



(11) **EP 1 990 545 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**
veröffentlicht nach Art. 158 Abs. 3 EPÜ

(43) Veröffentlichungstag:
12.11.2008 Patentblatt 2008/46

(51) Int Cl.:
F04D 29/28 ^(2006.01) **F04D 29/30** ^(2006.01)
F04D 29/42 ^(2006.01) **F04D 29/66** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **07747807.1**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/RU2007/000061

(22) Anmeldetag: **07.02.2007**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2007/091923 (16.08.2007 Gazette 2007/33)

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI
SK TR**

(30) Priorität: **08.02.2006 RU 2006103511**
25.01.2007 RU 2007102815

(71) Anmelder:
• **Balakirev, Evgeni Borisovitch**
Moscow 109117 (RU)
• **Karadzhi, Viacheslav Georgievitch**
Moskovskaya obl. 142350 (RU)

• **Moskovko, Youri Georgievitch**
Moscow 111396 (RU)

(72) Erfinder:
• **KARADZHI, Viacheslav, Georgievitch**
142350 (RU)
• **MOSKOVKO, Youri Georgievitch**
Moscow, 111396 (RU)

(74) Vertreter: **Jeck, Anton**
Jeck - Fleck - Herrmann
Klingengasse 2
71665 Vaihingen/Enz (DE)

(54) **RADIALLÜFTERRAD (VARIANTEN), SCHAUFEL DAFÜR UND DAMIT AUSGESTATTETER ROHRVENTILATOR**

(57) Die Erfindung betrifft ein Radiallaufrad mit einer Hauptscheibe und einer Vorderscheibe und Laufschaufeln zwischen der Hauptscheibe und der Vorderscheibe, wobei die Laufschaufeln nach hinten umgebogen sind. Das Geräusch des Laufrades und eines Kanalventilators werden unter gleichzeitiger Sicherstellung ihrer hohen aerodynamischen Eigenschaften **dadurch** vermindert,

dass der Schnittpunkt zwischen der Vorderkante der in Drehrichtung nächsten Laufschaufel und der Vorderscheibe, die Nase der Vorderkante des Vorflügels und die Drehachse des Laufrades auf derselben Geraden innerhalb einer Projektionsebene liegen, die senkrecht zur Drehachse des Laufrades steht und dass die Seitenkante des Vorflügels unter einem spitzen Winkel zur Vorderkante des Vorflügels angeordnet ist.

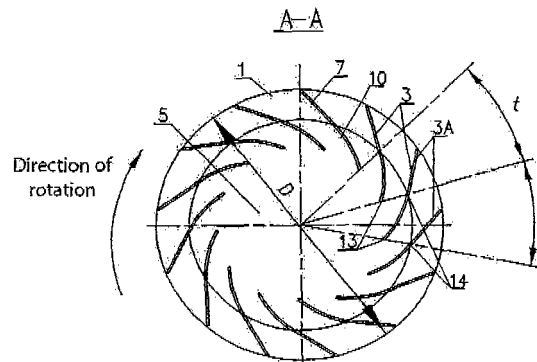


Fig. 3

EP 1 990 545 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Radiallaufrad mit einer Hauptscheibe und einer Vorderscheibe und Laufschaufeln zwischen der Hauptscheibe und der Vorderscheibe, wobei die Laufschaufeln nach hinten umgebogen sind. Zudem betrifft die Erfindung eine Laufschaufel die für das Radiallaufrad zu verwenden ist und einen Kanalventilator in dem das Radiallaufrad mit derartigen Laufschaufeln eingesetzt ist.

[0002] Aus dem Stand der Technik sind Radiallaufräder für Ventilatoren und Kompressoren bekannt.

[0003] So handelt es sich bei der EPA Nr. 1 184 574 A2, IPC F04D 29/30; F04D 29/28, veröffentlicht am 06.03.2002, [1], um ein Radiallaufrad, welches eine Haupt- und eine Vorderscheibe sowie Schaufeln des Laufrades enthält. Die Schaufeln sind zwischen den Scheiben angeordnet und nach hinten umgebogen. Dabei ist die Laufschaufel mit einem Bereich - Vorflügel - versehen. Der Vorflügel ist näher an der Drehachse des Laufrades angeordnet. Jedoch wird bei diesem Stand der Technik die Aufgabe der Sicherstellung der Festigkeit des Laufrades mittels Befestigung des Überhangs der Schaufeln (des Vorflügels) an die vordere Scheibe gelöst. Es liegen keine Angaben über akustische Eigenschaften des Laufrades vor. Dies erschwert den Einsatz des Stands der Technik [1] zur Geräuschminderung des Ventilators.

[0004] In der RF Nr. 222978 U, «Laufrad von Radialgebläse» IPC F04D 29/28, F04D 29/66, veröffentlicht am 10.05.2002, [2], handelt es sich um ein Radiallaufrad, welches eine Haupt- und eine Vorderscheibe sowie Schaufeln des Laufrades enthält. Die Schaufeln sind zwischen den Scheiben angeordnet und nach hinten umgebogen. Dabei sind die Schaufeln flach mit einer Vorderkante ausgeführt. Die geradlinige Vorderkante ist im Kontakt mit der Vorderscheibe.

[0005] Das Gebrauchsmuster [2] beschreibt ein Laufrad, welches in Kanalventilatoren eingesetzt wird. In diesem Fall stellt das Laufrad gute Eigenschaften für Ventilatoren sicher. Diese aerodynamischen und akustischen Eigenschaften sind unter anderem im Katalog-2005 der Gesellschaft mit begrenzter Haftung (OOO) «INNOVENT», Moskau, 2005, S. 14...23, [3], beschrieben. Dies ermöglicht es, die aerodynamischen und akustischen Eigenschaften des Laufrades nach dieser Anmeldung mit dem bekannten Laufrad zu vergleichen. Das Radiallaufrad gemäß dem Gebrauchsmuster der RF Nr. 222978 U, [2], wird als der nächste Stand der Technik für die Ausführungsformen des Radiallaufrades betrachtet.

[0006] In der EPA-Anmeldung Nr. 1184574 A2, IPC F04D 29/30; F04D 29/28, veröffentlicht am 06.03.2002, [1], ist ebenfalls eine Schaufel eines Radiallaufrades beschrieben. Diese Schaufel enthält einen Bereich für die Verbindung mit der Vorderscheibe und einen Bereich, welcher näher an der Drehachse des Laufrades (Vorflügel) angeordnet ist. Dieser Bereich weist eine Vorder- und eine Seitenkante auf. Dabei ist die Vorderkante unter

einem kleinen variablen Winkel zur Ebene angeordnet, welche normal zur Drehachse des Laufrades verläuft. Die Vorderkante ist krummlinig ausgeführt. Die Seitenkante des Vorflügels der Schaufel ist praktisch gleichlaufend mit der Drehachse des Laufrades. Dies verursacht, wie unten beschrieben, die Vergrößerung des Geräusches vor dem Einlauf in den Ventilator im Vergleich mit der vorgeschlagenen Schaufel und dem Laufrad. Die Schaufel des Radiallaufrades gemäß dem Stand der Technik [1] wird als der nächste Stand der Technik in Bezug auf die Schaufeln aus dieser Gruppe der Erfindungen angenommen.

[0007] Im Patent der RF Nr. 2287091 C1, IPC F04D 29/42, veröffentlicht am 10.11.2006, [4], handelt es sich um einen Kanalventilator. Der Kanalventilator enthält ein Gehäuse, ein Laufrad mit einer Haupt- und einer Deckscheibe, einen Einlaufsammler, einen Antrieb des Laufrades und einen Luftkanal. Zwischen der Haupt- und der Deckscheibe sind nach hinten umgebogene Schaufeln angeordnet. Der Luftkanal ist zwischen den Gehäusewänden ausgebildet. Der Luftkanal ist mit einer zylindrischen Oberfläche ausgeführt. Die Querschnittsfläche S_K des Luftkanals zwischen den Gehäusewänden übertrifft die Fläche S_{PK} welche durch die Schaufelenden des Laufrades umschrieben wird $S_{PK} = \pi D^2/4$, mindestens um das 2,4-fache. Laut der Beschreibung des Stands der Technik [4] ist nach der bevorzugten Ausführungsform ein Laufrad im Kanalventilator eingebaut. Dieses Laufrad benutzt das Gebrauchsmuster [2]. Jedoch gehört die Minderung des Geräuschpegels, welcher durch den Ventilator emittiert wird, zu einer der wichtigsten Anforderungen der Verbraucher. Aus diesem Grund ist eine weitere aerodynamische und akustische Vervollkommenung des Ventilators erforderlich.

[0008] Der Kanalventilator, welcher im Stand der Technik [4] beschrieben wird, gilt als der nächste Stand der Technik in Bezug auf den angemeldeten Kanalventilator.

[0009] Es ist Aufgabe der Erfindung, das Geräusch des Laufrades und des Kanalventilators unter gleichzeitiger Sicherstellung ihrer hohen aerodynamischen Eigenschaften zu mindern.

[0010] Diese Aufgabe der Erfindung wird dadurch gelöst, dass die Laufschaufeln mit einem Vorflügel ausgebildet sind, der näher zur Drehachse des Laufrades an der Stelle angeordnet ist, wo der Hauptbereich der Laufschaufel an die Oberfläche der Vorderscheibe angrenzt, dass der Schnittpunkt zwischen der Vorderkante der in Drehrichtung nächsten Laufschaufel und der Vorderscheibe, die Nase der Vorderkante des Vorflügels und die Drehachse des Laufrades auf derselben Geraden innerhalb einer Projektionsebene liegen, die senkrecht zur Drehachse des Laufrades steht und dass die Seitenkante des Vorflügels unter einem spitzen Winkel zur Vorderkante des Vorflügels angeordnet ist.

[0011] Das technische Ergebnis, welches durch die vorgeschlagene Schaufel im Vergleich zum nächsten Stand der Technik [1] erreicht wird, besteht in der Erhö-

hung des aerodynamischen Druckverhaltens unter gleichzeitiger Geräuschminderung des Laufrades mit solchen Laufschaufeln.

[0012] Das technische Ergebnis, welches im Kanalventilator im Vergleich zum nächsten Stand der Technik [4] erreicht wird, besteht in der Geräuschminderung am Einlauf und Auslauf des Ventilators unter Erhaltung seines Druck- und Durchflussverhaltens.

[0013] Die Lösung der gestellten technischen Aufgabe wird bei der Realisierung der Gegenstände der Gruppe von Erfindungen sichergestellt. Dabei müssen diese die folgenden Gesamtheiten von Merkmalen aufweisen, welche für die Erreichung der angemeldeten technischen Ergebnisse durch die Gegenstände der Gruppe von Erfindungen relevant sind.

[0014] Das Radiallaufrad nach der 1. Ausführungsform enthält, wie auch der nächste Stand der Technik [2], eine Haupt- und eine Vorderscheibe sowie Schaufeln des Laufrades. Die Schaufeln sind zwischen den Scheiben angeordnet und nach hinten umgebogen ausgeführt. Im Gegenteil zum nächsten Stand der Technik [2] ist jedoch die Laufschaufel mit einem Bereich (Vorflügel) versehen, welcher näher zur Drehachse des Laufrades angeordnet ist, und zwar in Bezug auf die Stelle, wo der Grundkörper der Schaufel an die Oberfläche der Vorder-
scheibe angrenzt. Dabei liegen der Schnittpunkt zwischen der Vorderkante der nächsten (in der Drehrichtung) Schaufel und der Vorderscheibe, die Nase der Vorderkante des Vorflügels sowie die Drehachse des Laufrades auf derselben Geraden innerhalb von der Projektionsfläche auf einer Ebene. Die Ebene liegt normal zur Drehachse des Laufrades. Und die Seitenkante des Vorflügels ist unter einem spitzen Winkel zur Vorderkante des Vorflügels angeordnet.

