

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G01L 19/00

G01P 5/14



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 99809926.0

[45] 授权公告日 2004 年 3 月 17 日

[11] 授权公告号 CN 1142419C

[22] 申请日 1999.7.5 [21] 申请号 99809926.0
 [30] 优先权
 [32] 1998.7.6 [33] RU [31] 98112519
 [86] 国际申请 PCT/RU99/00220 1999.7.5
 [87] 国际公布 WO00/02026 俄 2000.1.13
 [85] 进入国家阶段日期 2001.2.21
 [71] 专利权人 以朱可夫教授命名的中央空气流体力学研究院
 地址 俄罗斯联邦朱可夫市
 共同专利权人 俄罗斯联邦司法部军事智力活动成果法律保护公司
 [72] 发明人 叶夫根尼·S·沃泽达耶夫
 弗拉基米尔·A·戈洛夫金
 米凯尔·A·戈洛夫金
 安德烈·A·叶列莫夫

瓦莱里·P·格尔班
 审查员 霍成山
 [74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
 商标事务所
 代理人 张金熹

权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 13 页

[54] 发明名称 空气压力接受器

[57] 摘要

一种空气压力接受器用于确定空气流、其它气体或液体流参数、以及飞机飞行参数。空气压力接受器包括一个多边形杆，杆边的方向沿着杆轴方向，在各边之间杆的平滑侧面上设有一组孔，通过气压管道与设在气流外的出气接头连接。沿纵向的边是连续的，并且其数目 $n > 3$ 。一组孔与边相隔 $a \geq 0.1b$ 值，这里 b 是在任何杆截面中各边之间的距离。在任何杆截面中侧面之间的角度为 $\gamma < 180^\circ$ 。锐边可倒圆或用倒角变钝，也可把边作成突起的形式。杆侧面可为凸形、柱形或锥形。杆上边数可为 4, 5 或 6。这种空气压力接受器参数使得：改进气流(飞行)参数精度，简化设计和降低其重量。

ISSN 1008-4274

1. 一种用于确定气流参数的空气压力接受器，它包括一个多边形杆，上述杆具有平滑的侧面，在该侧面上形成多个气压通道，多个出气接头连到该气压通道上；上述杆具有在其纵向上的边，上述杆在各边之间杆的平滑侧面上设有一组孔，通过气压通道与设在气流外的出气接头连接，上述出气接头再连到压力传感器上，

其特征在于杆沿纵向的边是连续的，边的数目 $n > 3$ ；以及一组孔与确定上述侧面的边相隔 $a > 0.1b$ 值，这里 b 是在任何杆截面中各边之间的距离；在任何杆截面中侧面之间的角度为 $\gamma < 180^\circ$ 。

2. 如权利要求 1 中的空气压力接受器，其特征在于锐边为一个倒圆和用倒角变钝的边，上述倒圆或倒角的边在离两个相邻侧面连结处的 $c < 0.05b$ 距离上与杆的平滑侧面连结。

3. 如权利要求 1 中的空气压力接受器，其特征在于上述边为在杆上突起的形式，该突起在杆截面中测出高为 $h < 0.1b$ 和宽为 $e < 0.1b$ 。

4. 如权利要求 1 中的空气压力接受器，其特征在于上述杆侧面为柱形。

5. 如权利要求 1 中的空气压力接受器，其特征在于上述杆侧面为锥形。

6. 如权利要求 1 中的空气压力接受器，其特征在于上述杆侧面为凸形。

7. 如权利要求 1 中的空气压力接受器，其特征在于上述杆上边的数目为四。

8. 如权利要求 1 中的空气压力接受器，其特征在于上述杆上边的数目为五。

9. 如权利要求 1 中的空气压力接受器，其特征在于上述杆上边的数目为六。

空气压力接受器

本发明涉及了飞机飞行参数的确定，或者有关液体和气体流的其它科技领域。

气流参数测量是飞机空气飞行力学和气动力学中最重要问题之一。目前，用于测量飞行(气流)参数的是空气压力接受器(APH)，它通常直接装在飞机机身或它的其它部件上，空气压力接受器测量接近平面流的局部气流的实际参数。飞机上一般装有许多这样的 APH 来测量气流的局部参数。根据预先进行的标定来确定真实参数。由于显著扩大的飞行攻角和宽范围的飞行速度(从缓慢的亚音速到远超过超音速的速度)，飞行参数测量对高机动性能的飞机是一个非常重要的工作。由于直升机的高度机动性能(前后、左右和上下飞行)和利用飞行参数测量系统得到的数据作这些模式的自动化飞行，这个工作对直升机尤为重要。

已知一个空气压力接受器包括柱杆形式的外壳，沿截面周边设置了进气孔，并通过管道与接头连接(Petounin A.N., “测量气流参数的技术和设备”，莫斯科机械建筑出版社，1972年，88-100页，图1.102; Glaznev V.N., Zavaroukhin S.G., “采用宽数字范围的柱形传感器对平面和轴对称涡流的试验研究”，莫斯科空气流体动力学中央研究所学报，14卷4期，1983年)。根据连结已确定参数与测量压力的标定关系，采用上述空气压力接受器测量连续气流区中空气压力接受器迎风侧产生的压力，来确定气流参数。

上述类型的 APH 缺点如下：

- 由于已知的跨音速稳定性现象，不可能在 0.8 到 1.1 马赫数范围内测量静压到满意的精度；
- 为了确定气流参数，不可能采用设在空气压力接受器分离气流层中

背风侧上的进气孔，在这些孔中，虽然不受跨音速稳定性的影响，但压力与雷诺数、表面粗糙度和进入气流扰动程度有很大关系。

- 还有另一个缺点，实际上是以上缺点的结果，它具有明显过多的测压管道数目，因为为了确定三个参数(总压 P_t ，静压 P_s 和下洗角 α)，该 APH 在自由分离层中迎风侧上至少要设三个孔；粗略的估计说明了：如果要在 $\alpha = 0 \sim 360^\circ$ 范围内确定气流参数并保持满意的灵敏度时，至少需要沿 APH 截面周边等间隔的 8 或 9 个进气孔(节距为 45° 或 40°)，它造成了 APH 尺寸增加，气动阻力提高、APH 本身重量以及测量设备结构重量的增加，因为压力传感器必须与每个管道连接；另外，这造成了该 APH 的测量系统更费钱。

已知有一种设备(欧洲专利文件,公布号 0049756B1, G01 F 1/46, G01 L 13/00, “测量压差的设备”; 优先权号: 09.10.80 DE 3038180, 专利持有人: IWK Regier und Kompensatoren 有限公司; 发明人: Fehbr, Dieter, Dr., Dipl-Phys.) 适于测量压降。这种设备的基本构件是正六角棱柱形的杆,在其每个边上有一个孔(或者与气压管道连接的许多孔)用于压力测量。当杆在气流中的方向使气流速度向量延伸通过有开口的边、杆的轴线和对着的边时,采用通过气压管道与上述孔连接的压力传感器检测到接近总压的压力。当杆在气流中的方向使杆上的孔相对于速度向量散开 180° 时,可利用这些孔来确定底压。因此,采用这种类型的 APH,可根据预设标定来测量气流强度(或总压 P_t 和静压 P_s)。上述专利推荐由如上述方向的两个杆组成的设备,用于测量气体管道中的 P_t 和 P_s 。

但是,这种 APH 或根据它作出的设备,不能真正适合于同时测量三个气流参数(总压 P_t , 静压 P_s 和下洗角(攻角) α),因为它缺乏适当的孔数,对进气压力至少要三个孔。实际上,已知要根据压力 P_i 与未扰动气流攻角(下洗角) α 、总压 P_t 和未扰动气流静压 P_s 之间的以下预定关系来确定气流参数:

$$P_i = f_i (\alpha, P_t, P_s) \quad (1)$$

它在 i 个进气压力点上由空气压力接受器测量。为了相对于 $\alpha, P_t,$

P_s 。求解该方程系，需要 $i \geq 3$ 个孔，另外，这个方程系必须充分适定。例如，当两个孔 $i=1$ 和 $i=2$ 位于压力平衡的分离层中，则 $P_1 \approx P_2$ 将在很大 α 范围中起作用，方程系变成不适定和不能求解。因此，当需要在 $\alpha = 0 \sim 360^\circ$ 范围内测量平面平行流的参数时，如试验数据分析所说明，APH 本体必须具有 $i \geq 4$ 个孔，并且它们要分布成可实现从某些孔到另外一些孔的“转换”。

上述先前技术的另一个缺点是压力进气孔设在棱柱边上。这造成了即使这种 APH 相对于气流(如上述的位置)稍微再定向，气流会从该边上分离。这造成了损失对 α 改变的灵敏度，即上述方程系(1)变得不可解。

