo větší účinnosti zmenšilo množství chladicího vzduchu, neboť jeho výroba je energeticky velice náročná. Závěry z měření tento cíl splňují.

Pro ekonomické zhodnocení jsem použil měření č. 10, které se jevilo jako nejvýhodnější. Od energetika závodu v Novém Sedle byla zjištěna cena chladicího vzduchu. Je to částka 39 Kčs za 1000 m^3 . Při použití neupraveného vzduchu je jeho spotřeba za rok $8\,199\,360 \text{ m}^3$, což představuje částku 327 974 Kčs. Pro dosažení stejné účinnosti chlazení můžeme snížit množství vzduchu o 11,5 %, což činí $942\,926 \text{ m}^3$. Po přepočtu je to úspora 37 717 Kčs ročně, což jistě není zanedbatelné.

9.0. Závěr

ČSSR je jediným výrobcem strojů na výrobu obalového skla v rámci RVHP a proto zvyšování produktivity výroby na těchto strojích je z hlediska ekonomického velmi důležité. Tento stroj, označený jako AL 118 běží zatím zkušebně ve sklárně v Novém Sedle. Zvyšování produktivity těchto strojů úzce souvisí s chlazením forem. Proto bylo cílem DP navrhnout nový způsob chlazení forem se zaměřením na zvyšování účinnosti a snižování hlučnosti stroje.

Zkušební měření dokázala, že použití pouze neupraveného vzduchu nestačí. Proto byla provedena měření s použitím vzduchu vlhčeného. Již při měření č. 9 je vidět, že účinnost chlazení se zlepšila o 8,6 %. Při měření č.10 je toto ještě výraznější - 18,8 %.

Zavedení tohoto způsobu chlazení do praxe by vyžadovalo minimální výdaje pouze na úpravy chladících komínů. Na vstřikování vody není potřeba žádné vstřikovací trysky, neboť voda padá samospádem. Ani výdaje za vodu nebudou žádné. Její spotřeba je nepatrná a může se dokonce použít i voda odpadní.

Domnívám se, že toto je poslední způsob, při kterém se dá ke chlazení forem použít vzduch.

V odborné literatuře jsem zjistil, že s podobným způsobem chlazení provádí zkoušky firma Leeds a Northrup Company z Philadelphie.

Účinnost tohoto způsobu chlazení by se dala zvýšit, kdybychom použili nový typ chladících komínů.

Závěrem své diplomové práce děkuji vedoucímu práce ing. Jaroslavu Beldovi, CSc. a konzultantovi ing. Antonínu Havelkovi za odborné vedení práce. Dále děkuji zaměstnancům katedry s. Niesigovi a s. Martincovi za pomoc při měřeních.

Jindřich Svoboda

Použitá literatura

- /1/ Smrček A.: Výpočet výkonu stroje na výrobu
lahví, sborník Sklářské stroje,
Praha, 1975
- /2/ Dům techniky ČVTS Praha: Sklářské stroje, 1974
- /3/ Medek B.: DP 268/76, VŠST Liberec
- /4/ Chlumský V.: Technika chlazení, SNTL, Praha 1971
- /5/ Dům techniky ČVTS Praha: Sklářské stroje, 1975
- /6/ Cafourek J.: DP 294/78, VŠST Liberec
- /7/ Michejev M.A.: Základy sdílení tepla, SNTL,
Praha, 1953