[0015] Das Radiallaufrad nach der 2. Ausführungsform enthält, wie auch der nächste Stand der Technik, [2], eine Haupt- und eine Vorderscheibe und Schaufeln des Laufrades. Die Schaufeln sind zwischen den Scheiben angeordnet und nach hinten umgebogen ausgeführt. Im Gegenteil zum nächsten Stand der Technik [2] ist jedoch jede Schaufel des Laufrades mit einem Vorflügel ausgeführt. Der Vorflügel ist zwischen dem Anschluss der Schaufel an die Oberfläche der Vorderscheibe und der Drehachse des Laufrades angeordnet. Dabei liegt der Vorflügel in der Projektionsfläche auf der Ebene, welche normal zur Drehachse des Laufrades verläuft. Die Drehachse des Laufrades und die Nase des Vorflügels werden durch eine Gerade verbunden. Diese Gerade läuft nicht über den Sektor hinaus, welcher durch Halbgeraden ausgebildet (begrenzt) ist. Die Halbgeraden liegen innerhalb von $\pm 0,05$ des Teilwinkels der Schaufeln in Bezug auf die Gerade, welche die Drehachse des Laufrades und den Anschlusspunkt der Vorderkante der nächsten (in der Drehrichtung) Schaufel mit der Oberfläche der Vorderscheibe verbindet.

[0016] Das Radiallaufrad nach der 1. Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass die Vorderkante des Vorflügels der Schaufel innerhalb einer Ebene liegt,

die normal zur Drehachse des Laufrades verläuft.

[0017] Das Radiallaufrad nach der 1. Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass die Vorderkante des Vorflügels der Schaufel unter einem Winkel von ± 10 Grad zu der Ebene eingestellt ist, die normal zur Drehachse des Laufrades verläuft.

[0018] Das Radiallaufrad nach der 1. Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass die Vorderkante des Vorflügels der Schaufel des Laufrades krummlinig ausgeführt ist.

[0019] Das Radiallaufrad nach der 1. Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass die Vorderkante des Vorflügels der Schaufel des Laufrades in Form von einem Kreisbogen ausgeführt ist.

[0020] Das Radiallaufrad nach der 1. Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass der an die vordere Scheibe angrenzende Bereich der Schaufel flach ausgeführt ist.

[0021] Dabei ist die Erzeugende der Vorderscheibe im Anschlussbereich der Schaufeln in Übereinstimmung mit folgenden Gleichungen ausgeführt:

$$y = (0,29 \pm 0,01) x + 0,37$$

$$z = (-0,39 \pm 0,01) x - 0,27$$

$$r^2 = x^2 + y^2$$

dabei gilt:

$z = Z/D$ - ist die Relativkoordinate, welche entlang der Drehachse des Laufrades in die Richtung von der Hauptscheibe zum Einlauf ins Laufrad ausgerichtet ist;

$x = X/D$ - ist die Relativkoordinate, normal zur Drehachse des Laufrades;

$y = Y/D$ - ist die Relativkoordinate, normal zur Achse z und Achse x;

$r = R/D$ - Relativradius des Laufrades, aktueller Radius des Laufrades;

X, Y, Z - aktuelle Koordinaten;

D - Durchmesser des Laufrades.

[0022] Außerdem zeichnet sich das Radiallaufrad nach den beiden Ausführungsformen dadurch aus, dass die Schaufelbreite am Auslauf aus dem Laufrad mindestens 0,25 des Durchmessers von einem Kreis beträgt, welcher von den Schaufelenden des Laufrades umschrieben wird.

[0023] Das Radiallaufrad nach der 1. Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass im Laufrad 13 Schaufeln eingebaut sind.

[0024] Das Radiallaufrad nach der 2. Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass die Seitenkante

des Vorflügels unter einem spitzen Winkel zur Vorderkante des Vorflügels liegt.

[0025] Das Radiallaufrad nach der 2. Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass die Vorderkante des Vorflügels im Querschnitt, welcher zur Drehachse des Laufrades normal liegt, kreisbogenförmig ausgeführt ist.

[0026] Das Radiallaufrad nach der 2. Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass der Durchmesser der Vorderscheibe 1,1 bis 1,2 beträgt. Der Durchmesser der Hauptscheibe beträgt 1,05 bis 1,15 des Durchmessers von einem Kreis, welcher durch die Schaufelenden des Laufrades umschrieben wird. Dabei wird in der Meridianebene zwischen den Erzeugenden der Vorder- und der Hauptscheibe in der Richtung von der Drehachse zu den Schaufelenden des Laufrades ein nicht divergenter Kanal gebildet.

[0027] Das Radiallaufrad nach der 2. Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass das Radiallaufrad mit mindestens einem Ring ausgebildet ist, welcher die Seitenkanten der Vorflügel der Schaufeln verbindet.

[0028] Die Schaufel des Radiallaufrades, ähnlich wie im nächsten Stand der Technik [1], enthält zwei Bereiche. Der eine Bereich ist für den Anschluss an die Vorderscheibe vorgesehen. Der zweite Bereich ist näher zur Drehachse des Laufrades (der Vorflügel) angeordnet. Er weist eine Vorder- und eine Seitenkante auf. Dabei ist die Vorderkante des Vorflügels krummlinig ausgeführt. Im Gegenteil zum nächsten Stand der Technik [1] ist jedoch die Vorderkante des Vorflügels in der Ebene angeordnet, welche zur Drehachse des Laufrades normal verläuft. Die Seitenkante liegt unter einem spitzen Winkel zur Vorderkante. Die Seitenkante ist krummlinig mit einem Lokalradius ausgeführt, welcher je nach zunehmender Entfernung von der Vorderkante größer wird.

[0029] Die Schaufel zeichnet sich dadurch aus, dass die Vorder- und die Seitenkanten des Vorflügels über einen Kreisbogen verbunden sind.

[0030] Die Schaufel zeichnet sich dadurch aus, dass der Schaufelbereich, welcher für den Anschluss an die Vorderscheibe vorgesehen ist, flach ausgeführt ist.

[0031] Der Kanalventilator, ähnlich wie im nächsten Stand der Technik [4], enthält:

- ein Gehäuse,
- ein Laufrad mit einer Haupt- und einer Deckscheibe. Zwischen diesen Scheiben sind die nach hinten umgebogenen Schaufeln angeordnet;
- einen Einlaufsammler,
- einen Antrieb des Laufrades und
- einen Luftkanal.

[0032] Der Luftkanal ist zwischen den Gehäusewänden ausgebildet und mit einer zylinderförmigen Oberfläche ausgeführt. Die Querschnittsfläche des Luftkanals zwischen den Gehäusewänden übertrifft die Fläche des Kreises, welcher durch die Schaufelenden des Laufrades umschrieben wird, mindestens um das 2,4-fache. Im

Gegenteil zum nächsten Stand der Technik [4] ist jedoch jede Schaufel des Laufrades mit einem Vorflügel ausgeführt. Der Vorflügel ist zwischen dem Anschluss der Schaufel an die Oberfläche der Vorderscheibe und der Drehachse des Laufrades angeordnet. Dabei liegt der Vorflügel in der Projektionsfläche auf der Ebene, welche normal zur Drehachse des Laufrades verläuft. Die Drehachse des Laufrades und die Vorderkantennase des Vorflügels werden durch eine Gerade verbunden. Diese Gerade läuft nicht über den Sektor hinaus, welcher durch Halbgeraden ausgebildet (begrenzt) ist. Die Halbgeraden liegen innerhalb von $\pm 0,05$ des Teilwinkels der Schaufeln in Bezug auf die Gerade, welche die Drehachse des Laufrades und den Anschlusspunkt der Vorderkante der nächsten (in der Drehrichtung) Schaufel mit der Vorderscheibe verbindet.

[0033] Der Kanalventilator zeichnet sich dadurch aus, dass in seinem Gehäuse mindestens zwei Laufräder eingebaut sind. Zwischen den benachbarten Laufrädern ist eine Trennwand angeordnet. Dabei beträgt das Verhältnis der Querschnittsfläche jedes Luftkanals zwischen den Gehäusewänden zur Fläche des Kreises, welcher durch die Schaufelenden des im entsprechenden Luftkanal eingebauten Laufrades umschrieben wird, mindestens 2,4.

[0034] Dabei ist der Kanalventilator mit mindestens einem Wirbeldämpfer ausgerüstet. Der Wirbeldämpfer liegt im Raum zwischen der Vorderscheibe und dem Einlaufsammler.

[0035] Außerdem ist die Querschnittskontur des Luftkanals zwischen den Gehäusewänden im Querschnittsbereich, welcher normal zur Drehachse des Laufrades angeordnet ist, in Form eines Rechtecks ausgeführt. Der Abstand zwischen den langen Seiten des Kanals übertrifft den Durchmesser des Laufrades mindestens um das 1,01-fache. Dabei ist im Raum zwischen der Scheibe und dem Einlaufsammler entlang der kurzen Seite mindestens ein Wirbeldämpfer eingebaut.

[0036] Die Querschnittskontur des Luftkanals zwischen den Gehäusewänden im Querschnittsbereich, welcher normal zur Drehachse des Laufrades angeordnet ist, kann auch kreis- oder ovalförmig ausgeführt werden.

[0037] Der Kanalventilator zeichnet sich dadurch aus, dass die Gehäusewand mit einer Außen- und einer Innenverkleidung ausgebildet ist. Die Innenverkleidung ist gelocht ausgebildet. Zwischen den Verkleidungen ist ein Schallschluckstoff eingesetzt. Der Schallschluckstoff ist von der gelochten Innenverkleidung durch eine luftdichte Folie abgetrennt.

[0038] Die Erfindungen werden anhand einer eingehenden Beschreibung von unterschiedlichen Ausführungsformen des Radiallaufrades, der Schaufel dafür sowie des Kanalventilators mit einem solchen Laufrad und anhand der Verweise auf die beigelegten Zeichnungen näher erklärt. Es zeigen:

Fig. 1 das Radiallaufrad im Schnitt,

- Fig. 2 der Querschnitt des Radiallaufrades mit vergrößerten Vorder- und Hauptscheiben,
- Fig. 3 einen Schnitt entlang der Linie A-A in Fig. 1,
- Fig. 4 die Ausführungsformen der Schaufeln in Seitenansicht,
- Fig. 5 Ansicht B auf die Schaufel aus einem ungeteilten Blech,
- Fig. 6 Ansicht B auf die zusammengebaute Schaufel,
- Fig. 7 ein Fragment des Laufrades mit der Anordnung von Schaufeln innerhalb des Bereichs der zulässigen Abweichungen vom Teilwinkel,
- Fig. 8 einen Längsschnitt des Kanalventilators,
- Fig. 9 einen Schnitt B-B aus Fig. 8 des Kanalventilators mit einem Laufrad und einem Schallluckengehäuse,
- Fig. 10 einen Schnitt B-B aus Fig. 8 des Kanalventilators mit zwei Laufrädern und einer Trennwand, wobei die Trennwand die langen Seiten des Kanals verbindet,
- Fig. 11 das auskragende Bauteil D aus Fig. 8,
- Fig. 12 einen Schnitt B-B aus Fig. 8 des Kanalventilators mit zwei Laufrädern und einer Trennwand, wobei die Trennwand die kurzen Seiten des Kanals verbindet,
- Fig. 13 einen Schnitt E-E aus Fig. 9,
- Fig. 14 einen Schnitt F-F aus Fig. 13,
- Fig. 15 ein Beispiel des Schmalbandes der Schalldruckniveaus im Kontrollpunkt vor dem Ventilatoreinlauf (nächster Stand der Technik),
- Fig. 16 den Einfluss der relativen Winkelabweichung des Vorflügels $\Delta t/t$ auf die Schalldruckdifferenz ΔL auf der Schaufelfrequenz des angemeldeten Ventilators,
- Fig. 17 die Kennlinie "statischer Druck gegen Leistung" $P_{sv} = f(Q)$ der Ventilatoren Nr. 2 und Nr. 3,
- Fig. 18 die Kennlinie "statischer Druck gegen Leistung" $P_{sv} = f(Q)$ der Ventilatoren Nr. 1, Nr. 3 und Nr. 4,

- Fig. 19 den Vergleich des Geräuschpegels am Einlauf der Ventilatoren Nr. 1, Nr. 2 und Nr. 3,
- Fig. 20 den Vergleich des Geräuschpegels am Einlauf des Ventilators (des nächsten Standes der Technik [4] (Nr. 1) und des angemeldeten (Nr. 4) Ventilators,
- Fig. 21 den Vergleich des Geräuschpegels am Auslauf des Ventilators (des nächsten Standes der Technik [4] (Nr. 1) und des angemeldeten (Nr. 4) Ventilators,
- Fig. 22 die Abhängigkeit der statischen Druckzahl ψ_s von dem Leistungsfaktor ϕ des angemeldeten Ventilators ohne und mit Platten des Wirbeldämpfers und
- Fig. 23 die Abhängigkeit des statischen Drucks P_{sv} von der Leistung Q des angemeldeten Ventilators mit zwei Laufrädern ohne Trennwand und mit Trennwand zwischen Laufrädern.