空气压力接受器的最相关的先有技术为具有等边三角形截面的杆形。在杆的端面，与这个杆同一轴线上设有一个柱形的上部结构，它具有侧边与杆截面侧边相同的等边三角形截面，上述三角形相对于杆截面旋转一个角度 $\phi = 60^\circ$ 。在杆和上部结构的侧平面上，设有通过管道与接头连接的六个进气孔(Golovkin M. A., Yefremov A. A., “空气压力接受器”，专利号 RF N 1809341, 1991年4月8日为优先权日)。

这种 APH 的缺点如下：

- 设计复杂；
- 确定飞行参数的精度不够，特别是在气流滑动情形时；
- 过多的测压管道数目，造成 APH 本身和整个测量系统重量增加。

本发明的目的是简化设计，改进飞行(气流)参数测量精度，降低 APH 结构重量和整个测量系统重量。

采用以下技术办法可达到所预期的技术结果：空气压力接受器作成多边杆形式，边的方向沿着杆轴方向，在各边之间杆的平滑侧面上设有一组孔，通过气压管道与设在气流外的出气接头连接。沿纵向的边是连续的，并且其数目 $n > 3$ ；一组孔与确定侧面的边相隔 $a \geq 0.1b$ 值，这里 b 是在任何杆截面中各边之间的距离；在任何杆截面中侧面之间的角度为 $\gamma < 180^\circ$ 。由此简化了设计，也改进了在气流滑动时确

定飞行参数的精度，因为没有如 APH 最相关先有技术的情形中那样在其两个部分(杆和上部结构)连接处流出并接近进气孔的分裂尾流。

采用以下设置也可达到所预期的技术结果：锐边可倒圆或用倒角变钝，上述倒圆或倒角在离两个相邻侧面连结处的 $c \leq 0.05b$ 距离上与杆的平滑侧面连结。这种倒圆或倒角可能是独有的技术特性。按照试验研究数据，上述 $c \leq 0.05b$ 值实际上把气流分离线定位到圆角或倒角与杆侧面的连结区，由此保证了测量与雷诺数无关。通过把边作成在杆上突起的形式，在杆截面中测出高为 $h \leq 0.1b$ 和宽为 $e \leq 0.1b$ ，也可达到所预期的技术结果。如已进行的试验研究所说明，上述这种突起形状把气流分离线定位到突起上，并且也使测量与雷诺数无关。在某些情形下，突起形状的边能够在很大程度上简化设计。

通过杆侧面为柱形或锥形也可达到所预期的技术结果。由此简化了设计，并且其制造变得少花钱。

通过在各边之间的杆侧面为凸形也可达到所预期的技术结果。这种 APH 形状在一方面容许尽量减小雷诺数对压力测量的影响，另一方面改进了测量设备的灵敏度，因为增大了所测压力对下洗角的导数，从而大大降低了测量误差值。

通过选择杆上边数为四，五或六边也可达到所预期的技术结果，边数与要测量飞行(气流)参数所需的攻角范围有关。特别是，如已进行的试验所说明，当在 $-90^\circ < \alpha < 90^\circ$ 范围内作测量时，采用四边杆是足够的，因为在杆上总可以在 APH 迎风侧选择对 α ， P_t ， P_s 变化足够敏感的两个压力(即 P_1 和 P_2)，以及在 APH 背风的底侧可取一个压力(P_3)。然后，如已进行的试验所说明，上述方程系(1)可相对于 α ， P_t ， P_s 求解，由此可减少所需测压管道的数目，从而降低 APH 本身和整个测量系统的重量。当要测量飞行(气流)参数所需的攻角范围为 $\alpha = 0 \sim 360^\circ$ 时，如试验数据所说明，要采用五边或六边杆。

图 1-3 和 4-6 表示了本发明空气压力接受器的两个实施例。

图 7-10 表示了本发明 APH 的实施例，其中边是(a)倒圆(图 8)，或者(b)用倒角变钝(图 9)。

图 11-19 表示了本发明 APH 的实施例，其中边作成在杆上突起的形式。

图 20-22 和 23-25 表示了本发明 APH 的实施例，分别具有柱形和锥形的杆侧面。

图 26-28, 29-31 和 32-34 表示了本发明 APH 的实施例，其中杆分别具有四、五和六条边。

图 35 表示了体现本发明杆式 APH 的最佳模式，杆具有平面组成的锥形侧表面和正多边形的截面，并表示了在确定飞行(气流)参数设备中采用推荐 APH 的例子。

图 36 表示了相对于气流滑动角 $\beta = 0$ 和 $\beta = 30^\circ$ ，当气流下洗角 α 从 0 变化到 180° 时，推荐 APH 实施例最佳模式和原型 APH 的压力比 $C_p = (P - P_s) / q$ (其中 P 是最相关的先有技术的 APH 上部结构侧面之一或者推荐 APH 杆侧面之一上检测到的压力； P_s 是静压， q 是动压) 变化。该图采用了以下符号：

- A - 在 $\beta = 0$ 时的最相关的先有技术的 APH;
- B - 在 $\beta = 0$ 时推荐 APH 实施例最佳模式;
- C - 在 $\beta = 30^\circ$ 时的最相关先有技术的 APH;
- D - 在 $\beta = 30^\circ$ 时推荐 APH 实施例最佳模式。

图 37 和 38 表示了采用推荐 APH 实施例最佳模式(曲线 D)和最相关先有技术的 APH(曲线 C)，在确定下洗角 α 和速度 V 中的综合误差 $\Delta \alpha$ 和 ΔV 之例，它是根据在值 $\beta = 30^\circ$ 慢气流速度 $V=15\text{m/s}$ 下的试验数据确定的。

图 39 和 40 表示了采用推荐 APH 实施例最佳模式(曲线 B)和原型 APH(曲线 A)，在确定下洗角 α 和速度 V 中的测量误差 $\Delta \alpha$ 和 ΔV ，压力测量误差为 0.5mm 水柱，它是根据在值 $\beta = 30^\circ$ 慢气流速度 $V=15\text{m/s}$ 下的试验数据确定的。

空气压力接受器包括多边杆 1，它的边 2 方向沿着杆 1 纵向，在各边 2 之间有一组孔 3，通过气压管道 4 与接头 5 连接。沿纵向的边 2 是连续的，其数目为 $n > 3$ ；一组孔 3 在边 2 之间设置在杆 1 的平滑

侧面 6 上, 与边 2 相隔 $a \geq 0.1b$ 值, 这里 b 是在任何杆截面中各边之间的距离; 在任何杆截面中侧面之间的角度为 $\gamma < 180^\circ$ 。推荐 APH 中的锐边 2 可倒圆或用倒角变钝, 上述倒圆或倒角在离两个邻接侧面连结处 $c \leq 0.05b$ 距离上与杆 1 的平滑侧面 6 连结。边 2 可作成在杆 1 上突起的形式, 在杆截面中测出高为 $h \leq 0.1b$ 和宽为 $e \leq 0.1b$ 。杆的侧面 6 可以是柱形、锥形或凸形。杆上边 2 数目可根据要完成的规定工作而变化, 为四、五或六条; 杆截面不需要完全圆形。

推荐空气压力接受器的操作如下。通过气压管道 4 传递和由测量装置测量由进气孔 3 检测到的压力, 测量装置是通过气压管道 8 与接头 5 连接的压力传感器 7 (图 35)。根据所测量的压力值, 利用以表格或函数形式预先储存在装置 9 中的标定关系, 计算机装置 9 计算气流参数值: α , P_t , P_s 。在预设标定和计算气流参数时, 利用三组进气孔中检测到的压力: 两个孔在迎风侧和一个孔在背风侧, 即图 36 中表示为 “a” 和 “b” 的区域。比较所检测到的压力值用算术方式选择孔组, 并考虑到迎风进气孔相应于最大压力值。

根据推荐 APH 的设置, 其中沿纵向的边是连续的, 以及在各边之间设有进气孔的杆侧面是平滑的, 在存在气流滑动时推荐 APH 没有如 APH 原型情形中那样在其两个部分 (杆和上部结构) 连接处流出的分裂尾流。因此减小了当存在气流滑动时在确定下洗角 α 和速度 V 中的误差 $\Delta \alpha$ 和 ΔV (图 37, 38)。

由于推荐 APH 中的边数 $n > 3$, 因而推荐 APH 迎风侧面上的压力比对下洗角的导数值 $\alpha C / \delta \alpha$ 比最相关先有技术的 APH ($n = 3$) 的大 (图 36)。在各边之间的侧面为凸形时, 导数值 $\alpha C / \delta \alpha$ 仍有较大的值。因此, 在确定推荐空气压力接受器的下洗角中的测量误差 $\Delta \alpha$ 量级约比最相关先有技术的 APH 小两倍, 在确定速度值的测量误差 ΔV 量级与最相关先有技术的 APH 相一致 (图 39, 40)。

