

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ V LIBERCI
NOSITELKA ŘÁDU PRACE
fakulta strojní

obor 23-20-8

Stroje a zařízení pro strojírenskou dopravu

zaměření:

Stroje a zařízení pro průmyslovou dopravu

Katedra strojů průmyslové dopravy

VLASTNOSTI PLOŠINY NA VZDUCHOVÉM POLŠTÁŘI

KSD - 173

Jméno: Jozef Pražienka
Vedoucí práce: Doc. Ing. Oldřich Červinka, CSc.

Rozsah práce a příloh:

Počet stran 56
Počet tabulek 3
Počet obrázků 15
Počet výkresů 11

2. června 1989

Vyšší škola: VŠSP Liberec Fakulta: strojn

Katedra: stroje průmyslové dopravy Skolní rok: 1987/88

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMELECKÉHO DÍLA, UMELECKÉHO VÝKONU)

pro Jozef P r a ž i e n k a

obor 23-20-8 stroje a zařízení pro strojírenskou výrobu

Vedoucí katedry Vám ve smyslu nařízení vlády ČSSR č. 90/1980 Sb., o státních závěrečných zkouškách a státních rigorózních zkouškách, určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: Vlastnosti plošiny na vzduchovém polštáři

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte konstrukční návrh plošiny na vzduchovém polštáři o nosnosti 900 - 1000 kg.
2. Stanovte základní technické parametry a navrhnete metody jejich experimentálního ověření.
3. Výpočtem stanovte vliv základních konstrukčních a provozních parametrů na vlastnosti plošiny.

V 120/89 S

STROJNÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC I, STUDENTSKÁ 5
PSČ 461 17

*Plaz přepřít - kardin...
- příloha vložena*

SPK/KSD

Obsah grafických prací:

Obsah průvodní zprávy: cca 45 stran

Seznam odborné literatury: Manipulace, skladování, balení, č. 4,5/1985
Haňáček, J.: Přepravní plošina na vzduchovém
polštáři, dipl. práce VŠST,
Liberec 1987

Vedoucí diplomové práce: Doc. Ing. Oldřich Červinka, CSc.

Datum zadání diplomové práce: 1. 12. 1987

Termín odevzdání diplomové práce: 2. 16. 1989



Oldřich Červinka

Doc. Ing. Oldřich Červinka, CSc.
Vedoucí katedry

Vladimír Prášil

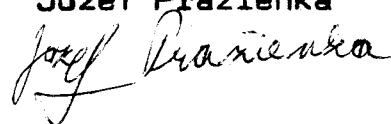
Prof. Ing. Vladimír Prášil, DrSc.
Děkan

v Liberci dne 1. 12. 1987

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

V Liberci dne 2. června 1989

Jozef Pražienka



Poděkování.

Děkuji soudruhům Doc. Ing. Oldřichu Červinkovi, CSc. a
Doc. Ing. Stanislavu Bereunevi, CSc. za poskytnuté materiály
a konzultace týkající se mé diplomové práce.

