



Střední průmyslová škola a Vyšší odborná škola technická Brno,  
Sokolská 1

Šablona: Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT

Název: Kontrola a měření strojních zařízení

Téma: **Kontrola parametrů ventilátoru**

Autor: Ing. Smolek Jan

Číslo: VY\_32\_INOVACE\_24-14

Anotace: Prezentace slouží jako podpora k výkladu praktické ukázky měření rychlosti proudění vzduchu. Zároveň zahrnuje i zjednodušený postup výpočtu průtoku vzduchu dodávaného konkrétním ventilátorem.

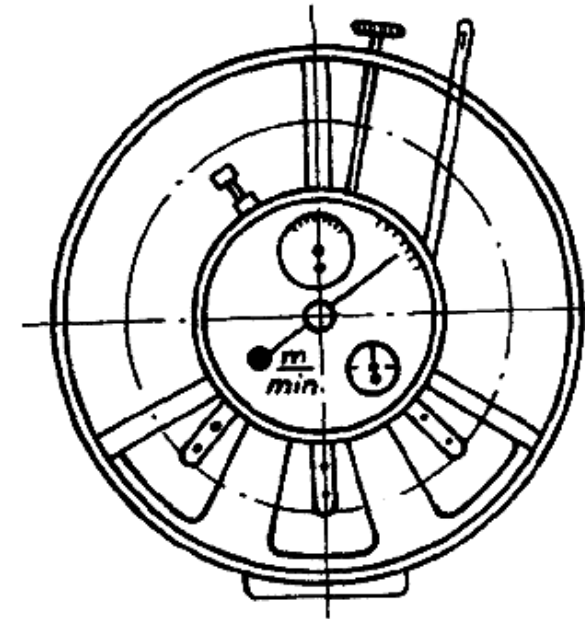
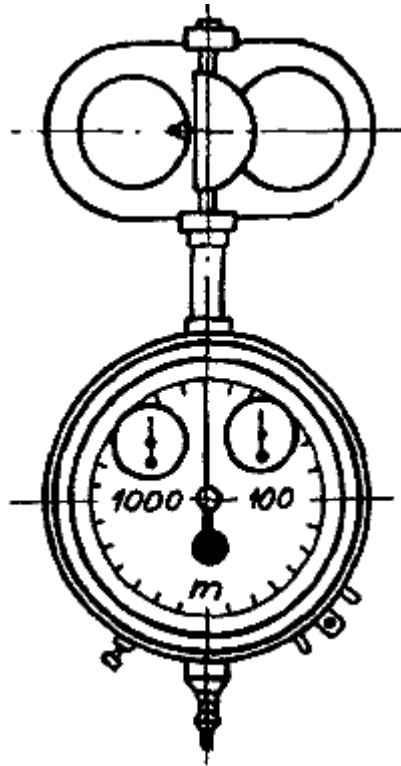
DUM je určen především pro čtvrté ročníky všech oborů středních průmyslových škol strojnických.

Materiál byl vytvořen v březnu 2013.

## Osnova:

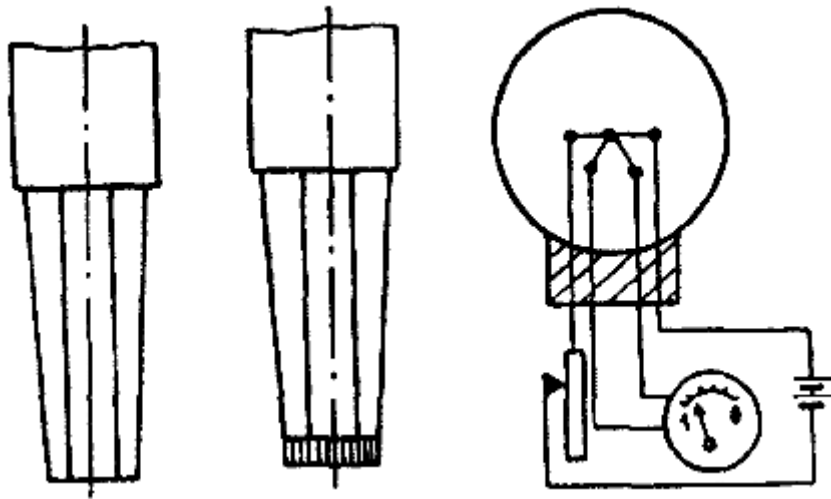
- **Měřidla rychlosti proudění** (lopatkovým anemometrem, žhaveným anemometrem, tlakoměrnou trubicí)
- **Výpočet rychlosti proudění**
- **Výpočet průtoku**
- **Určení poloh měřicí sondy**
- **Energie proudu vzduchu a celková účinnost zařízení**
- **Zadání**
  - Schéma
  - Parametry
  - ...
  - Závěr

