

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

zveřejněná podle § 31 zákona č. 527/1990 Sb.

(21) Číslo dokumentu:

2000 - 4361

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **26.05.1999**

(32) Datum podání prioritní přihlášky: **26.05.1998**

(31) Číslo prioritní přihlášky: **1998/98109993**

(33) Země priority: **RU**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **12.06.2002**
(Věstník č. 6/2002)

(86) PCT číslo: **PCT/EP99/03632**

(87) PCT číslo zveřejnění: **WO99/61924**

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl. ⁷:

G 01 P 13/02

G 01 P 5/165

B 64 D 43/02

(71) Přihlašovatel:

PROFESSOR N. E. ZHUKOVSKY CENTRAL
AEROHYDRODYNAMIC INSTITUTE, Moscow
District, RU;
AEROPRIBOR VOSKHOD OJSC, Moscow, RU;
NORD-MICRO ELEKTRONIK FEINMECHANIK
AG, Frankfurt, DE;

(72) Původce:

Vozhdaev Yevgeny Semenovich, Moscow, RU;
Köhler Heinz-Gerhard, Schöneck, DE;
Golovkin Mikhail Alekseevich, M. D. Zhukovsky, RU;
Golovkin Vladimir Alekseevich, M. D. Zhukovsky, RU;
Pankratov Anatoli Kuzmich, Moscow, RU;
Efremov Andrei Aleksandrovich, M. D. Zhukovsky,
RU;

(74) Zástupce:

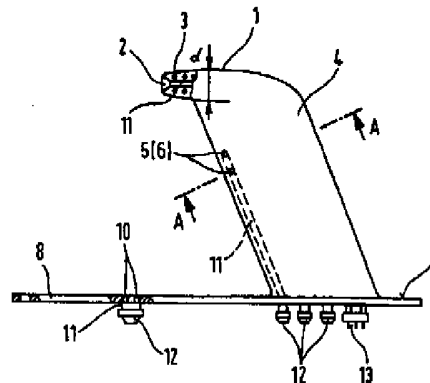
Matějka Jan JUDr., Národní 32, Praha 1, 11000;

(54) Název přihlášky vynálezu:

Pitotova statická trubice

(57) Anotace:

Pitotova statická trubice obsahuje tři skupiny otvorů (2, 30; 5, 6, 34, 35; 10, 44) pro zjišťování celkového tlaku, statického tlaku a úhlu náběhu, osově souměrné těleso (1, 29) a vzpěru (4, 33) pro připevnění ke vzduchovým kanálům (11, 38), uspořádaným mezi nimi, a k elektrickým vyhřívačům (7, 36). Za účelem snížení aerodynamického odporu Pitotovy statické trubice a množství energie, nezbytné pro vyhřívání protinámrazového systému jsou otvory (10, 44) pro měření statického tlaku uspořádány na desce (8, 45) ve směru proudění před vzpěrou (4, 33).



01-2437-00-Ma

PV 2000-4361

10.04.2002

Pitotova statická trubice

Oblast techniky

Vynález se týká určování letových parametrů letadel a létajících dopravních prostředků, jakož i dalších oblastí vědy a techniky, které se zabývají prouděním kapalin nebo plynů.

Dosavadní stav techniky

Měření letových parametrů je jedním z nejvýznamnějších úkolů aeromechaniky a aerodynamiky letadel nebo létajících dopravních prostředků.

V současné době jsou pro účely měření letových parametrů nebo parametrů proudění používány Pitotovy statické trubice, které bývají často namontovány přímo na trup letadla nebo na těleso jakéhokoliv jiného létajícího dopravního prostředku, přičemž tyto Pitotovy statické trubice měří skutečné parametry místního proudění, které je blízké laminárnímu proudění. Pro měření místních parametrů proudění bývá obvykle na trup létajícího dopravního prostředku namontováno několik takových Pitotových statických trubic. Skutečné okamžité letové parametry jsou zjišťovány na základě předběžné kalibrace.

Pitotova statická trubice je známa například z patentového spisu WO 94/02858.

Tato známá Pitotova statická trubice je namontována na těleso trupu letadla a sestává z válcové trubice, namontované na vzpěru, která má zakřivenou náběhovou hranu a zakřivenou zadní hranu, které se sbíhají směrem od základny vzpěry k trubici. Náběhová hranu vzpěry může být zaoblenu. Pitotova statická trubice je opatřena v přední části trubice otvory pro snímání celkového tlaku a otvory pro snímání statického tlaku v určité vzdálenosti od čelní části trubice. Pitotova statická trubice je opatřena vyhřívačem pro zabránění tvorby námrazy.

Takováto Pitotova statická trubice však nemůže být uplatňována pro zjišťování úhlu náběhu, neboť není opatřena otvory pro snímání tlaku, s jehož pomocí by mohl být úhel náběhu měřen. Ve skutečnosti, jak vyplývá ze shora uvedeného patentového spisu WO 94/02858, není tato Pitotova statická trubice pro takovéto účely určena.

Kromě toho sbíhání vzpěry při bočním pohledu ze strany vede k výraznému zvýšení relativní tloušťky profilů průřezů vzpěry při udržování vnitřních objemů, nezbytných pro konstrukci pneumatických drah a vyhřívačů. To dále vede v případě vysokých podzvukových rychlostí (Machovo číslo o velikosti $M = 0,8 - 0,9$) k dřívějšímu objevení místních tlakových vln a k výraznému zvýšení rázového odporu takové Pitotovy statické trubice.

Jiné zařízení pro určování celkového tlaku P_0 , statického tlaku P_s , a tím rovněž Machova čísla M , stejně jako úhlu α náběhu je známo z patentového spisu

RU 2 000 561. Uvedené zařízení sestává z tělesa, zkonstruovaného ve formě desky, naostřené na přední straně, jejíž horní povrchová plocha je uspořádána kolmo k ose otáčení a je opatřena otvory pro měření statického tlaku. V zadní části desky na její horní povrchové ploše je umístěno poloviční křídlo s přímou náběhovou hranou, která je kolmá k horní povrchové ploše desky, a na jejímž konci je uspořádán snímač celkového tlaku. Otvory pro měření úhlu náběhu jsou uspořádány na přímé náběhové hraně polovičního křídla.

Otvory pro měření statického tlaku, snímač celkového tlaku a otvory pro měření úhlu náběhu s pomocí odpovídajících pneumatických drah jsou připojeny k tlakových převodníkům. Zařízení je rovněž opatřeno převodníkem pro úhlové přemístování tělesa. Otvory pro měření statického tlaku mohou být uspořádány na neotočném kotouči, uspořádaným v jedné rovině s horní povrchovou plochou desky. Toto zařízení představuje v podstatě kombinaci funkcí převodníku aerodynamického úhlu a Pitotovy statické trubice.

Uvedené zařízení však má celou řadu nevýhod. Především jde o velkou složitost konstrukce, která je způsobena zejména skutečností, že předmětné zařízení je otáčivé. V důsledku toho musí být vybaveno ložisky s velmi nízkým koeficientem tření, což je nezbytné k tomu, aby celé zařízení bylo staticky a dynamicky vyváženo. Kromě toho musí být vybaveno převodníkem pro úhlové přemístování tělesa. Další nevýhoda, která v podstatě vyplývá z první shora uvedené nevýhody, spočívá ve zvýšení konstrukční hmotnosti.

Nevýhodou předmětného zařízení je rovněž skutečnost, že v důsledku jeho konstrukčních znaků je nemožné, aby byl celkový tlak převáděn do trupu létajícího dopravního

prostředku či k různým uživatelům, kterážto potřeba velmi často existuje, a to s pomocí neotáčivých pneumatických drah. Přenášení tlaku z otáčivé části zařízení na jeho neotáčivou část vyžaduje používání zvláštních těsnění a vede ke složitosti konstrukce a ke zvětšení její hmotnosti, a dále ke zvýšení momentu třecí síly, v důsledku čehož dochází i ke zvýšení minimální velikosti rychlosti, při které takové zařízení začíná pracovat.

V patentovém spise US 4 378 696 je popsána Pitotova statická trubice pro trup letadla, která je určena pro zjišťování letových parametrů nebo parametrů proudění, jako je úhel α náběhu, celkový tlak P_0 a statický tlak P_s , a v důsledku toho rovněž Machovo číslo M . Tato Pitotova statická trubice sestává z podlouhlého osově souměrného tělesa, které má kuželovitou nebo zahrocenou přední část, kde jsou uspořádány otvory pro snímání celkového tlaku, která přechází do kruhového válce na povrchové ploše, kde jsou uspořádány otvory pro snímání statického tlaku.

Dále válcová povrchová plocha přechází do kuželové povrchové plochy, na které jsou uspořádány otvory pro snímání tlaku, na jehož základě je nastavován úhel náběhu, a dále přechází opět do válcové plochy. Pro účely připevnění Pitotovy statické trubice k trupu letadla nebo k tělesu létajícího dopravního prostředku je Pitotova statická trubice opatřena vzpěrou, jejíž průřez má čočkovitý profil s ostrou náběhovou hranou.

Nevýhody uvedené Pitotovy statické trubice jsou následující:

- zvýšení celkových rozměrů osově souměrného tělesa,

- velice složitá konstrukce,
- zvýšení aerodynamického odporu,
- zvýšení přívodu energie pro vyhřívací protinámrazový systém,
- snížení citlivosti na tlaky, měřené v otvorech, uspořádaných na kuželové části a určené pro stanovení úhlu α náběhu, což vede k větším chybám při určování úhlu α náběhu, a
- zvýšení konstrukční hmotnosti.

To je způsobeno zejména následujícími faktory:

1. Daná Pitotova statická trubice má zvětšený středový průřez osově souměrného tělesa. Zvětšené rozměry středového úseku jsou v tomto případě způsobeny dvěma okolnostmi.

První příčina spočívá v tom, že osově souměrné těleso přechází do kuželovité části, na které jsou uspořádány otvory pro snímání tlaku, jehož prostřednictvím je určován úhel náběhu. Za účelem zvýšení malé citlivosti tlaku, snímaného prostřednictvím těchto otvorů v souladu s úhlem náběhu, musí být úhel zkosení dostatečně velký, aby došlo k nezbytnému podstatnému zvýšení průměru osově souměrného tělesa ve směru proudění za danou kuželovitou částí.

Druhá podmínka souvisí se skutečností, že přestože jsou skupiny otvorů pro měření tlaku, které jsou využívány pro zjišťování celkového tlaku, statického tlaku a úhlu náběhu,

rozptýleny v daném uspořádání, jsou všechny umístěny na stejném osově souměrném tělese. Uvnitř tohoto osově souměrného tělesa je nutno uspořádat vzduchové kanály, vedoucí od těchto skupin otvorů, komoru pro statický tlak a rovněž trubicovité elektrické vyhřívače protinámrazového systému.

Průměry vzduchových kanálů a trubicovitých elektrických vyhřívačů protinámrazového systému nemohou být menší, než jsou určité minimální hodnoty, které jsou pro vzduchové kanály stanoveny prostřednictvím velikosti hydrodynamického zpoždění, a které jsou pro trubicovité elektrické vyhřívače protinámrazového systému stanoveny prostřednictvím maximálních hodnot hustoty proudění tepla a teploty povrchu těchto vyhřívačů. Výsledkem je vysoké konstrukční přesycení, to znamená velmi složitá konstrukce osově souměrného tělesa Pitotovy statické trubice.

Shora uvedené podmínky vedou ke zvýšení oblasti středového úseku, a v důsledku toho i ke zvýšení konstrukční hmotnosti, aerodynamického odporu, a energetického příkonu protinámrazového systému.

