

UŽITNÝ VZOR

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2008 - 19932**
(22) Přihlášeno: **13.05.2008**
(47) Zapsáno: **07.07.2008**

(11) Číslo dokumentu:

18726

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:
F24F 7/10 (2006.01)

(73) Majitel:

České vysoké učení technické v Praze Fakultní strojní, Ústav techniky prostředí,
Praha, CZ

(72) Původce:

Hemerka Jiří doc. Ing. CSc, Praha, CZ
Vybíral Pavel Ing. Ph.D., Praha, CZ
Pešek Ladislav Ing., Krňany, CZ

(74) Zástupce:

Ing. Václav Kratochvíl, patentový zástupce, Tábořská 758/33, Mladá Boleslav, 29301

(54) Název užitého vzoru:

**Zařízení pro rovnoměrný velkoplošný a jednosměrný přívod vzduchu do
prostoru**

CZ 18726 U1

Zařízení pro rovnoměrný velkoplošný a jednosměrný přívod vzduchu do prostoru

Oblast techniky

Technické řešení se týká zařízení pro rovnoměrný velkoplošný a jednosměrný přívod vzduchu do prostoru, sestávajícího z přívodu vzduchu a usměrňovače proudu vzduchu.

5 Dosavadní stav techniky

10 Z technické praxe jsou známa různá řešení přívodu vzduchu do prostoru. U řady vzduchotechnických aplikací je kladen požadavek na rovnoměrný velkoplošný a z hlediska proudu jednosměrný přívod vzduchu do prostoru nízkou rychlostí. Tento požadavek bývá doprovázen i omezenými prostorovými podmínkami, které brání aplikaci symetrického velkoplošného přívodu vzduchu. Využití pravidel pro rovnoměrný přívod vzduchu s použitím koncových vysoce účinných HEPA a ULPA filtrů, kterými lze u čistých prostorů realizovat rovnoměrný přívod vzduchu stropem nebo svislou stěnou, je s ohledem na cenu koncových filtrů a vysokou tlakovou ztrátu investičně a provozně náročný.

15 Byly prováděny pokusy s konstrukcí stropu obsahující běžné průmyslové netkané filtrační textilie s určitou deklarovanou prodyšností, představovanou měrným průtokem čistou textilií při srovnatelné tlakové ztrátě 200 Pa. Tyto textilie mají skutečný odpor přibližně konstantní jak napříč, tak podél textilie. Na základní konstrukci byl na stropě položen jako podkladový materiál perforovaný plech se světlostí otvorů cca 40 % a na plech byla poté položena filtrační textilie s určitou zvolenou prodyšností. Měřením bylo zjištěno, že běžné filtrační materiály z polyesterových (PES) a polypropylenových (POP) vláken o plošných hmotnostech kolem 500 g/m² mají 20 příliš nízké prodyšnosti a k dosažení požadovaných rychlostí pod stropem 0,2 až 0,45 m/s by bylo zapotřebí vytvoření podtlaku v prostoru na úrovni stovky Pa. K tomuto závěru přispívá i fakt, že perforovaný plech jako podkladový materiál zakrývá větší část plochy filtru a zvyšuje jeho tlakovou ztrátu. Vzorky použitých filtračních materiálů s nízkou prodyšností vykazovaly z 25 hlediska prodyšnosti nehomogenitu podél i napříč filtračním materiálem na úrovni cca 10 %, orientační měření nízkých rychlostí ve vzdálenosti 200 mm pod stropem však vykazovalo vyšší rozdíly. Uvedené zkoušky vedly k závěru, že u běžných filtračních materiálů s nízkou prodyšností nelze u daného zařízení dosáhnout požadovaných rychlostí pod stropem. Při reálném podtlaku a nižších rychlostech proudu jsou rozdíly v hodnotách rychlostí vyšší, než je nehomogenita 30 materiálu.

S podobnými negativními závěry je možné se setkat u uspořádání stropu s použitím textilií s různým stupněm mikroperforace, to znamená s určitým počtem malých otvorů na 1 m² textilie, používaných ve vzduchotechnice pro rovnoměrný přívod vzduchu. Zde byl zjištěn zřejmý vliv 35 technologie perforace, kde minimální rozdíly rychlostí pod stropem byly zjištěny v příčném směru a vyšší rozdíly v podélném směru po 10 cm.