[0039] Das Radiallaufrad nach der 1. und der 2. Ausführungsform, wie in Fig. 1 und 2 abgebildet, enthält eine Vorderscheibe 1 und eine Hauptscheibe 2 und die dazwischen angeordneten Schaufeln 3. Das Laufrad ist mit einer Nabe 4 versehen. Die Nabe 4 dient zur Verbindung mit dem Stromvertrieb. Der Einlauf 5 des Luftstroms in das Laufrad liegt in der Ebene, welche durch die Vorderkanten der Vorderscheibe 1 ausgebildet ist. Der Auslauf 6 des Luftstroms aus dem Laufrad liegt zwischen den Außenkanten der Vorderscheibe 1 und der Hauptscheibe 2 (Fig. 1 und 2).

[0040] Die Schaufeln 3 sind nach hinten umgebogen (Fig. 3). Jede der Schaufeln 3 enthält einen Hauptbereich 7 und einen Bereich, der nachfolgend Vorflügel 10 (Fig. 1, 2 und 4) genannt wird. Die Vorderkante 8 (Fig. 4) des Hauptbereiches 7 grenzt an die vordere Scheibe 1 an. Der Vorflügel 10 ist näher zur Drehachse 9 des Laufrades angeordnet. Der Hauptbereich 7 und der Vorflügel 10 können untrennbar ausgeführt werden, z. B., aus einem Metallblech (Fig. 3 und 5) oder als ein aerodynamisches Profil (nicht abgebildet). Der Hauptbereich 7 und der Vorflügel 10 können auch zusammengesetzt (Fig. 6) ausgeführt werden, und zwar mittels Anbindung des Vorflügels 10 an den Grundkörper 7 der Schaufel 3. Die Vorderkante 11 des Vorflügels 10 kann innerhalb von einem Winkelbereich ± 10 Grad zur Ebene liegen, welche normal zur Drehachse 9 des Laufrades verläuft. Die Seitenkante 12 liegt unter einem spitzen Winkel zur Vorderkante 11 (Fig. 4). Die Vorder- und die Seitenkante werden mittels einer glatten Kurve miteinander verbunden, z. B., mittels eines Kreisbogens. Somit bilden sie eine Nase 13 am Vorflügel 10. Die Vorderkante 11 des Vorflügels 10 ist in der Projektion auf die Ebene, welche normal zur Drehachse 9 des Laufrades liegt, krummlinig ausgeführt ist, z. B., kreisbogenförmig (Fig. 3, 5 und 6). Die Seitenkante 12

kann krummlinig ausgeführt werden, z. B., mit einem Lokalkreisradius R_{SK} , welcher sich je nach der zunehmenden Entfernung von der Vorderkante 11 vergrößert (Fig. 1, 2 und 4).

[0041] Die Drehachse 9 des Laufrades, die Nase 13 des Vorflügels 10 der Schaufel 3 und der Anschlusspunkt 14 der Vorderkante 8 an die vordere Scheibe 1 der Vorderkante 8 der nächsten (in der Drehrichtung) Schaufel 3A (Fig. 3) beim Laufrad nach der 1. Ausführungsform liegen auf einer Geraden in der Projektion auf einer Ebene, welche normal zur Drehachse 9 des Laufrades liegt.

[0042] Es wurde der Bereich der Positionsabweichungen der Nase 13 des Vorflügels 10 von einer Geraden untersucht. Die Gerade verläuft über die Drehachse 9 des Laufrades und über den Anschlusspunkt 14 der Vorderkante 8 der nächsten (in der Drehrichtung) Schaufel 3A mit der Vorderscheibe 1. Im Rahmen dieser Untersuchung wurde versuchsweise Folgendes festgestellt: In der Projektion auf die Ebene, welche normal zur Drehachse 9 des Laufrades liegt, verläuft eine Gerade, welche die Drehachse 9 des Laufrades und die Nase 13 des Vorflügels 10 verbindet. Diese Gerade läuft nicht über den Sektor hinaus, welcher durch Halbgeraden ausgebildet (begrenzt) ist. Die Halbgeraden liegen innerhalb von $\Delta t = \pm 0,05$ des Teilwinkels t der Schaufeln 3 in Bezug auf die Gerade, welche die Drehachse 9 des Laufrades und den Anschlusspunkt 14 der Vorderkante 8 der nächsten (in der Drehrichtung) Schaufel 3A mit der Vorderscheibe 1 (Fig. 7) verbindet. Die Ausführung des Laufrades mit der genannten Abweichung Δt der Nase 13 des Vorflügels 10 von der Geraden, welche über die Drehachse 9 des Laufrades und den Anschlusspunkt 14 der Vorderkante 8 der nächsten (in der Drehrichtung) Schaufel 3A mit der Vorderscheibe 1 verläuft, ist die 2. Ausführungsform des Laufrades.

[0043] Die genannte Gerade passiert über einen Punkt auf der Nase 13. Dabei wird dieser Punkt in beiden Ausführungsformen des Laufrades dadurch ermittelt, daß an die Nase 13 des Vorflügels 10 eine Tangente gezogen wird, die der Achse 9 des Laufrades parallel ist. Der Teilwinkel beträgt 2π Rad, geteilt durch die Anzahl der Schaufeln N beim Laufrad: $t = 2\pi/N$.

[0044] Um die Festigkeit der Vorflügel 10 der Schaufeln 3 sicherzustellen, werden die Seitenkanten 12 des Vorflügels 10 mittels eines Ringes 15 (Fig. 1 und 2) verbunden. Ähnliche Ringe können an den Enden 16 der Schaufeln 3 sowie zusätzlich zu dem bereits installierten Ring 15 an den Seitenkanten 12 des Vorflügels 10 (nicht abgebildet) eingesetzt werden.

[0045] Die Laufschaufel 3 kann so ausgeführt werden, dass die Oberfläche des Vorflügels 10 eine glatte Kontur aufweist, im Einzelnen zylinderförmig (Fig. 3, 5 und 6) oder mit der Verwindung des Vorflügels 10 und des Hauptbereichs 7 der Schaufel 3 (nicht abgebildet).

[0046] Der Hauptbereich 7 der Schaufel 3 kann sowohl mit einer krummlinigen, z. B., zylinderförmigen Oberfläche, als auch mit flacher Oberfläche ausgeführt werden. Wird der Hauptbereich 7 der Schaufel 3 flach ausgeführt,

kann die Vorderkante 8 des Hauptbereichs 7 geradlinig (Fig. 4) ausgeführt werden. In diesem Fall stellt der Bereich der Vorderscheibe 1 am Anschluss der Schaufel 3 (Fig. 1) eine hyperbolische Oberfläche dar. Die Erzeugende dieser hyperbolischen Oberfläche ist die geradlinige Vorderkante 8 des Hauptbereichs 7 der Schaufel 3. Die Erzeugende der Vorderscheibe 1 im Anschlußbereich der Vorderkante 8 der Schaufel 3 (Fig. 1) kann in Übereinstimmung mit folgenden Gleichungen ausgeführt werden:

$$y = (0,29 \pm 0,01) x + 0,37$$

$$z = (-0,39 \pm 0,01) x - 0,27$$

$$r^2 = x^2 + y^2$$

dabei gilt

$z = Z/D$ - ist die Relativkoordinate, welche entlang der Drehachse 8 des Laufrades in die Richtung von der Hauptscheibe 1 zum Einlauf 4 ins Laufrad ausgerichtet ist;

$x = X/D$ - ist die Relativkoordinate, normal zur Drehachse 8 des Laufrades;

$y = Y/D$ - ist die Relativkoordinate, normal zur Achse OZ und zur Achse OX;

$r = R/D$ - relativer aktueller Radius des Laufrades, aktueller Radius des Laufrades;

X, Y, Z - aktuelle Koordinaten und

D - Durchmesser des Laufrades, welcher dem Durchmesser des Kreises gleich ist, der durch die Enden 15 der Schaufeln 3 beim Drehen des Laufrades gleich ist.

[0047] In der bevorzugten Ausführungsform enthält das Radiallaufrad (Fig. 1, 2 und 3) 13 Schaufeln 3. Die Breite H der Schaufeln 3 fällt mit dem Abstand zwischen der Vorderscheibe 1 und der Hauptscheibe 2 in ihrem Schnittpunkt mit den Enden 16 der Schaufeln 3 am Auslauf 6 aus dem Laufrad zusammen. Diese Breite H beträgt 0,25 bis 0,37 des Durchmessers des Laufrades D . Der Hauptbereich 7 der Schaufeln 3 ist flach ausgeführt. Der daran angrenzende Vorflügel 10 ist im Querschnitt, welcher normal zur Drehachse 9 des Laufrades liegt, kreisbogenförmig ausgeführt. Die Vorderkante 11 und die Seitenkante 12 des Vorflügels 10 sind kreisförmig miteinander verbunden. Die Seitenkante 12 ist mit einem Lokalkreisradius R_{SK} ausgeführt. Der Lokalkreisradius R_{SK} beträgt mindestens $0,5D$ neben der Vorderkante 11. Gleichzeitig ist die Seitenkante 12 parallel zur Drehachse 9 des Laufrades (d. h. gleich Unendlichkeit) neben der Hauptscheibe 2 (Fig. 1) ausgeführt. Die Drehachse 9 des Laufrades und der Nase 13 des Vorflügels 10 werden durch eine Gerade

verbunden. Diese Gerade befindet sich in der Projektion auf die Ebene, welche normal zur Drehachse 9 des Laufrades liegt. Diese Gerade läuft nicht über den Sektor hinaus, welcher durch Halbgeraden ausgebildet (begrenzt) ist. Die Halbgeraden liegen innerhalb vom Bereich $\Delta t = \pm 0,05t$ in Bezug auf die Gerade, welche die Drehachse 9 des Laufrades und den Schnittpunkt der Vorderkante 14 der nächsten (in der Drehrichtung) Schaufel 3A mit der Vorderscheibe 1 (Fig. 7) verbindet. Oder diese Gerade liegt auf der Geraden, welche die Drehachse 9 des Laufrades und den Schnittpunkt der Vorderkante 14 der nächsten (in der Drehrichtung) Schaufel 3A mit der Vorderscheibe 1 (Fig. 7) verbindet, (Fig. 3 und 7). Dabei können die Vorderscheibe 1 und die Hauptscheibe 2 mit vergrößertem Durchmesser ausgeführt werden. Der Durchmesser beträgt jeweils $(1,1...1,2)D$ und $(1,05...1,15)D$. Dabei wird in der Meridianebene zwischen den Erzeugenden der Vorderscheibe 1 und der Hauptscheibe 2 in der Richtung von der Drehachse 9 zu den Enden 16 der Schaufel 3 des Laufrades ein nicht divergenter Kanal gebildet (Fig. 2).

[0048] Der Hauptbereich 7 der Schaufeln 3 ist flach mit einer geradlinigen Seitenkante 8 ausgeführt. Die Erzeugende der Vorderscheibe 1 im Anschlussbereich der Seitenkante 8 des Grundkörpers 7 der Schaufel 3 (Fig. 1) ist in Übereinstimmung mit folgenden Gleichungen ausgeführt:

$$y = (0,29 \pm 0,01) x + 0,37$$

$$z = (-0,39 \pm 0,01) x - 0,27$$

$$r^2 = x^2 + y^2$$

[0049] Die Schaufeln 3 des Laufrades gemäß bevorzugter Ausführungsform sind mit einem flachen Hauptbereich 7 und dem Vorflügel 10 ausgeführt. Der Vorflügel 10 weist eine zylinderförmige Oberfläche auf. Die Vorderkante 8 des Grundkörpers 7 der Schaufel 3 ist geradlinig ausgeführt. Die Nase 13 verbindet die Vorderkante 11 und die Seitenkante 12 des Vorflügels. Die Nase 13 ist kreisbogenförmig ausgeführt. Die Vorderkante 11 des Vorflügels 10 in der Projektion auf die Ebene, welche normal zur Drehachse 9 des Laufrades liegt, ist kreisbogenförmig ausgeführt. In der Projektion auf die Ebene, welche über die Drehachse 9 des Laufrades verläuft, ist die Seitenkante 12 krummlinig ausgeführt. Dabei weist sie einen Lokalradius R_{SK} auf, welcher sich je nach der zunehmenden Entfernung von der Vorderkante 11 vergrößert (Fig. 1, 2 und 4).