Je nutno rovněž zdůraznit, že přechod z válcové části na kuželovitou část a poté opět do válcové části může vést k odtrhování proudění za kuželovou částí a k dřívějšímu vzniku místních tlakových rázů (z hlediska Machova čísla). To musí dále vést ke zvýšení aerodynamického odporu. Kromě toho větší průměr osově souměrného tělesa a ne zcela optimální tvar jeho zadní části v kombinaci se vzpěrou rovněž zapříčiňuje nevýhodnou aerodynamickou interferenci (odtrhování proudění a dřívější vznik tlakových rázů) v oblasti spojení zadní části osově souměrného tělesa Pitotovy statické trubice za linií

maximální tloušťky aerodynamického profilu vzpěry ve tvaru čočky. To rovněž vede k určitému zvýšení aerodynamického odporu takové Pitotovy statické trubice.

2. Pitotova statická trubice má dále zvětšenou délku osově souměrného tělesa. To je způsobeno skutečností, že všechny tři skupiny otvorů jsou uspořádány na osově souměrném tělese, přičemž jde o otvory pro měření celkového tlaku, statického tlaku a úhlu náběhu. V takovém případě musejí být otvory pro měření statického tlaku umístěny v dostatečné vzdálenosti od vzpěry, aby měření statického tlaku bylo přesné bez nutnosti provádění korekcí, a aby přetlak od vzpěry byl skutečně vyloučen. To vede k výraznému zvýšení délky osově souměrného tělesa.

Jak je všeobecně známo, tak k vytváření ledu na létajících dopravních prostředcích dochází především v oblastech, které sousedí s oblastmi snižování rychlosti proudění (viz například publikace Bragg M. B., Grigoreh G. M., Lee J. D.: Airfoil Aerodynamic in Icing Conditions, J. Aircraft, díl 23, č. 1, 1986). Takovou oblastí na osově souměrném tělese Pitotovy statické trubice je přední oblast nosu, a rovněž v případě, pokud se úhel náběhu liší od nuly, také oblast v blízkosti linie rozšiřování proudění na návětrné části osově souměrného tělesa Pitotovy statické trubice.

V důsledku toho musejí být velice masivní trubicovité elektrické vyhřívače uspořádány uvnitř takového podlouhlého osově souměrného tělesa podél celé jeho délky. To vede k výraznému nárůstu energetického příkonu, nezbytného pro vyhřívání, a rovněž k dalšímu zvýšení konstrukční hmotnosti, jelikož trubicovité elektrické vyhřívače jsou velice masivní.

Je nutno rovněž poznamenat, že přítomnost kuželovité části na osově souměrném tělese Pitotovy statické trubice vede k uplatňování přídavného přetlakového účinku na válcové části, umístěné vpředu, kde jsou uspořádány otvory pro měření statického tlaku. V důsledku toho přesné stanovení statického tlaku bez provádění korekcí vyžaduje, aby otvory pro jeho snímání byly umístěny v dostatečné vzdálenosti od této kuželovité části. To vede k nezbytnosti dalšího zvýšení délky osově souměrného tělesa, což však rovněž dále vede k určitému zvýšení konstrukční hmotnosti a rovněž ke zvýšení energetické náročnosti elektricky vyhřívaného protinámrazového systému.

3. Elektrické vyhřívače, uspořádané uvnitř vzpěry Pitotovy statické trubice pro účely zamezení tvorby námrazy na její náběhové hraně, a v důsledku toho pro účely zamezení vlivu této námrazy na měření tlaku na osově souměrném tělese, jsou nedostatečně účinné při jejich využívání v tom smyslu, že vyhřívají vzpěru, na které nejsou uspořádány žádné otvory pro měření tlaku. To vede k podstatnému zvýšení hmotnosti a požadovaného příkonu elektrické energie.

Podstata vynálezu

Úkolem předmětu tohoto vynálezu je odstranit shora uvedené nevýhody.

Technické výsledky spočívají v následujícím:

- snížení aerodynamického odporu vzpěry a osově souměrného tělesa Pitotovy statické trubice,

- snížení příkonu energie pro vytápění protinámrazového systému,

- zjednodušení konstrukce,

- snížení celkových rozměrů osově souměrného tělesa, a

- snížení konstrukční hmotnosti.

Technických výsledků je dosaženo v důsledku skutečnosti, že Pitotova statická trubice, obsahující tři skupiny otvorů pro určování celkového tlaku, statického tlaku a úhlu náběhu, a osově souměrné těleso a vzpěru pro připevnění ke vzduchovým kanálům, uspořádaným mezi nimi, a k elektrickým vyhřívacím prvkům protinámrazového systému, je zkonstruována takovým způsobem, že otvory pro měření statického tlaku jsou uspořádány na desce, umístěné ve směru proudění před vzpěrou.

Otvory pro zjišťování úhlu náběhu jsou s výhodou uspořádány na vzpěře.

Osově souměrné těleso s výhodou končí a hladce přechází do vzpěry v oblasti své maximální tloušťky.

Deska s otvory pro měření statického tlaku je zkonstruována odděleně od osově souměrného tělesa se vzpěrou.

Průřez vzpěry má nadzvukový aerodynamický profil s ostrou náběhovou hranou nebo se zaobleným čelem.

Vnější povrchová plocha vzpěry je s výhodou válcová.

Otvory pro měření úhlu náběhu na vzpěře jsou s výhodou uspořádány od jejího čela až do maximální tloušťky aerodynamického profilu.

Elektrické výhřevné prvky uvnitř vzpěry jsou s výhodou přesazeny směrem k čelu.

Vstupní otvory pro zjišťování úhlu náběhu jsou uspořádány na vzpěře nad osově souměrným tělesem vzhledem k základně vzpěry.

Vzpěra je s výhodou opatřena výstupním úsekem, na kterém je uspořádán alespoň jeden další otvor pro odvádění statického tlaku.

Takže otvory pro zjišťování úhlu náběhu mohou být s výhodou uspořádány na vzpěře. Tyto otvory jsou uspořádány na vzpěře mezi jejím čelem a polohou její maximální tloušťky. Proto jsou tedy uvedené otvory uspořádány v oblasti

$$X = 0 \dots X_c$$

kde

X_c - představuje polohu maximální tloušťky.

X_c lze stanovit prostřednictvím následující rovnice:

$$C(X_c) \geq C(X \neq X_c)$$

kde

$C(X)$ - představuje tloušťku profilu ve vzdálenosti X od čela profilu.

Pro účely dalšího snížení aerodynamického odporu Pitotovy statické trubice na trupu letadla může zadní část osově souměrného tělesa končit a hladce přecházet do aerodynamického profilu vzpěry v oblasti její maximální relativní tloušťky.

Někdy je výhodné na základě konstrukčních úvah nebo aerodynamických podmínek měřit statický tlak na trupu létajícího dopravního prostředku v jeho jednom bodě, a měřit celkový tlak a úhel náběhu v jiném bodě. V takovém případě je možno pro účely měření uplatnit navrhovanou Pitotovu statickou trubici, u které je deska s otvory pro měření statického tlaku zkonstruována samostatně a odděleně od osově souměrného tělesa se vzpěrou.

Pro účely uplatňování nadzvukových letových režimů u létajícího dopravního prostředku, kdy je požadováno velmi úzké rozmezí úhlu náběhu, mohou mít průřezy vzpěry aerodynamický profil s ostrým čelem.

Pro účely uplatňování létajících dopravních prostředků, které jsou používány při podzvukových Machových číslech, mohou mít průřezy vzpěry podzvukový aerodynamický profil se zaobleným čelem.

Pro účely rozšíření rozmezí měření úhlu náběhu mohou být vnější povrchové plochy vzpěry provedeny ve válcové formě.

Pro účely ještě dalšího rozšíření rozmezí měření u náběhu mohou být otvory pro měření úhlu náběhu uspořádány na vzpěře od jejího čela až do její maximální tloušťky.

Pro účely ještě dalšího snížení energetické náročnosti protinámrazového systému mohou být elektrické vyhřívací prvky protinámrazového systému přesazeny směrem k náběhové hraně vzpěry.

U výhodného doporučovaného provedení jsou otvory pro zjišťování úhlu náběhu uspořádány na vzpěře nad osově souměrným tělesem vzhledem k základně vzpěry.

Takové uspořádání umožňuje

- dosáhnout zvýšení přesnosti zjišťování úhlu náběhu, a
- dosáhnout zvýšení přesnosti měření statického tlaku pro transonické letové režimy a režimy proudění.

Kromě toho uvedené uspořádání umožňuje dosáhnout snížení vlivu úhlu skluzu na měření místního úhlu náběhu. Toho je dosahováno v důsledku skutečnosti, že vírová stopa od osově souměrného tělesa nespadá do otvorů pro měření úhlu náběhu.

Jelikož aerodynamický odpor osově souměrného tělesa pro nulový úhel náběhu Pitotovy statické trubice a pro nadzvukové a super zvukové rychlosti je přímo úměrný ploše středového úseku, snížení aerodynamického odporu Pitotovy statické trubice musí mít stejný tvar, jako u Pitotovy statické trubice, známé z dosavadního stavu techniky, přičemž by mělo být rovněž přímo úměrné rozdílu čtverců průměrů osově souměrného tělesa u Pitotovy statické trubice, známé

z dosavadního stavu techniky, a u navrhované Pitotovy statické trubice.

Avšak jelikož tvar osově souměrného tělesa u navrhované Pitotovy statické trubice nemá žádné další stupně (kuželový stupeň s následujícím zesílením), jako je tomu v případě Pitotovy statické trubice, známé z dosavadního stavu techniky, nebude docházet k žádnému odtržení proudu ani k vytváření rázů ve směru proudění za kuželovým stupněm. Proto bude snížení aerodynamického odporu dokonce větší.

Při velkých úhlech náběhu bude snížení odporu rovněž velmi výrazné v důsledku skutečnosti, že délka osově souměrného tělesa u navrhované Pitotovy statické trubice je podstatně menší, než je tomu u příkladné Pitotovy statické trubice, známé z dosavadního stavu techniky. Jelikož zde není žádná potřeba přivádět elektrickou energii pro vyhřívání desky, na které jsou umístěny otvory pro měření statického tlaku, v případě navrhované Pitotovy statické trubice, v důsledku absence podmínek pro vytváření námrazy (jelikož zde nejsou žádné oblasti zpomalování proudění), přičemž požadovaná energie pro vyhřívání vzpěry, na které jsou otvory pro zjišťování úhlu náběhu uspořádány, je přibližně stejná, jako požadovaná energie pro vyhřívání vzpěry u Pitotovy statické trubice, známé z dosavadního stavu techniky, je snížení požadované energie, nezbytné pro vyhřívání u navrhované Pitotovy statické trubice, stanoveno prostřednictvím snížení množství energie pro vyhřívání osově souměrného tělesa.

Toto snížení je přímo úměrné rozdílu mezi plochami vnějších povrchů osově souměrného tělesa u Pitotovy statické trubice, známé z dosavadního stavu techniky, a u navrhované

Pitotovy statické trubice (za předpokladu stejné teploty na jejich povrchových plochách). Jelikož množství energie, nezbytné pro vyhřívání osově souměrného tělesa u Pitotovy statické trubice, známé z dosavadního stavu techniky, je přibližně stejné, jako množství energie, vyžadované pro vyhřívání vzpěry, tak v souladu s přibližnými odhady může být množství energie, potřebné pro elektrické vyhříváče u navrhované Pitotovy statické trubice, sníženo přibližně o 50 % v porovnání s Pitotovou statickou trubicí, známou z dosavadního stavu techniky.