Z uvedeného je zřejmé, že ani průmyslová filtrační textilie s deklarovanou prodyšností, ani vzduchotechnická textilie s deklarovanou mikroperforací není schopna s ohledem na svoji výrobní nehomogenitu zajistit přísné požadavky na rovnoměrné rozdělení rychlostí pod stropem prostoru.

Podstata technického řešení

40 Výše uvedené nedostatky jsou do značné míry odstraněny zařízením pro rovnoměrný velkoplošný a jednosměrný přívod vzduchu do prostoru, sestávajícím z přívodu vzduchu a usměrňovače proudu vzduchu, podle tohoto technického řešení. Jeho podstatou je to, že přívod vzduchu je na straně vstupu do prostoru opatřen alespoň jednou sekcí tvořenou perforovaným deskovým materiálem, za kterým jsou ve vzdálenosti, větší než je rovina spojení paralelních proudů vzduchu, 45 umístěny paralelní tenkostěnné trubice o průměru 1,5 až 3,5 mm, jejichž délka je rovna minimálně 30-ti násobku jejich průměru. Perforace perforovaného deskového materiálu je s výho-

dou definována světlostí S otvorů, přičemž směrodatná odchylka σ rozdělení této veličiny dosahuje maximálně 2 % střední hodnoty S .

Vzdálenost mezi deskovým materiálem a paralelními tenkostěnnými trubicemi je ve výhodném provedení rovna 3 až 6 násobku rozteče otvorů v perforovaném deskovém materiálu.

- 5 Mezi tlakovou ztrátou přívodu vzduchu Δp [Pa], světlostí S [%] otvorů perforovaného deskového materiálu a střední rychlostí v [m/s] vzduchu na výstupu do prostoru existuje vazba $\Delta p = 6170 v^{1,59} S^{-1,9}$ pro umožnění stanovení hodnoty jedné veličiny na základě požadavku hodnot ostatních dvou veličin.

Přívod vzduchu může být opatřen filtrem.

- 10 Toto řešení přináší výsledky výzkumu a vývoje uspořádání přívodu vzduchu stropem u zkušební komory dvourozměrného vzduchotechnického modelu čistého prostoru, kde se sleduje vliv skokové změny rychlosti vzduchu v jednotlivých zónách prostoru na šíření jemných znečišťujících látek.

- 15 Jako jediná možná alternativa uspořádání stropu prostoru se proto jeví alternativa použití perforovaných desek, kde odpor materiálu je jednoznačně dán průměrem a roztečí otvorů v deskách, tedy jasně realizovanou strojní výrobou. Pokud je k dispozici jasně definovaný válcový otvor, kterým vzduch z desky vytéká, je druhou logickou podmínkou zajistit, aby usměrňovač proudu byl od perforované desky vzdálen na takovou vzdálenost, kde jsou již paralelní proudy spojeny. S ohledem na vrcholový úhel cca 25°, pod kterým se proud z otvorů šíří, lze takovou vzdálenost
20 definovat jako minimálně 2,5 násobek rozteče, optimálně 4 až 5 násobek. Přibližnou světlost otvorů S [%] lze odhadnout z předpokladu, že při průtoku vzduchu válcovým otvorem do prostoru se ztrácí dynamický tlak proudu vzduchu na výstupu z otvoru, přičemž je nutno respektovat kontrakci proudu. Touto úvahou se dospěje k závěru, že k dosažení rychlostí pod stropem 0,2 až 0,45 m/s při podtlaku v prostoru do 100 Pa je nutno použít desky s extrémně nízkou světlostí S ,
25 řádově jednotky %.