由于推荐 APH 是一个杆, 而最相关先有技术的 APH 实质上是一个复合装置, 包括一个杆和一个上部结构, 因此在很大程度上简化了空气压力接受器的设计。在推荐 APH 上采用作成突起形式的边, 以及当

推荐 APH 的杆侧面为柱形或锥形时，也可简化设计。由此设计不仅变得更简单，而且其制造变得少花钱。

例如，对所需 $-90^\circ < \alpha < 90^\circ$ 范围选择推荐 APH 具有四条边，或者对 $\alpha = 0 \sim 360^\circ$ 范围选择推荐 APH 具有五条边时，与最相关先有技术的 APH 比较，可减少所需的测量管道数目，在推荐 APH 的四边杆情形中为 2 个管道，在推荐 APH 的五边杆情形中为 1 个管道。由此，由于所需压力传感器数目的减少，可明显降低 APH 本身和整个测量系统的重量。

因此，采用推荐空气压力接受器可以使得：简化设计，改进气流(飞行)参数测量的精度，并且也降低 APH 本身和整个测量系统的重量。所有这些特性均在很大程度上增强了推荐 APH 的竞争力。

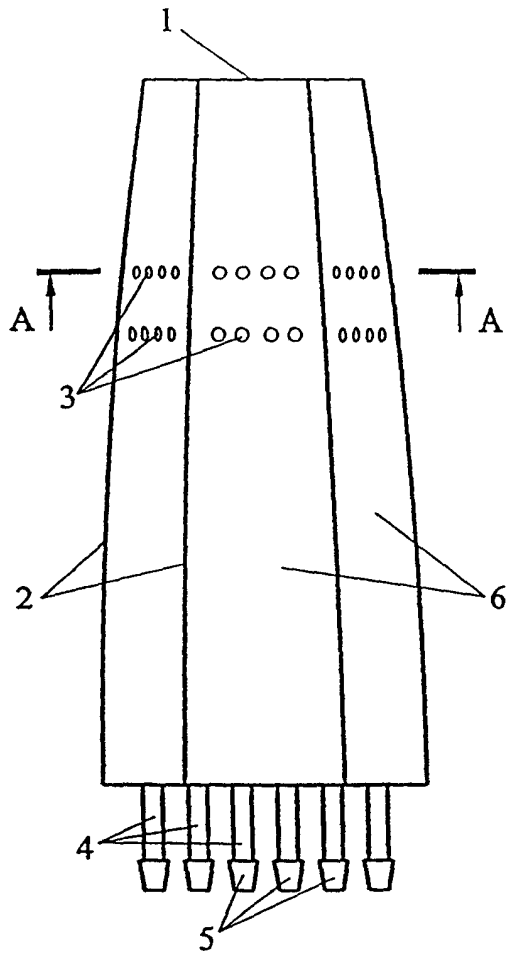


图 1

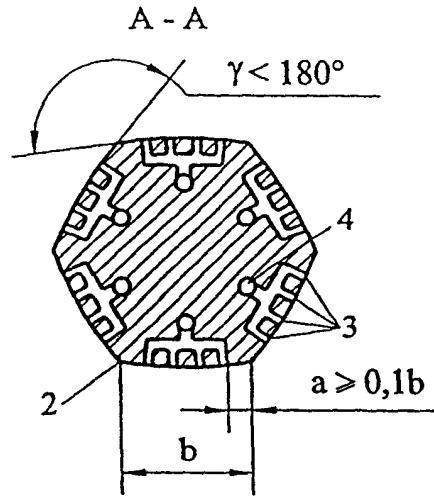


图 2