Jelikož stupňovité uspořádání otvorů na desce pro měření statického tlaku bez provádění korekcí z hlediska přetlaku vzhledem k základně vzpěry Pitotovy statické trubice a vzhledem k jejímu vychýlení může být výhodně sníženo v porovnání s odpovídajícími otvory u Pitotovy statické trubice, známé z dosavadního stavu techniky, na osově souměrném tělese, pak hmotnost desky a osově souměrného tělesa u navrhované Pitotovy statické trubice může být, jak ukázaly předběžné konstrukční studie, přibližně stejná, jako hmotnost vnějšího pláště osově souměrného tělesa u Pitotovy statické trubice, známé z dosavadního stavu techniky. V důsledku toho dochází ke snížení konstrukční hmotnosti u navrhované Pitotovy statické trubice pouze díky snížení hmotnosti vyhříváčů v osově souměrném tělese. Toto snížení hmotnosti činí přibližně 15 až 20 % hmotnosti Pitotovy statické trubice.

Pokud je osově souměrné těleso zkonstruováno takovým způsobem, že jeho zadní část končí a hladce přechází do vzpěry v oblasti její maximální tloušťky, pak dochází ke zlepšení interference osově souměrného tělesa a vzpěry, přičemž současně dochází k dalšímu podstatnému snížení

aerodynamického odporu Pitotovy statické trubice, a to v důsledku nepřítomnosti přidavného difuzéru. V případě, kdy z důvodů konstrukce, aerodynamických nebo nějakých jiných podmínek musela být deska na létajícím dopravním prostředku umístěna na jeho trupu v místě, kde působí statický tlak, přičemž vzpěra s osově souměrným tělesem Pitotovy statické trubice by musela být umístěna na jiném místě, pak je deska s otvory pro měření statického tlaku zkonstruována samostatně a odděleně od osově souměrného tělesa se vzpěrou.

Za účelem dalšího snížení odporu nadzvukového létajícího dopravního prostředku, kdy je potřebné provádět měření úhlu náběhu v dostatečně úzkém rozmezí, mohou mít průřezy vzpěry aerodynamický profil se zaostřeným čelem. Pokud je Pitotova statická trubice uplatňována na létajícím dopravním prostředku, který je provozován při podzvukových Machových číslech M , pak za účelem dalšího snížení odporu a rozšíření rozmezí pro měření úhlu náběhu mohou mít průřezy vzpěry specializovaný podzvukový aerodynamický profil se zaobleným čelem.

Pro účely dalšího rozšíření rozmezí při měření úhlu náběhu může být vnější povrchová plocha vzpěry provedena ve tvaru válcové plochy. Pro účely dalšího rozšíření rozmezí pro měření úhlu náběhu mohou být otvory pro měření úhlu náběhu uspořádány na vzpěře směrem od jejího čela až do její maximální tloušťky. V důsledku přesazení elektrických vyhřívacích prvků směrem k náběhové hraně vzpěry dochází k dalšímu podstatnému snížení tepelných ztrát v porovnání s Pitotovou statickou trubicí, známou z dosavadního stavu techniky, a tím i ke snížení množství energie, nezbytné pro vyhřívání.

Za účelem zvýšení přesnosti zjišťování statického tlaku při transonických rychlostech proudění může být aerodynamický profil vzpěry opatřen výstupním úsekem, na kterém je uspořádán alespoň jeden přídavný otvor pro odvádění statického tlaku.

Za účelem zjednodušení konstrukce a snížení aerodynamického odporu může být vzpěra provedena jako prvek skutečného vzduchového rámu létajícího dopravního prostředku.

V důsledku skutečnosti, že vliv změny úhlu náběhu na velikost tlaků, naměřených na aerodynamickém profilu, je podstatně vyšší, než u kužele, je chyba měření úhlu náběhu u navrhované Pitotovy statické trubice podstatně nižší, než u Pitotovy statické trubice, známé z dosavadního stavu techniky, a to zejména tehdy, jsou-li otvory uspořádány v její blízkosti.

Kromě toho v důsledku přenesení otvorů pro měření úhlu náběhu z osově souměrného tělesa na vzpěru dochází k podstatnému zjednodušení konstrukce osově souměrného tělesa, stejně jako ke zmenšení jeho průměru a aerodynamického odporu.

Snížení aerodynamického odporu vzpěry je dosaženo uplatněním vhodného (podzvukového nebo nadzvukového) aerodynamického profilu. V důsledku přesazení elektrických vyhřívačů protinámrazového systému směrem k čelu profilu vzpěry, které je nejnáchylnější na působení námrazy, je možno podstatně snížit množství energie, nezbytné pro vyhřívání.

Jelikož k jevu transonické stabilizace tlaků nedochází v oblasti výstupního úseku aerodynamického profilu, tak

uspořádání otvorů pro odvádění statického tlaku na výstupním úseku může přispět k podstatnému zvýšení přesnosti měření tlaku v případě transonických rychlostí proudění. Uspořádání otvorů pro odvádění statického tlaku na zvláštní desce na povrchové ploše trupu letadla rovněž přispívá k podstatnému zjednodušení konstrukce Pitotovy statické trubice, přičemž může rovněž docházet ke snížení množství energie, nezbytné pro vyhřívání protinámrazového systému, jelikož tak dochází k podstatnému zjednodušení osově souměrného tělesa, přičemž deska není vystavena působení námrazy tak, jako osově souměrné těleso.

Přehled obrázků na výkresech

Konstrukce předmětu tohoto vynálezu bude společně s dalšími jeho úkoly a výhodami v dalším podrobněji vysvětlena na příkladech jeho provedení, jejichž popis bude podán s přihlédnutím k přiloženým výkresům, kde:

obr. 1 znázorňuje boční nárysý pohled na první provedení Pitotovy statické trubice podle tohoto vynálezu, která je optimální pro namontování na osobní letadlo střední třídy;

obr. 2 znázorňuje půdorysný pohled seshora na Pitotovu statickou trubici podle obr. 1;

obr. 3 znázorňuje pohled v řezu, přičemž řez je veden podél čáry A-A z obr. 1;

obr. 4 znázorňuje jednu z variant navrhované Pitotovy statické trubice s osově souměrným tělesem, jehož zadní část

končí a hladce přechází do vzpěry v oblasti její maximální tloušťky;

obr. 5 znázorňuje pohled v řezu, přičemž řez je veden podél čáry A-A z obr. 4;

obr. 6 znázorňuje pohled v řezu, přičemž řez je veden podél čáry B-B z obr. 4;

obr. 7 znázorňuje pohled v řezu, přičemž řez je veden podél čáry C-C z obr. 4;

obr. 8 znázorňuje variantu navrhované Pitotovy statické trubice, u které je deska s otvory pro měření statického tlaku zkonstruována samostatně a odděleně od osově souměrného tělesa se vzpěrou;

obr. 9 znázorňuje půdorysný pohled seshora na Pitotovu statickou trubici podle obr. 8;

obr. 10 znázorňuje pohled v řezu, přičemž řez je veden podél čáry A-A z obr. 8;

obr. 11 znázorňuje první variantu navrhované Pitotovy statické trubice s prvním vychýlením její vzpěry z hlediska náběhové hrany;

obr. 12 znázorňuje druhou variantu navrhované Pitotovy statické trubice s druhým vychýlením její vzpěry;

obr. 13 znázorňuje třetí variantu navrhované Pitotovy statické trubice s třetím vychýlením její vzpěry;

obr. 14 až obr. 19 znázorňují různé varianty profilů vzpěry;

obr. 20 znázorňuje boční nárysný pohled na další provedení předmětu tohoto vynálezu;

obr. 21 znázorňuje pohled v řezu, přičemž řez je veden podél čáry A-A z obr. 20;

obr. 22 znázorňuje půdorysný pohled seshora na Pitotovu statickou trubici podle obr. 20;

obr. 23 znázorňuje boční nárysný pohled na další jiné provedení předmětu tohoto vynálezu;

obr. 24 znázorňuje pohled v řezu na odlišné provedení Pitotovy statické trubice podle tohoto vynálezu, přičemž řez je veden podél čáry A-A z obr. 20;

obr. 25 znázorňuje pohled v řezu, přičemž řez je veden podél čáry A-A z obr. 24;

obr. 26 znázorňuje půdorysný pohled seshora na Pitotovu statickou trubici podle obr. 25;

obr. 27 znázorňuje příkladný graf funkčního vztahu kalibračního sklonu; a

obr. 28 znázorňuje změny Machova čísla v poměru P_{44}/P_{30} .

Příklady provedení vynálezu

Pitotova statická trubice, která je znázorněna na vyobrazeních podle obr. 1 až obr. 10, sestává z osově souměrného tělesa 1, v jehož čelní části je uspořádán otvor 2 pro zjišťování celkového tlaku. Uvnitř osově souměrného tělesa 1 jsou umístěny trubcovité elektrické vyhřívače 3 protinámrazového systému.

Osově souměrné těleso 1 je namontováno na vzpěře 4, na které jsou uspořádány otvory 5 a 6 pro zjišťování úhlu náběhu, přičemž uvnitř vzpěry 4 jsou uspořádány trubcovité elektrické vyhřívače 7 protinámrazového systému. Pro zachování otvorů může být několik otvorů 5 a 6 uspořádáno v každém případě na horní a spodní ploše profilu vzpěry 4.

Pitotova statická trubice je opatřena deskou 8, která může být připojena k přírubě 9 nebo může být současně tvořena přírubou 9 pro upevnění vzpěry a desky k trupu létajícího dopravního prostředku. Otvory 10 pro měření statického tlaku jsou uspořádány v desce 8.

Tlaky z otvorů 2, 5, 6 a 10 jsou odváděny ven z Pitotovy statické trubice s pomocí vzduchových kanálů 11 a trysek 12, přičemž vyhřívání osově souměrného tělesa 1 a vzpěry 4 Pitotovy statické trubice je prováděno s pomocí elektrických vyhřívačů 3 a 7 prostřednictvím elektrické přípojky 13.

Otvory 5 a 6 jsou uspořádány na vzpěře 4 mezi jejím čelem a polohou X_c její maximální tloušťky, jak je znázorněno na vyobrazeních podle obr. 4, obr. 5 a obr. 14 až obr. 19.

Pitotova statická trubice pracuje následujícím způsobem. Tlaky, snímané prostřednictvím otvorů 2, 5, 6 a 10 jsou přenášeny prostřednictvím trysek 12 do převodníkové jednotky, která převádí tyto tlaky na elektrické signály. Tyto elektrické signály jsou zasílány do jednotky pro zpracovávání informací, ve které jsou stanovovány průtokové (letové) parametry P_0 , P_s , α v souladu s kalibračními závislostmi.

Do trubicovitých elektrických vyhřívačů 3 a 7 protinámrazového systému je přiváděna elektrická energie prostřednictvím elektrické přípojky 13 za účelem zabránění tvorby námrazy, která může silně narušit podmínky měření nebo může vytvářet překážky v otvorech a může vést až k poškození Pitotovy statické trubice. Trubicovité elektrické vyhřívače 3 a 7 protinámrazového systému vyhřívají vnější plášť osově souměrného tělesa 1 a vzpěry 4, jakož i vzduchové kanály 11, které bývají zpravidla vyrobeny z vysoce tepelně vodivých materiálů (například z niklu). Výkon trubicovitých elektrických vyhřívačů 3 a 7 protinámrazového systému a množství dodávané elektrické energie jsou voleny tak, aby bylo zabráněno vytváření námrazy na povrchu osově souměrného tělesa 1 a vzpěry 4, jakož i v otvorech 2, 5 a 6.

Pro účely dalšího snížení aerodynamického odporu prostřednictvím zdokonalení interference mezi osově souměrným tělesem 1 a vzpěrrou 4 je zadní část osově souměrného tělesa 1 připojena hladce, přičemž končí v oblasti maximální tloušťky vzpěry 4, jak je znázorněno na vyobrazeních podle obr. 4 až obr. 7.

V případě nutnosti vycházejí z příslušné konstrukce nebo z aerodynamických předpokladů může být deska 8 s otvory pro měření statického tlaku provedena na tělese Pitotovy statické

trubice odděleně od osově souměrného tělesa 1 a vzpěry 4, jak je znázorněno na vyobrazeních podle obr. 8 a obr. 9.