## Měření rychlosti proudění mechanickým (lopatkovým) anemometrem:



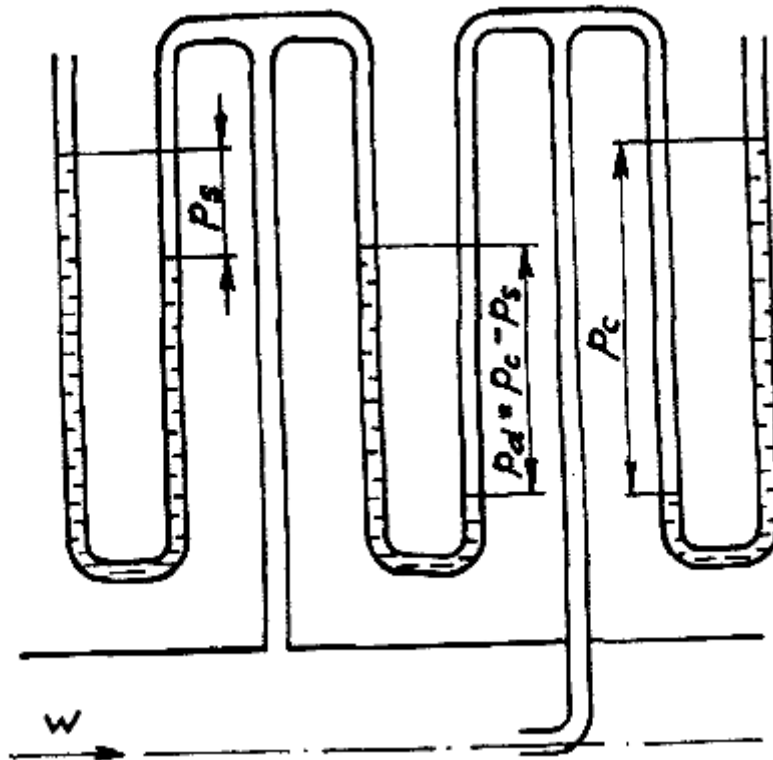
- Miskový anemometr
- Lopatkový (axiální) anemometr