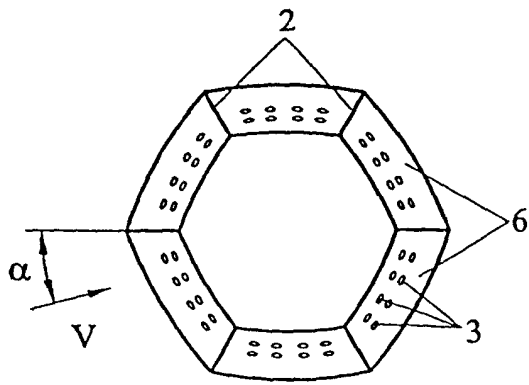


图 3

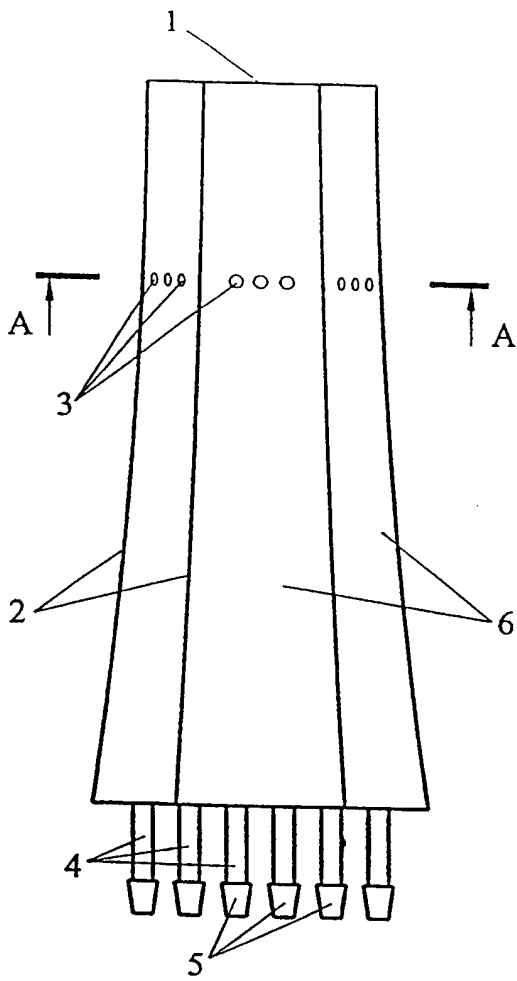


图 4

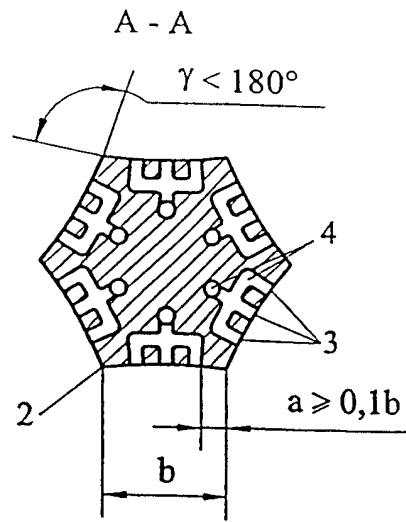


图 5

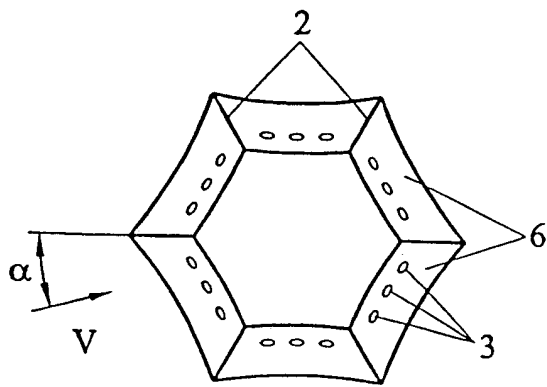


图 6

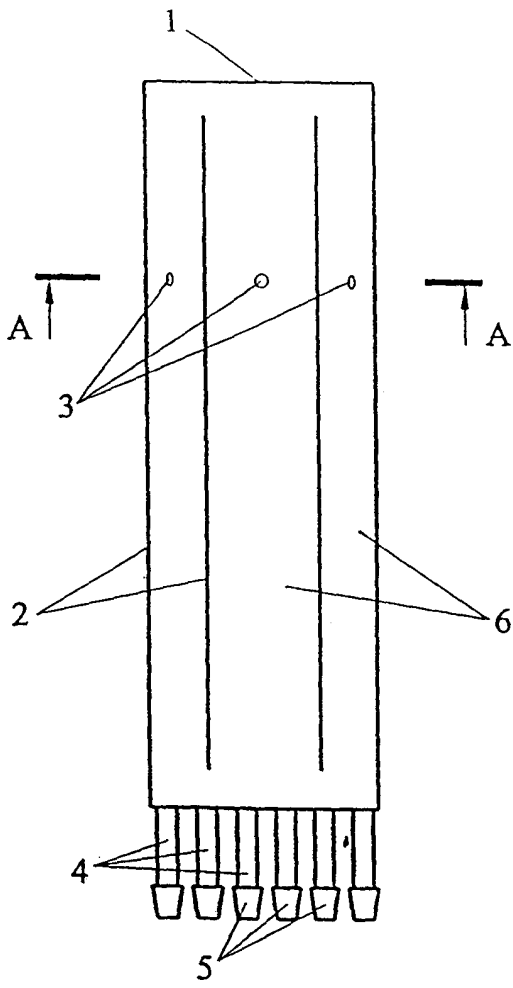


图 7

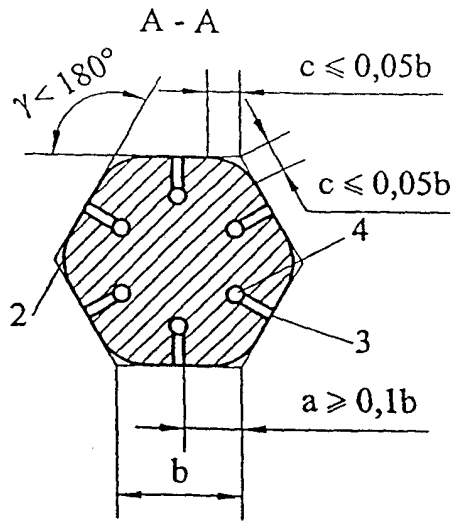


图 8

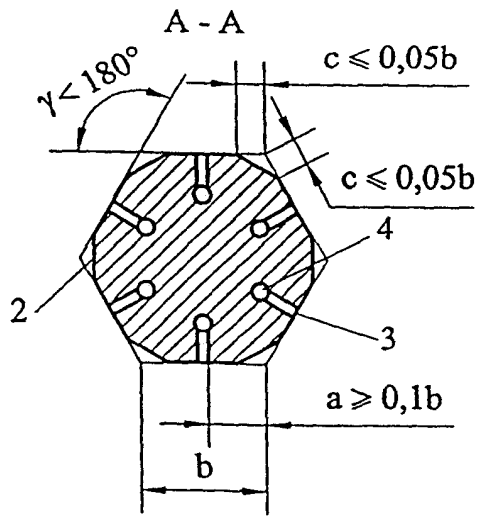


图 9

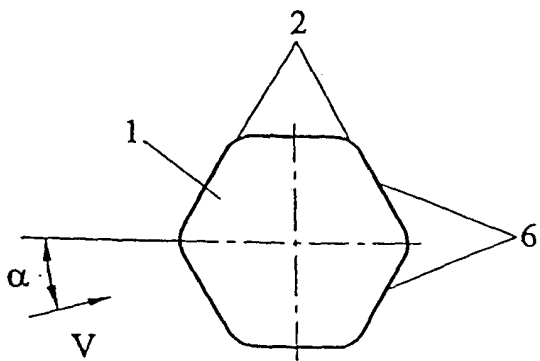


图 10

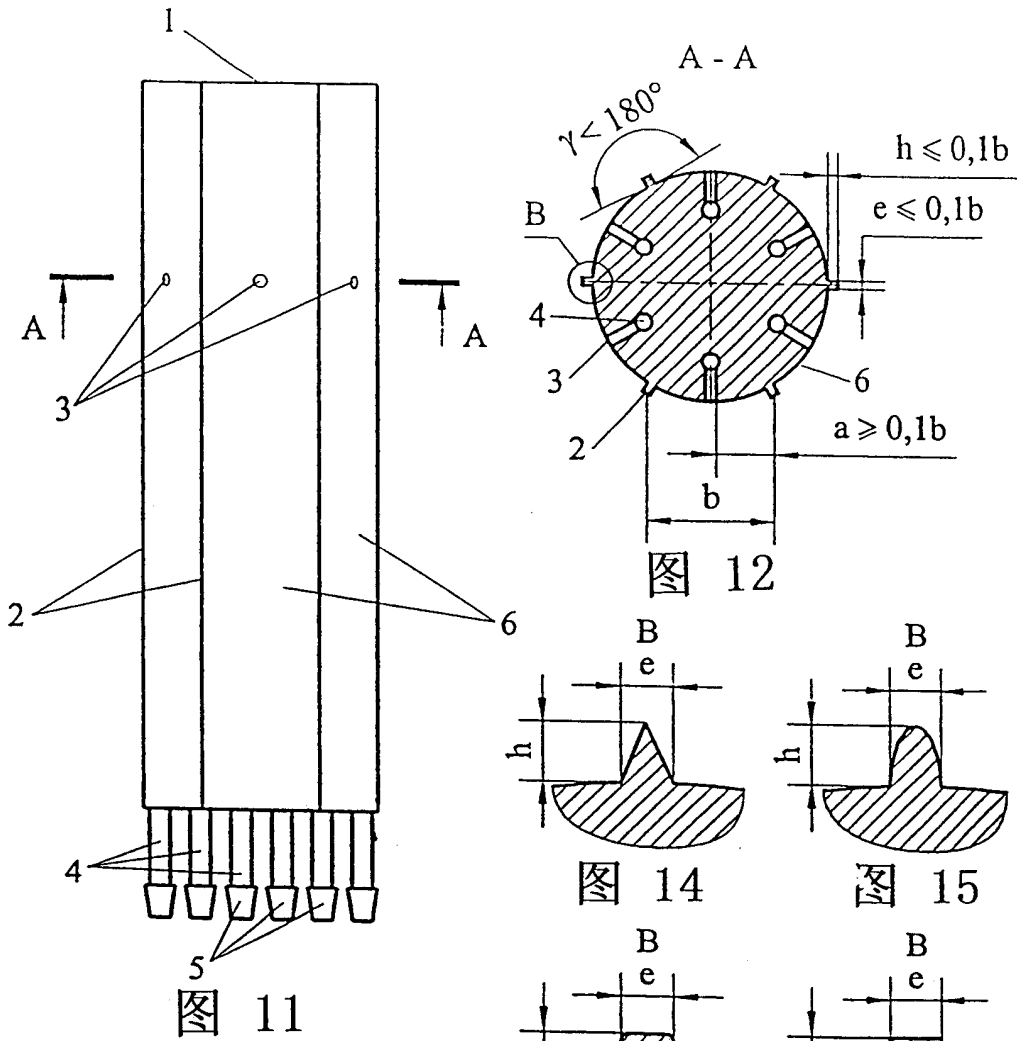


图 11

图 12

图 14

图 15

图 16

图 17

图 18

图 19

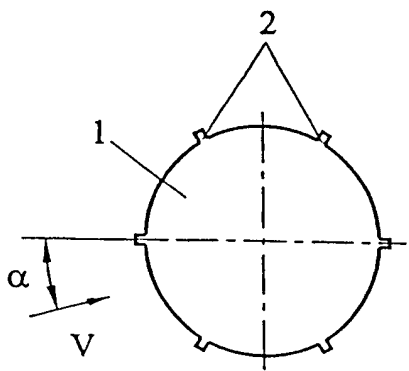
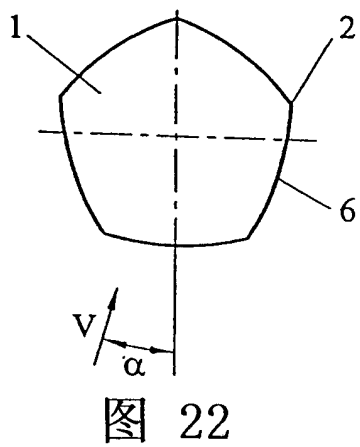
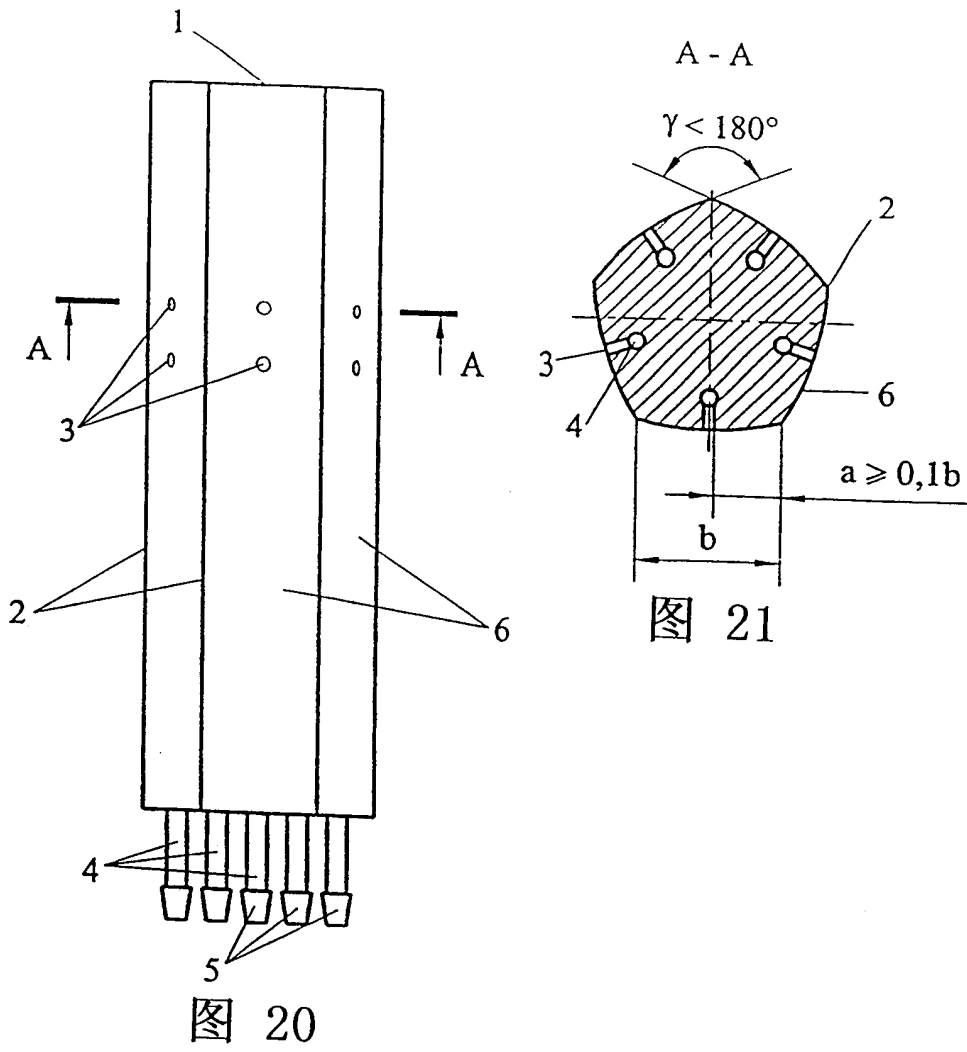