Konstrukce a aerodynamické parametry Pitotovy statické trubice jsou zvoleny na základě požadavků na provozní rozmezí Pitotovy statické trubice, na přesnost měření a na podmínky proudění létajícího dopravního prostředku. Výška h Pitotovy statické trubice (viz obr. 11 až obr. 13) je zvolena tak, že otvor pro snímání celkového tlaku je umístěn za limity mezní vrstvy. Odstupňování l_s otvorů pro měření statického tlaku na desce 8 vzhledem ke vzpěře 4 je zvoleno tak, že přetlak od vzpěry 4 neovlivňuje výsledky měření aniž nevytváří žádné možné poruchy, jako jsou například tlakové rázy v přechodových a nadzvukových letových režimech.

Výška h_a otvorů 5 a 6 pro měření úhlu α náběhu je rovněž zvolena za předpokladu absence poruch. Pokud je Pitotova statická trubice určena výlučně pro provoz při nadzvukových rychlostech a při velmi malých úhlech náběhu, může mít profil čočkovitý tvar, který je v přední části zahrocený. Několik možných průřezů vzpěry 4 je znázorněno na vyobrazeních podle obr. 14 až obr. 17. Pro nadzvukové rychlosti je možno používat profilu se zaoblenou přední částí, který je vyladěn pro odpovídající provozní režimy, například s ohledem na Machovo číslo M . Na základě charakteristik profilů a provozních podmínek je vychýlení χ vzpěry 4 rovněž zvolen tak, že má náběhovou hranu (viz obr. 11 až obr. 13).

Za účelem například rozšíření rozmezí měření úhlu náběhu pro velmi nízké rychlosti mohou mít profily průřezu vzpěry 4 zejména eliptický nebo kruhový tvar.

Příkladné provedení Pitotovy statické trubice, určené optimálně pro namontování na trup letadla pro přepravu osob střední třídy nebo na trup dopravního letadla, je znázorněno na vyobrazeních podle obr. 1 až obr. 3.

Pitotova statická trubice, znázorněná na vyobrazeních podle obr. 20 až obr. 26, sestává z osově souměrného tělesa 29, v jehož čelní části je uspořádán otvor 30 pro zjišťování celkového tlaku. Uvnitř osově souměrného tělesa 29 jsou umístěny trubicovité elektrické vyhřívače 32 protinámrazového systému. Osově souměrné těleso 29 je připevněno ke vzpěře 33, přičemž otvory 34 a 35 pro zjišťování úhlu náběhu jsou uspořádány nad osově souměrným tělesem 29 ve vztahu k základně vzpěry 33, a přičemž trubicovité elektrické vyhřívače 36 jsou uspořádány uvnitř vzpěry 33.

Několik otvorů 34 a 35 může být uspořádáno pro ušetření otvorů na horní a spodní povrchové ploše průřezu vzpěry 33. Uvedené otvory 34 a 35 mohou být uspořádány mezi čelem a polohou maximální tloušťky vzpěry 33. Pitotova statická trubice může být připevněna k trupu letadla s pomocí příruby. Tlak z otvorů 30, 34 a 35 je odváděn z Pitotovy statické trubice s pomocí vzduchových kanálů 38 a trysek 39, přičemž vyhřívání osově souměrného tělesa 29 a vzpěry 33 Pitotovy statické trubice je prováděno s pomocí trubicovitých elektrických vyhřívačů 32 a 36 prostřednictvím elektrické přípojky 40. Statický tlak je zjišťován prostřednictvím otvorů 44 v desce 45, uspořádané ve směru proudění před vzpěrou 33.

Pitotova statická trubice pracuje následujícím způsobem. Tlak, snímáný s pomocí otvorů 30, 34, 35 a 44, je přenášen

prostřednictvím trysek 39 do převodníkové jednotky, která převádí tento tlak na elektrické signály. Tyto elektrické signály jsou zasílány do jednotky pro zpracování informací, ve které jsou parametry proudění neboli letové parametry P_0 , P_s a α stanovovány na základě kalibračních vztahů.

Elektrická energie je přiváděna do trubicovitých elektrických vyhřívačů 32 a 36 protinámrazového systému prostřednictvím elektrické přípojky 40 za účelem zabránění vytváření ledu, který může výrazně ovlivnit měření nebo může vést k ucpání otvorů a k poškození Pitotovy statické trubice. Trubicovité elektrické vyhřívače 32 a 36 protinámrazového systému vyhřívají vnější plášť osově souměrného tělesa 29 a vzpěry 33, stejně jako vzduchové kanály 38, které jsou zpravidla vyrobeny z materiálů, které jsou mimořádně dobrými tepelnými vodiči, jako je například nikl. Energetický příkon trubicovitých elektrických vyhřívačů 32 a 36 protinámrazového systému a množství přiváděné elektrické energie je zvoleno tak, aby bylo zabráněno vytváření ledu na povrchových plochách osově souměrného tělesa 29 a vzpěry 33, stejně jako v otvorech 30, 34, 35 a 44.

Pro účely zjednodušení konstrukce osově souměrného tělesa 29 a pro účely dalšího snížení elektrické energie, spotřebovávané trubicovitými elektrickými vyhřívači 32 a 36 protinámrazového systému Pitotovy statické trubice, jsou otvory 44 pro odvádění statického tlaku (viz obr. 20 až obr. 26) uspořádány na desce 45, která může být umístěna na trupu létajícího dopravního prostředku.

Pro účely snížení množství elektrické energie, potřebné pro napájení trubicovitých elektrických vyhřívačů 32 a 36 protinámrazového systému, mohou být tyto přesazeny směrem

k čelní části vzpěry 33, která je nejvíce vystavena působení námrazy (viz obr. 20).

Na vyobrazení podle obr. 23 je znázorněno odlišné provedení Pitotovy statické trubice, opatřené výstupním úsekem, ve kterém je uspořádán alespoň jeden otvor 41 pro odvádění statického tlaku. Tento otvor 41 je připojen k trysce 39 prostřednictvím vzduchového kanálu 42 a slouží pro zvýšení přesnosti měření statického tlaku v oblastech Machova čísla, blízkých jednotnosti. Pitotovy statické trubice, známé z dosavadního stavu techniky, jsou opatřeny otvory pro statický tlak, které jsou uspořádány na osově souměrném tělese, které je podrobena stabilizaci tlaku.

Tlak na výstupním úseku nepodléhá jevu stabilizace (viz obr. 28), přičemž statický tlak je nastaven na základě kalibrací, provedených již dříve.

Na vyobrazeních podle obr. 24 až obr. 26 je znázorněna varianta uspořádání navrhované Pitotovy statické trubice, která je optimální pro letadla střední třídy pro hlavní trasy nebo pro dopravní letadla.

U všech znázorněných provedení pak otvory, uspořádané na dvou povrchových plochách vzpěry, umožňují spolehlivé měření dokonce i tehdy, pokud je jeden nebo několik otvorů zablokováno. Takže celkový tlak P_0 , statický tlak P_s a úhel α náběhu mohou být zjišťovány nezávisle na případném nesprávném fungování.

Na vyobrazení podle obr. 27 je znázorněn příklad funkčního vztahu kalibračního sklonu

$$\chi_{\alpha} = (P_6 - P_7) / (P_2 - P_3)$$

pro zjišťování úhlu α náběhu pro navrhovanou Pitotovu statickou trubici a rovněž pro Pitotovu statickou trubici, známou z dosavadního stavu techniky, u které jsou otvory pro zjišťování úhlu α náběhu uspořádány na kuželové části osově souměrného tělesa, přičemž P_i je tlak, měřený v příslušném otvoru.

Na vyobrazení podle obr. 28 jsou znázorněny změny Machova čísla v poměru P_{44}/P_{30} příslušně naměřených tlaků. Tlak P_{44} je na desce ve směru proudění před vzpěrou, tlak P_{30} je na čelní části osově souměrného tělesa a změny Machova čísla jsou v poměru P_{41}/P_{30} , kde P_{41} je tlak ve výstupní oblasti aerodynamického profilu vzpěry.

Při využívání předmětu tohoto vynálezu lze dosáhnout následujících výhod:

- konstrukční zjednodušení,
- snížení celkových rozměrů osově souměrného tělesa,
- snížení aerodynamického odporu,
- snížení požadovaného výkonu vyhřívacího protinámrazového systému Pitotovy statické trubice,
- snížení hmotnosti, a
- zvýšení přesnosti měření úhlu náběhu.

Lze to názorně předvést za předpokladu, že základní konstrukce, jakož i geometrické a aerodynamické parametry vzpěry (výška, úhel vychýlení, profil a relativní tloušťka) zůstávají stejné pro navrhovanou Pitotovu statickou trubici, jako například i u Pitotovy statické trubice, známé z dosavadního stavu techniky, jelikož provedené konstrukční studie ukazují, že je to možné.

1. Konstrukčního zjednodušení lze dosáhnout díky skutečnosti, že skupiny otvorů pro odvádění tlaku, na jejichž základě je stanovován úhel náběhu a statický tlak, jsou uspořádány nikoli na osově souměrném tělese Pitotovy statické trubice, avšak na vzpěře a na desce Pitotovy statické trubice.

Konstrukční saturace Pitotovy statické trubice je velmi vysoká, neboť jsou zde vzduchové kanály, vycházející z každé z uvedených skupin otvorů, přičemž je rovněž nezbytné uspořádat elektrické vyhřívací prvky protinámrazového systému uvnitř osově souměrného tělesa a vzpěry. V důsledku přemístění otvorů pro měření úhlu náběhu a statického tlaku z osově souměrného tělesa na vzpěru a na desku je saturace konstrukce snížena, přičemž je konstrukce osově souměrného tělesa a celé navrhované Pitotovy statické trubice se vzpěrou podstatně zjednodušena.

2. V důsledku přemístění otvorů pro odvádění tlaku, jejichž prostřednictvím je stanovován úhel náběhu a statický tlak, z osově souměrného tělesa na vzpěru a na desku je podstatně snížen průměr d osově souměrného tělesa (viz obr. 1). Provedené konstrukční studie prokázaly, že průměr d osově souměrného tělesa může být u navrhované Pitotovy statické trubice v porovnání se známou Pitotovou

statickou trubicí (mající stejné průměry vnitřních kanálů a elektrických vyhřívacích prvků) snížen přibližně 1,5 až 2 krát, přičemž délka l tělesa může být snížena 8 až 10 krát.

3. Aerodynamický odpor osově souměrného tělesa může být vyjádřen vzorcem

$$D = C_x \cdot q \cdot S$$

kde

C_x - představuje koeficient odporu,

q - představuje dynamický tlak, a

S - představuje charakteristickou plochu.

Pro osově souměrné těleso Pitotovy statické trubice je kromě charakteristického rozměru rovněž možno zjistit plochu středového úseku, která je dána vztahem

$$S = \pi d^2/4$$

kde

d - představuje průměr tohoto středového úseku.

Takže pokud bylo osově souměrné těleso navrhované Pitotovy statické trubice geometricky podobné osově souměrnému tělesu Pitotovy statické trubice, známé z dosavadního stavu techniky (to znamená při zachování stejné velikosti C_s), bude aerodynamický odpor osově souměrného tělesa u navrhované Pitotovy statické trubice snížen přibližně 2 až 2,4 krát při stejných dynamických tlacích (to jest při stejné velikosti rychlosti V a Machova čísla M), a

to v důsledku snížení průměru d 1,5 až 2 krát (viz shora uvedený odstavec 2).