- Měřením rychlostí v 60 rovnoměrně rozdělených bodech pod stropem bylo ověřeno, že ve všech sekcích vstupu s použitými perforovanými deskami o světlosti otvorů $S = 2,825, 3,801$ a $4,909$ % a při podtlacích v prostoru $\Delta p = 50, 70$ a 100 Pa, bylo dosaženo velmi dobré rovnoměrnosti rychlostí pod stropem, dané nízkou hodnotou relativní směrodatné odchylky 3,2 až 7,1 %.
30 Dodatečné měření intenzity turbulence proudu ukázalo, že na výstupu z usměrňovače, měřeno ve vzdálenosti 80 mm od usměrňovače, dosahuje intenzita turbulence velmi nízkých hodnot 1 až 2 %.

- Výhodou tohoto řešení je především možnost realizace velkoplošného rovnoměrného a jedno-
směrného přívodu vzduchu do prostoru nízkou rychlostí 0,1 až 0,5 m/s při nízkých hodnotách
35 tlakové ztráty do 100 Pa a pokud je přívod vzduchu rozdělen na více sekcí, pak i možnost realizace skokové změny rychlostí na vstupu do prostoru.

Přehled obrázků na výkresech

- Zařízení pro rovnoměrný velkoplošný a jednosměrný přívod vzduchu do prostoru, podle tohoto technického řešení bude podrobněji popsáno na konkrétním příkladu provedení s pomocí přílo-
40 žených výkresů, kde na obr. 1 je znázorněno v bokorysu schéma uspořádání příkladného prostoru. Na obr. 2 je znázorněno schéma uspořádání stropu s použitím perforovaných plechů a usměrňovače. Na obr. 3 je znázorněna závislost střední rychlosti pod stropem v [m/s] na perforaci plechu S [%] při určitém podtlaku pod stropem Δp [Pa]. Na obr. 4 je znázorněn graf závislosti střední rychlosti pod stropem v [m/s] na podtlaku - tlakové ztrátě stropu Δp [Pa] při určité hodnotě perforace plechu S [%].
45

Příklady provedení technického řešení

Příkladné zařízení pro rovnoměrný velkoplošný a jednosměrný přívod vzduchu do prostoru, sestává z přívodu vzduchu a usměrňovače proudu vzduchu. Přívod 1 vzduchu je na straně vstupu do prostoru 2 opatřen třemi sekcemi 3 tvořenými perforovaným deskovým materiálem 4, za kterým jsou ve vzdálenosti, větší než je rovina spojení paralelních proudů vzduchu, umístěny paralelní tenkostěnné trubice 5 o průměru 2,5 mm. Vzdálenost mezi deskovým materiálem 4 a paralelními tenkostěnnými trubicemi 5 je rovna 5 až 6 násobku rozteče otvorů v deskovém materiálu 4.

Příkladný prostor 2 je tedy navržen jako podtlakový s přívodem vzduchu stropem a skládá se ze 3 zón - pracovní zóny 21 se zdrojem znečištění, zóny 22 ochrany pracovníka a komunikační zóny 23.

Vzduch je přiváděn celou plochou stropu rozdílnými rychlostmi vzduchu v jednotlivých zónách 21, 22 a 23. Odvod vzduchu je řešen jednak odsáváním z pracovního stolu 24, jednak nastavitelnou šterbinou 25 z komunikační zóny 23. Jako zdroje sání se používají oboustranně sací radiální ventilátory, které jsou umístěny ve ventilátorových komorách přiléhajících k prostoru 2. Ve ventilátorové komoře za pracovním stolem 24 jsou symetricky vůči podélné ose prostoru 2 umístěny dva menší ventilátory, ovládané frekvenčním měničem 2,2 kW, v prostoru 2 za komunikační zónou 23 je umístěn pružně uložený ventilátor, ovládaný frekvenčním měničem 4 kW. Na ventilátorové komory za přechodovými kusy navazují kruhová potrubí průměr 200 mm u pracovního stolu 24 a 315 mm u komunikační zóny 23, kde jsou v rovných úsecích umístěna měřicí místa pro kontrolu objemového průtoku odsávaného vzduchu z prostoru pracovního stolu 24 a šterbinou 25 v komunikační zóně 23.