## Měření rychlosti proudění žhaveným anemometrem:

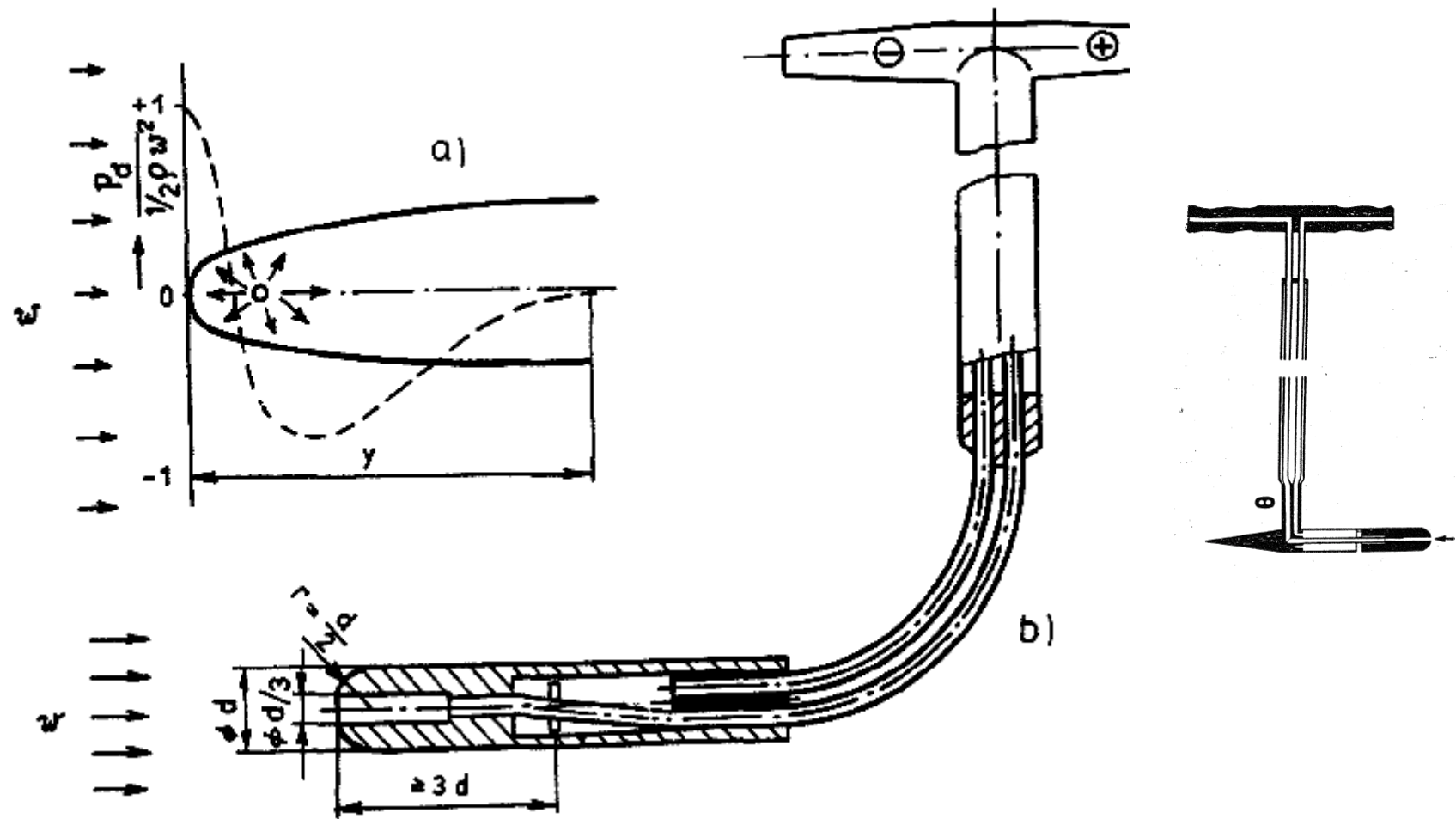


- Teplota drátku je konstantní
- Topný proud je konstantní

## Pitotova trubice:



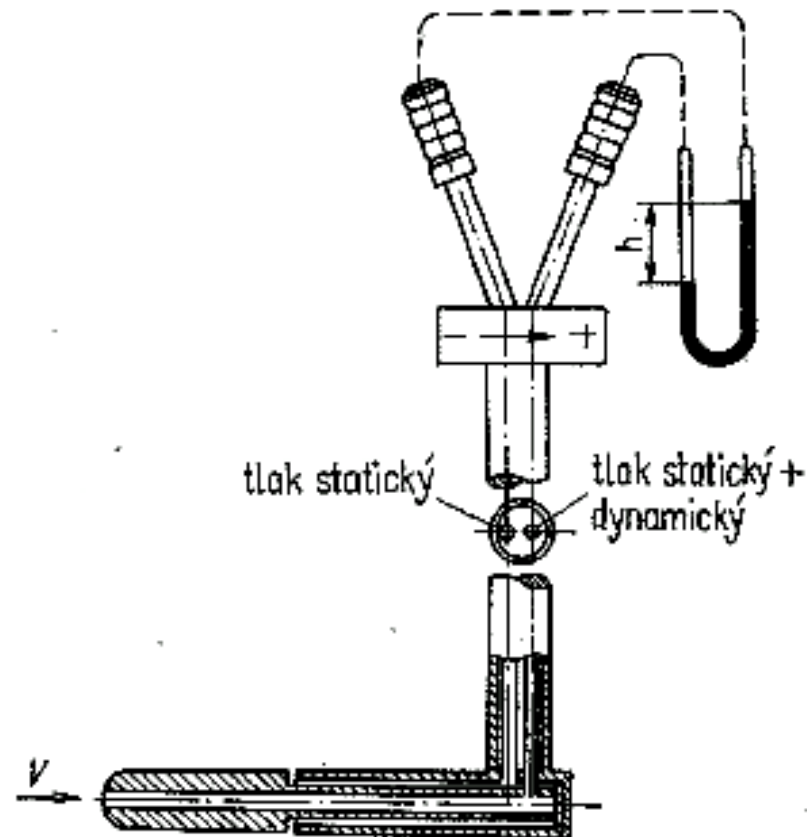
# Prandtlova trubice:

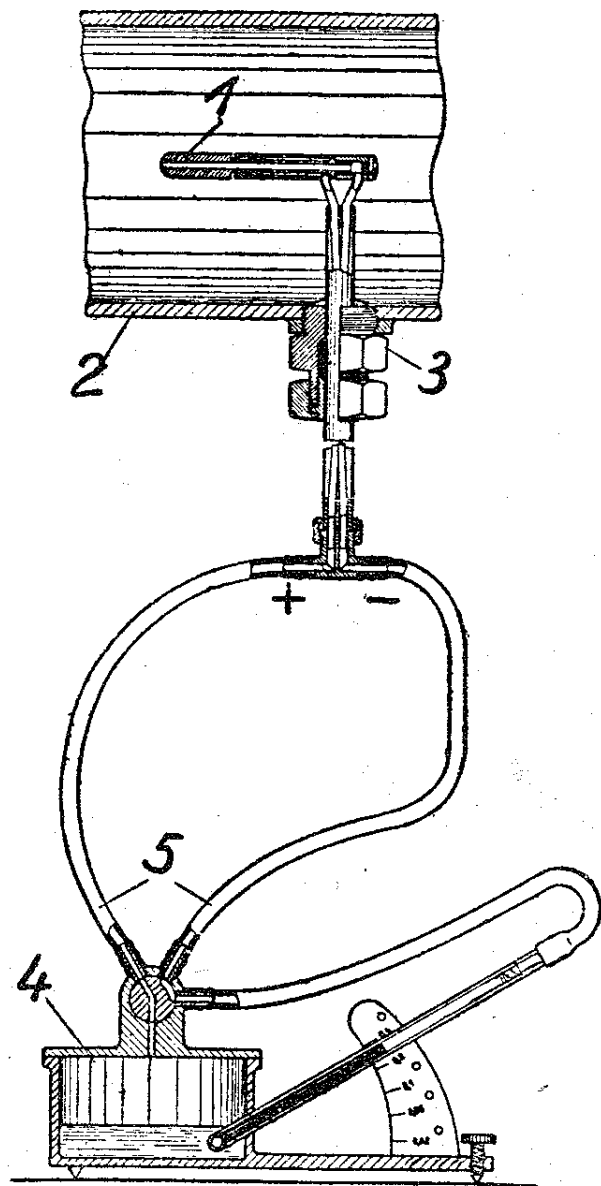


a) superpozice proudění, b) konstrukční provedení

## Prandtlova trubice s U-manometrem:

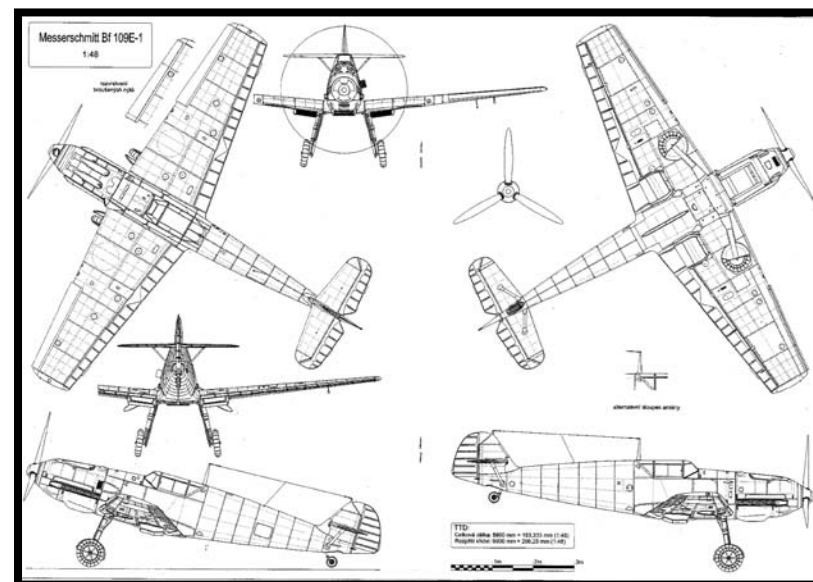
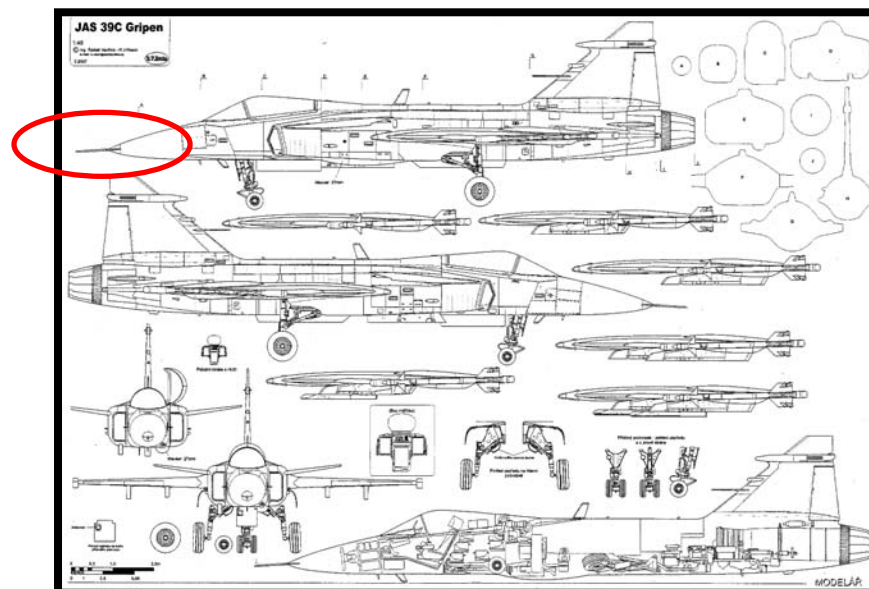
- Pitostatická trubice, kombinace Pittotovy trubice a statické sondy umožňující měřit tlakový rozdíl mezi celkovým tlakem a statickým tlakem, který se při zanedbání vlivu stlačitelnosti rovná dynamickému tlaku.



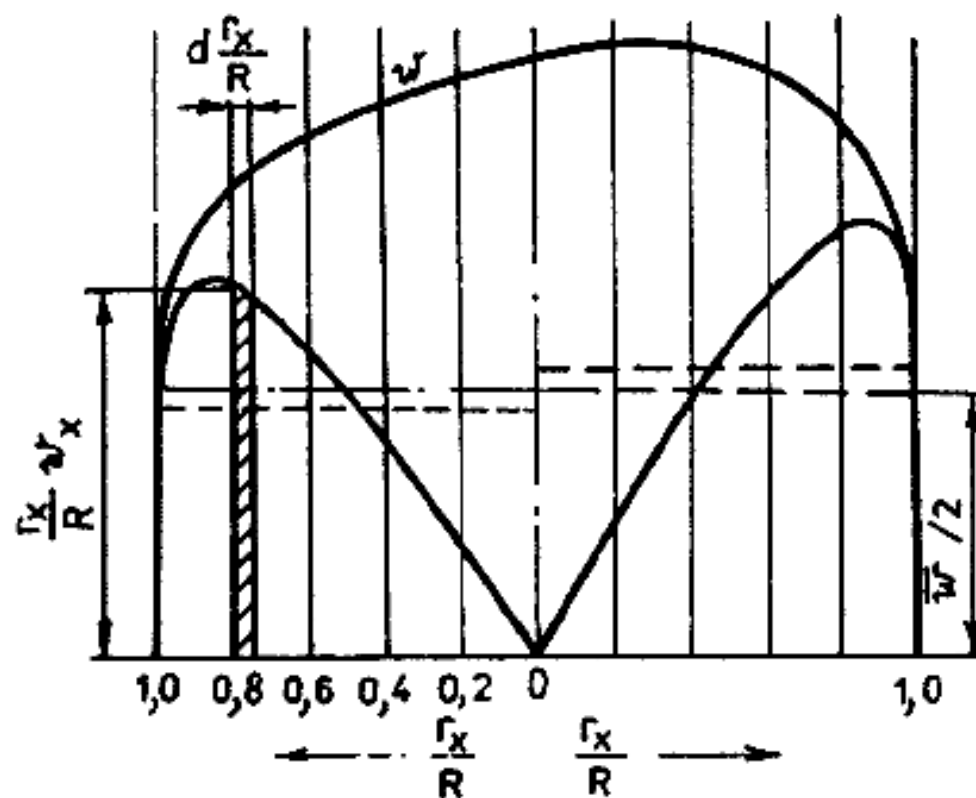
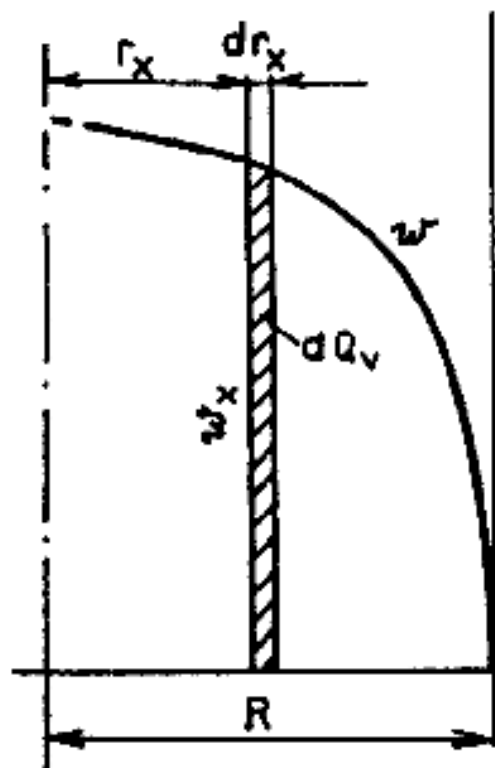


**Prandtlova trubice s  
mikromanometrem:**

Pozn.: Pitostatická trubice se používá v letectví všeobecně jako rychloměru, je uložena v neporušeném proudu vzduchu (před křídlem, na přední části trupu) a spojena s ukazatelem na palubní desce.