Avšak jelikož tvar osově souměrného tělesa u navrhované Pitotovy statické trubice nemá přídatné stupně (kuželová část s následujícím zvýšením průměru, jako je tomu v případě Pitotovy statické trubice, známé z dosavadního stavu techniky), nebude vykazovat žádné odtržení proudění ani tlakové rázy za kuželovou částí ve směru proudění. Takže jak vyhodnocení prokázala, může být velikost koeficientu C_x odporu pro osově souměrné těleso u navrhované Pitotovy statické trubice dále snížena přibližně o 7 až 10 %. V důsledku toho je aerodynamický odpor osově souměrného tělesa u navrhované Pitotovy statické trubice snížen pro $\alpha = 0$ přibližně 2,5 až 4,5 krát. Pro úhly náběhu, které nejsou rovny nule, může být aerodynamický odpor osově souměrného tělesa rovněž podstatně snížen v důsledku snížení jeho délky (8 až 10 krát). Jak vyhodnocení ukázala, lze v takovém případě očekávat snížení odporu osově souměrného tělesa 5 až 7 krát.

Další snížení aerodynamického odporu u navrhované Pitotovy statické trubice může být zajištěno v důsledku skutečnosti, že zadní část osově souměrného tělesa končí a hladce přechází do vzpěry v oblasti její maximální tloušťky. Kladného účinku je dosahováno v tomto případě prostřednictvím uspořádání zadní části, která je vystavena působení interference, osově souměrného tělesa Pitotovy statické trubice a vzpěry. Jelikož v tomto případě není žádný další difuzér v oblasti spoje kuželové zadní části osově souměrného tělesa a zadní části profilu spoje, je tedy dosaženo úspěchu při zabránění odtržení proudění a místních rázů. Jak

vyhodnocení prokázala, spočívá výsledek v tom, že odpor celé Pitotovy statické trubice může být dále snížen o 10 až 15 %.

Dalšího snížení aerodynamického odporu lze dosáhnout prostřednictvím volby specializovaných aerodynamických profilů vzpěry Pitotovy statické trubice, které jsou vyladěny vůči odpovídajícím základním letovým režimům létajícího dopravního prostředku (nadzvukový režim s ostrou náběhovou hranou, nebo podzvukový režim se zaoblenou náběhovou hranou aerodynamického profilu vzpěry).

4. Požadovaný výkon vyhřívacího protinámrazového systému osově souměrného tělesa navrhované Pitotovy statické trubice může být rovněž podstatně snížen v porovnání s osově souměrným tělesem Pitotovy statické trubice, známé z dosavadního stavu techniky. Při stejném vyzařování tepla z osově souměrného tělesa a při stejné teplotě jeho povrchu je požadovaný výkon přímo úměrný ploše jeho bočního povrchu πdl , to znamená, že závisí lineárně na průměru d Pitotovy statické trubice a na její délce l .

Jelikož v souladu s odstavcem 2 může být průměr d osově souměrného tělesa navrhované Pitotovy statické trubice snížen 1,5 až 2 krát, zatímco jeho délka l může být snížena 8 až 10 krát, může být požadovaný výkon protinámrazového systému celkově snížen 12 až 20 krát v porovnání s osově souměrným tělesem Pitotovy statické trubice, známé z dosavadního stavu techniky.

Jelikož u navrhované Pitotovy statické trubice není nutno přivádět elektrickou energii pro vyhřívání desky, na které jsou umístěny otvory pro měření statického tlaku, a to díky absenci námrazových podmínek na této desce, neboť zde

nejsou žádné oblasti zpomalování proudění, přičemž energie, požadovaná pro vyhřívání vzpěry, je přibližně stejná, jako je tomu při vyhřívání vzpěry Pitotovy statické trubice, známé z dosavadního stavu techniky, je snížení požadované energie pro vyhřívání určováno snížením požadované energie pro vyhřívání osově souměrného tělesa.

Avšak jelikož energie, požadované pro vyhřívání osově souměrného tělesa u Pitotovy statické trubice, známé z dosavadního stavu techniky, je přibližně stejná, jako energie, požadovaná pro vyhřívání vzpěry, jsou výsledky v souladu s přibližným vyhodnocením takové, že nezbytný příkon pro elektrické vyhříváče u navrhované Pitotovy statické trubice může být snížen přibližně o 50 % v porovnání s Pitotovou statickou trubicí, známou z dosavadního stavu techniky.

Kromě toho může být snížení množství energie, nezbytné pro vyhřívání Pitotovy statické trubice, dosaženo v důsledku přesazení trubicovitých elektrických vyhříváčů protinámrazového systému směrem k náběhové hraně vzpěry, jelikož jde o oblast, přiléhající k její náběhové hraně, která je nejvíce náchylná na vytváření námrazy.

5. Jelikož odstupňování otvorů na desce pro měření statického tlaku (bez provádění korekcí vzhledem k přetlaku) vzhledem k základně vzpěry Pitotovy statické trubice může být výrazně sníženo v důsledku vychýlení vzpěry v porovnání s odpovídajícími otvory u Pitotovy statické trubice, známé z dosavadního stavu techniky, na osově souměrném tělese, hmotnost desky a osově souměrného tělesa u navrhované Pitotovy statické trubice může být, jak prokázaly předběžné konstrukční studie, přibližně stejná, jako hmotnost vnějšího

pláště osově souměrného tělesa u Pitotovy statické trubice, známé z dosavadního stavu techniky.

V důsledku toho ke snížení konstrukční hmotnosti navrhované Pitotovy statické trubice dochází pouze v důsledku snížení hmotnosti vyhřívačů v osově souměrném tělese. Toto snížení hmotnosti činí přibližně 15 až 20 % hmotnosti Pitotovy statické trubice.

6. Zvýšení přesnosti měření úhlu náběhu u navrhované Pitotovy statické trubice v porovnání s Pitotovou statickou trubicí, známou z dosavadního stavu techniky, je dosahováno v důsledku skutečnosti, že otvory pro zjišťování tlaků, jejichž prostřednictvím je úhel náběhu stanovován, jsou uspořádány na vzpěře, která má průřez ve formě aerodynamického profilu, a nikoli na kuželové části osově souměrného tělesa.

Z funkčních vztahů, znázorněných na vyobrazení podle obr. 27, je patrné, že sklon, který byl získán na základě experimentálních údajů jako derivace pro otvory na aerodynamickém profilu v rozmezí úhlů α náběhu o velikosti 0 až 20°, je podstatně (asi 5 krát) větší, než pro otvory, uspořádané na kuželové povrchové ploše osově souměrného tělesa u Pitotovy statické trubice, známé z dosavadního stavu techniky.

Chyba při stanovení úhlu α náběhu může být zapsána v následující formě

$$\delta\alpha = d\alpha/d\chi_\alpha * \delta p/q$$

kde

q - představuje dynamický tlak, a

δp - představuje chybu měření tlakového rozdílu

$$P_{35} - P_{34}.$$

Takže pro chybu v převodnicích reálného tlaku o velikosti $p = 0,15$ mm rtuťového sloupce při $M = 0,2$ má chyba měření úhlu náběhu v uvedeném rozmezí úhlů náběhu velikost $0,08^\circ$ u navrhované Pitotovy statické trubice, přičemž však má velikost $0,4^\circ$ u Pitotovy statické trubice, známé z dosavadního stavu techniky. Takže přesnost stanovení úhlu náběhu u navrhované Pitotovy statické trubice vzrostla 5 krát.

7. Jelikož je u navrhované Pitotovy statické trubice možno zvolit základní tlak ze strany výstupního úseku aerodynamického profilu vzpěry, přičemž základní tlak je monotónní funkcí Machova čísla a nepodléhá jevu transonické stabilizace (v porovnání s charakterem změn velikostí P_{41}/P_{30} a P_{44}/P_{30} podle obr. 28), je možno, jak experimenty prokázaly, zvýšit přesnost měření statického tlaku pro $M \approx 1,0$ u dané varianty navrhované Pitotovy statické trubice.

Takže dané výsledky vypočtených vyhodnocení, stejně jako konstrukční a plánovací studie zcela jasně prokázaly výhody pro všechny uvedené parametry a vlastnosti u navrhované Pitotovy statické trubice v porovnání s Pitotovou statickou trubicí, známou z dosavadního stavu techniky.

Jelikož je zpravidla na letadle umístěno několik takových Pitotových statických trubic, je takto dosaženo

výrazného snížení hmotnosti a rovněž aerodynamického odporu, přičemž rovněž dochází k výrazným úsporám elektrické energie.

P A T E N T O V É N Á R O K Y

1. Pitotova statická trubice, obsahující tři skupiny otvorů (2, 30; 5, 6, 34, 35; 10, 44) pro zjišťování celkového tlaku, statického tlaku a úhlu náběhu, osově souměrné těleso (1, 29) a vzpěru (4, 33) pro připevnění ke vzduchovým kanálům (11, 38), uspořádaným mezi nimi, a k elektrickým vyhřívačům (7, 36), v y z n a č u j í c í s e t í m , že otvory (10, 44) pro měření statického tlaku jsou uspořádány na desce (8, 45) ve směru proudění před vzpěrou (4, 33).

2. Pitotova statická trubice podle nároku 1, v y z n a č u j í c í s e t í m , že otvory (5, 6, 34, 35) pro zjišťování úhlu náběhu jsou uspořádány na vzpěře (4, 33).

3. Pitotova statická trubice podle nároku 1 nebo 2, v y z n a č u j í c í s e t í m , že osově souměrné těleso (1, 29) končí a hladce přechází do vzpěry (4, 33) v oblasti své maximální tloušťky.

4. Pitotova statická trubice podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, v y z n a č u j í c í s e t í m , že deska (8, 45) s otvory (10, 44) pro měření statického tlaku je zkonstruována odděleně od osově souměrného tělesa (1, 29) se vzpěrou (4, 33).

5. Pitotova statická trubice podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, v y z n a č u j í c í s e t í m , že průřez vzpěry (4, 33) má nadzvukový aerodynamický profil s ostrou náběhovou hranou.

6. Pitotova statická trubice podle kteréhokoliv z nároků 1 až 4, v y z n a č u j í c í s e t í m , že průřez vzpěry (4, 33) má nadzvukový aerodynamický profil se zaobleným čelem.

7. Pitotova statická trubice podle kteréhokoliv z nároků 1 až 4, v y z n a č u j í c í s e t í m , že vnější povrchová plocha vzpěry (4, 33) je válcová.

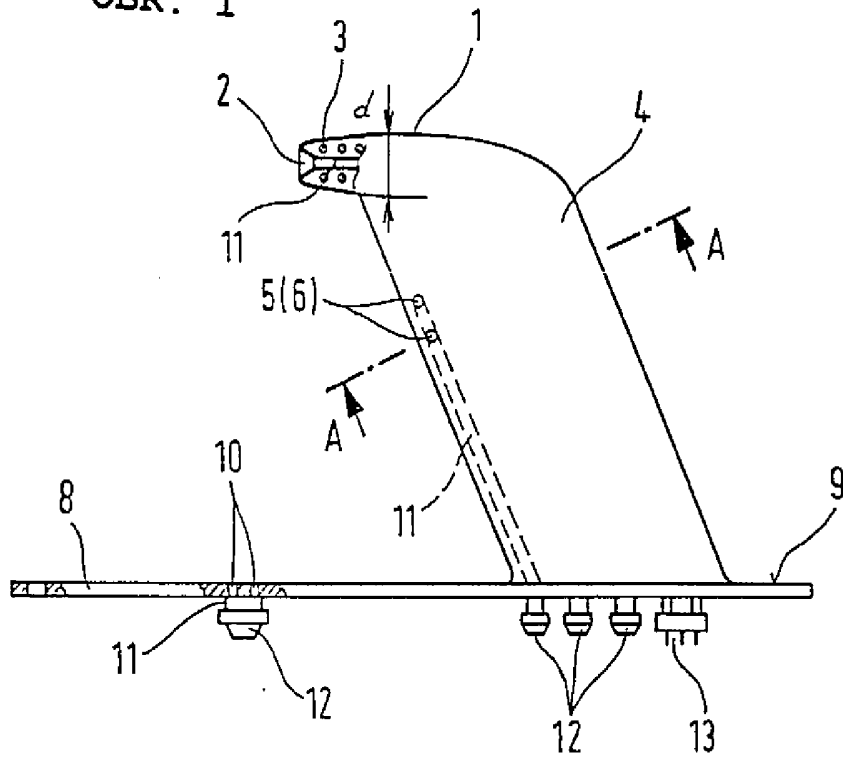
8. Pitotova statická trubice podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, v y z n a č u j í c í s e t í m , že otvory (5, 6, 34, 35) pro měření úhlu náběhu na vzpěře (4, 33) jsou uspořádány od jejího čela až do maximální tloušťky aerodynamického profilu.