[0050] Der Kanalventilator enthält ein Gehäuse 17, einen Motor 18, ein Laufrad 19 und einen Einlaufsammler 20 (Fig. 8). Das Gehäuse 17 ist mit einem Kanal 21 ausgeführt. Der Kanal 21 ist durch Wände 22 begrenzt. Im

allgemeinen Fall weist der Kanal 21 beliebige Oberflächenform auf. In der bevorzugten Ausführungsform ist die Oberfläche jedoch zylinderförmig ausgeführt. Die Kontur des Gehäusegrundes ist als ein Rechteck (Fig. 9), ein Trapez (Fig. 10), ein Quadrat, ein Kreis, ein Oval, eine Ellipse und a. m. ausgeführt (nicht abgebildet).

[0051] Das Laufrad 19 enthält die Vorderscheibe 1 und die Hauptscheibe 2 und die dazwischen angeordneten Schaufeln 3. Die Schaufeln 3 sind nach hinten in Bezug auf die Drehrichtung des Laufrades umgebogen (Fig. 3). Jede Laufschaufel 3 ist mit einem Vorflügel 10 versehen. Der Vorflügel 10 liegt zwischen dem Anschluss der Schaufel 3 an die Oberfläche der Vorderscheibe 1 und der Drehachse 9 des Laufrades (Fig. 1 und 2). Die Drehachse 9 des Laufrades 19 und die Nase 13 des Vorflügels 10 werden mittels einer Geraden verbunden. Die Gerade liegt in der Projektion auf die Ebene, welche senkrecht zur Drehachse 9 des Laufrades 19 liegt. Diese Gerade läuft nicht über den Sektor hinaus, welcher durch Halbgeraden ausgebildet (begrenzt) ist. Die Halbgeraden liegen innerhalb vom Bereich $\Delta t = \pm 0,05$ des Teilwinkels t der Schaufeln 3 in Bezug auf die Gerade, welche die Drehachse 9 des Laufrades 19 und den Schnittpunkt 14 der Vorderkante 11 der nächsten (in der Drehrichtung) Schaufel 3A mit der Vorderscheibe 1 (Fig. 7) verbindet. Das Laufrad 19 ist kinematisch mit einem Motor 18 verbunden. Die Verbindung erfolgt z. B. mittels einer Nabe 4. Die Nabe 4 ist an der Hauptscheibe 2 befestigt und unmittelbar mit der Welle 23 des Motors 18 (Fig. 8) gekoppelt. Die Verbindung erfolgt ebenfalls mittels eines Riementriebs oder eines ähnlichen Getriebes (nicht abgebildet).

[0052] Der Einlaufsammler 20 ist an der Stirnseite des Gehäuses 17 angeordnet und mit einem krummlinigen Profil in seinem Diametralquerschnitt ausgeführt. Dabei wird ein konvergierender Spalt 24 zwischen den Oberflächen der Abdeckscheibe 1 und des Einlaufsammlers 20 (Fig. 8 und 11) gebildet. Die Drehachse 9 des Laufrades 19 und die Symmetrieachse des Einlaufsammlers 20 sind coaxial. Das Gehäuse 17 ist so ausgeführt, dass in der Ebene, welche zur Symmetrieachse des Einlaufsammlers 20 zu der Einbaustelle des Laufrades 19 (Fig. 9, 10 und 12) senkrecht liegt, die Fläche S des Querschnittes des Kanals 21 die Fläche $S_{LR} = \pi D^2/4$ des Laufrades 19 mindestens um das 2,4-fache überschreitet. Zwecks Anbindung an die Luftleitungen und sonstige Lüftungsanlagen sind an den Stirnseiten des Gehäuses 17 Anschlussflansche 25 (Fig. 8, 9, 10 und 12) befestigt.

[0053] Die Wände 22 des Gehäuses 17 können als Platten 26 ausgeführt werden. Die Platten 26 enthalten Wärmedämmstoff und/oder Schallschluckstoff (Fig. 9 und 13). Die Wandplatten 26 sind mit der Außenverkleidung 27 und der Innenverkleidung 28 ausgebildet. Dabei ist die Innenverkleidung 28 gelocht mit Löchern 29 (Fig. 13) ausgeführt. Zwischen den Verkleidungen 27 und 28 ist Schallschluckstoff 30 verlegt. Der Schallschluckstoff 30 ist von der gelochten Innenverkleidung 28 mittels einer luftdichten Folie 31 (Fig. 14) getrennt.

[0054] Der Kanalventilator ist mit einem Wirbeldämpfer ausgerüstet. Der Wirbeldämpfer ist z. B. in Form von mindestens einer Platte 32 ausgeführt. Die Platte 32 weist eine flache oder eine krummlinige Oberfläche auf. Die Platte 32 liegt im Wirbelraum 33. Der Wirbelraum 33 wird zwischen dem Einlaufsammler 20 und der Vorderscheibe 1 des Laufrades 19 (Fig. 8) gebildet. Die Platte 32 des Wirbeldämpfers ist im Kanal 21 des Gehäuses 17 vor dem konvergierenden Spalt 24 eingebaut. Wenn der Querschnitt des Kanals rechteckig ist, liegen die Platten 32 des Wirbeldämpfers entlang der kurzen Seite des Kanals 21 (Fig. 8).

[0055] Im Gehäuse 17 des Kanalventilators kann mindestens ein zusätzliches Laufrad 34 eingebaut sein. Koaxial mit dem Laufrad 34 ist der Einlaufsammler 20 (Fig. 10 und 12) angeordnet sowie mindestens ein Wirbeldämpfer. Der Wirbeldämpfer ist in Form von einer Platte 32 ausgeführt. Der Wirbeldämpfer ist in einem der Wirbelräume 33 (Fig. 8) eingebaut. Und das Verhältnis der Fläche $S = A \cdot B$ des Querschnittes des jeweiligen Kanals 21 (Fig. 10 und 12) zur Fläche $S_{LR} = \pi D^2/4$ des im Kanal 21 eingebauten Laufrades 19 oder 34 beträgt mindestens 2,4: $S/S_{LR} \geq 2,4$. Dabei überschreitet die Länge B der kürzeren Seite von mindestens einem Kanal 21 den Durchmesser D des entsprechenden Laufrades 19 oder 34 (und wenn das Laufrad mit vergrößerten Scheiben, Fig. 2, ausgeführt ist, den Durchmesser der größeren Scheibe) mindestens um das 1,01-fache: $B/D \geq 1,01$. Die Verminderung des Spaltes zwischen der Wand des Kanals 21 und dem Laufrad 19 (bzw. den Scheiben 1 und 2) ist von den möglichen verfahrenstechnischen Fehlern bei der Fertigung des Ventilators begrenzt.

[0056] Die benachbarten Laufräder 19 und 34 können mittels einer Trennwand 35 voneinander getrennt werden. Die Trennwand 35 kann sowohl zwischen den langen Seiten A (Fig. 10) als auch zwischen den kurzen Seiten B (Fig. 12) 22 des Kanals 21 angeordnet werden.

[0057] Wenn die Drehrichtungen der Laufräder 19 und 34 unterschiedlich sind, liegt die Trennwand 35, in der Regel normal zur Ebene, welche über die Drehachse 9 der Laufräder 19 und 34 (Fig. 12) verläuft. Wenn die Drehrichtungen der Laufräder 19 und 34 gleich sind, liegt die Trennwand 35 geneigt oder normal zur Oberfläche der Wand des Kanals 21 (Fig. 10). Bei der geneigten Stellung ist die Trennwand 35 mit den Wänden 22 des Gehäuses 17 verbunden. Die Verbindung erfolgt auf solche Weise, dass die Entfernung der Kante der Trennwand 35 von der Auflaufschaukel 3 größer ist, als die Entfernung von der Ablaufschaukel 3 des entsprechenden Laufrades 19 oder 34 (Fig. 10).

[0058] Bei der bevorzugten Ausführungsform enthält der Kanalventilator Anschlussflansche 25, das Gehäuse 17 sowie die Platten 32 des Wirbeldämpfers. Die Anschlussflansche 25 sind an den Stirnseiten des Gehäuses 17 eingesetzt. Die Platten 32 des Wirbeldämpfers sind im Wirbelraum 33 vor dem konvergierenden Spalt 24 angeordnet. Die Wände 22 des Gehäuses 17 sind in Form von Platten 26 mit Wärmedämmstoff und Schall-

schluckstoff 30 ausgeführt. In der Ebene, welche normal zur Drehachse 9 der Laufräder 19 und/oder 34 liegt, oder an der Einbaustelle der Laufräder ist das Verhältnis der Länge B der kurzen Seite des Kanals 21 zum Durchmesser D des Laufrades 19 und/oder 34 gleich $B/D = 1,01 \dots 1,05$ ausgeführt. Der Kanal weist dabei einen rechteckigen Querschnitt auf. Die Durchmesser D der Laufräder 19 und 34 sind gleichartig ausgeführt und mit eigenem Motor 18 und dem koaxialen Einlaufsammler 20 ausgerüstet. Jedes Laufrad 19 und 34 enthält 13 Schaufeln 3 mit einer Breite $H = (0,25 \dots 0,37)D$. Jede der Schaufeln 3 ist mit einem Vorflügel 10 ausgeführt. Der Vorflügel 10 liegt zwischen dem Anschluss der Schaufel 3 an die Oberfläche der Vorderscheibe 1 und der Drehachse 9. Die Drehachse 9 des Laufrades 19 und die Nase 13 des Vorflügels 10 werden mittels einer Geraden verbunden. Diese Gerade liegt in der Projektion auf die Ebene, welche normal zur Drehachse 9 des Laufrades 19 liegt. Diese Gerade läuft nicht über den Sektor hinaus, welcher durch die Halbgeraden ausgebildet (begrenzt) ist. Die Halbgeraden liegen innerhalb von dem Bereich $\Delta t = \pm 0,05t$ in Bezug auf die Gerade, welche die Drehachse 9 des Laufrades 19 und den Schnittpunkt 14 mit der Vorderscheibe 1 der Vorderkante der nächsten (in der Drehrichtung) Schaufel 3A verbindet.

[0059] Bekanntlich stellt das Laufrad von der Sicht der Geräuschemission die Trennoberfläche dar. Die Minderung des aerodynamischen Geräusches hinter dem Laufrad führt zu keinen bemerkbaren Folgen für das Geräusch vor dem Laufrad und umgekehrt. Beim Drehen des Laufrades erzeugen die Seitenkante 12 und die nicht an die vordere Scheibe 1 angrenzende Vorderkante 11 des Vorflügels 10 der Schaufel 3 Schallwellen. Eine ziemlich entfernte Stelle vor dem Laufrad liegt z. B. auf der Fortsetzung der Achse 9 des Laufrades. Das Geräusch an dieser Stelle wird durch Summieren der Schalldrucksignale aus allen Punkten der Vorderkanten 11 und der Seitenkanten 12 aller Vorflügel 10 der Schaufeln 3 festgelegt. Versuchsweise wurde festgestellt, daß die Schalldrucksignale aus allen Punkten jeder einzelnen Schaufel 3 korreliert sind, während die Schalldrucksignale für verschiedene Schaufeln, z. B. für benachbarte Schaufeln 3 und 3A (Fig. 3 und 7), nicht korreliert sind. Das Beispiel eines Schmalbandes des Schalldruckniveaus im Kontrollpunkt vor dem Einlauf des bekannten Ventilators ist im Diagramm Fig. 15 dargestellt. Das Diagramm enthält ausgeprägte Spitzen der Schalldruckniveaus auf der Schaufelfrequenz des Laufrades und ihren Harmonischen.

[0060] Folglich werden die Schalldrucksignale aus allen Punkten der Vorderkante 11 des Vorflügels 10 der Schaufel 3 zu jedem Zeitpunkt unter Berücksichtigung der Amplituden und der Ausbreitungsphasen zusammenaddiert. Deswegen muss die Vorderkante 11 des Vorflügels 10 der Schaufel 3 eine solche Form und räumliche Ausrichtung aufweisen, dass die momentane Summe aller Schalldrucksignale aus allen Punkten der Vorderkante 11 nach Null strebt. Für ein sinoidales Signal bedeutet

das, dass die Phase der Schalldrucksignale entlang der Vorderkante 11 des Vorflügels 10 der Schaufel 3 sich um eine Periode ändern muss. Dabei wird die Seitenkante 12 des Vorflügels 10 von einem Abwind umströmt, von der Vorderkante 11 abgeschattet und beeinflusst nur wenig die Erzeugung von Umströmungsgeräusche.

