

Miloš ŠAVRDA

VÚV Praha, ČSSR

OPTIMIERUNG DER ÜBERFÜHRENDEN STUFE
VON MEHRSTUFIGEN VENTILATOREN

Die mehrstufigen Radialventilatoren sind aus einer Grundstufe mit dem Spiralgehäuse und aus einer oder mehreren überführenden Stufen zusammengesetzt.

Im Bild 1 ist ein konkreter Fall des Radialventilators mit dem Laufradaussendurchmesser 1400 dargestellt. Dieser Typ des Ventilators ist im Betrieb. Die überführende Stufe bei gegebener Konzeption bildet mit dem Spiralgehäuse eine zerlegbare Konstruktionsgruppe.

Die Luft tritt ins Laufrad der Stufe mit dem Spiralgehäuse oder in die Einzelstufen von mehrstufigen Ventilatoren radial ein. Für die Schaffung dieser Strömungsrichtungsänderung dient eine überführende Stufe. Der vorgelegte Typ des zweistufigen Radialventilators wird vom Gesichtspunkt der Konstruktion für die Technologie durch das Schweißen gelöst.

Die mehrstufigen Ventilatoren werden für grosse Drücke angewendet. Mit Hilfe eines einstufigen Ventilators bei der Spezialbeschauflung des Laufrads mit der Umfangsgeschwindigkeit 160 m s^{-1} kann man einem Gesamtdruck $\Delta p_{cv} = 24\,000 \text{ Pa}$ bei dem Volumendurchfluss $Q = 25 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ erzielen. Bei dieser Umfangsgeschwindigkeit erhöhen sich die Ansprüche auf Materialqualität und Laufradtechnologie. Aus dem Gesichtspunkt der Betriebssicherheit eignen sie sich nicht mehr für die Luft mit abrasiven oder erosiven Einwirkungen.

Für einen Vergleich der verlangten Leistungsparameter für die Fluidkessel mit dem Volumendurchfluss $Q = 25 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ bei dem Gesamtdruck $\Delta p_{cv} = 21\,000 \text{ Pa}$ ist der Aussendurchmesser des Laufrads $D_2 = 2000$ bei einem einstufigen Ventilator mit der Drehzahl 1450 Min^{-1} und $D_2 = 1600$ bei einem zweistufigen Ventilator.

Bei dem einstufigen Ventilator beträgt die Umfangsgeschwindigkeit 153 m s^{-1} , bei dem zweistufigen Ventilator 122 m s^{-1} .

Wenn wir einen Vergleich des Gewichts der Stufe mit dem Spiralgehäuse bei dem einstufigen Ventilator und der Stufe mit dem Spiralgehäuse und mit der überführenden Stufe bei dem zweistufigen Ventilator einschliesslich der Welle ausführen werden, macht das Gewicht des einstufigen Ventilators nur in diesen Teilen 3500 kg und bei dem zweistufigen Ventilator 2800 kg.