9. Pitotova statická trubice podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, v y z n a č u j í c í s e t í m , že elektrické výhříváče (7, 36) uvnitř vzpěry (4, 33) jsou přesazeny směrem k čelu.

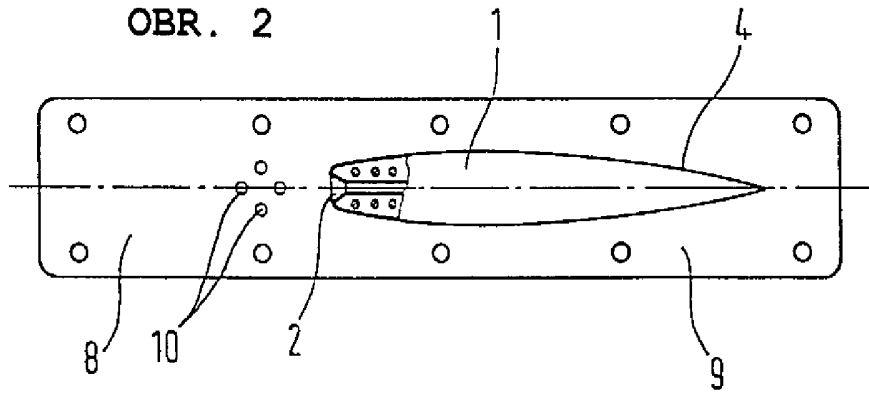
10. Pitotova statická trubice podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, v y z n a č u j í c í s e t í m , že vstupní otvory (34, 35) pro zjišťování úhlu náběhu jsou uspořádány na vzpěře (33) nad osově souměrným tělesem (29) vzhledem k základně vzpěry (33).

11. Pitotova statická trubice podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, v y z n a č u j í c í s e t í m , že vzpěra (33) je opatřena výstupním úsekem, na kterém je uspořádán alespoň jeden další otvor (41) pro odvádění statického tlaku.

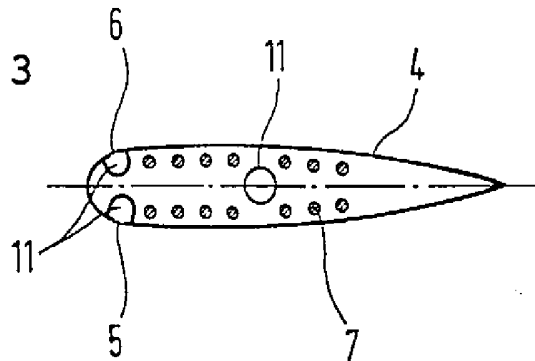
OBR. 1



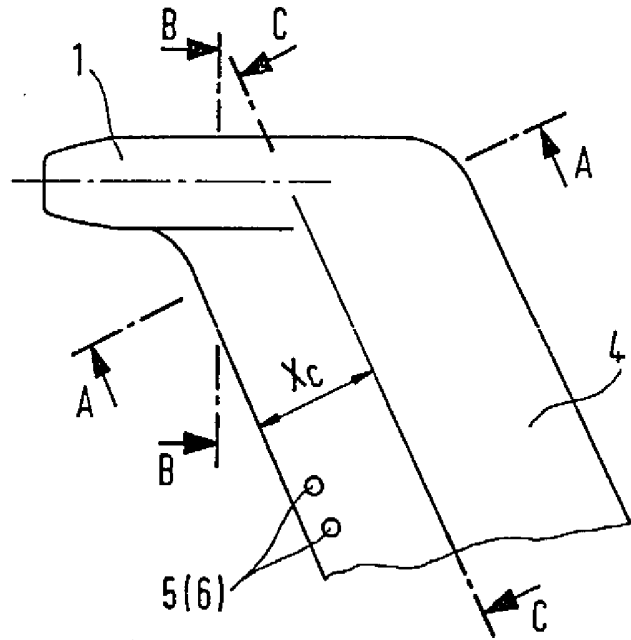
OBR. 2



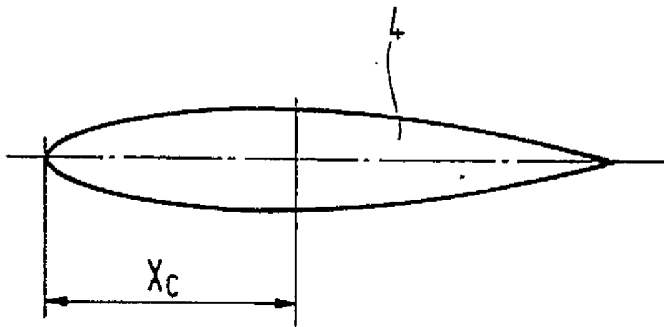
OBR. 3



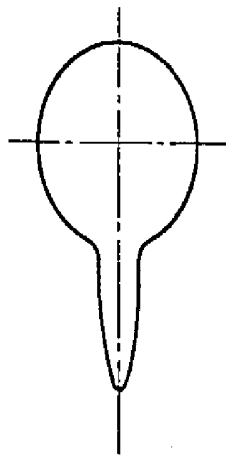
OBR. 4



OBR. 5

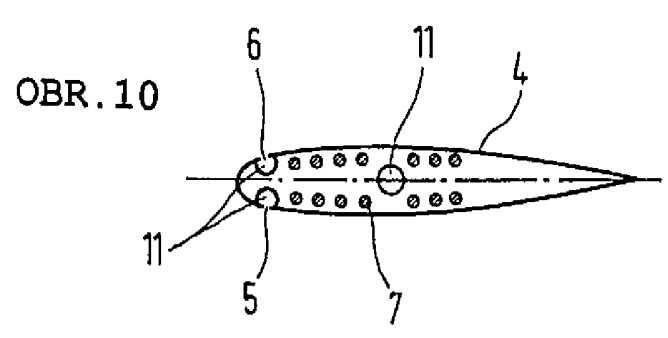
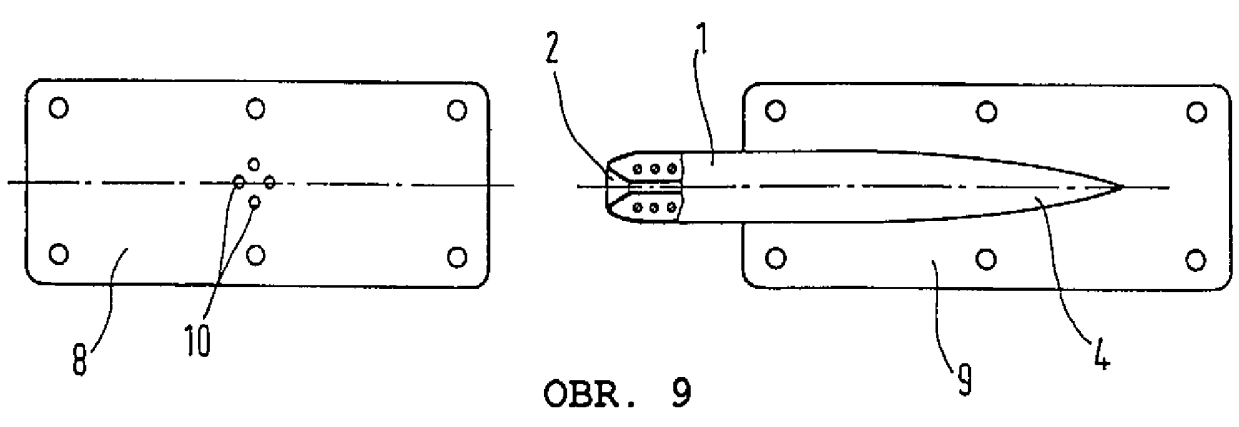
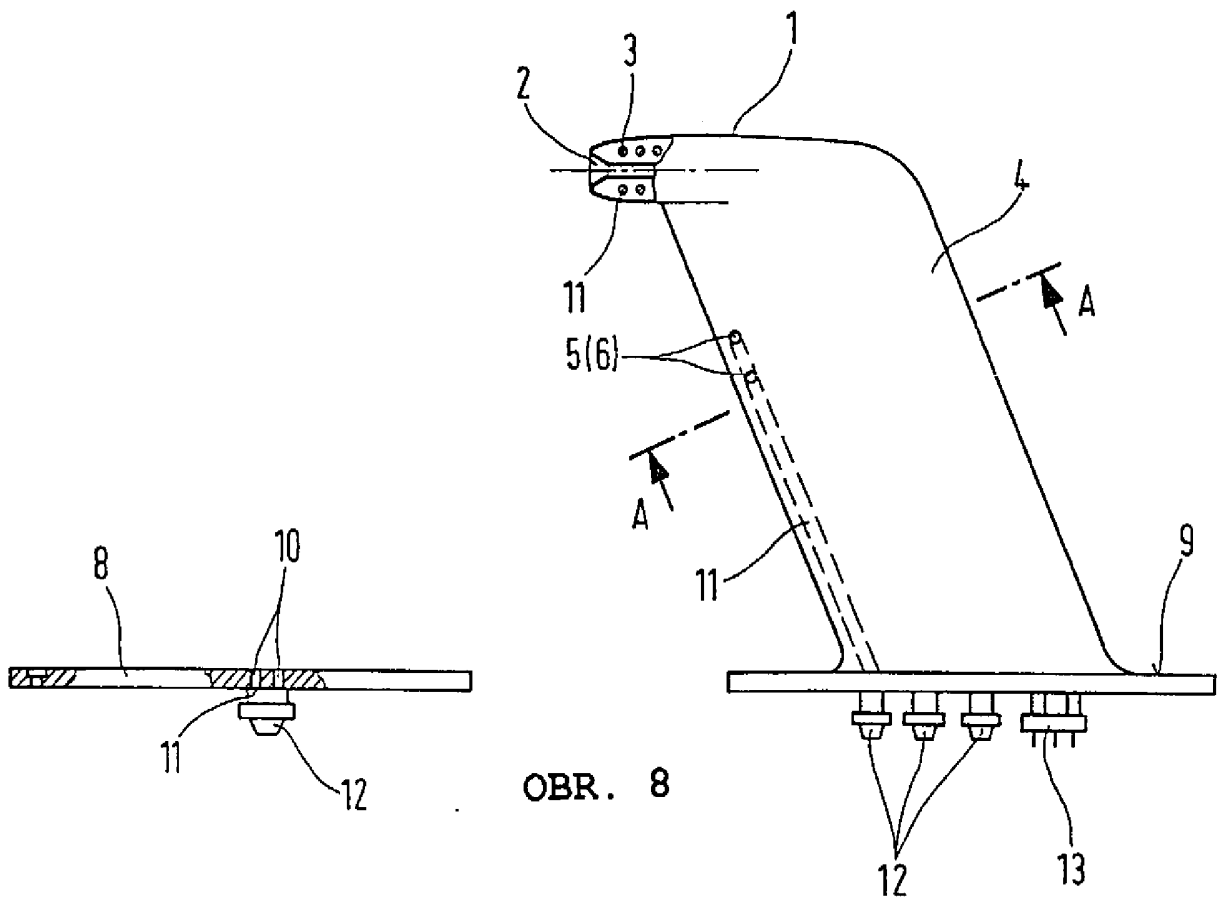