Kráníčka Josef

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

- g - tíhové zrychlení zemské ($m \cdot s^{-2}$)
- h - výška štěrbiny mezi elastickým prstencem a podložkou (m)
- n - počet výtokových otvorů v přepážce (1)
- p - tlak vzduchu v pneumatickém polštáři (Pa)
- v - rychlost vytékajícího vzduchu ($m \cdot s^{-1}$)
- m_b - hmotnost břemene (kg)
- m_p - hmotnost plošiny (kg)
- Δp - skutečný přetlak ve vzduchovém polštáři (Pa)
- Δp_t - teoretický přetlak ve vzduchovém polštáři (Pa)
- P_2 - absolutní tlak vzduchu v komoře pneumatické opěry (Pa)
- D - průměr opěry (m)
- F - zdvihová síla plošiny (N)
- Q - hmotnostní průtok vzduchu otvorem ($kg \cdot s^{-1}$)
- R - měrná plynová konstanta vzduchu ($J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$)
- S - plocha výtokového průřezu (m^2)
- T - absolutní teplota vzduchu v pneumatické opěře (K)
- U - poměr skutečného přetlaku ve vzduchovém polštáři k teoretickému (1)
- V - objemový průtok vzduchu otvorem ($m^3 \cdot s^{-1}$)
- P_v - výkon vzduchu při vznášení opěry (kW)
- T_s - tažná síla potřebná k uvedení plošiny do pohybu (N)
- S_2 - průřez výtokového otvoru v přepážce (m^2)
- T_2 - absolutní teplota vzduchu v komoře pneumatické opěry (K)
- α - součinitel kontrakce (1)
- μ - Poissonova konstanta (1)
- μ - výtokový součinitel (1)
- α_2 - součinitel kontrakce výtokového otvoru v přepážce (1)
- ρ_v - měrná hmotnost vzduchu ve výtokovém průřezu ($kg \cdot m^{-3}$)
- μ_2 - výtokový součinitel výtokového otvoru přepážky (1)
- p_0 - barometrický tlak (Pa)

<u>OBSAH:</u>	Str.
1.0 <u>Úvod</u>	8
2.0 <u>Teorie přepravních plošin na vzduchovém polštáři</u>	9
3.0 <u>Konstrukční řešení pneumatické opěry</u>	11
3.1 <u>Pevnostní kontrola šroubů pneumatické opěry</u>	12
3.2 <u>Technické parametry plošiny na vzduchovém polštáři</u>	15
4.0 <u>Návrh experimentálního ověřování základních parametrů plošiny</u>	16
4.1 <u>Uspořádání experimentálních měření</u>	17
4.1.1 Měření hmotnostního průtoku vzduchu	18
4.1.2 Měření základních parametrů pneumatické opěry při provozu plošiny	26
4.1.3 Měření zdvihu pneumatické opěry	28
4.1.4 Měření tažné síly potřebné k uvedení plošiny do pohybu	29
4.2 <u>Teoretické základy pro určení základních parametrů plošiny na vzduchovém polštáři</u>	30
4.2.1 Tlakové parametry	30
4.2.2 Tlak vzduchu v komoře pneumatické opěry	33
4.2.3 Výška štěrbiny mezi elastickým prstencem a podložkou	36
4.2.4 Objemový průtok vzduchu ze vzduchového polštáře	37
4.2.5 Rychlost vzduchu při výtoku ze vzduchového polštáře	39

	Str.
4.2.6 Výkon vzduchu	40
4.2.7 Výpočet velikosti tažné síly	40
4.2.8 Zdvihová síla plošiny	41
4.2.9 Průchodnost pneumatické opěry	42
5.0 <u>Závěr</u>	53
Seznam příloh	55
Použitá literatura	56

1.0 ÚVOD

XVII. sjezd KSČ v Hlavních směrech hospodářského a sociálního rozvoje ČSSR na léta 1986 - 90 vytkl jako jeden z podstatných úkolů orientaci národního hospodářství na vědeckotechnický rozvoj, především v oblasti automatizace technologických procesů, inovace výrobků, modernizace dopravních cest, dopravních, přepravních a manipulačních prostředků.

V oblasti racionalizace průmyslové dopravy jde hlavně o snížení materiálové a energetické náročnosti, o zvýšení efektivity a spolehlivosti.

Tyto nové směry se mohou v plné míře uplatnit ve vnitrozávodní dopravě a v manipulaci s materiály. Jednou z progresivních cest otevírajících značný prostor pro efektivnost výrobního procesu je využití a rozšíření přepravních prostředků na vzduchovém polštáři.

Tyto přepravní prostředky patří do oboru kosmického strojírenství a lze je plně uplatnit všude tam, kde jde o manipulaci s těžkými předměty.