[0061] Diese Bedingung kann erfüllt werden, wenn die Vorderkante 11 des Vorflügels 10 der Schaufel 3 in einer Ebene liegt, die normal zur Drehachse 9 des Laufrades verläuft (nachfolgend "Bedingung der Rechtwinkligkeit der Vorderkante" genannt), und wenn die Drehachse 9 des Laufrades, die Nase 13 des Vorflügels 10 der Schaufel 3 und der Schnittpunkt 14 auf einer Geraden liegen. Die Gerade liegt in der Projektion auf die Ebene, welche normal zur Drehachse 9 des Laufrades verläuft. Beim Schnittpunkt 14 handelt es sich um den Schnittpunkt (Anschlusspunkt) der nächsten (in der Drehrichtung) Schaufel 3A mit der Vorderscheibe 1 (Fig. 3 und 7). Der Schnittpunkt 14 entspricht dem Teilwinkel t zwischen den Schaufeln am Einlauf 5 ins Laufrad (nachfolgend "Bedingung des Teilwinkels zwischen den Schaufeln" genannt).

[0062] Die im Stand der Technik [1 und 2] beschriebenen Laufräder erfüllen diese Bedingungen nicht. Dies verursacht die Entstehung der so genannten Schaufelfrequenz (Fig. 15). Die Schaufelfrequenz bestimmt weitgehend das Geräusch des Laufrades.

[0063] Das aerodynamische und akustische Verhalten des Laufrades kann nur dann erforscht werden, wenn das Laufrad im Gehäuse eingebaut wird. Deswegen wurde die experimentelle Überprüfung des Einflusses der Bedingungen der Rechtwinkligkeit der Vorderkante und des Teilwinkels zwischen den Schaufeln auf das akustische Verhalten durchgeführt, indem das angemeldete Laufrad im Gehäuse angeordnet wurde. Dabei wurden die aerodynamischen und die akustischen Eigenschaften eines serienweise hergestellten Kanalventilators [4] mit dem serienweise gefertigten Laufrad [2] (Ventilator Nr. 1 bei Kennlinien aus Fig. 18 bis 21) und des angemeldeten Laufrades und des Ventilators (Ventilator Nr. 4 bei Kennlinien aus Fig. 18 bis 21) verglichen.

[0064] Es wurde festgestellt, dass im Sinne der Geräuschminderung die Einhaltung der Bedingung des Teilwinkels t zwischen den Schaufeln wichtiger ist, als die Anordnung der Vorderkante 11 in der Ebene, welche normal zur Drehachse 9 des Laufrades verläuft. Deswegen kann die Vorderkante 11 des Vorflügels 10 unter einem geringen Winkel, z. B., ± 10 Grad. zu dieser Ebene angeordnet werden.

[0065] Außerdem muss der Einfluss der Seitenkante 12 auf die Geräuscherzeugung in einem beliebigen Punkt, welches vor dem Einlauf 5 ins Laufrad liegt, ausgeschlossen werden. Dafür muss die Seitenkante 12 des Vorflügels 10 «im Schatten» der Vorderkante 11 liegen. Dies kann sichergestellt werden, indem die Seitenkante 12 unter einem spitzen Winkel (unter 90 Grad.) zur Vorderkante 11 angeordnet wird. Dabei darf die Vorderkante über die Linie, welche die Nase 13 des Vorflügels 10 und den Anschlusspunkt 14 der Seitenkante 12 an die Vor-

derscheibe 2 (Fig. 3) verbindet, nicht hinauslaufen.

[0066] Die hier angeführten Beweisgründe bestätigen die Erheblichkeit der Merkmale, welche in die Ansprüche der Erfindung nach der 1. Ausführungsform des Radiallaufrades eingeschlossen sind.

[0067] Der Vergleich der akustischen Eigenschaften der Ventilatoren mit der bekannten sowie mit der angemeldeten Ausführungsform der Laufräder im Bereich der Spitzenleistung ist in Fig. 16, 20 und 21 in den Kennlinien $\Delta L = F(f)$ abgebildet. Dabei ist f , kHz, die Geräuschfrequenz mit einer logarithmischen Skala. ΔL , dB, ist die Differenz zwischen dem Schalldruckniveau (Lärmpegel) des Ventilators $L(f)_V$ bei vorgegebener Frequenz f und dem maximalen Schalldruckniveau (Lärmpegel) $L_{SVNr.1}$ des serienweise gefertigten Ventilators Nr. 1 auf der Schaufelfrequenz (dieser Ventilator ist für das Geräusch des Ventilators bestimmend) des Laufrades des Ventilators Nr. 1: $\Delta L = L(f)_V - L_{SVNr.1}$. Je höher das Modul der Größe ΔL ist, desto geringer ist der Lärmpegel. Dabei entspricht die Lärmpegelminderung um $\Delta L = -6$ dB der Geräuschminderung um das 2-fache. Wird der Lärm um $\Delta L = -10$ dB gemindert, so wird die Geräuschminderung um das 3-fache im Vergleich mit dem maximalen Lärmpegel des Ventilators Nr. 1 auf der Schaufelfrequenz seines Laufrades reduziert (dies entspricht $\Delta L = 0$ dB bei Kennlinien in Fig. 19, 20 und 21), d.h. der Lärm wird praktisch unbemerkbar. Dabei ist bei den Kennlinien in Fig. 20 und 21 die Abhängigkeit $\Delta L = F(f)$ der Ventilatoren mit einem Laufrad nach der 1. Ausführungsform abgebildet. Die Kennlinien in Fig. 16 gelten für Ventilatoren mit einem Laufrad nach der 2. Ausführungsform.

[0068] Aus den Kennlinien $\Delta L = F(f)$ in Fig. 20 und 21 folgt, dass der Schalldruckpegel auf der Schaufelfrequenz am Einlauf des Ventilators Nr. 4 ungefähr um das 2-fache ($\Delta L = -6$ dB) geringer ist als beim Ventilator Nr. 1. Dabei ist der Ventilator Nr. 4 mit einem Laufrad nach der 1. Ausführungsform ausgerüstet, und der Ventilator Nr. 1 hat das Laufrad, welches als nächster Stand der Technik [2] angesehen wird. Dabei zeigt sich der Minderungseffekt des Schalldruckniveaus sowohl am Einlauf in den Ventilator (was gemäß den hier angeführten Beweisgründen erwartet wird) als auch am Auslauf aus dem Ventilator. Dies stellt den zusätzlichen Effekt dar.

[0069] Die in Fig. 16 dargestellte Kennlinie $\Delta L = F(f)$ wurde versuchsweise für den Ventilator mit dem Laufrad nach der 2. Ausführungsform gebildet. Diese Kennlinie zeigt, dass die Abweichungen der Nasen 13 des Vorflügels 10 in Bezug auf die Gerade, welche die Drehachse 9 des Laufrades mit dem Anschlusspunkt 14 der Vorderkante 8 des Laufrades an die vordere Scheibe 1 innerhalb des Bereichs von $\Delta t = \pm 0,05$ Grad. liegen. Das Differenzmodul des Schalldruckniveaus ΔL variiert nur geringfügig. Dabei wird das Maximum im Bereich der Anordnung der Drehachse 9, der Nase 13 des Vorflügels und des Anschlusspunktes 14 erreicht. Die Drehachse 9, die Nase 13 und der Anschlusspunkt 14 liegen auf einer Geraden, welche der Ausführung des Laufrades nach der 1. Ausführungsform entspricht. Das ist ein we-

sentlicher Umstand, weil er den Bereich der geometrischen Parameter des Laufrades erweitert und die 2. Ausführungsform des Radiallaufrades definiert.

[0070] Der Ring 15 verbindet die Seitenkanten 12 des Vorflügels 10. Die Ausführung des Laufrades mit mindestens einem Ring 15 erhöht die Festigkeit der Vorflügel 10 der Schaufeln 3. Dies mindert ihre Verformung und verhindert, dass die Nasen 13 der Vorflügel über die Grenzen des Bereichs von $\Delta t = \pm 0,05$ Grad hinausgehen.

[0071] Um die Bedingung des Teilwinkels t zwischen den Schaufeln in der Projektion auf die Ebene, welche normal zur Drehachse 9 des Laufrades liegt, einzuhalten, muss die Vorderkante 11 des Vorflügels 10 der Schaufel 3 krummlinig ausgeführt werden. So kann die Vorderkante 11 z. B. kreisbogenförmig bzw. in Form von einer Ellipse und anderen glatten Kurven ausgeführt werden. Es ist jedoch erforderlich, gute aerodynamische Eigenschaften des Laufrades sicher zu stellen. Aus diesem Grund muss ein stufenloser Eintritt in den Zwischenschaufelraum sichergestellt werden. Dies kann erreicht werden, wenn die Luftstromlinien an die Seitenkante 12 des Vorflügels 10 der Schaufel 3 tangential angrenzen. Für einen Teil der Seitenkante 12 wird dies dadurch sichergestellt, dass die Seitenkante 12 mit einem zunehmenden Lokalkreisradius R_{SK} ausgeführt ist. Der Lokalkreisradius R_{SK} vergrößert sich je nach der Entfernung von der Vorderkante 11 bis in die Unendlichkeit hinein. Dabei liegt die Seitenkante 12 auf einer Geraden, welche zur Drehachse 9 des Laufrades parallel verläuft. Außerdem muss im Zwischenschaufelraum eine stufenlose Erweiterung gemäß dem Strom mit optimaler Verzögerung sichergestellt werden.

[0072] Die hier angeführten Beweisgründe bestimmen die Erheblichkeit der Merkmale, welche in den Ansprüchen zur Erfindung der Schaufel angegeben werden.

[0073] Um den Einfluss der Form der Schaufeln 3 des Laufrades auf sein akustisches und aerodynamisches Verhalten zu untersuchen, wurden Versuche an 4 Kanalventilatoren vorgenommen. Die 4 Kanalventilatoren haben Laufräder mit gleichem Durchmesser und mit derselben Anzahl von Schaufeln 3. Die Schaufeln 3 sind in Gehäusen mit gleichen Abmessungen angeordnet. Dabei weist der Kanal 21 einen Quadratquerschnitt auf. Die Gehäuse sind mit solchen Abmessungen ausgeführt, welche im Katalog [3] für einen Ventilator nach dem Typ «UNIVENT-2-2» angeführt sind.

[0074] Als der 1. Ventilator wurde der serienweise gefertigte Ventilator nach dem Typ «UNIVENT-2-2» geprüft. Dieser Ventilator hat ein Laufrad mit flachen Laufschaufeln 3. Die Schaufeln 3 sind in Übereinstimmung mit dem Gebrauchsmuster [2] und der Erfindung [4] ausgeführt. Die Schaufeln haben keinen Vorflügel und weisen eine innere Seitenkante 36 auf, die gleichlaufend mit der Drehachse 9 des Laufrades (Fig. 4) ist.

[0075] Im 2. Ventilator ist ein Laufrad mit zusammengesetzten Laufschaufeln (Fig. 5) eingebaut. Die Schaufeln erfüllen die Bedingung des Winkelabstandes t zwi-

schen den Schaufeln. Die Schaufeln weisen einen Hauptbereich 8 und den Vorflügel 10 mit Vorderkante 11 auf. Die Vorderkante 11 liegt in der Ebene, welche normal zur Drehachse 9 des Laufrades verläuft. Der Vorflügel 10 hat auch eine Seitenkante 37, welche zu der Drehachse 9 des Laufrades (Fig. 3) parallel ist. Solche Ausführung der Schaufeln 3 ist in der Erfindung [1] beschrieben.

[0076] Beim 3. Ventilator wird auch die Bedingung des Winkelabstandes t zwischen den Schaufeln erfüllt. Die Laufschaufel 3 ist zusammengesetzt ausgeführt (Fig. 5). Die Seitenkante 38 des Vorflügels 10 ist geradlinig ausgeführt und grenzt an die Vorderkante 11 unter einem spitzen Winkel an. Die Seitenkante 38 ist mit der Vorderkante 11 gemäß dem Radius verknüpft (Fig. 3) und wird mit der Hauptscheibe 2 verbunden.