OBR. 6

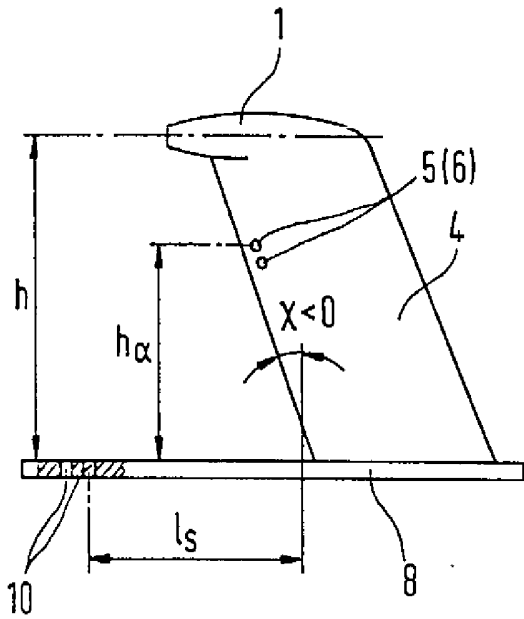


OBR. 7

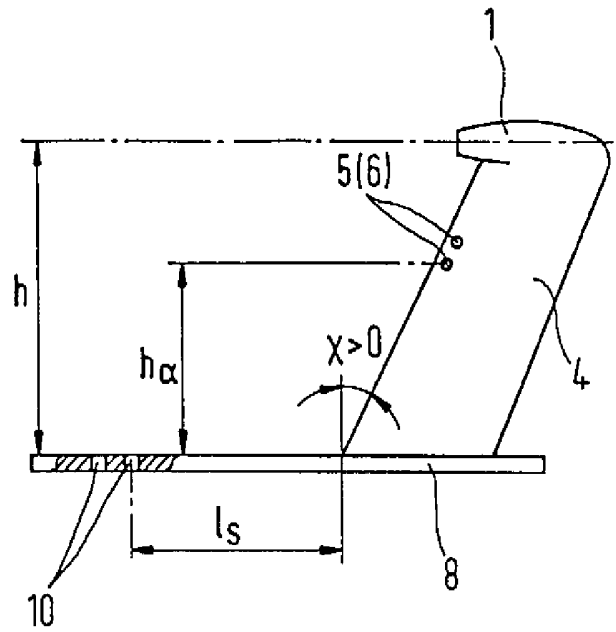




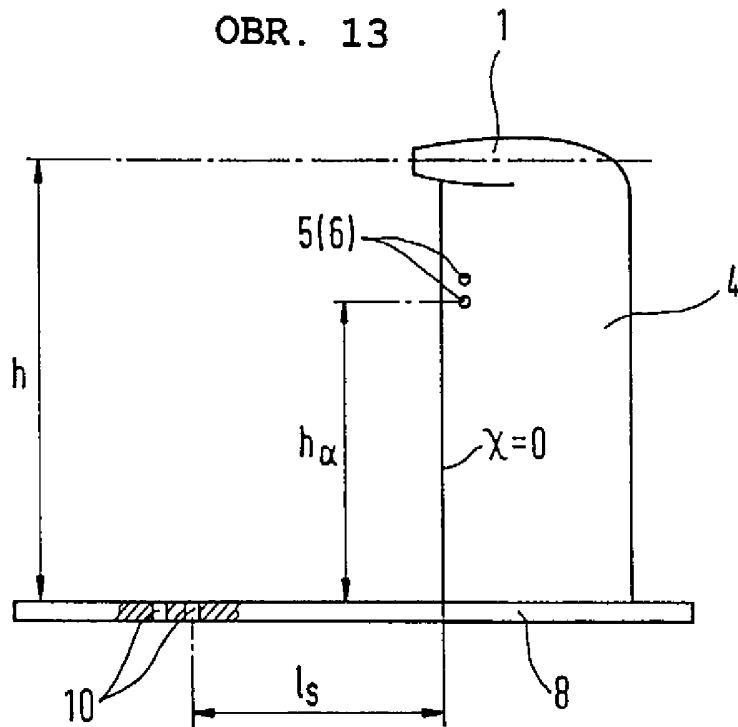
OBR. 11



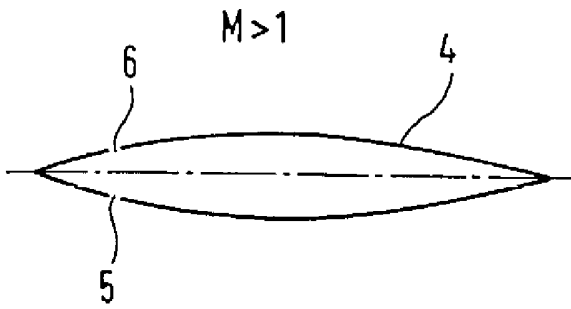
OBR. 12



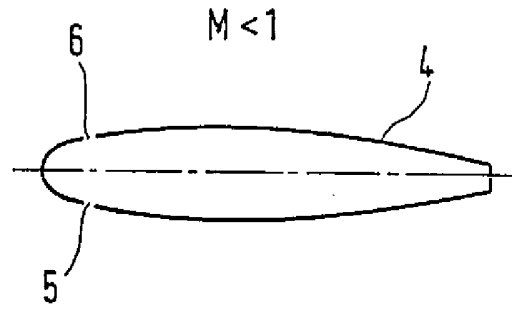
OBR. 13



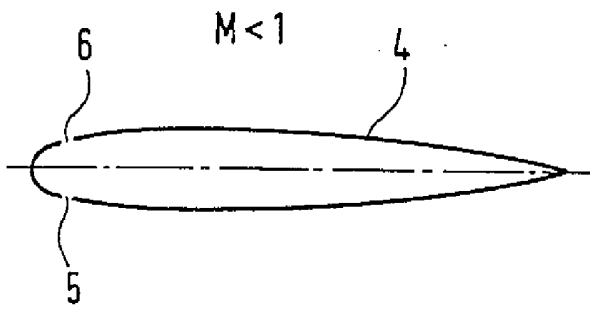
OBR. 14



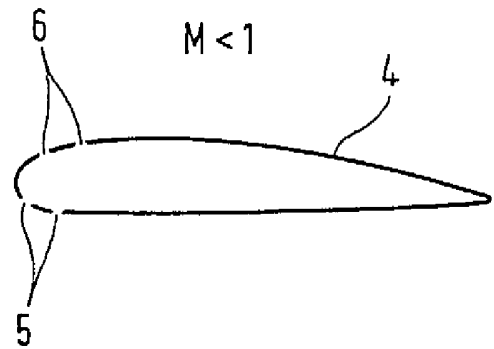
OBR. 17



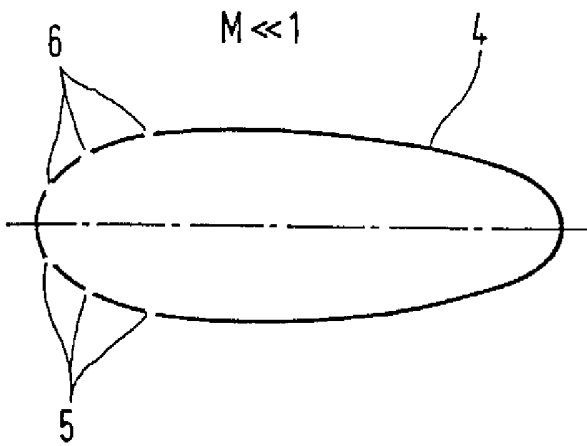
OBR. 15



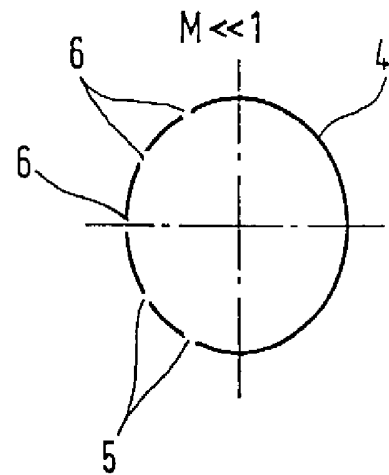