U nás se tento způsob přepravy užívá dosud ojediněle. Cílem této práce je konstrukční řešení pneumatické opěry přepravní plošiny na vzduchovém polštáři a návrh experimentálního ověřování základních parametrů této plošiny.

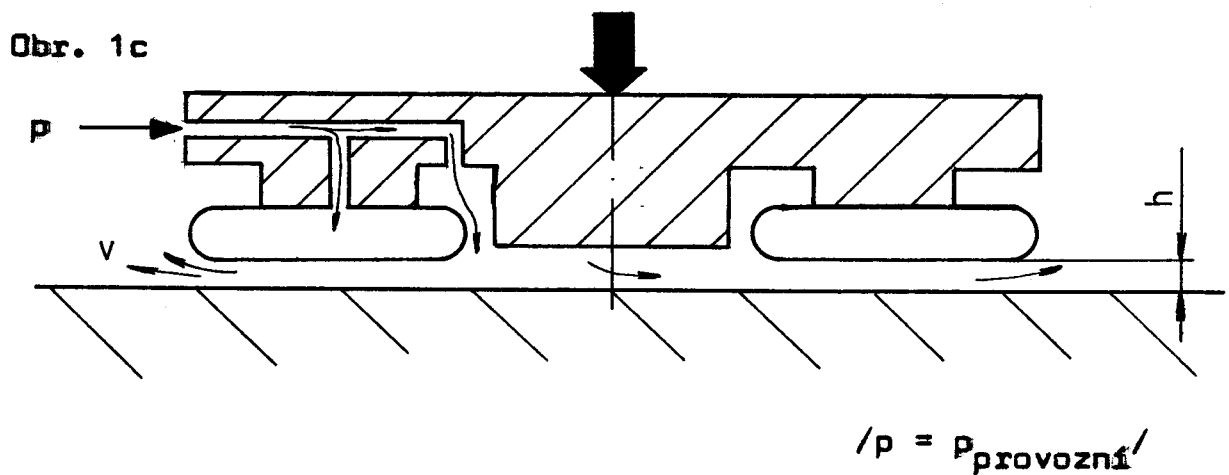
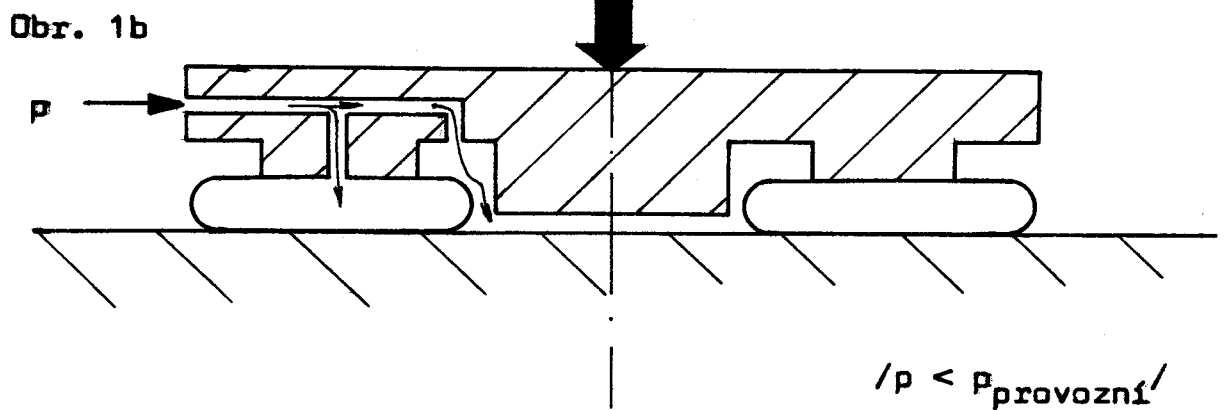
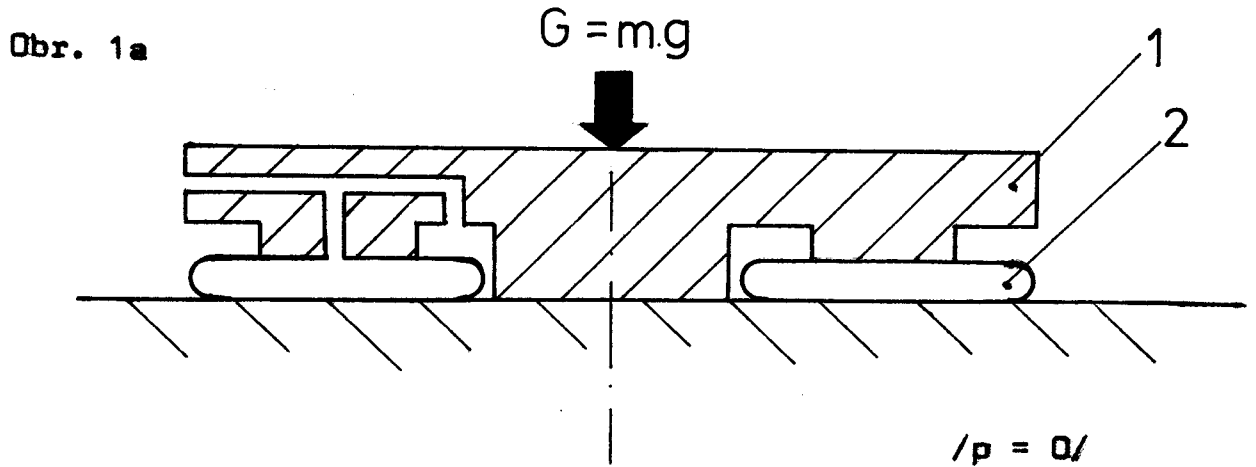
2.0 TEORIE PŘEPRAVNÍCH PLOŠIN NA VZDUCHOVÉM POLŠTÁŘI