图 13



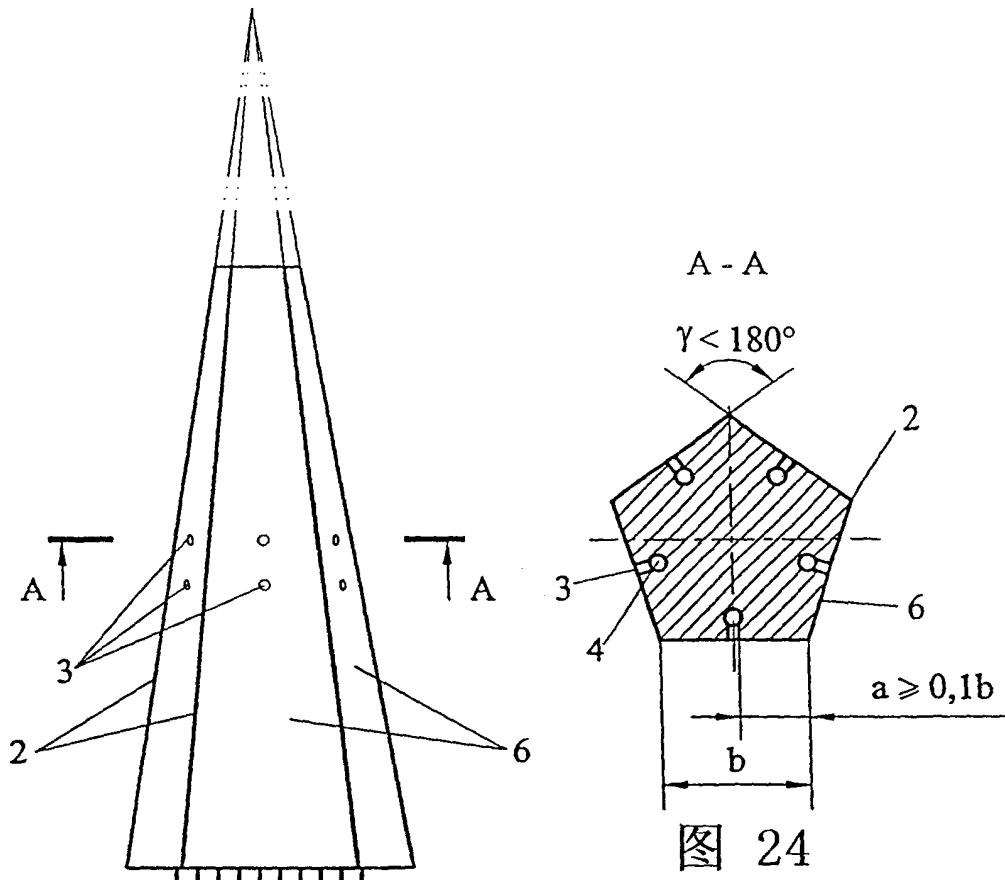


图 23

图 24

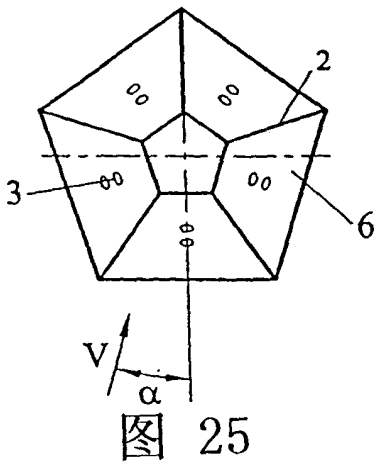
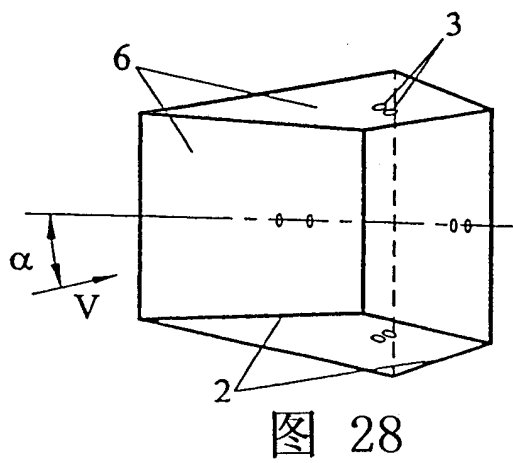
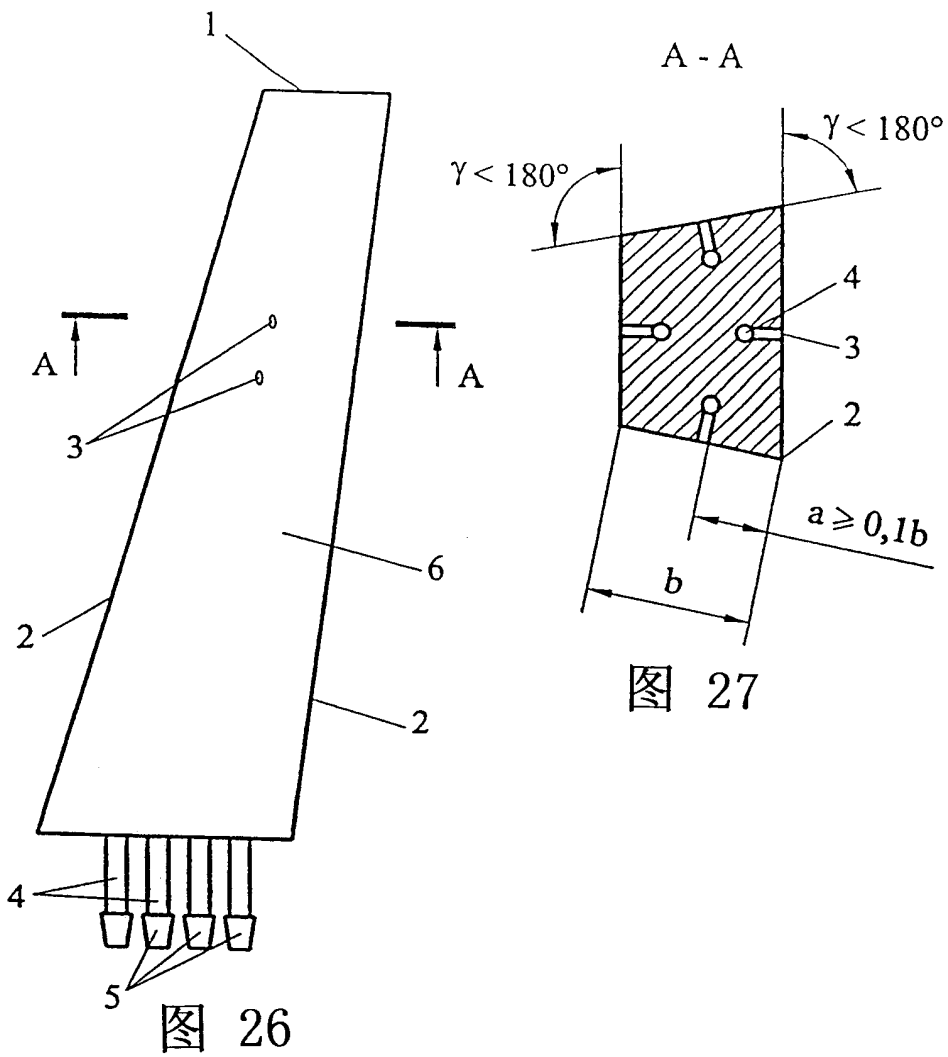