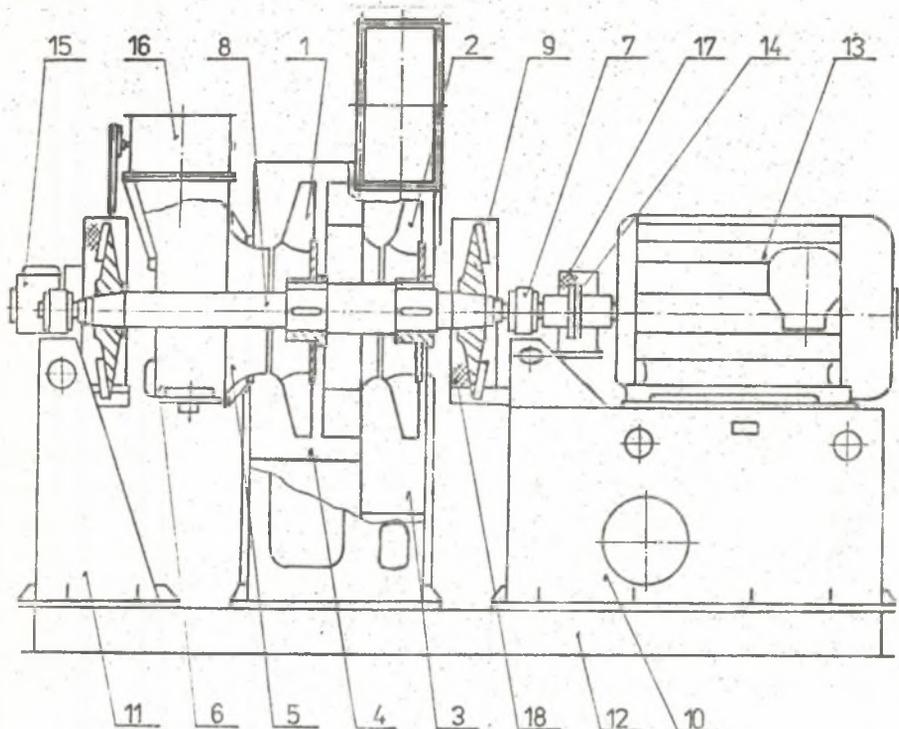


Bild 1. Der zweistufige Radialventilator

1 - Laufrad, 1. Stufe, 2 - Laufrad, 2. Stufe, 3 - Spiralgehäuse, 4 - überführende Stufe, 5 - Saugstutzen, 6 - Saugkammer, 7 - Lager, 8 - Welle, 9 - Kuhlscheibe, 10 - Elektromotorgestell, 11 - Lagerständer, 12 - Rahmen, 13 - Elektromotor, 14 - Kupplung, 15 - Stellantrieb, 16 - Regelvorrichtung, 17 - Kupplungsdeckel, 18 - Kuhlscheibendeckel

Der Wirkungsgrad der mehrstufigen Ventilatoren ist aber niedriger und unter der Voraussetzung des gleichen Druckes jeder Stufe lässt er sich mit folgender Beziehung ausdrücken:

$$\eta_c = \frac{1}{\frac{1}{\eta_1} + (n-1)\left(\frac{1}{\eta_p} - 1\right)},$$

wo

η_1 - Wirkungsgrad der Stufe mit dem Spiralgehäuse,

η_p - Wirkungsgrad der überführenden Stufe,

η_c - Gesamtwirkungsgrad,

n - Stufenzahl.

Den Vergleich von Wirkungsgraden des einstufigen und zweistufigen Ventilators zeigt Bild 2.

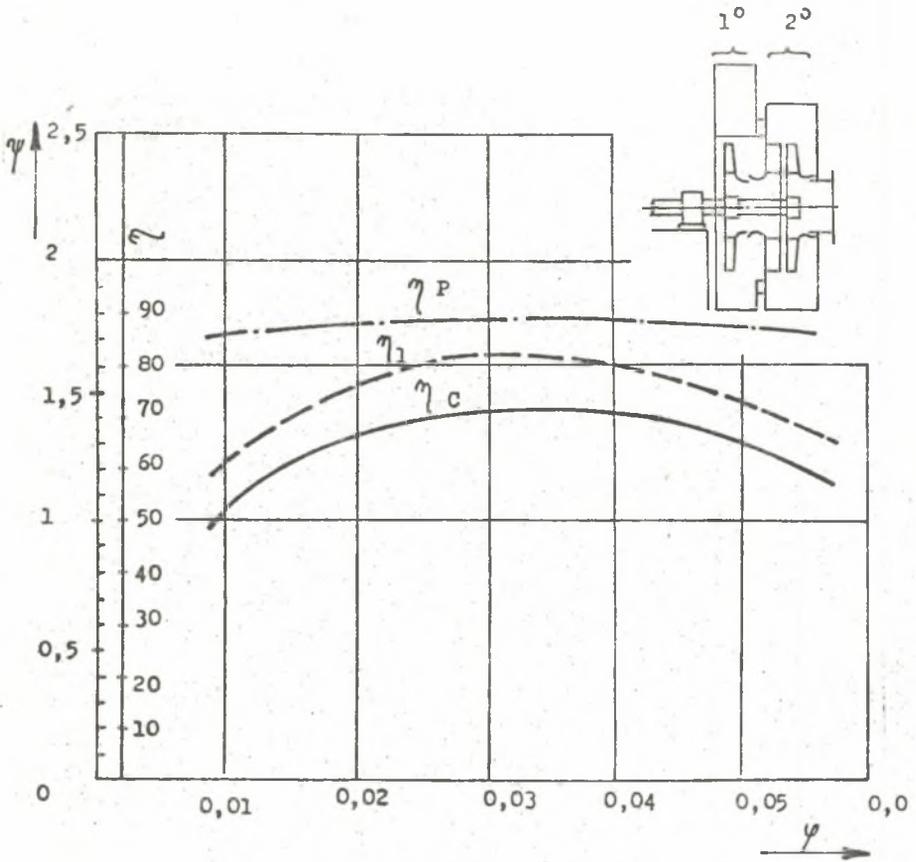


Bild 2. Der zweistufige Radialventilator

1° - Grundstufe mit dem Spiralgehäuse, 2° - überführende Stufe, Ψ - Druckzahl, φ - Volumenzahl, η_c - Gesamtwirkungsgrad, η_p - Wirkungsgrad der überführenden Stufe, η_1 - Wirkungsgrad der Stufe mit dem Spiralgehäuse