[0077] Beim 4. Ventilator ist ein Laufrad gemäß dieser Erfindung eingebaut. Die Schaufeln 3 (Fig. 5) sind in Übereinstimmung mit der Bedingung des Teilwinkels zwischen den Schaufeln eingestellt. Die Schaufel 3 ist mit einem Vorflügel 10 ausgeführt. Die Vorderkante 11 des Vorflügels 10 verläuft normal zur Drehachse 9 des Laufrades. Die Seitenkante 12 des Vorflügels 10 der Schaufel 3 ist mit einem zunehmenden Lokalkreisradius R_{SK} ausgeführt. Der Lokalkreisradius R_{SK} wird desto größer, je größer die Entfernung von der Vorderkante (Fig. 1 und 3) ist.

[0078] Um die aerodynamischen Eigenschaften der Ventilatoren und folglich der Laufräder zu vergleichen, wurden nach den Ergebnissen der Versuche die in Fig. 17 und Fig. 18 angeführten Kennlinien der Abhängigkeiten zwischen dem statischen Druck P_{SV} und der Leistung Q des Ventilators gezeichnet: $P_{SV} = F(Q)$. Aus der Kennlinie $P_{SV} = F(Q)$ in Fig. 17 folgt, dass die aerodynamischen Eigenschaften der Ventilatoren Nr. 2 und Nr. 3 praktisch gleich sind. Die Ventilatoren Nr. 2 und Nr. 3 unterscheiden sich durch die Ausführung der Seitenkante 12 des Vorflügels 10 der Schaufeln 3. Das heißt, dass die Ausführung der Seitenkante 12, welche zu der Drehachse 9 des Laufrades parallel liegt oder unter einem Winkel zur Vorderkante 11 des Vorflügels 10 angeordnet ist, nur wenig die aerodynamischen Eigenschaften des Laufrades beeinflusst. Aus diesem Grund wurden die aerodynamischen Eigenschaften der Laufräder mit Laufschaufeln 3 ohne Vorflügel (Ventilator Nr. 1) nachfolgend mit Schaufeln 3 mit Vorflügel 10 verglichen. Die Schaufeln 3 mit Vorflügel 10 haben eine abgeschrägte geradlinige Seitenkante 38 (Ventilator Nr. 3) und eine Seitenkante 12 mit einem variablen Radius R_{SK} (Ventilator Nr. 4).

[0079] Aus der Kennlinie $P_{SV} = F(Q)$ in Fig. 18 folgt, dass der Kanalventilator Nr. 1 im Bereich von mittleren und hohen Leistungswerten keine wesentlichen Vorteile in Bezug auf statische Drücke im Vergleich mit den Ventilatoren Nr. 3 und Nr. 4 aufweist. Der Kanalventilator Nr. 1 ist dem Ventilator Nr. 4 mit vorgeschlagenem Laufrad ähnlich.

[0080] Wenn es um geringe Leistungen handelt, so

stellen die Ventilatoren Nr. 3 und Nr. 4 einen höheren statischen Druck im Vergleich mit dem serienweise gefertigten Ventilator Nr. 1 sicher. Dabei sorgt der Ventilator Nr. 4 für einen höheren statischen Druck innerhalb des gesamten Leistungsbereichs im Vergleich zum Ventilator Nr. 3.

[0081] Die Seitenkante 12 des Vorflügels 10 der Schaufel 3 wird krummlinig ausgeführt. Sie ist mit dem Lokalradius versehen, welcher sich je nach der Entfernung von der Vorderkante des Vorflügels 10 vergrößert. Somit stellt diese Ausführung der Seitenkante 12 eine Verbesserung des aerodynamischen Verhaltens des Laufrades sicher.

[0082] Der Vergleich der akustischen Eigenschaften der Ventilatoren Nr. 1, 2, 3 und 4 im Bereich der Spitzenleistung ist in Fig. 19, 20 und 21 an den Kennlinien $\Delta L = F(f)$ abgebildet.

[0083] Der Vergleich der Minderung des Geräuschpegels des serienweise gefertigten Ventilators Nr. 1 mit den Ventilatoren Nr. 2 und Nr. 3 ist in Fig. 19 abgebildet. Aus diesem Vergleich folgt, dass der Ventilator Nr. 2 einen niedrigeren Lärmpegel im Vergleich zum Ventilator Nr. 1 und dass der Ventilator Nr. 3 einen niedrigeren Lärmpegel im Vergleich zum Ventilator Nr. 2 aufweist. Es ist offensichtlich, dass die Geräuschminderung infolge der Einhaltung der Bedingung des Teilwinkels t zwischen den Schaufeln und der Bedingung der Rechtwinkligkeit der Vorderkante erreicht wird. Es ist ebenfalls offensichtlich, dass die Geräuschminderung des Ventilators Nr. 3 im Vergleich zum Ventilator Nr. 2 infolge der Anordnung der Seitenkante 37 unter einem spitzen Winkel zur Vorderkante 11 des Vorflügels 10 erreicht wird.

[0084] Der in Fig. 20 angeführte Vergleich der akustischen Eigenschaften am Einlauf des Ventilators Nr. 4 mit dem in der Erfindung vorgeschlagenen Laufrad, und der akustischen Eigenschaften des serienweise gefertigten Ventilators Nr. 4 zeigt, dass das durch den Ventilator Nr. 4 erzeugte Geräusch merklich niedriger ist.

[0085] Die Ergebnisse der Messungen der Lärmpegel am Austritt der Ventilatoren Nr. 1 und Nr. 4 sind in Fig. 21 mittels der Kennlinie $\Delta L = F(f)$ dargestellt. Diese Ergebnisse zeigen, dass dank der Verbesserung des aerodynamischen Verhaltens der Zwischenschaufelkanäle des Laufrades mit Schaufeln 3 und mit Vorflügeln 10 die Geräuschpegel auch am Austritt aus dem Laufrad gemindert werden.

[0086] Die Erreichung des technischen Ergebnisses in Bezug auf die Geräuschminderung und die Aerodynamik wurde ebenfalls mittels einer Ausführung der Laufräder und Schaufeln nach dieser Erfindung an Ventilatoren mit Laufrädern mit anderen Durchmessern bestätigt. Insbesondere handelt es sich dabei um den Ventilator Nr. 6 dessen Geometrie-Kennwerte im Katalog [3] aufgezählt sind.

[0087] Somit stellt die Ausführung der Schaufeln 3 mit der Einhaltung der Bedingungen des Teilwinkels zwischen den Schaufeln und der Rechtwinkligkeit der Vorderkanten 11 der Vorflügel die Geräuschminderung (Fig.

19, 20 und 21) des Laufrades sicher. Dies bestätigt die Erheblichkeit dieser Merkmale für die Erreichung des technischen Ergebnisses (Geräuschminderung) durch das Laufrad. Die Ausführung der Schaufeln mit einem variablen Lokalradius R_{SK} , welcher sich je nach der Entfernung von der Vorderkante 10 vergrößert, stellt eine Geräuschminderung und eine Erhöhung der aerodynamischen Eigenschaften des Laufrades (Fig. 18) sicher. Diese Tatsache bestätigt die Erheblichkeit der Merkmale der vorgeschlagenen Schaufeln des Laufrades.

[0088] Die oben gezeichneten Kennlinien in Fig. 18, 20 und 21 ermöglichen es ebenfalls, die aerodynamischen und akustischen Eigenschaften des bekannten und als den nächsten Stand der Technik betrachteten (Ventilator Nr. 1) Kanalventilators und des angemeldeten (Ventilator Nr. 4) Kanalventilators zu vergleichen.

[0089] Die aerodynamischen Eigenschaften der Ventilatoren Nr. 1 und Nr. 4, wie in Fig. 18 durch die Kennlinie $P_{SV} = F(Q)$ abgebildet, sind nahe liegend, während der Lärmpegel des Kanalventilators Nr. 4 mit angemeldetem Laufrad nimmt nicht nur am Einlauf (Fig. 20) sondern auch am Auslauf (Fig. 21) abnimmt. Die Geräuschminderung am Auslauf ist höchstwahrscheinlich durch die Verbesserung der Aerodynamik der Zwischenschaufel-Kanäle des Laufrades mit Schaufeln 3 mit Vorflügeln 10 bedingt. Die Geräuschminderung am Auslauf stellt den zusätzlichen Effekt dar, welcher beim Einsatz des angemeldeten Laufrades im Kanalventilator erreicht wird. Das hängt damit zusammen, dass, wie bereits oben bemerkt, die Minderung des aerodynamischen Geräusches vor dem Laufrad keine bemerkenswerten Folgen für das Geräusch nach dem Laufrad verursachen muss.

[0090] Der angemeldete Kanalventilator wird mit Platten 32 des Wirbeldämpfers ausgerüstet. Die Platten 32 werden im Wirbelraum 33 eingebaut, wie in Fig. 20 abgebildet. Die Ausrüstung des Kanalventilators mit Platten 32 führt zur Erhöhung der statischen Druckzahl beim gleichen Leistungsfaktor. Die Ausrüstung des angemeldeten Kanalventilators mit einem zusätzlichen Laufrad 34, wie in Fig. 21 abgebildet, stellt die Verdopplung der Leistung beim gleichen statischen Druck sicher. Dabei verursacht das Vorhandensein von einer Trennwand 35 zwischen den Laufrädern 19 und 34 bei geringen und mittleren Leistungskennzahlen die Erhöhung der Leistung sicher. Dies ermöglicht es, anstelle des Kanalventilators mit einem Laufrad den Kanalventilator mit zwei und mehr Laufrädern zu benutzen. Diese Tatsache schafft umfassende Möglichkeiten im Zusammenhang mit der Reduzierung von einem der Maße des Gehäuses des Kanalventilators. Gleichzeitig erhöht der Einbau der Trennwand 35 die Festigkeit des Gehäuses 17 des Ventilators. Das ist beim geringen Abstand zwischen den Enden 16 der Schaufeln 3 und den Wänden 22 des Gehäuses 17 des Ventilators besonders wichtig.

[0091] Die Radiallaufräder, welche in der Beschreibung dieser Erfindung dargestellt sind, können in Kanal- und Radialventilatoren und Kompressoren eingebaut werden. Die angemeldeten Schaufeln können in den

nach dieser Erfindung ausgeführten Laufrädern eingesetzt werden. Die Kanalventilatoren mit einem, zwei und mehreren Laufrädern können in Lüftungs- und Klimaanlage für Wohn-, Produktionsgebäuden und Betriebseinrichtungen sowie zur Gasbeförderung in unterschiedlichen Anlagen eingesetzt werden.

Liste der Positionen und Bezeichnungen zur Beschreibung der Gruppe von Erfindungen "Radiallaufrad (Ausführungsformen), ihre Schaufeln und Kanalventilator mit diesem Laufrad"

[0092]

- 1 - Vorderscheibe;
- 2 - Hauptscheibe;
- 3 - Schaufeln, die zwischen der Vorderscheibe 1 und der Hauptscheibe 2 eingebaut sind;
- 3A - nächste Laufschaufel 3 in der Drehrichtung;
- 4 - Nabe des Laufrades;
- 5 - Einlauf in das Laufrad;
- 6 - Auslauf aus dem Laufrad;
- 7 - Hauptbereich der Schaufel 3;
- 8 - Vorderkante des Hauptbereichs 6 der Schaufel 3;
- 9 - Drehachse des Laufrades;
- 10 - Vorflügel;
- 11 - Vorderkante des Vorflügels 10;
- 12 - Seitenkante des Vorflügels 10;
- 13 - Nase des Vorflügels 10;
- 14 - Anschlusspunkt zwischen der Vorderkante der Schaufel 3 mit der Vorderscheibe 2;
- 15 - Ring, welcher die Seitenkanten 12 des Vorflügels 10 verbindet;
- 16 - Enden der Schaufeln 3 des Laufrades;
- 17 - Gehäuse des Kanalventilators;
- 18 - Motor;
- 19 - Laufrad;
- 20 - Einlaufsammler;
- 21 - Kanal im Gehäuse 17;
- 22 - Wände des Gehäuses 17;
- 23 - Welle des Motors 18;
- 24 - konvergierender Spalt zwischen den Oberflächen der Abdeckscheibe 1 und des Einlaufsammlers 20;
- 25 - Anschlussflansch;
- 26 - Platten aus Schallschluckstoff;
- 27 - Außenverkleidung;
- 28 - Innenverkleidung;
- 29 - Lochung in der Innenverkleidung;
- 30 - Schallschluckstoff;
- 31 - luftdichte Folie;
- 32 - Platte des Wirbeldämpfers;
- 33 - Wirbelraum;
- 34 - zusätzliches Laufrad;