Na konstrukci stropu byly s ohledem na šíření jemných znečišťujících látek v prostoru 2 kladeny požadavky, aby při zvoleném nastavení poměru odsávaných průtoků a vytvořeném podtlaku Δp v prostoru 2 bylo možno nastavit rozdílné střední rychlosti pod stropem v jednotlivých zónách 21, 22 a 23 prostoru 2 v rozsahu rychlostí 0,2 až 0,45 m/s. Podtlak v prostoru 2 by neměl přesahovat 100 Pa. Dalším požadavkem na toto řešení je dvojrozměrnost proudění v osové vertikální rovině.

Byla provedena rekonstrukce stropu, kde mezi rám s usměrňovačem výšky 120 mm a přírubu vstupního kolektoru byl vložen rám z obdélníkového profilu 60 × 30 mm, kde vnitřní rozměry rámu odpovídají vnitřním rozměrům stropu prostoru 2 a dvěma profily 60 × 30 mm jsou napříč odděleny tři vstupní sekce 3. Mezi přírubu vstupního kolektoru a rám 60 mm byl vložen perforovaný deskový materiál 4 o různé světlosti otvorů S [%] podle požadované rychlosti v příslušné sekci 3. Schéma tohoto uspořádání stropu je zřejmé z obr. 2.

K podrobným zkouškám byly použity tři různé perforované deskové materiály 4, jejichž specifikace je uvedena v následující tab. 1. Perforace byla zvolena ve čtvercovém uspořádání, kde rozteč otvorů t [mm] je stejná jak mezi jednotlivými otvory v řadě, tak mezi jednotlivými řadami a osy otvorů jsou v řadě jak podél, tak napříč. Jako materiál byl zvolen Al plech tloušťky 2 mm. Perforované plechy měly při určitém podtlaku v prostoru vytvořit skokovou změnu jmenovitých rychlostí vzduchu pod stropem v jednotlivých sekcích: 0,3 - 0,4 - 0,2 m/s.

Tab. 1 Specifikace použitých perforovaných plechů

průměr otvoru d [mm]	rozteč otvorů t [mm]	světlost otvorů S [%]	umístění v sekci
2,2	10	3,801	1 - pracovní se zdrojem ZL
2,5	10	4,909	2 - ochrana pracovníka
2,2	11,6	2,825	3 - komunikační zóna

V každé sekci 3 i při každém podtlaku v prostoru 2 bylo dosaženo velmi dobré rovnoměrnosti rychlostí pod stropem, dané nízkou hodnotou příslušné směrodatné odchylky σ_i [m/s]. Vyjádřili-li se tato hodnota v procentech příslušné střední rychlosti v_i [m/s], získají se velmi nízké hodnoty v

rozsahu 3,2 až 7,1 %. Význam dosažených výsledků vynikne, jestliže se použijí zjištěné hodnoty směrodatné odchylky σ_i [m/s] k vyjádření rozsahu hodnot rychlostí pod stropem. Ze základních pravidel normálního rozdělení náhodné veličiny vyplývá, že 95 % hodnot veličiny se nachází v rozsahu $v_i \pm 2 \sigma_i$ [m/s], takže například v případě druhé sekce 3 při použití perforovaného plechu S = 4,909 % a při podtlaku $\Delta p = 70$ Pa, kde byla zjištěna střední rychlost $v_2 = 0,406$ m/s a směrodatná odchylka $\sigma_2 = 0,0203$ m/s, zde 5 % hodnoty v_2 , se 95 % hodnot rychlostí nachází ve velmi úzkém pásu rozsahu 0,365 až 0,447 m/s.

Porovnáním jednotlivých rychlostí napříč prostorem 2 s rychlostí v ose vyplývá další významný závěr, že bylo dosaženo požadované velmi dobré dvourozměrnosti proudění z hlediska podélné osy prostoru 2, která umožní v dalších fázích řešení problematiky šíření jemných znečišťujících látek zjednodušené řešení pouze na úrovni 2D.

Co se týká dosažení požadovaných středních rychlostí pod stropem 0,2; 0,3 a 0,4 m/s, bylo těchto rychlostí nejlépe dosaženo při podtlaku v prostoru 270 Pa. Měření rychlostí pod stropem prostoru 2 bylo doplněno měřením intenzity turbulence ve vybraných bodech 80 mm pod stropem. Intenzita turbulence dosahovala ve všech bodech velmi nízkých hodnot 1 až 2 %.