Přepavní plošiny na vzduchovém polštáři jsou založeny na jednoduchém principu působení přetlaku vzduchu na vnitřní plochu pneumatické opěry. Pneumatická opěra, která umožňuje pohyb plošiny s břemenem, je v různých fázích činnosti znázorněna na obr. 1a,b,c v závěru této kapitoly.

Na obr. 1a je znázorněna přepavní plošina (1) s připevněnou pneumatickou opěrou (2) zatížená břemenem, které působí na přepavní plošinu tíhou G . Hlavní částí pneumatické opěry je nadouvací elastický prstenec. Plošina je znázorněna v klidovém stavu, kdy je elastický prstenec splasklý a opěra dosedá na podložku svými tuhými částmi.

Pro přepravu břemene je nutno přivést do opěry stlačený vzduch. Ten proudí jednak do dutiny prstence a postupně jej nadouvá, jednak do vnitřního prostoru opěry omezeného elastickým prstencem. Z vnitřního prostoru opěry vzduch zatím volně uniká mezerou mezi slabě nafouknutým prstencem a podložkou (obr. 1b). Čím více se prstenec nadouvá, tím těsněji přiléhá k podložce, a tak tuto mezeru zmenšuje. Vzduch se tedy ve vnitřním prostoru opěry akumuluje a postupně v něm vytváří vzduchový polštář. Jakmile se vertikální síla vyvozená přetlakem vzduchu v polštáři vyrovná s příslušnou složkou tíhy plošiny a břemene na ní uloženého, opěra se vznese (obr. 1c). Její zdvih nad podložkou se ustálí na takové hodnotě, při které se hydraulický odpor prstencové štěrbině po obvodu opěry, tj. mezi nafouknutým elastickým prstencem a podložkou, rovná přetlaku vzduchu potřebnému pro vznášení opěry. Tento zdvih h je velmi malý; podle druhu plošiny činí 0,01 mm až 0,15 mm,

přesto však zamezuje přímému styku opěry s podložkou, takže vlečné tření mezi nimi prakticky vymizí. Vznášející se plošinu s břemenem lze proto velmi snadno přemisťovat ručně. To je u přednětných plošin nejběžnější způsob.