OBR. 18



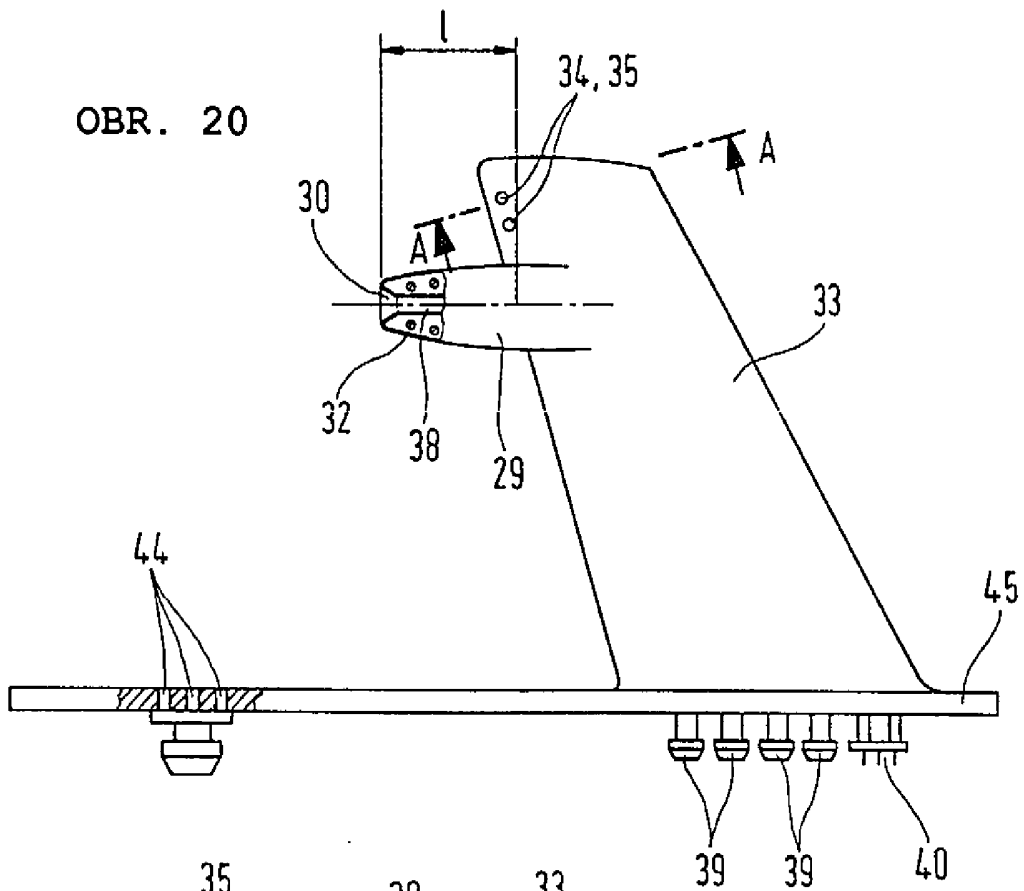
OBR. 16



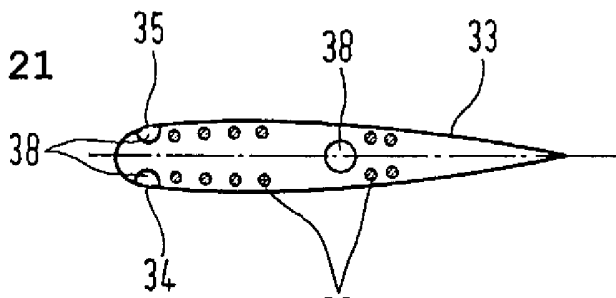
OBR. 19



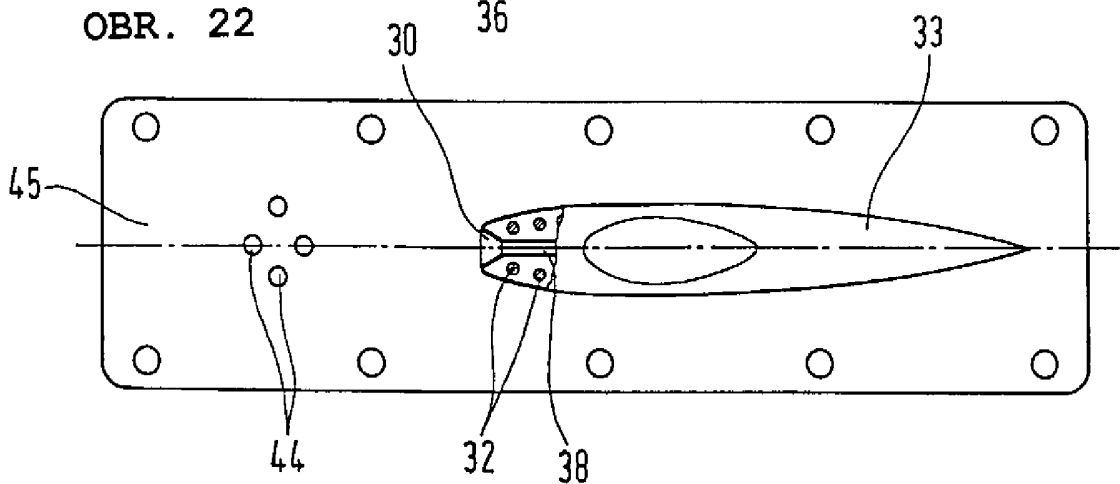
OBR. 20



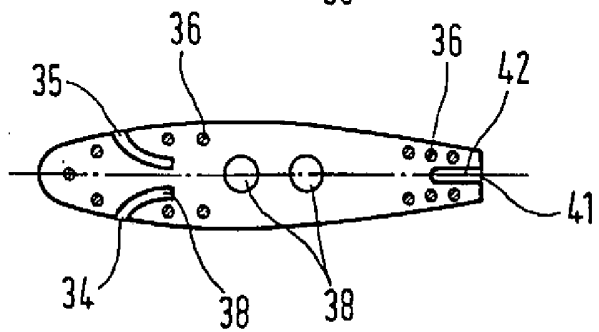
OBR. 21

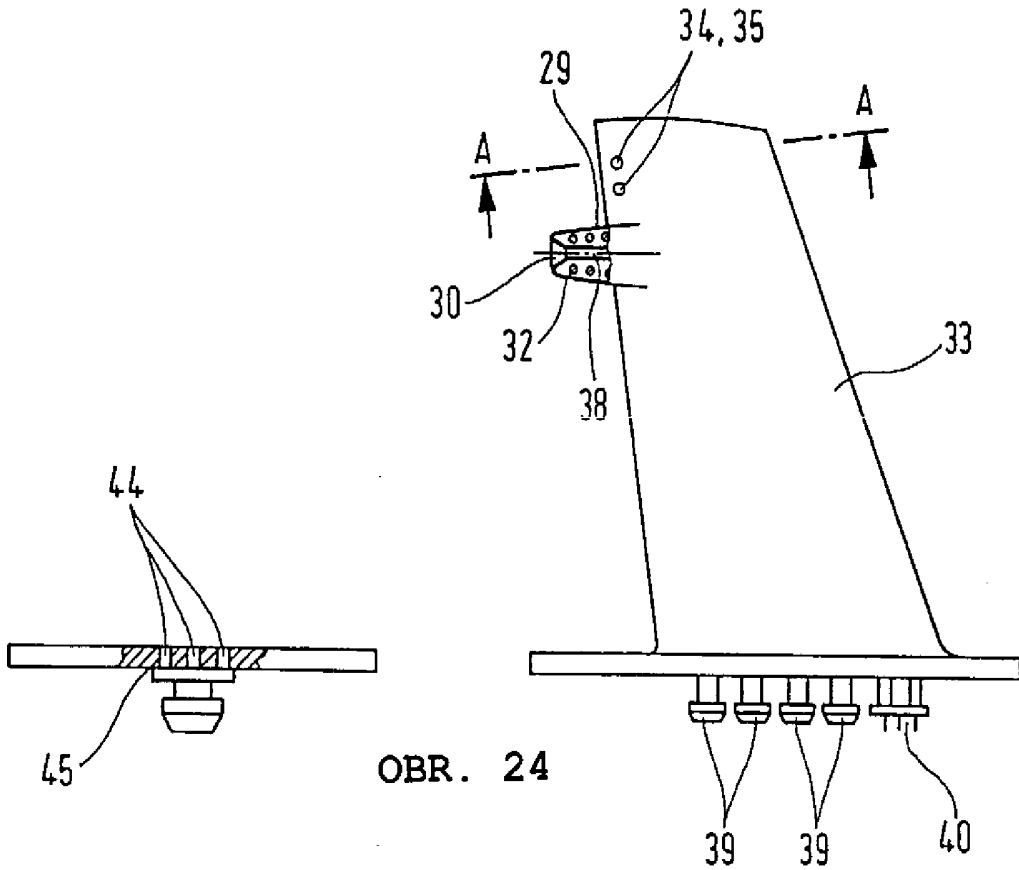


OBR. 22

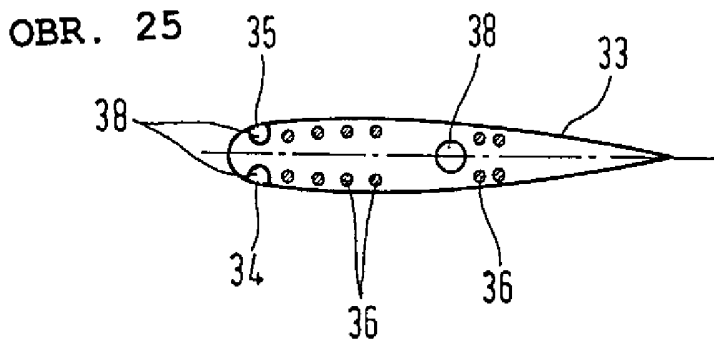


OBR. 23

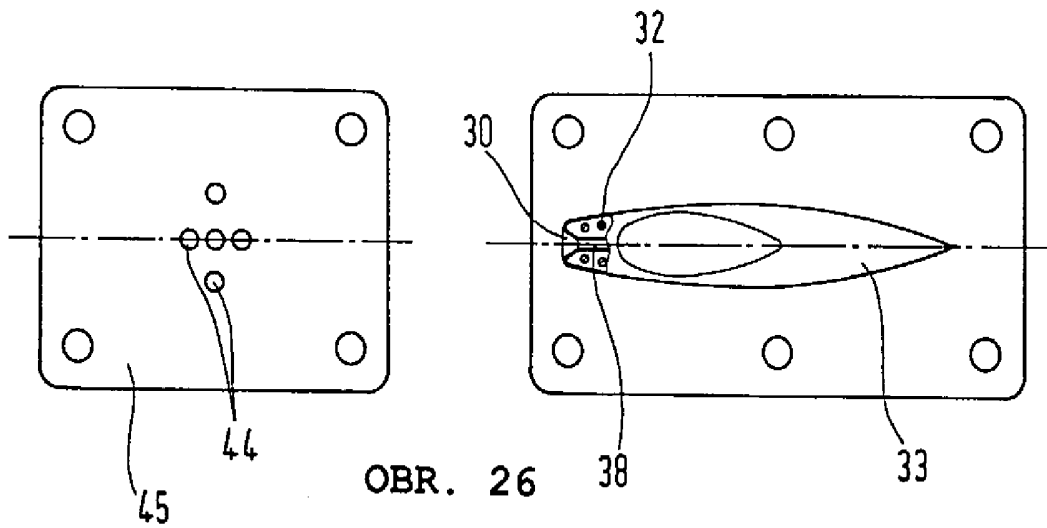




OBR. 24

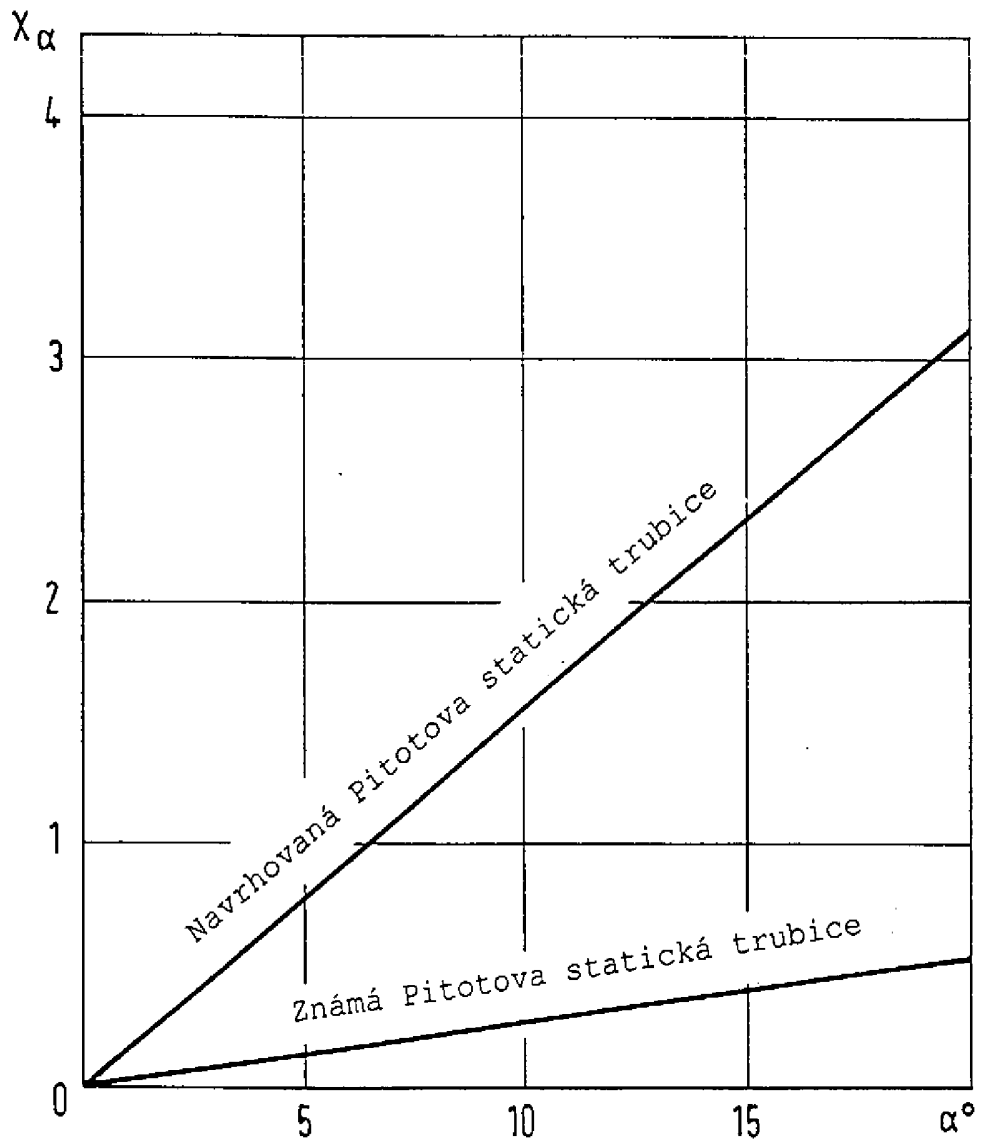


OBR. 25



OBR. 26

OBR. 27



OBR. 28