Z diagramu na obr. 4 lze například odpovědět na základní otázku, jaké hodnoty perforace plechu S [%] je nutno při zvolené hodnotě podtlaku - tlakové ztráty stropu Δp [Pa] volit, aby pod stropem bylo dosaženo požadované rychlosti v [m/s]. Z obr. 4 vyplývá, že při zvoleném podtlaku $\Delta p = 80$ Pa lze v rozsahu S = 2,5 až 6 % dosáhnout rychlostí pod stropem v rozsahu 0,2 až 0,55 m/s. Z diagramu na obr. 4 zároveň vyplývá, že konstrukce stropu, obecně přívodu vzduchu, s použitím perforovaného plechu a usměrňovače splňuje žádané požadavky, tj. konstrukce umožňuje vytvořit rovnoměrné rychlosti v jednotlivých sekcích v rozsahu rychlostí 0,2 až 0,45 m/s při podtlaku v komoře Δp nižším než 100 Pa.

Uvedené grafické řešení požadované hodnoty perforace plechu S [%] lze nahradit postupem, kde vznikne empiricky zjištěná závislost mezi všemi třemi proměnnými S [%], v [m/s] a Δp [Pa] ve tvaru

$$\Delta p = 6170 v^{1,59} S^{-1,9}.$$

Jestliže by bylo potřeba v prostoru 2 pracovat s podtlakem Δp v prostoru 2 o velikosti 70 Pa a dosáhnout v jednotlivých sekcích 3 přesně skokových změn rychlostí 0,3 - 0,4 - 0,2 m/s, dosazením za $\Delta p = 70$ Pa do vztahu se dostane závislost $v = f(S)$ ve tvaru

$$v^{1,59} S^{-1,9} = 1,135 \cdot 10^{-2},$$

odkud pro $v = 0,2$ m/s vyplývá S = 2,746 %, pro $v = 0,3$ m/s je S = 3,856 % a rychlosti $v = 0,4$ m/s se dosáhne při S = 4,905 %.

Přívod 1 vzduchu může být řešen i v přetlakovém uspořádání za předpokladu, že v přívodním prostoru do vzdálenosti 0,5 m od perforovaného deskového materiálu 4 je absolutní hodnota vektoru rychlosti proudu maximálně rovna trojnásobku požadované rychlosti na výstupu z usměrňovače, tvořeného paralelními tenkostěnnými trubicemi 5.