## Průběh rychlosti proudění: (souměrný, nesouměrný)

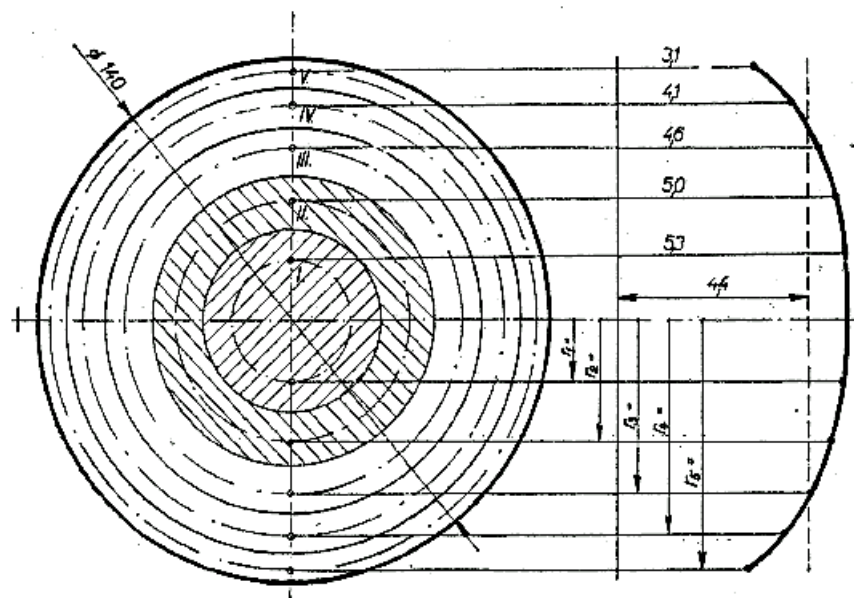


## Určení poloh měřicí sondy:

- Kde  $v_1$  až  $v_5$  jsou střední rychlosti v jednotlivých mezikružích, tedy nikoli ve středu šířky.
- Pro rozdělení kruhu slouží tabulka vypracovaná pro  $\varnothing 100\text{mm}$ ;
- Podmínkou správného měření je, že sonda je nastavena do směru proudu. Odchyłky větší než  $\pm 5^\circ$  mají již značný vliv na naměřenou hodnotu rychlosti.

$$2r = 100 \text{ mm}$$

| $r_1/\text{mm}$ | $r_2/\text{mm}$ | $r_3/\text{mm}$ | $r_4/\text{mm}$ | $r_5/\text{mm}$ |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 14,9            | 27,4            | 35,3            | 41,8            | 47,4            |



## Výpočet průtoku:

- Průtočné množství  $Q=v.s$
- Rychlost však není v celém průřezu stejná => musíme zjistit rychlost střední.
- Měřením v bodech rovnoměrně rozložených na průměru (např. po 20 mm) bychom se dopustili značné chyby (protože průtočné množství je dáno součinem průřezu a rychlosti, měla by rychlost měřená na mezikružích o větším průměru větší vliv) => průřez potrubí rozdělíme na mezikružích o stejných plochách => celkový proteklý objem:

$$Q=v_1.S/5+v_2.S/5+v_3.S/5+v_4.S/5+v_5.S/5$$

(Přeměna kinetické energie na tlakovou)

- Proudící prostředí jehož rychlost se měří má kinetickou energii úměrnou rychlostní výšce.

$$v^2/2g = p_d/\rho g$$

- Po vniknutí proudu do trubice se promění kinetická energie v energii tlakovou danou tlakovou výškou a

$$v = \sqrt{\frac{2p_d}{\rho}}$$

$$w = \sqrt{2 \cdot \frac{p_d}{\rho}} = \sqrt{2 \cdot \frac{q \cdot s}{\rho}}$$

$p_d = q \cdot s$  - dynamický tlak,

$q = \frac{\rho}{2} \cdot w^2$  - kinetický tlak,

$s$  - stlačitelnost (kapaliny:  $s = 1$ , plyny proudící většími rychlostmi:  $s \neq 1$ ).