3.0 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ PNEUMATICKÉ OPĚRY

Konstrukce navrhované pneumatické opěry je řešena vzhledem k experimentálnímu ověřování základních parametrů plošiny a k experimentálním měřením určení neoptimálnější konstrukce přepážky (9) mezi komorou pneumatické opěry a vzduchovým polštářem.

Pneumatickou opěru tvoří komora, která je vytvořena prostorem mezi nosnou deskou (4) pneumatické opěry a přepážkou (9), dutinou elastického prstence (25) a průvrty v přírubě (6). Po naplnění elastického prstence stlačeným vzduchem se celá pneumatická opěra nadzvedne a vytvoří se vzduchový polštář ohraničený spodní hranou příruby (8) a přepážkou (9) a spodním okrajem elastického prstence (25).

Celá pneumatická opěra se skládá ze spodní příruby (8), na kterou je šesti šrouby přichycena přepážka (9) a příruba (7). V prostoru mezi přírubou (8) a (7) je šesti šrouby sevíjeno spodní lanko pláště elastického prstence (25). Dílčí sestava (7), (8) a (9) je pěti šrouby připevněna k přírubě (6) a spolu s ní, dále přírubou (5) a nosnou deskou (4) je uchycena k nosiči pneumatických opěr (3), přivařenému k spodní části plošiny. V prostoru mezi nosnou deskou (4) a přírubou (5) je sevíjeno horní lanko pláště elastického prstence (25). V nosné desce (4) jsou tři šroubení pro přímé přípojky Js 6 L/M ČSN 137601.00, které jsou určeny k uchycení snímače tlaku vzduchu ve vzduchovém polštáři (24), snímače tlaku vzduchu v komoře a snímače teploty v komoře.

Přepážku (9) je možné snadno zaměnit přepážkou jiného konstrukčního provedení. Tak se zkracuje čas mezi experimen-

tálním měřením na jednotlivých, konstrukčně odlišných přepážkách. Zároveň odpadá komplikovaná výměna příruby (8) v případě, kdyby příruba (8) a přepážka (9) byly vyrobeny z jednoho kusu.

Konstrukční řešení plošiny i tlakový rozvod vzduchu jsou již vyřešeny a zpracovány (viz. lit. [3]).

3.1 Pevnostní kontrola šroubů pneumatické opěry

Z konstrukčního řešení pneumatické opěry je zřejmé, že nejvíce namáhané šrouby budou šrouby (19), kterými je přichycena přepážka (9) k přírubě (8). Jestliže šrouby (19) pevnostně vyhovují, není nutno provádět pevnostní kontrolu šroubů (20,21), protože jejich větší pevnost je zřejmá z jejich konstrukce. Šrouby (23) se nemusí pevnostně kontrolovat proto, že jsou namáhány minimální utahovací silou.

Osová síla F_0 namáhá šrouby (19) na tah a kromě toho způsobí ještě namáhání závitu šroubu v materiálu na otláčení. Kontrola je provedena podle lit. [8].

3.1.1 Kontrola šroubu na tah

Pro výpočet beru v úvahu nejnepříznivější případ, kdy tlak vzduchu p působí na největší možnou plochu přepážky (9).

$$\sigma = \frac{F_0}{S} \quad (\text{Pa})$$

$$S = \frac{\pi}{4} \left(\frac{d_2 + d_3}{2} \right)^2 \quad (\text{m}^2)$$

$$F_0 = \frac{S_1 \cdot p}{n} \quad (\text{N})$$

$$S_1 = \frac{\pi D^2}{4} \quad (\text{m}^2)$$

$$\sigma_D = 150 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

kde:

- S - redukovaný průřez jádra šroubu (m^2)
- d_2 - střední průměr šroubu (m)
- d_3 - malý průměr šroubu (m)
- S_1 - plocha přepážky (m^2)
- p - tlak vzduchu působící na přepážku (Pa)
- F_0 - osová síla působící na 1 šroub (N)
- n - počet šroubů (1)
- σ - dovolené namáhání v tahu (Pa)
- σ - skutečné namáhání v tahu (Pa)

Dané parametry:

$$d_2 = 4,480 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$D = 0,12 \text{ m}$$

$$p = 0,5 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

$$d_3 = 4,019 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$n = 6$$

$$S_1 = \frac{0,12^2}{4} = \underline{\underline{0,0113 \text{ m}^2}}$$

$$F_0 = \frac{0,0113 \cdot 0,5 \cdot 10^6}{6} = 942,5 \text{ N}$$

$$S = \frac{\pi}{4} \left(\frac{4,48 \cdot 10^{-3} + 4,019 \cdot 10^{-3}}{2} \right)^2 = 0,14182 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{F_0}{S} = \underline{\underline{66,5 \cdot 10^6 \text{ Pa}}}$$

$$\sigma < \sigma_D \quad \dots \text{ šrouby vyhovují}$$

3.1.2 Kontrola závitu šroubu na otláčení

Za předpokladu rovnoměrného zatížení závitu je:

$$p = \frac{F_0}{\frac{\pi}{4} (d^2 - D_1^2) \cdot i} \leq p_{dov} \quad (\text{Pa})$$

$$i = \frac{1}{s} \quad (1)$$

kde:

- i - počet závitů šroubu v materiálu (1)
- d - průměr závitu šroubu (m)
- D_1 - malý průměr závitu v materiálu (m)
- s - stoupavost závitu (m)
- l - délka zašroubovaného šroubu (m)

Pro materiály šroubu platí $p_{dov} = 150 \cdot 10^6$ až $200 \cdot 10^6$ Pa

Dané parametry:

$$d = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m} \qquad s = 0,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$D_1 = 4,134 \cdot 10^{-3} \text{ m} \qquad l = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$i = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{0,8 \cdot 10^{-3}} = 6,25$$

$$p = \frac{942,5}{\frac{\pi}{4} [(5 \cdot 10^{-3})^2 - (4,134 \cdot 10^{-3})^2] \cdot 6,25}$$

$$p = \underline{\underline{24,274 \cdot 10^6 \text{ Pa}}}$$

$p < p_{dov}$... šrouby vyhovují

3.2 Technické parametry plošiny na vzduchovém polštáři

Celá plošina je koncipována jako dvě dvojice nosných podélníků (1), které jsou po obou stranách vzájemně spojeny příčnými nosníky (2). Nosné podélníky i příčné nosníky jsou vyrobeny z profilované tyče U5, přičemž základní rozměry nosného rámu plošiny jsou 800 x 900 mm. Ve spodní části plošiny jsou k nosnému rámu přivařeny nosiče pneumatických opěr (3). Na tyto nosiče jsou pomocí šroubů (21) připevněny pneumatické opěry (viz. kapitola 3.0). Pro dosažení potřebné stability jsou v rozích plošiny umístěny čtyři pneumatické opěry. Jejich napájení tlakovým vzduchem se provádí pomocí soustavy tenkostěnných trubek (14,15,16). Tlakový rozvod je řešen tak, aby podmínky proudění byly pro všechny čtyři opěry shodné. Přívod tlakového vzduchu je opatřen závitem G 1/2, který umožňuje připojení zdroje tlakového vzduchu, a to buď vlastního, nebo cizího. Nosný rám plošiny je zkonstruován tak, aby na něj bylo možné snadno přidělat zvedací zařízení (viz. lit. [3]). Konstrukce plošiny též umožňuje připevnění rukojeti, která usnadňuje ovládání jejího pohybu. V případě, že je plošina provozována s přídatným vzduchovým zvedacím zařízením, je nutné na rukojeť nasadit rozvaděč pro ovládání výkonného členu zvedacího mechanismu. Umístění rozvaděče na rukojeti je příznivé jak z hlediska obsluhy, tak z hlediska bezpečnosti práce. Bude-li plošina provozována s vlastním zdrojem tlakového vzduchu, je možné na rukojeť připevnit též zásobník tlakového vzduchu a redukční ventil, který sníží tlak vzduchu na provozní hodnotu (viz. lit. [3]).