Wenn wir die angeführte Beziehung verwenden werden, beträgt der Gesamtwirkungsgrad $\eta_c = 75\%$ bei dem zweistufigen Radialventilator mit dem Wirkungsgrad der Grundstufe $\eta_1 = 82\%$ bei dem Wirkungsgrad der überführenden Stufe $\eta_p = 90\%$ und dadurch ist die zugeführte Leistung auch höher.

Die Lebensdauer eines Ventilators vermindert sich unter dem Einfluss der Luft mit erosiven und abrasive Einwirkungen in der Abhängigkeit von der gesteigerten Umfangsgeschwindigkeit ungefähr nach der Beziehung:

$$t = A \cdot u_2^k$$

wo

- t - Lebensdauer,
 A - Kennkonstante für den Ventilator typ,
 k - Abrasionskoeffizient (Erosionskoeffizient).

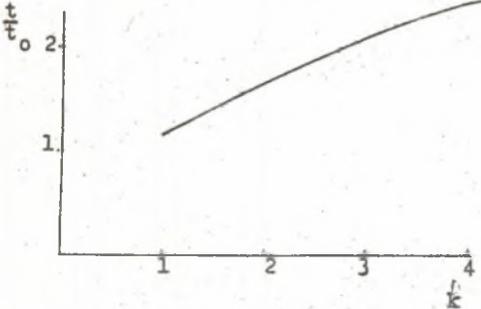


Bild 3. t/t_0 - relative Lebensdauer, t - Lebensdauer für reine Luft, $k = 1$

Für einen Verhältnis der Umfangsgeschwindigkeiten des einstufigen und zweistufigen Radialventilators laut des vorgelegten Beispiels wird die Lebensdauer des zweistufigen Ventilators in der Abhängigkeit vom Koeffizienten "k" länger. Die Lebensdauergröße hängt von der Reinhaltung der Luft ab. Für die Bestimmung einer ökonomischen Bilanz ist ein Diagramm der vom Abrasionskoeffizienten

(Erosionskoeffizienten) abhängigen relativen Lebensdauer im Bild 3 dargestellt.

Aus angeführtem Diagramm ist es klar, dass die Lebensdauer sich schon unter dem Einfluss der kleinen Korrosions- oder Erosionseinwirkungen wesentlich vermindert.

Der Wirkungsgrad des mehrstufigen Ventilators setzt sich mit der Stufenzahl herab. Im Bild 4 ist der Verlauf des Gesamtwirkungsgrades den Stufenzahlen entsprechend für einen gleichen Wirkungsgrad der Stufe mit dem Spiralgehäuse und für einen unterschiedlichen Wirkungsgrad der überführenden Stufe dargestellt. Wie es aus dem Diagramm klar ist, der Wirkungsgrad der überführenden Stufe hat einen wesentlichen Einfluss auf den Gesamtwirkungsgrad eines Ventilators.

Die Optimierung der Abmessungen eines überführenden Teils ist auf Grund eines Komplexes von verschiedenen Konzeptionslösungen für die Technologie durch das Schweißen und Giessen experimental überprüft worden. Die optimalne Relativabmessungen einer überführenden Stufe werden für die Technologie durch das Schweißen im Bild 5 und für die Technologie durch das Giessen im Bild 6 angegeben.