图 25



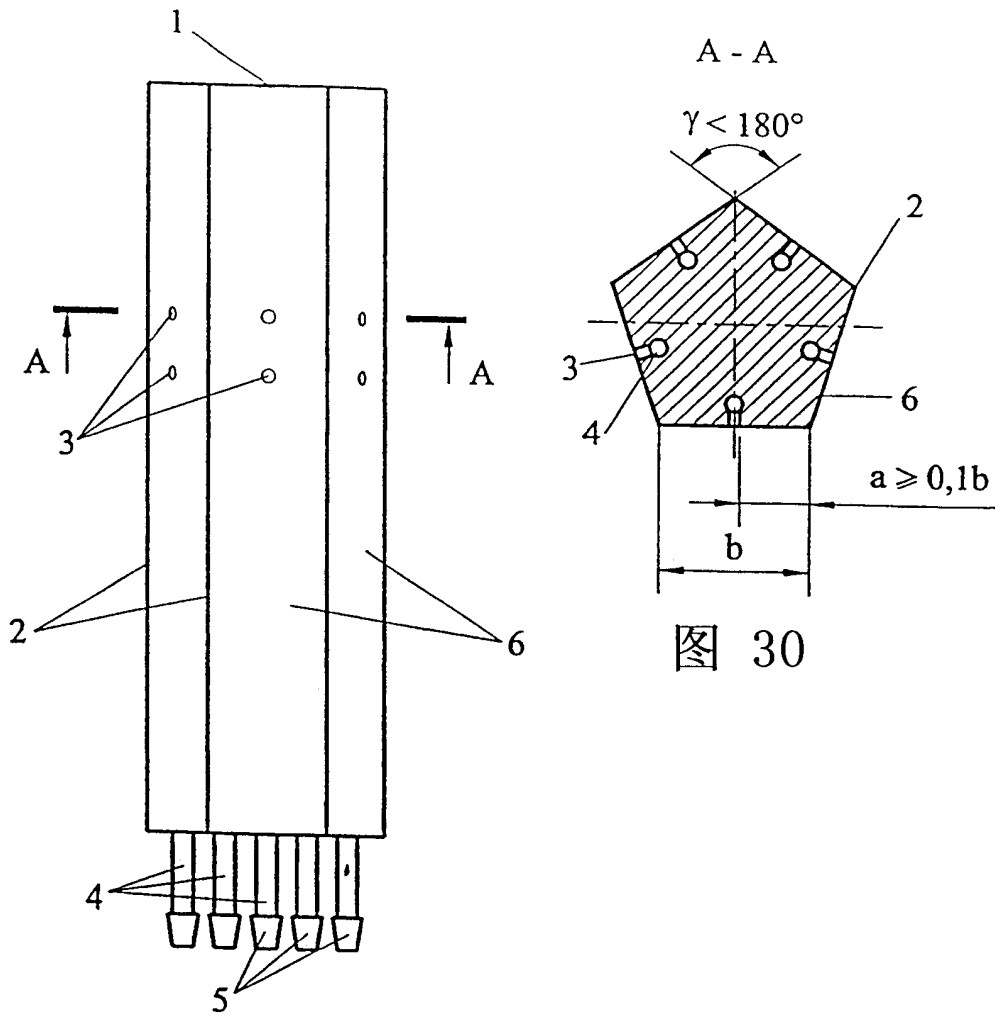


图 29

图 30

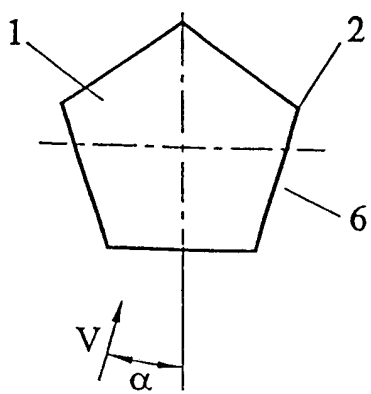
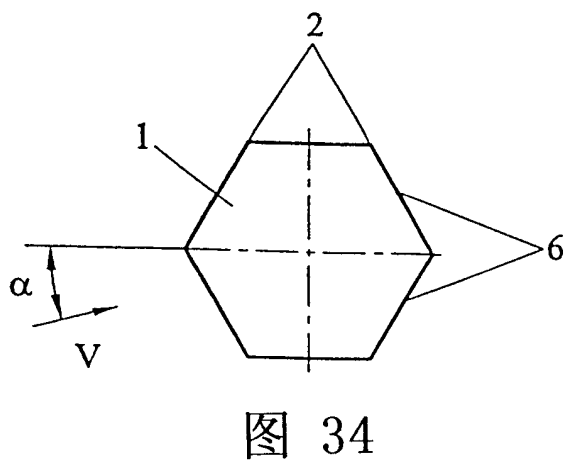
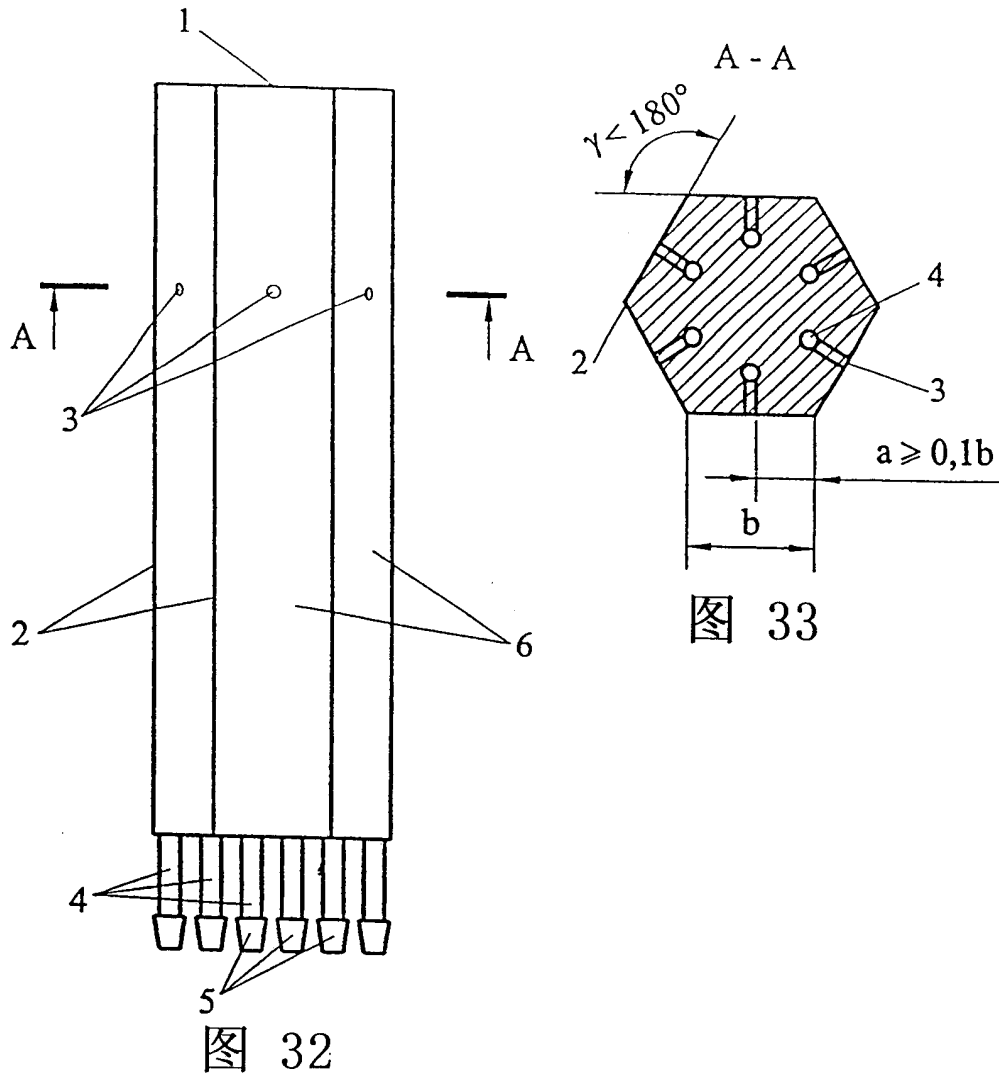