Celková hmotnost plošiny bez zvedacího zařízení je

přibližně 75 kg. Nosnost plošiny je konstruována na hmotnost 1000 kg. Elastický prstenec tvoří pneumatika o rozměrech $12 \frac{1}{2} \times 2 \frac{1}{4}$.

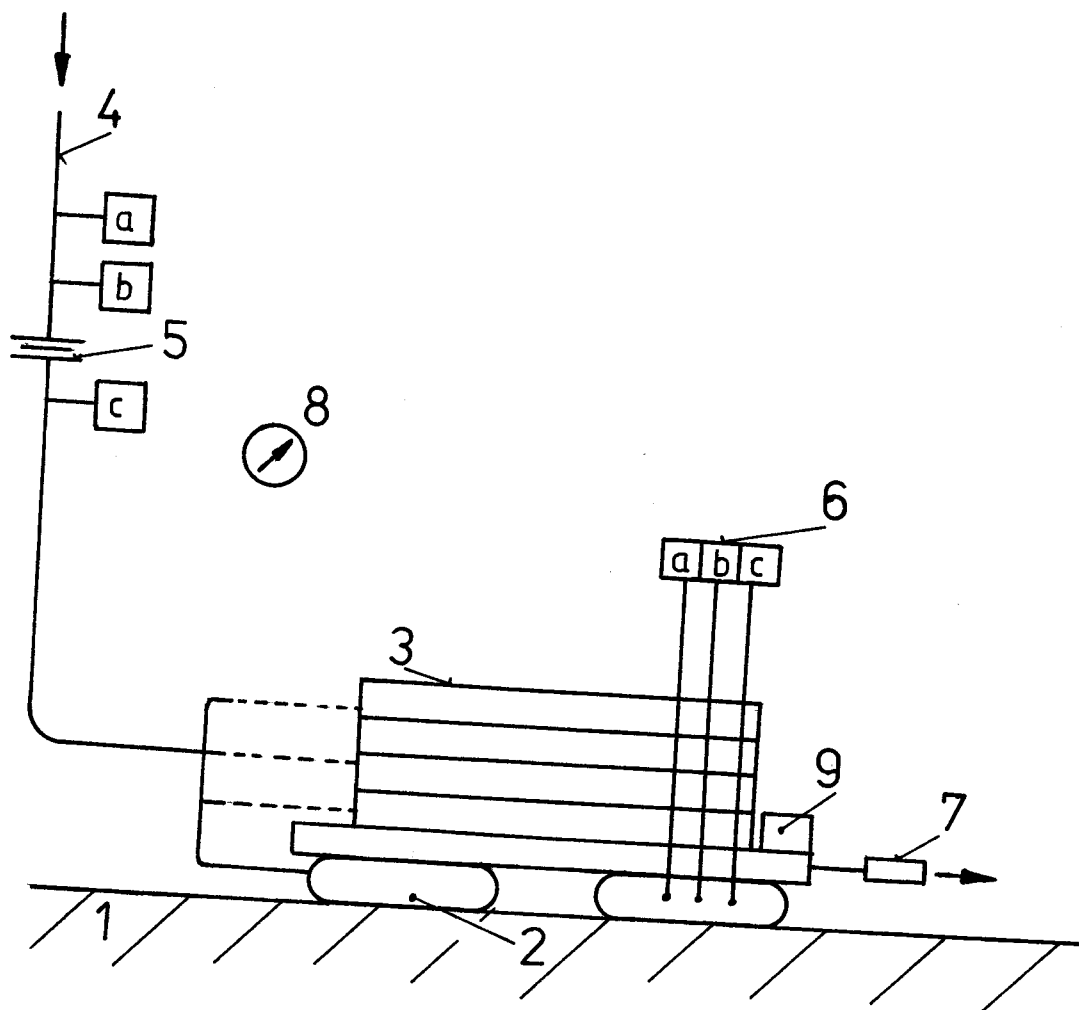
4.0 NÁVRH EXPERIMENTÁLNÍHO OVĚŘOVÁNÍ ZÁKLADNÍCH PARAMETRŮ PLOŠINY

Protože teoretické výsledky zpravidla nevyjadřují skutečné hodnoty, které existují za provozu, ať už plošiny na vzduchovém polštáři nebo jiných zařízeních, přistupujeme k experimentálnímu měření a ověřování jednotlivých parametrů. Výsledky tohoto měření vyhodnocujeme v tabulkách nebo graficky a pak je porovnáváme s výsledky teoretickými.

Návrh měření tlaku vzduchu v komoře, ve vzduchovém polštáři a měření teploty v komoře pneumatické opěry je proveden pro měření na dvou pneumatických opěrách. Ostatní veličiny měřené úhrnně pro celou přepravní plošinu, jako hmotnost břemene, hmotnostní průtok vzduchu a tažná síla, se na jednu pneumatickou opěru vztáhnou ve výši jedné čtvrtiny naměřené hodnoty.

Jako břemeno je použito deseti železných desek. Každá má hmotnost 100 kg.

4.1 Uspořádání experimentálních měření



- 1 - podložka; 2 - přepravní plešina o čtyřech pneumatických opěrách; 3 - břemeno; 4 - přívod tlakového vzduchu; 5 - clonková trať s měřicími přístroji: tlakovým snímačem za clonkou (a), tlakovým snímačem před clonkou (b), snímačem teploty (c); 6 - snímač tlaku vzduchu v komoře (a), ve vzduchovém polštáři (b), snímač teploty v komoře (c); 7 - tahoměr; 8 - barometr; 9 - snímač zdvíhu pneumatické opěry.