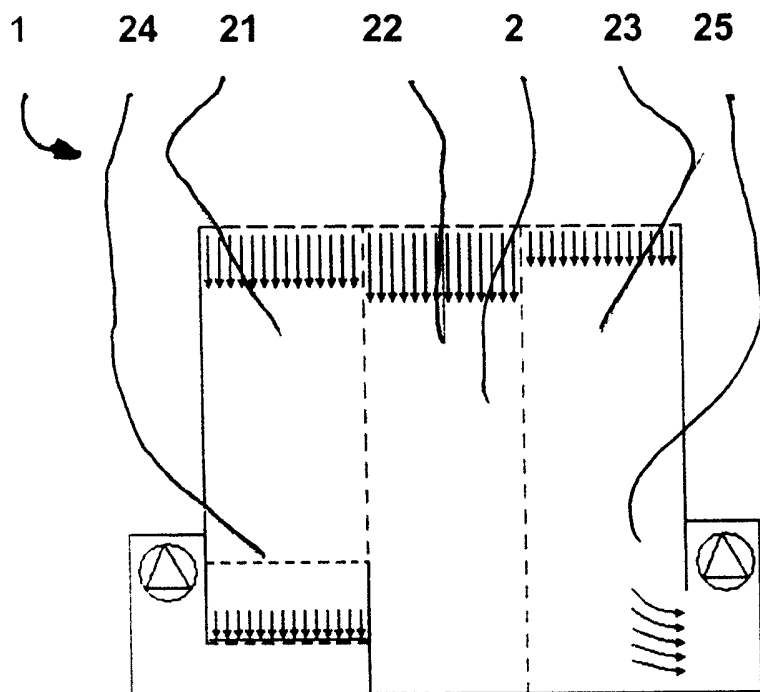
Průmyslová využitelnost

Zařízení pro rovnoměrný velkoplošný a jednosměrný přívod vzduchu do prostoru, podle tohoto technického řešení nalezne uplatnění především při stavbě nových objektů ale i při rekonstrukci stávajících staveb, například ve výstavnictví u ochrany velkých exponátů proti nepříznivým klimatickým podmínkám, ve zkušebnictví a ve výzkumu a vývoji při realizaci prostoru s definovaným prouděním vzduchu.

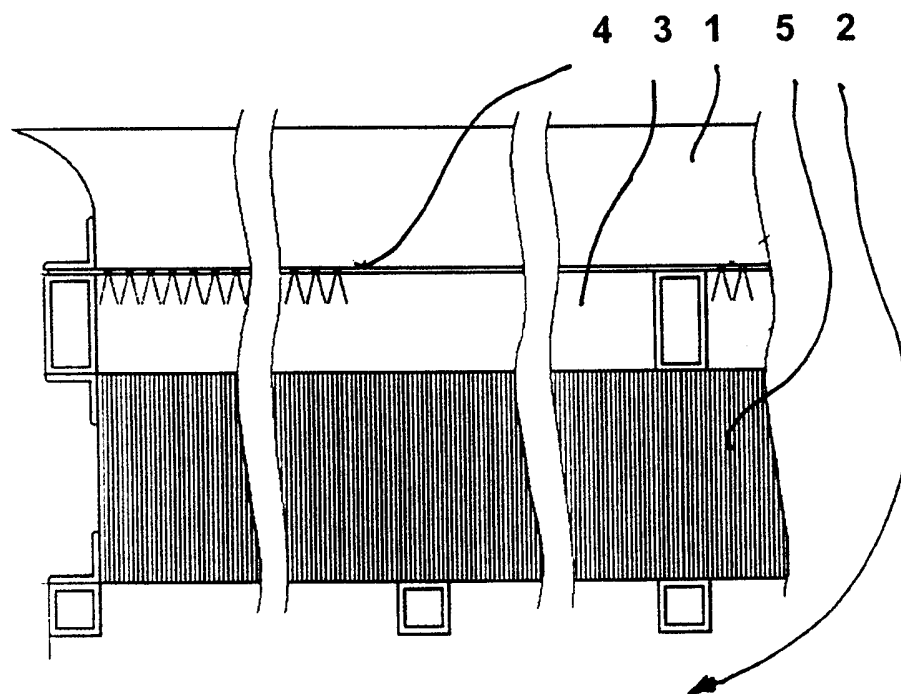
N Á R O K Y N A O C H R A N U

1. Zařízení pro rovnoměrný velkoplošný a jednosměrný přívod vzduchu do prostoru, sestávající z přívodu vzduchu a usměrňovače proudu vzduchu, **vyznačující se tím**, že přívod (1) vzduchu je na straně vstupu do prostoru (2) opatřen alespoň jednou sekci (3) tvořenou perforovaným deskovým materiálem (4), za kterým jsou, ve vzdálenosti větší než je rovina spojení paralelních proudů vzduchu, umístěny paralelní tenkostěnné trubice (5) o průměru 1,5 až 3,5 mm, jejichž délka je rovna minimálně 30-ti násobku jejich průměru.
2. Zařízení podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že perforace perforovaného deskového materiálu (4) je definována světlostí S otvorů, přičemž směrodatná odchylka σ rozdělení této veličiny dosahuje maximálně 2 % střední hodnoty S .
3. Zařízení podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že vzdálenost mezi deskovým materiálem (4) a paralelními tenkostěnnými trubicemi (5) je rovna 3 až 6 násobku rozteče otvorů v perforovaném deskovém materiálu (4).
4. Zařízení podle nároku 1, 2 nebo 3, **vyznačující se tím**, že mezi tlakovou ztrátou přívodu vzduchu Δp [Pa], světlostí S [%] otvorů perforovaného deskového materiálu (4) a střední rychlostí v [m/s] vzduchu na výstupu do prostoru (2) existuje vazba $\Delta p = 6170 v^{1.59} S^{-1.9}$ pro umožnění stanovení hodnoty jedné veličiny na základě požadavku hodnot ostatních dvou veličin.