图 31



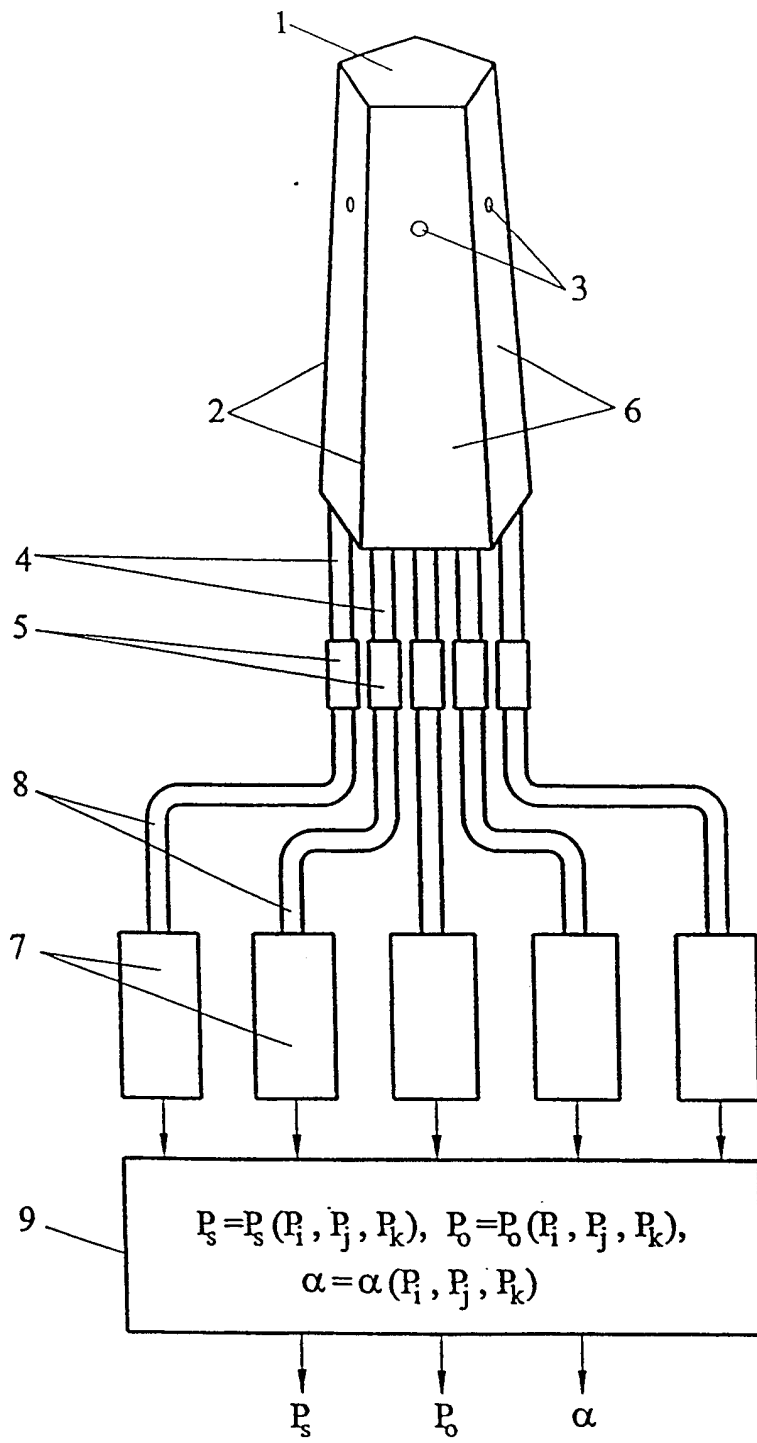


图 35

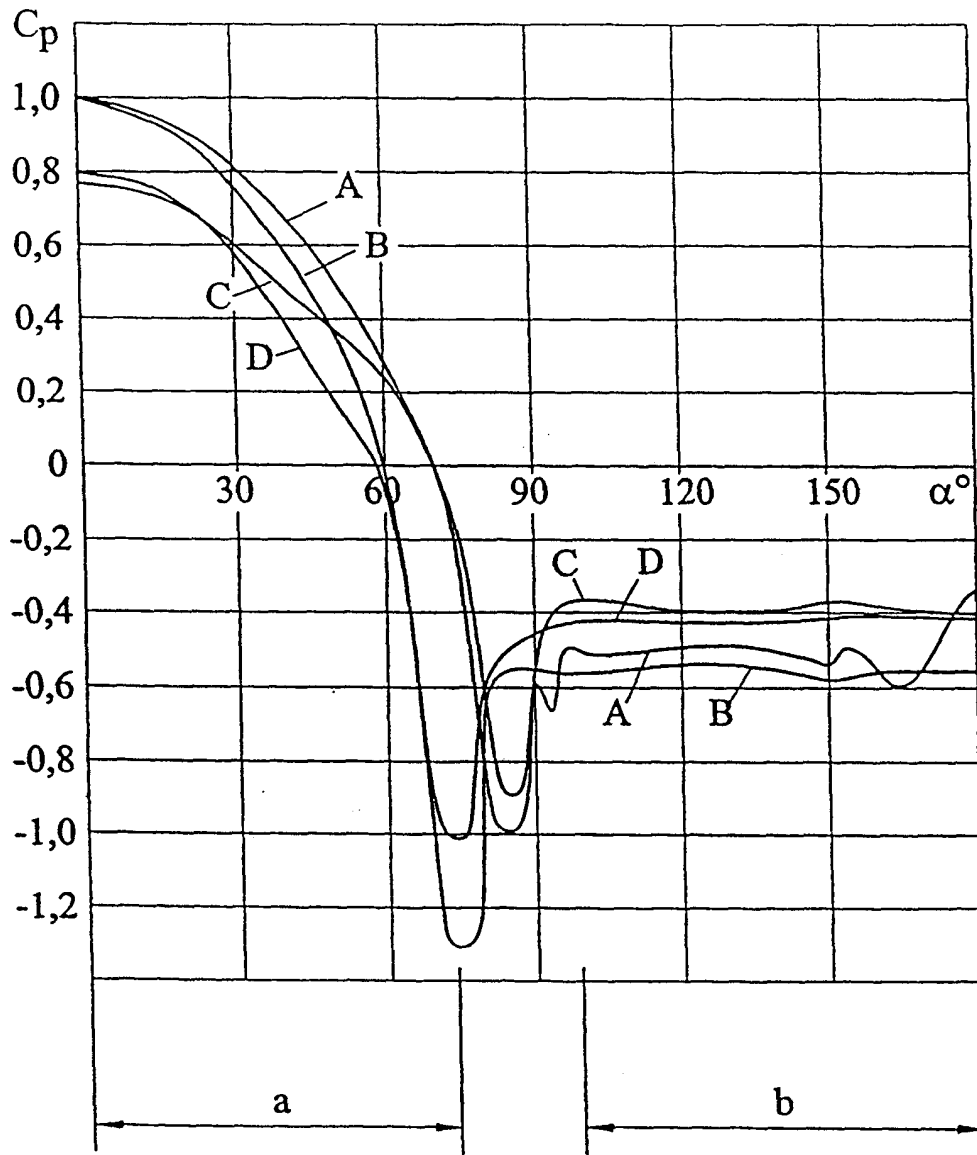


图 36

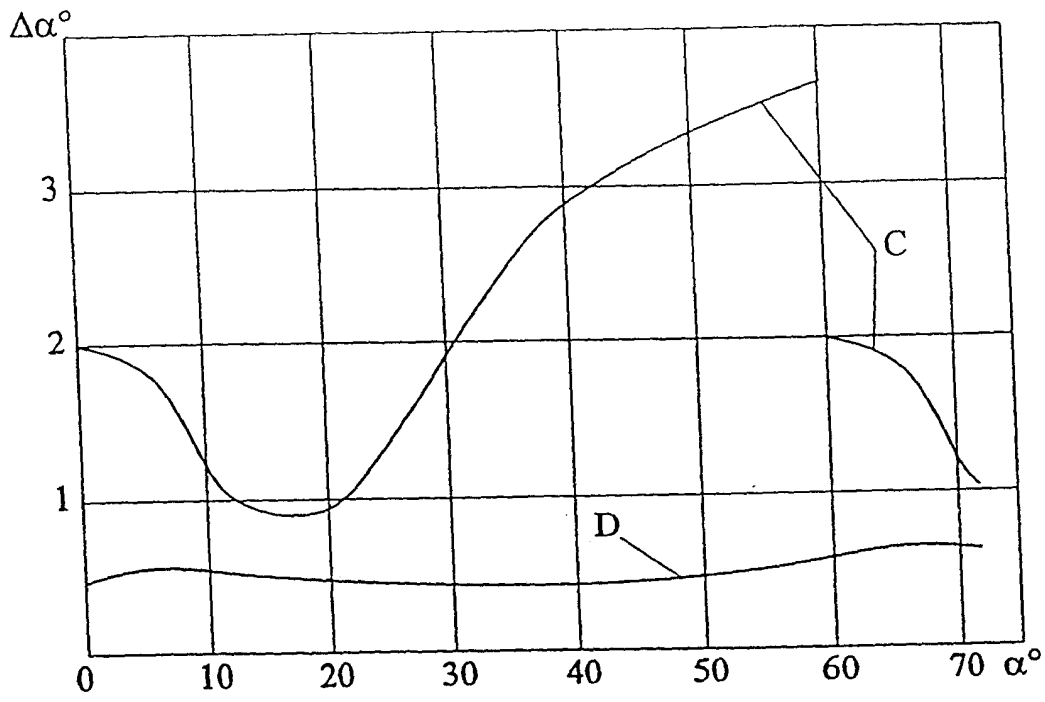