**Kde  $p_d$  je dynamický tlak a  $\rho$  hustota vzduchu:**

**Například:**

$$Q = \frac{p}{rT} = \frac{b + p_{st2}}{rT} =$$



**Plynová konstanta „ $r$ “ pro vlhký vzduch se odečte z nomogramu:  
„ $T$ “ je termodynamická teplota:**

## **Zadání:**

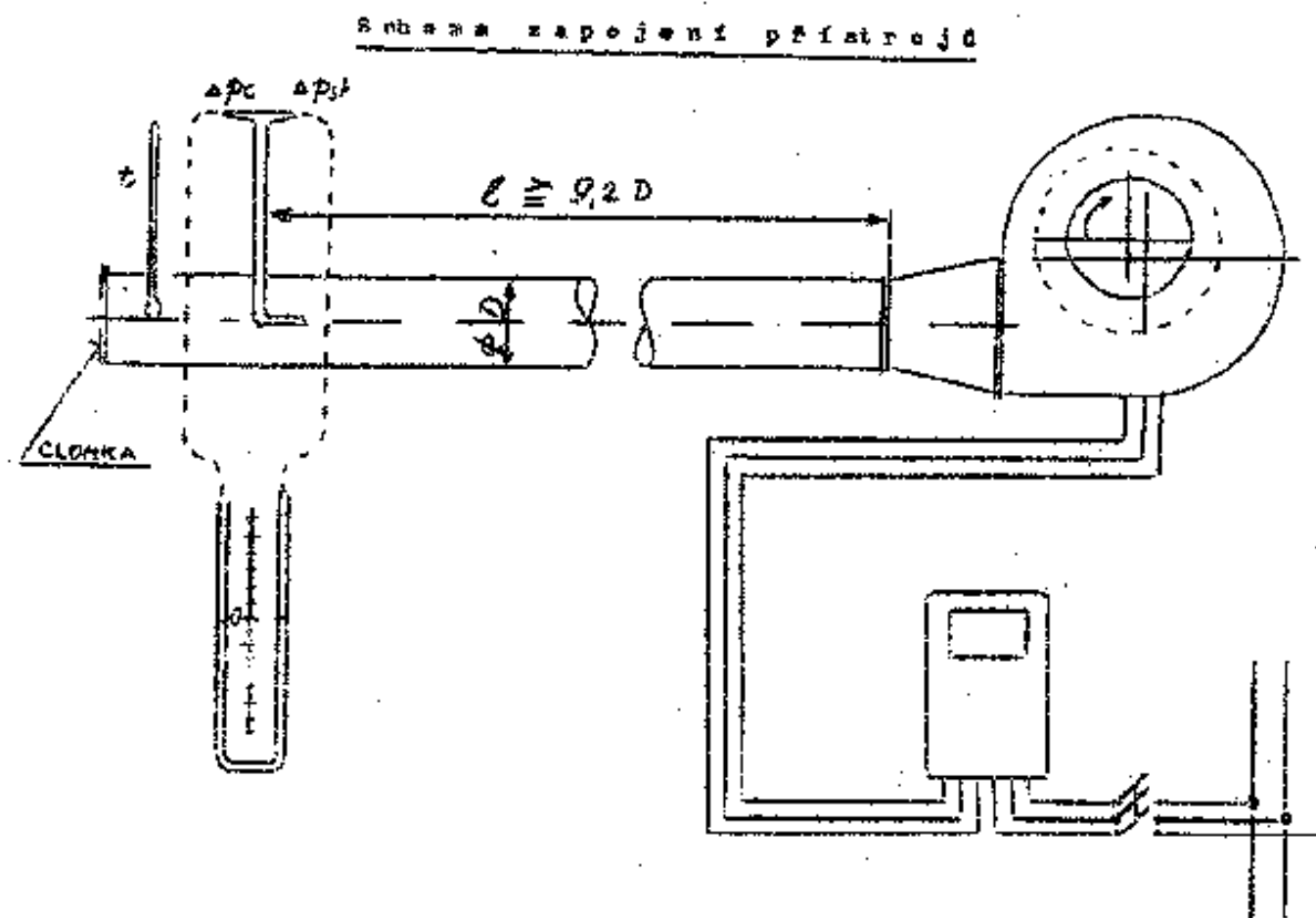
- 1. Nakreslete schéma ventilátoru a měřicího zařízení.**
- 2. Uved'te technické parametry ventilátoru s příslušenstvím.**
- 3. Změřte rozdíl celkového a statického tlaku pomocí Pitostatické trubice a U-manometru a spotřebu ele. energie za 1 minutu elektroměrem.**
- 4. Určete hustotu dopravovaného vzduchu.**
- 5. Určete množství vzduchu dodávané radiálním ventilátorem.**
- 6. Vypočtete energii proudu vzduchu a celkovou účinnost zařízení.**

# 1. Schéma ventilátoru a měřicího zařízení:

Teplota: ...

Tlak: ...

Vlhkost: ...

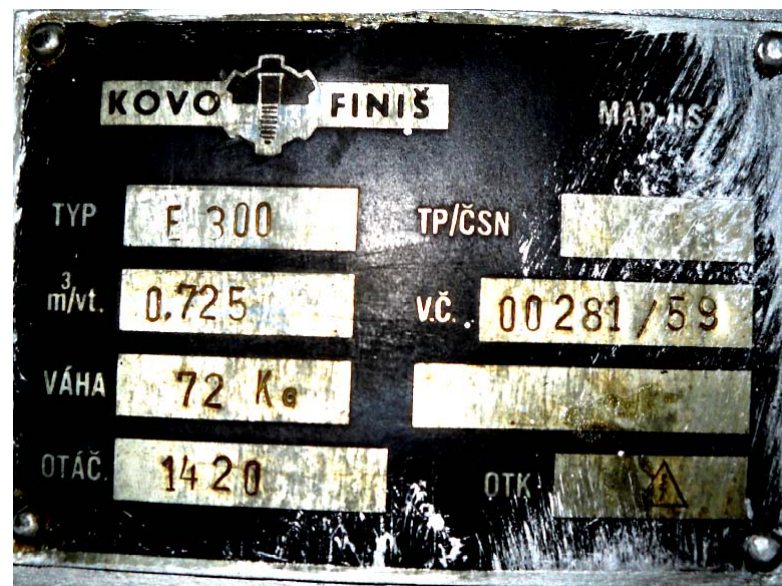


## Skutečné provedení ventilátoru a měřicího zařízení:



## 2. Technické parametry ventilátoru s příslušenstvím:

- Průměr vstupního potrubí 300 mm.
- Průměr výstupního potrubí 250 mm.
- Délka výstupního potrubí
- Otáčky rotoru .....min<sup>-1</sup>