- 35 - Trennwand zwischen den benachbarten Laufrädern;
- X, Y, Z - aktuelle Koordinaten;
- D - Durchmesser des Laufrades. Dieser Durchmesser fällt mit dem Durchmesser zusammen, welcher durch die Enden 16 der Schaufeln 3 beim Drehen des Laufrades umschrieben wird.
- R - aktueller Radius des Laufrades;
- 10 x = X/D - ist die Relativkoordinate, welche normal zur Drehachse 8 des Laufrades liegt;
- y = Y/D - ist die Relativkoordinate, welche normal zur Drehachse OZ und zur Achse OX ist;
- z = Z/D - ist die Relativkoordinate, welche über die Drehachse 8 des Laufrades in die Richtung von der Hauptscheibe 2 zum Einlauf 4 ins Laufrad ausgerichtet ist;
- 15 r = R/D - Relativradius des Laufrades,
- H - Breite der Schaufeln 3. Sie fällt mit dem Abstand zwischen der Vorderscheibe 1 und der Hauptscheibe 2 am Auslauf 5 aus dem Laufrad zusammen;
- R_{SK} - Größe des Lokalradius der Seitenkante 11 des Vorflügels 9 der Schaufel 3.
- 25 t - Teilwinkel zwischen den Schaufeln;
- Δt - Abweichung von der Winkel-Schaufelfrequenz;
- P_{sv} - statischer Druck des Ventilators;
- Q - Leistung des Ventilators.
- 30 ΔL = L(f)_V - L_{S.VNr.1} - Differenz zwischen dem Schalldruckniveau (Lärm) und dem Spitzenschalldruckniveau (Lärm) auf der Schaufelfrequenz des Laufrades des serienweise gefertigten Ventilators Nr. 1;
- 35 f - Frequenz, kHz;
- L(f)_V - Schalldruckpegel des zu untersuchenden Ventilators bei vorgegebener Frequenz f;
- L_{S.VNr.1} - Spitzenschalldruckpegel des serienweise gefertigten Ventilators Nr. 1 auf der Schaufelfrequenz;
- 40 B - Länge der kleineren Seite des Kanals des Ventilators.
- A - Länge der größeren Seite des Ventilators

Patentansprüche

1. Radiallaufrad mit einer Hauptscheibe (2) und einer Vorderscheibe (1) und Laufschaufeln (3) zwischen der Hauptscheibe (2) und der Vorderscheibe (1), wobei die Laufschaufeln (3) nach hinten umgebogen sind,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Laufschaufeln (3) mit einem Vorflügel (10) ausgebildet sind, der näher zur Drehachse (9) des Laufrades (19) an der Stelle angeordnet ist, wo der Hauptbereich (7) der Laufschaufel (3) an die Oberfläche der Vorderscheibe (1) angrenzt,

dass der Schnittpunkt (14) zwischen der Vorderkante (11) der in Drehrichtung nächsten Laufschaufel (3A) und der Vorderscheibe (1), die Nase (13) der Vorderkante (11) des Vorflügels (10) und die Drehachse (9) des Laufrades (19) auf derselben Geraden innerhalb einer Projektionsebene liegen, die senkrecht zur Drehachse (9) des Laufrades (19) steht und **dass** die Seitenkante (12) des Vorflügels (10) unter einem spitzen Winkel zur Vorderkante (11) des Vorflügels (10) angeordnet ist.

2. Radiallaufrad nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Vorderkante (11) des Vorflügels (10) der Laufschaufel (3) innerhalb einer Ebene liegt, die senkrecht zur Drehachse (9) des Laufrades (19) verläuft.
3. Radiallaufrad nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Vorderkante (11) des Vorflügels (10) der Laufschaufel (3) unter einem Winkel von ± 10 Grad zu der Ebene eingestellt ist, die senkrecht zur Drehachse (9) des Laufrades (19) verläuft.
4. Radiallaufrad nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Vorderkante (11) des Vorflügels (10) der Laufschaufeln (3) des Laufrades (19) krummlinig ausgebildet ist.
5. Radiallaufrad nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Vorderkante (11) des Vorflügels (10) der Laufschaufeln (3) des Laufrades (19) in der Form eines Kreisbogens ausgebildet ist.
6. Radiallaufrad nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** der an die Vorderscheibe (1) angrenzende Bereich der Laufschaufel (3) flach ausgebildet ist.
7. Radiallaufrad nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Erzeugende der Vorderscheibe (1) im Anschlussbereich der Laufschaufeln (3) nach folgenden Gleichungen ausgebildet ist:

$$y = (0,29 \pm 0,01) x + 0,37$$

$$z = (-0,39 \pm 0,01) x - 0,27$$

$$r^2 = x^2 + y^2$$

dabei gilt:

$z = Z/D$ - ist die Relativkoordinate, welche entlang der Drehachse (9) des Laufrades (19) in Richtung der Hauptscheibe (2) zum Einlauf in das Laufrad (19) gerichtet ist,
 $x = X/D$ - ist die Relativkoordinate senkrecht zur Drehachse (9) des Laufrades (19),
 $y = Y/D$ - ist die Relativkoordinate senkrecht zur Achse z und zur Achse x,
 $r = R/D$ - ist der Relativradius des Laufrades (19),
 R - ist der aktuelle Radius des Laufrades (19),
 X, Y, Z - sind die aktuellen Koordinaten und
 D - ist der Durchmesser des Laufrades (19).

8. Radiallaufrad nach einem der Ansprüche 1 oder 2 oder 4 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Schaufelbreite am Auslauf (6) aus dem Laufrad (19) mindestens 0,25 des Durchmessers eines Kreises beträgt, der von den Enden (16) der Laufschaufeln (3) umschrieben ist.
9. Radiallaufrad nach einem der Ansprüche 1 oder 2 oder 4 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** das Laufrad (19) 13 Laufschaufeln (3) aufweist.
10. Laufschaufel (3) des Radiallaufrades mit zwei Bereichen, wobei der eine Bereich für den Anschluss an die Vorderscheibe (1) vorgesehen ist und der zweite Bereich näher zur Drehachse (9) des Laufrades (19) [der Vorflügel (10)] angeordnet ist und eine krummlinig ausgebildete Vorderkante (11) und eine Seitenkante (12) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Vorderkante (11) des Vorflügels (10) in einer senkrecht zur Drehachse (9) des Laufrades (19) verlaufenden Ebene liegt, **dass** die Seitenkante (12) unter einem spitzen Winkel zur Vorderkante (11) steht und **dass** die Seitenkante (12) krummlinig mit einem Lokalkradius ausgebildet ist, der mit zunehmender Entfernung von der Vorderkante (11) größer wird.
11. Laufschaufel (3) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Vorderkante (11) und die Seitenkante (12) des Vorflügels (10) über einen Kreisbogen miteinander verbunden sind.
12. Laufschaufel (3) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** der Bereich der Laufschaufel (3), der für den Anschluss von der Vorderscheibe (1) vorgesehen ist, gerade ausgebildet ist.

13. Radiallaufrad einschließlich einer Hauptscheibe (2) und einer Vorderscheibe (1) und von Laufschaufeln (3), die zwischen der Hauptscheibe (2) und der Vorderscheibe (1) angeordnet und in Bezug auf die Drehrichtung nach hinten umgebogen sind, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** jede Laufschaufel (3) des Laufrades (19) mit einem Vorflügel (10) ausgebildet ist, **dass** der Vorflügel (10) zwischen dem Anschluss der Laufschaufel (3) an die Oberfläche der Vorderscheibe (1) und der Drehachse (9) des Laufrades (19) angeordnet ist, wobei der Vorflügel (10) in einer Projektionsfläche auf einer Ebene liegt, die senkrecht zur Drehachse (9) des Laufrades (19) verläuft, **dass** die Drehachse (9) des Laufrades (19) und die Nase (13) des Vorflügels (10) mittels einer Geraden untereinander verbunden sind, **dass** diese Gerade nicht über den Sektor hinausläuft, der durch Halbgeraden begrenzt ist, die innerhalb von $\pm 0,05$ des Teilwinkels der Laufschaufeln (3) in Bezug auf die Geraden liegen, die die Drehachse (9) des Laufrades (19) und den Anschlusspunkt (14) der Vorderkante (11) der in Drehrichtung nächsten Laufschaufel (3A) an die Oberfläche der Vorderscheibe (1) verbindet.
14. Radiallaufrad nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Seitenkante (12) des Vorflügels (10) unter einem spitzen Winkel zur Vorderkante (11) des Vorflügels (10) liegt,
15. Radiallaufrad nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Vorderkante (11) des Vorflügels (10) in dem zur Drehachse (9) des Laufrades (19) senkrechten Querschnitt kreisbogenförmig ausgebildet ist.
16. Radiallaufrad nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** der Durchmesser der Vorderachse (1) das 1,1 bis 1,2-fache und der Durchmesser der Hauptscheibe (2) das 1,05 bis 1,15-fache des Durchmessers eines Kreises betragen, der durch die Enden (16) der Laufschaufeln (3) des Laufrades (19) umschrieben wird, wobei in der Meridianebene zwischen den Erzeugenden der Vorderscheibe (1) und der Hauptscheibe (2) in der Richtung von der Drehachse (9) zu den Enden (16) der Laufschaufeln (3) des Laufrades (19) ein nicht divergenter Kanal gebildet ist.
17. Radiallaufrad nach Anspruch 13 oder 16, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Schaufelbreite am Auslauf (6) aus dem Laufrad (19) mindestens 0,25 des Durchmessers von einem Kreis beträgt, der von den Enden (16) der Laufschaufeln (3) umschrieben wird.

18. Radiallaufrad nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** das Laufrad (19) mit mindestens einem Ring (15) versehen ist, der die Seitenkanten (12) der Vorflügel (10) der Laufschaufeln (3) verbindet.
19. Kanalventilator mit einem Gehäuse (17), einem Laufrad (19) mit einer Hauptscheibe (2) und einer Deckscheibe (1) und zwischen diesen angeordneten, nach hinten umgebogenen Laufschaufeln (3), mit einem Einlaufsammler (20), einem Antrieb für das Laufrad (19) und einem Luftkanal, der zwischen den Wänden (22) des Gebäudes (17) mit einer zylinderförmigen Oberfläche ausgebildet ist und die Fläche eines Kreises um mindestens das 2,4-fache übertrifft, der durch die Enden (16) der Laufschaufeln (3) des Laufrades (19) umschrieben wird, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** jede Laufschaufel (3) des Laufrades (19) mit einem Vorflügel (10) ausgebildet ist, der zwischen dem Anschluss der Laufschaufel (3) an die Oberfläche der Vorderscheibe (1) und der Drehscheibe (9) des Laufrades (19) angeordnet ist, **dass** der Vorflügel (10) in der Projektionsfläche auf die Ebene liegt, welche senkrecht zur Drehachse (9) des Laufrades (19) verläuft, **dass** die Drehachse (9) des Laufrades (19) und die Nase (13) der Vorderkante (11) des Vorflügels (10) mittels einer Geraden verbunden sind, **dass** diese Gerade nicht über den Sektor hinausläuft, der durch Halbgeraden begrenzt ist, die innerhalb von $\pm 0,05$ des Teilwinkels der Laufschaufeln (3) in Bezug auf die Gerade liegen, welche die Drehachse (9) des Laufrades (19) und den Anschlusspunkt (14) der Vorderkante (11) der in Drehrichtung nächsten Laufschaufel (3A) mit der Vorderscheibe (1) verbindet.
20. Kanalventilator nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** in einem Gehäuse (17) mindestens zwei Laufräder (19, 34) eingebaut sind, **dass** zwischen den Laufrädern (19, 34) und Trennwand (35) angeordnet ist und **dass** das Verhältnis der Fläche jedes Luftkanals zwischen den Wänden (22) des Gehäuses (17) zur Fläche des Kreises, welcher durch die Enden (16) der Laufschaufeln (3) des im entsprechenden Luftkanal eingebauten Laufrades (19 bzw. 34) umschrieben wird, mindestens 2,4 ist.
21. Kanalventilator nach Anspruch 19 oder 20, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** er mindestens mit einem Wirbeldämpfer (32) ausgestattet ist, der im Wirbelraum (33) zwischen der Vorderachse (1) und dem Einlaufsammler (20) angeordnet ist.