4.1.1 Měření hmotnostního průtoku vzduchu

Určení hmotnostního průtoku vzduchu navrhuji provádět centrickou kruhovou komorovou clonou, která je ze všech známých škrticích orgánů výrobně nejjednodušší, a proto i nejlevnější a nejpoužívanější. Je vhodným čidlem průtoku čistých nízkoviskózních tekutin v provozech dovolujících trvalou ztrátu tlaku v mezích 90% až 30% ze zvoleného maximálního diferenčního tlaku vyhodnocovacího přístroje.

Technické údaje jsou obsahem 1. části ČSN 25 77 10 a technickoobchodní dokumentace k.p. ZPA. Základní částí centrické kruhové clony je clonový kotouč /hlavně průměr jeho škrticího orgánu d_1 /, jehož návrh a výpočet je uveden v další části této statě. Výpočet je proveden podle ČSN 25 77 10 a lit. [7] na základě daných parametrů, a to:

- p - zvolený diferenční tlak (Pa)
- p_1 - předpokládaný celkový tlak před clonou (Pa)
- D_1 - průměr potrubí (m)
- T - předpokládaná teplota proudícího vzduchu (K)
- Q - předpokládaný hmotnostní průtok vzduchu ($\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$)
- ρ_1 - hustota vzduchu před clonkou ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$).

Hmotnostní průtok vzduchu, který uniká ze vzduchového polštáře prstencovou štěrbinou po obvodu mezi elastickým prstencem a podlahou, je roven dle lit. [4]:

$$Q = \sqrt{s} \cdot \frac{p}{\sqrt{R \cdot T}} \cdot \mu \quad (\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}) \quad /1/$$

$$s = \pi \cdot D \cdot h \quad (\text{m}^2) \quad /2/$$