### 3. Tabulka naměřených a vypočtených hodnot:

| Č.m. | r [mm] | $\Delta h$ [mm] | $p_d$ [Pa] | v [m.s <sup>-1</sup> ] | Pozn.: |
|------|--------|-----------------|------------|------------------------|--------|
| 1    |        |                 |            |                        |        |
| 2    |        |                 |            |                        |        |
| 3    |        |                 |            |                        |        |
| 4    |        |                 |            |                        |        |
| 5    |        |                 |            |                        |        |

r...vzdálenost středu pitostatické trubice od středu potrubí;

$\Delta h$ ...Rozdíl hladin vody U-manometru;

$P_d$ ...Dynamický tlak;

v...Rychlost proudu vzduchu;

Průměrná rychlost v trubici byla ..... m.s<sup>-1</sup>

## 4. Hustota vzduchu $\rho$ :

### 61. Hustota suchého vzduchu

Hustota vzduchu  $\rho$  při tlaku  $p$  a teplotě  $t$  se určí z výrazu

$$\rho = \frac{\rho_0}{1 + \gamma t} \frac{p}{p_0},$$

$$\rho_0 = 1,276 \text{ kg m}^{-3}; p_0 = 10^5 \text{ Pa}; \gamma = 0,003 66 \text{ K}^{-1}.$$

| $\frac{p}{10^5 \text{ Pa}}$ | 900                          | 920   | 940   | 960   | 980   | 1 000 | 1 020 | 1 040 |
|-----------------------------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $t$<br>°C                   | $\rho$<br>kg m <sup>-3</sup> |       |       |       |       |       |       |       |
| -20                         | 1,239                        | 1,267 | 1,294 | 1,322 | 1,349 | 1,377 | 1,404 | 1,432 |
| -15                         | 1,215                        | 1,242 | 1,269 | 1,296 | 1,323 | 1,350 | 1,377 | 1,404 |
| -10                         | 1,192                        | 1,219 | 1,245 | 1,272 | 1,298 | 1,324 | 1,351 | 1,377 |
| -5                          | 1,170                        | 1,196 | 1,222 | 1,248 | 1,274 | 1,300 | 1,326 | 1,352 |
| 0                           | 1,148                        | 1,174 | 1,199 | 1,225 | 1,250 | 1,276 | 1,302 | 1,327 |
| 5                           | 1,128                        | 1,153 | 1,178 | 1,203 | 1,228 | 1,253 | 1,278 | 1,303 |
| 10                          | 1,108                        | 1,132 | 1,157 | 1,182 | 1,206 | 1,231 | 1,256 | 1,280 |
| 15                          | 1,089                        | 1,113 | 1,137 | 1,161 | 1,185 | 1,210 | 1,234 | 1,258 |
| 20                          | 1,070                        | 1,094 | 1,118 | 1,141 | 1,165 | 1,189 | 1,213 | 1,236 |
| 25                          | 1,052                        | 1,075 | 1,099 | 1,122 | 1,146 | 1,169 | 1,192 | 1,216 |
| 30                          | 1,035                        | 1,058 | 1,081 | 1,104 | 1,127 | 1,150 | 1,173 | 1,196 |
| 35                          | 1,018                        | 1,041 | 1,063 | 1,086 | 1,108 | 1,131 | 1,154 | 1,176 |
| 40                          | 1,002                        | 1,024 | 1,046 | 1,068 | 1,091 | 1,113 | 1,135 | 1,158 |
| 45                          | 0,986                        | 1,008 | 1,030 | 1,052 | 1,074 | 1,096 | 1,117 | 1,139 |
| 50                          | 0,971                        | 0,992 | 1,014 | 1,035 | 1,057 | 1,079 | 1,100 | 1,122 |
| 55                          | 0,956                        | 0,977 | 0,998 | 1,020 | 1,041 | 1,062 | 1,083 | 1,105 |
| 60                          | 0,942                        | 0,963 | 0,983 | 1,004 | 1,025 | 1,046 | 1,067 | 1,088 |
| 65                          | 0,928                        | 0,948 | 0,969 | 0,989 | 1,010 | 1,031 | 1,051 | 1,072 |
| 70                          | 0,914                        | 0,934 | 0,955 | 0,975 | 0,995 | 1,016 | 1,036 | 1,056 |
| 75                          | 0,901                        | 0,921 | 0,941 | 0,961 | 0,981 | 1,001 | 1,021 | 1,041 |
| 80                          | 0,888                        | 0,908 | 0,928 | 0,947 | 0,967 | 0,987 | 1,007 | 1,026 |
| 85                          | 0,876                        | 0,895 | 0,915 | 0,934 | 0,954 | 0,973 | 0,993 | 1,012 |
| 90                          | 0,864                        | 0,883 | 0,902 | 0,921 | 0,941 | 0,960 | 0,979 | 0,998 |
| 95                          | 0,852                        | 0,871 | 0,890 | 0,909 | 0,928 | 0,947 | 0,966 | 0,985 |
| 100                         | 0,841                        | 0,859 | 0,878 | 0,897 | 0,915 | 0,934 | 0,953 | 0,971 |