22. Kanalventilator nach Anspruch 19 oder 20,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Querschnittskontur des Luftkanals zwischen den Wänden (22) des Gehäuses (17) im Querschnittsbereich, der senkrecht zur Drehachse (9) des Laufrades (19 bzw. 34) angeordnet ist, in der Form eines Rechteckes ausgebildet ist,
dass der Abstand zwischen den langen Seiten des Kanals den Durchmesser des Laufrades (19 bzw. 34) um mindestens das 1,01-fache übertrifft und
dass im Wirbelraum (33) zwischen der Vorderscheibe (1) und dem Einlaufsammler (20) entlang der kurzen Seite mindestens ein Wirbeldämpfer (32) eingebaut ist.
23. Kanalventilator nach Anspruch 19 oder 20,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Querschnittskontur des Luftkanals zwischen den Wänden (22) des Gehäuses (17) im Querschnittsbereich, welcher senkrecht zur Drehachse (9) des Laufrades (19 bzw. 34) angeordnet ist, kreis- oder ovalförmig ausgebildet ist.
24. Kanalventilator nach Anspruch 19 oder 20,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Wände (22) des Gehäuses (17) mit einer Außenverkleidung (27) und einer Innenverkleidung (28) versehen sind,
dass die Innenverkleidung (28) gelocht ist,
dass zwischen den Außenverkleidungen (27) und den Innenverkleidungen (28) ein Schallschluckstoff eingesetzt ist und
dass der Schallschluckstoff von der gelochten Innenverkleidung (28) durch eine luftdichte Folie (31) getrennt ist.

5

10

15

20

25

30

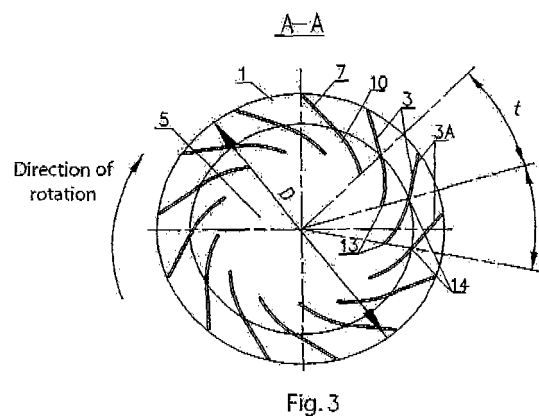
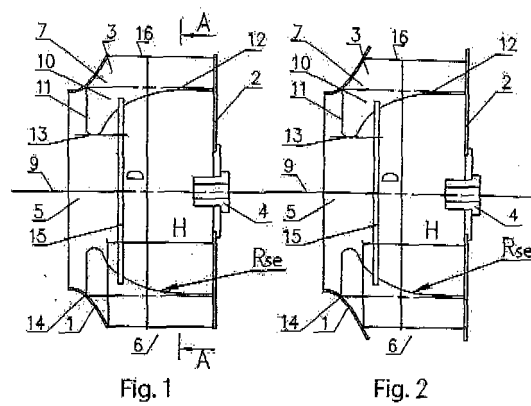
35

40

45

50

55



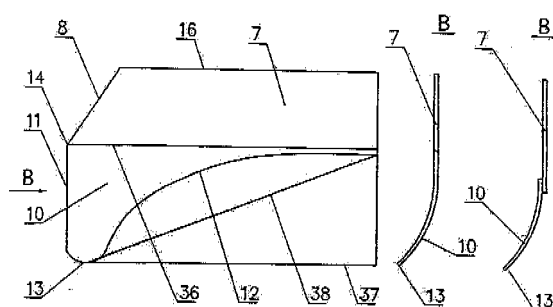


Fig. 4

Fig.5

Fig.6

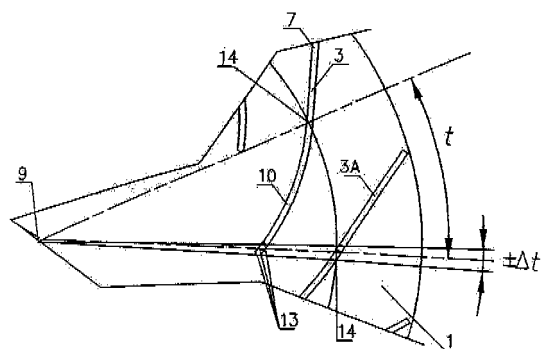


Fig.7

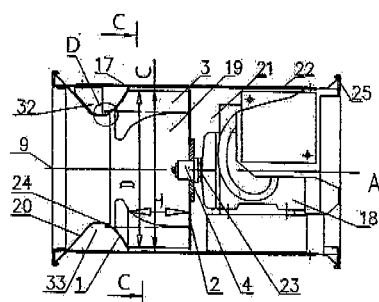


Fig. 8

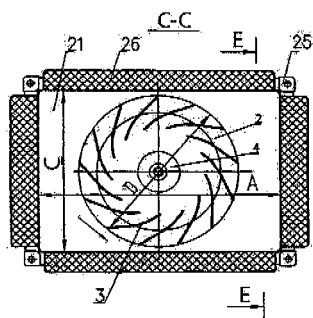


Fig. 9

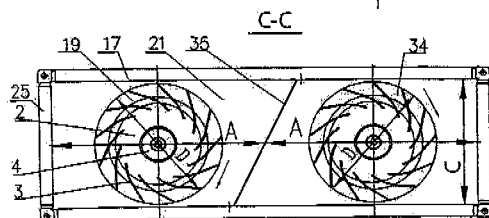
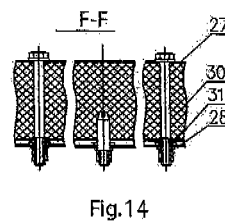
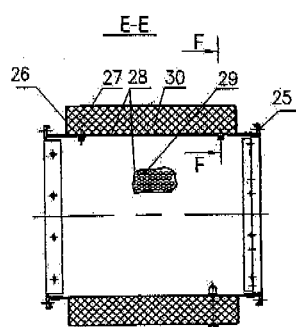
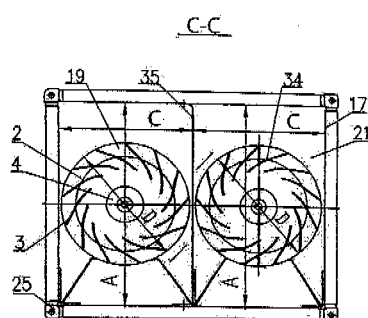
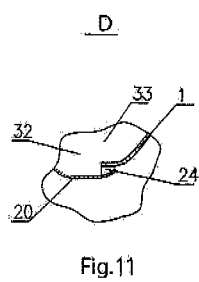


Fig. 10



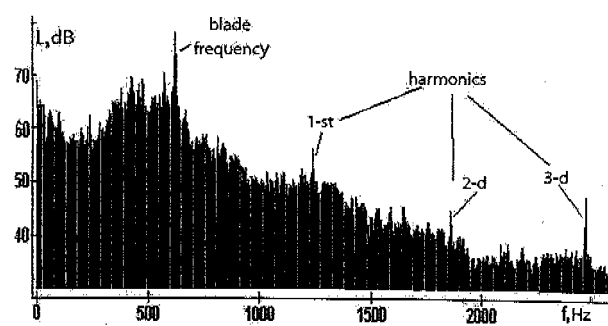


Fig.15

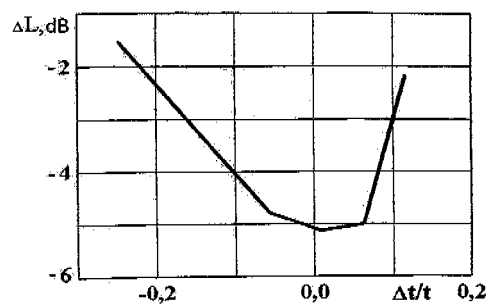
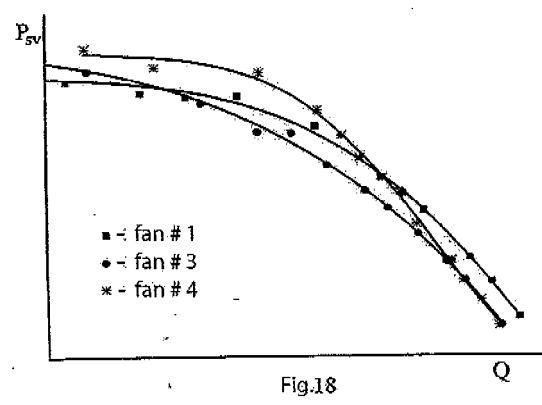
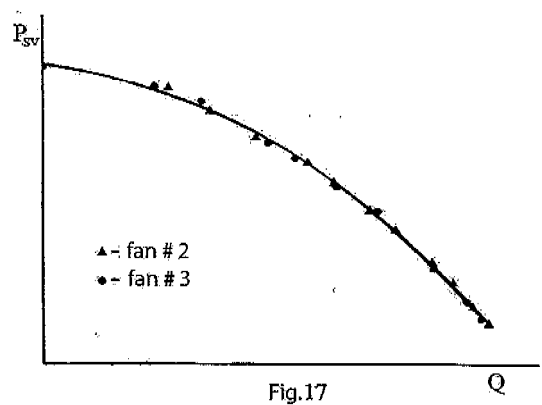


Fig.16



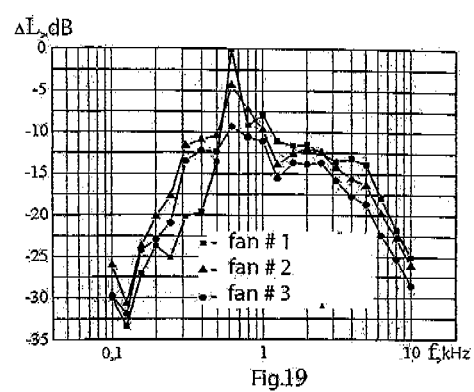


Fig.19

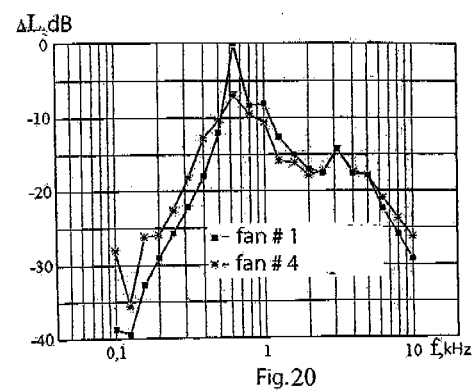


Fig.20

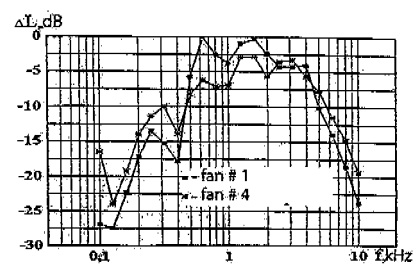


Fig.21

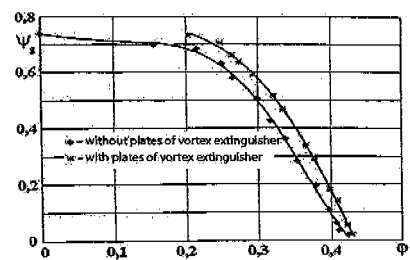


Fig.22

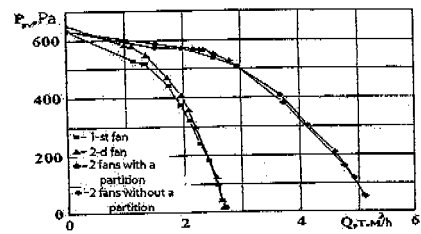


Fig.23

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/RU2007/000061

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		<i>F04D 29/28 (2006.01)</i> <i>F04D 29/30 (2006.01)</i> <i>F04D 29/42 (2006.01)</i> <i>F04D 29/66 (2006.01)</i>
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) F04D 29/00, 29/26, 29/28, 29/30, 29/40, 29/42, 29/66		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	RU 22978 UI (KARADZHI VYACHESLAV GEORGIEVICH et al.) 10.05.2002	1-25
A	EP 118457-1 A2 (CARRIER CORPORATION) 06.03.2002	1-25
A	RU 45482 UI (KARADZHI VYACHESLAV GEORGIEVICH) 10.05.2005	1-25
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 22 May 2007 (22.05.2007)		Date of mailing of the international search report 28 June 2006 (28.06.2006)
Name and mailing address of the ISA/ RU Facsimile No.		Authorized officer Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1998)

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 1184574A2 A [0003] [0006]