图 37

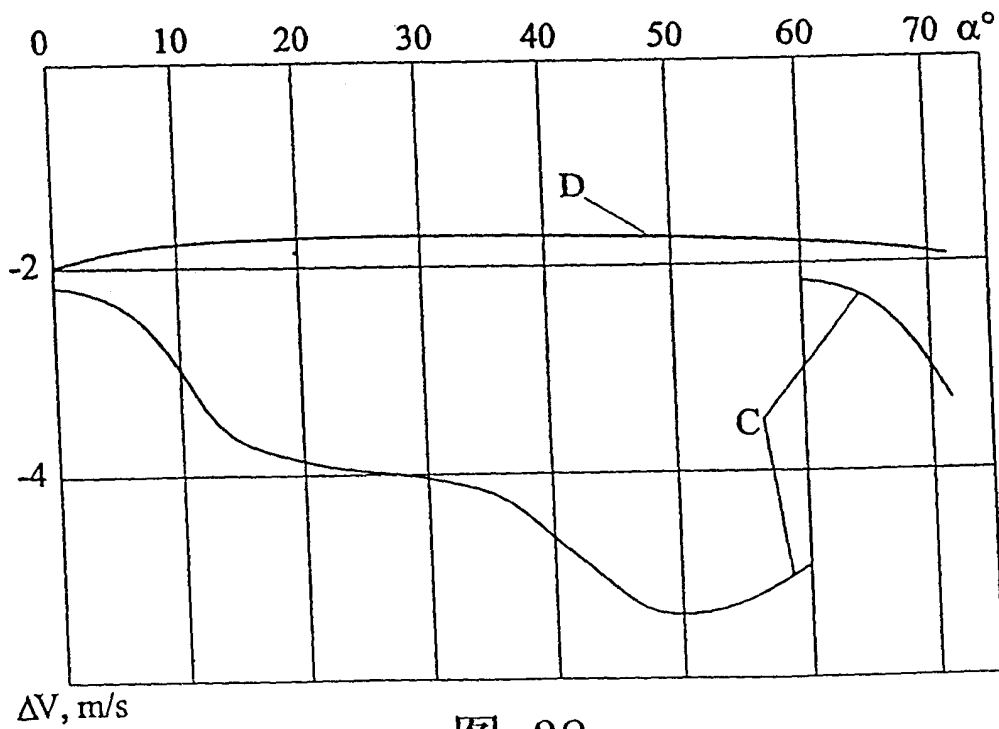


图 38

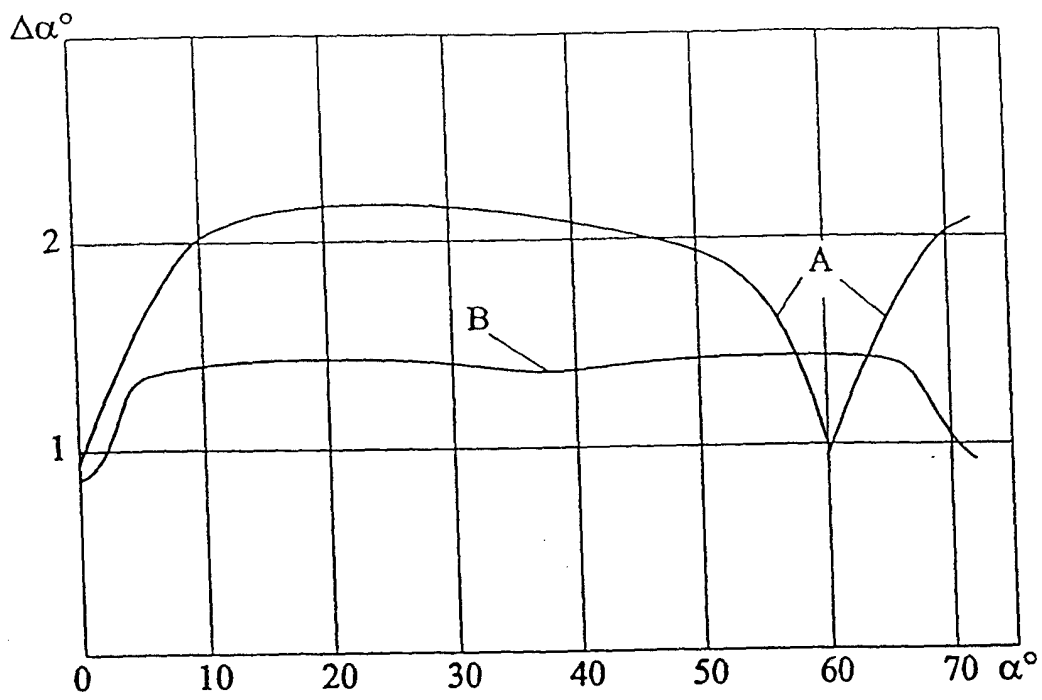


图 39

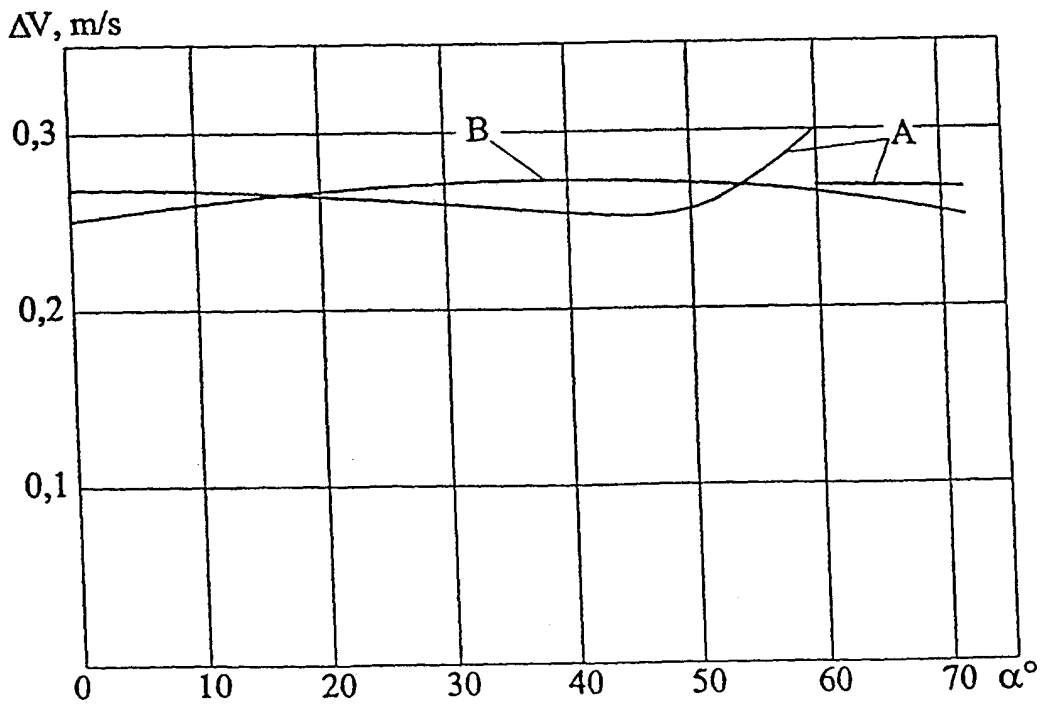


图 40