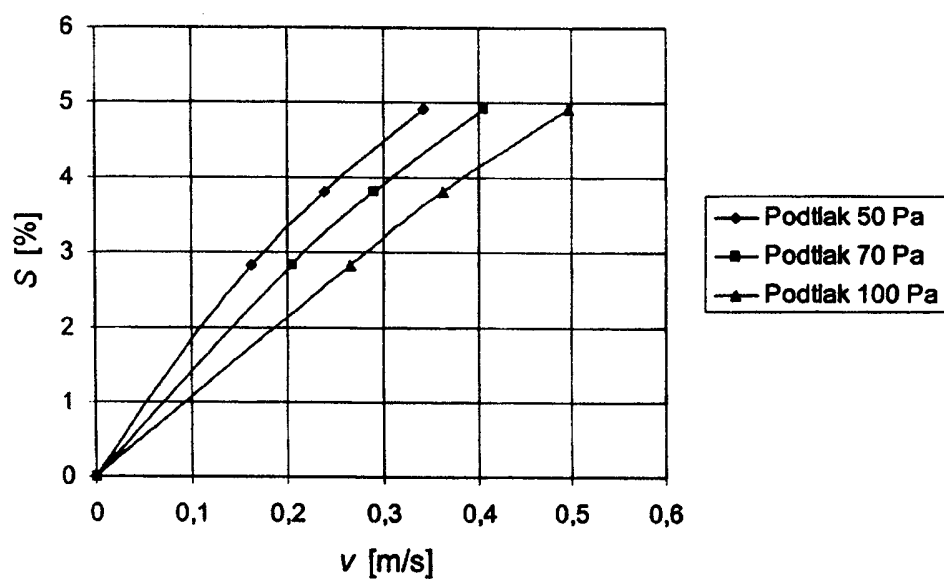
2 výkresy



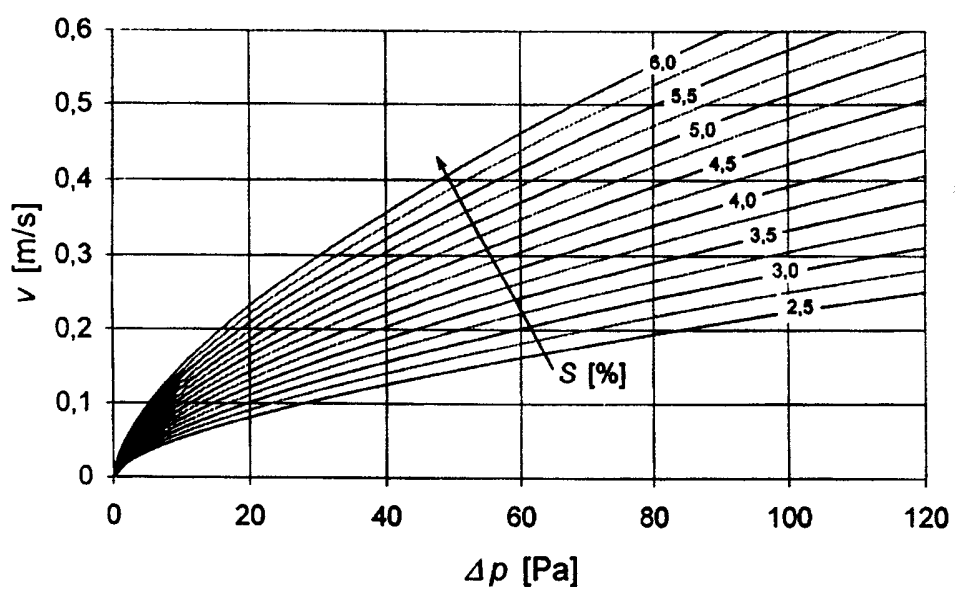
Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3



Obr. 4

Konec dokumentu