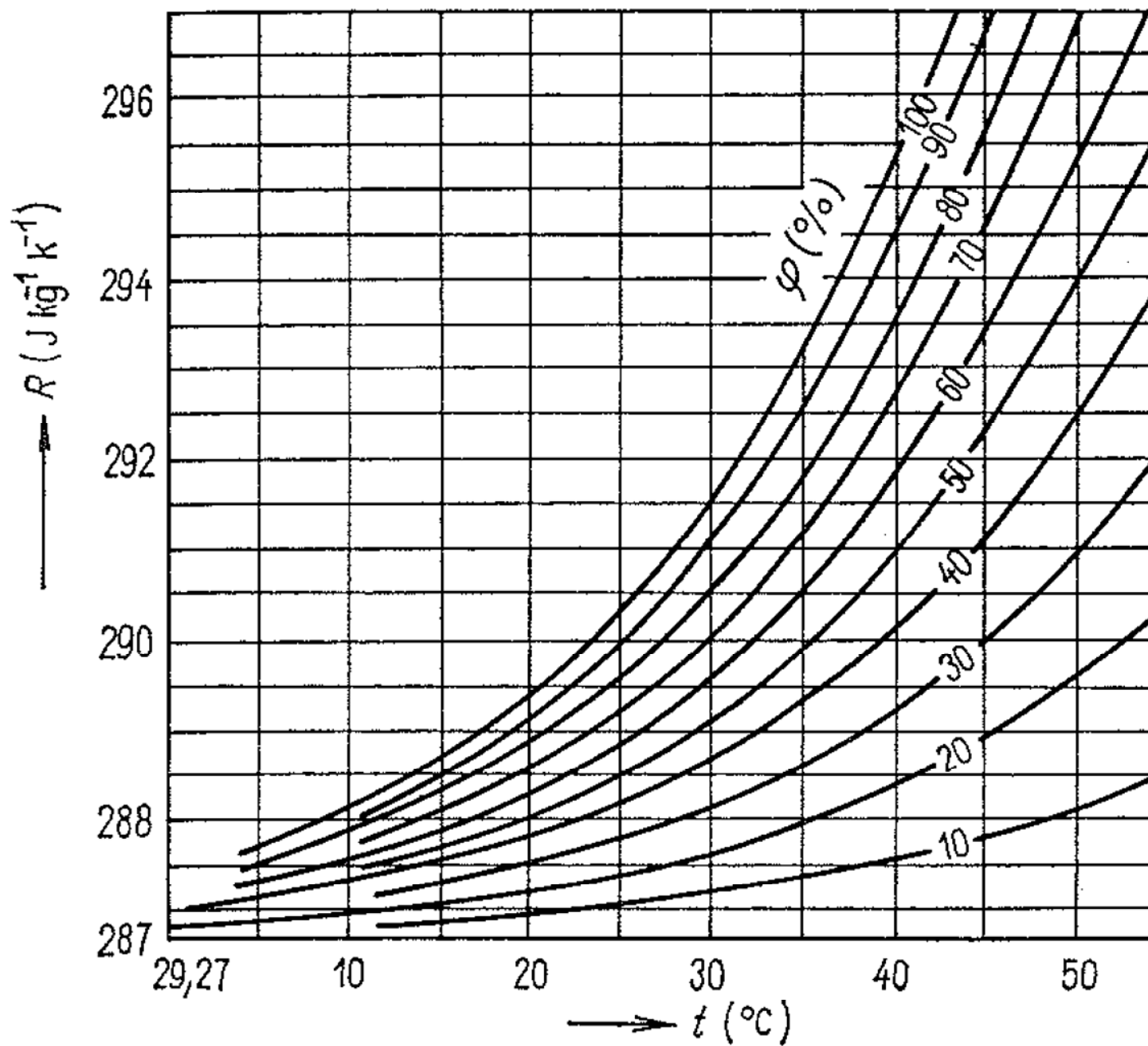
**5. Příklad zjednodušeného výpočtu, měří se pouze rychlost v ose potrubí  $v$  a rychlost střední  $v_s$  se vypočítá:**

$$v_s = v - 0,16 v ,$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 134}{1,186}} = 15,03 \text{ m s}^{-1} ,$$

$$v_s = 15,03 - 0,16 \cdot 15,03 = 12,6 \text{ m s}^{-1} ,$$

$$Q_V = \frac{\pi D^2}{4} v_s = \frac{\pi \cdot 0,2^2}{4} \cdot 12,6 = 0,395 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} .$$

**Nomogram:**

## **Závěr měření:**

- **Sledovaný radiální ventilátor dodává při okolní teplotě ....., tlaku ..... a otáčkách motoru .....m<sup>3</sup> vzduchu za sekundu.**
- **Množství spotřebované elektrické za 1minutu je energie je .....kWh, tomu odpovídá příkon .....Wattů při otáčkách .....s<sup>-1</sup> a účinnost soustrojí ..... %.**

## **Použitá literatura:**

- **ANONYMUS. *Plakáty pro výuku předmětu Kontrola a měření.* SPŠS Sokolská 1. Brno nedatováno.**
- **CHOCHOLA K., SLACH J., ŠULC J. *Laboratorní cvičení.* Praha: STNL 1961.**
- **JENCIK J., VOLF J., *Technická měření.* CVUT 2003.**
- **MARTINÁK, M. *Kontrola a měření.* Praha: STNL 1989.**
- **MIKULČÁK J. et al. *Matematické, fyzikální a chemické tabulky.* Praha: SPN, 1970.**
- **ŠULC, J. *Technologická a strojnická měření.* Praha: STNL 1982.**
- **ŠULC, J., VYSLOUŽIL, Z. *Laboratorní cvičení technologická a strojní.* Praha: STNL 1970.**
- **TEYSSLER, V., *Technická měření ve strojnictví – tlak, teplota vlhkost.* Praha SNTL 1954.**
- **VÁCLAVOVIČ A., *Měření a kontrola ve strojírenství.* Praha: SNTL, 1967.**
- **VYSLOUŽIL Z., ZELKO J. *Meranie v strojárstve.* Bratislava: SVTL 1962.**
- **VYSLOUŽIL Z., KOVAL J. *Technologické a strojnické merania.* Bratislava: Alfa, 1978.**