Position 1 - Schaufeln des Laufrads

Position 2 - Schaufeln der überführenden Stufe

$$D_4 = D_2 + n \cdot B_2$$

$$n = 3,5-5$$

$$D_2 = D_3$$

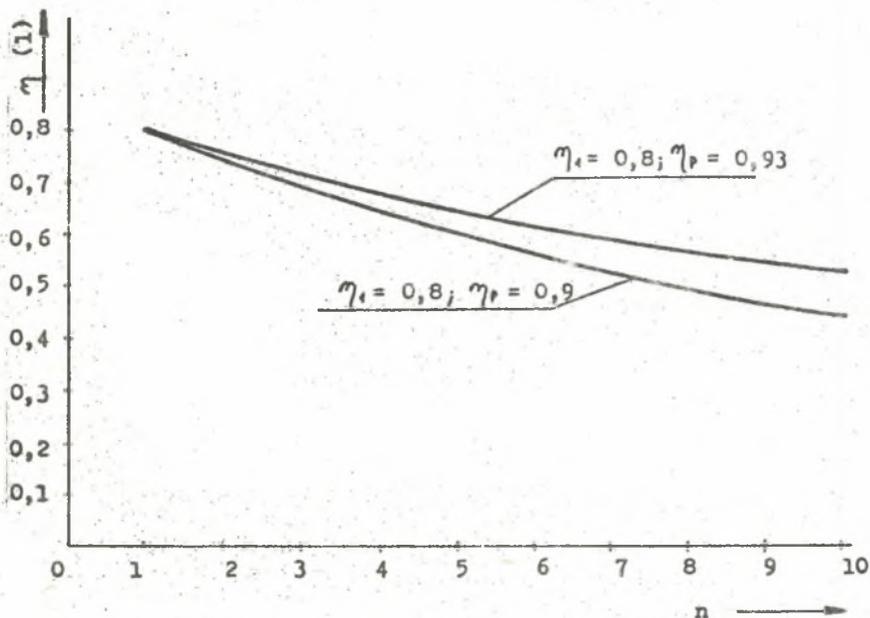
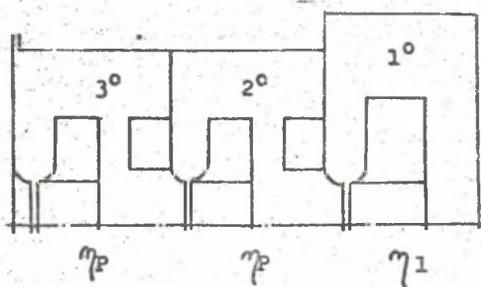


Bild 4. Der Gesamtwirkungsgrad von mehrstufigen Ventilatoren

$$\eta_c = \frac{1}{\frac{1}{\eta_1} + (n-1)\left(\frac{1}{\eta_p} - 1\right)}$$

η_1 - Wirkungsgrad der Stufe mit dem Spiralgehäuse,

η_p - Wirkungsgrad der überführenden Stufe,

η_c - Gesamtwirkungsgrad,

n - Stufenzahl

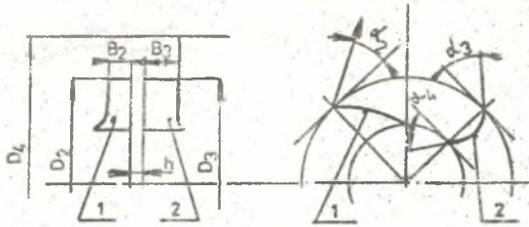


Bild 5

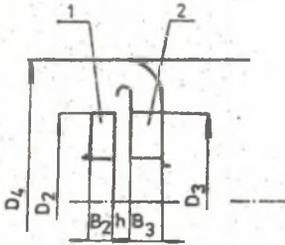


Bild 6

$$\frac{B_3}{B_2} = 1,4 \text{ (Technologie durch Schweissen)}$$

$$\frac{B_3}{B_2} = 1,1 \text{ (Technologie durch Giessen, Pressen)}$$

Die Entfernung "h" zwischen den Innenflächen einer Trage Scheibe des Laufrade und einer Deck Scheibe der Überführenden Stufe ist im Minimalmass von den Stärken beider Wände, vom

Axialmass des Auswichtkörpers des Laufrade und vom geforderten Spiel zwischen dem Laufrad und der Überführenden Stufe bestimmt.

Für das Relativspiel $h/D_2 = 0,02 : 0,06$ macht die Wirkungsgrad Differenz etwa 2%.

Die Radiusausführung der Hinterwand einer Überführenden Stufe, wie Bild 6 zeigt, erhöht den Wirkungsgrad um etwa 1-2%; diese Ausführung ist vom Konstruktions- und Technologiegesichtspunkt mehr kompliziert.

Der Eintrittswinkel von Schaufeln eines Überführenden Teils wird vom Austrittswinkel α_2 der Absolutgeschwindigkeit des Laufrade bestimmt. Wie es aus Bild 2 klar ist, der Wirkungsgrad einer Überführenden Stufe ist wenig verschieden im grossen Volumendurchflussbereich mit einem grossen Wirkungsgrad im Vergleich mit einer Stufe mit dem Spiralgehäuse. Den Eintrittswinkel von Schaufeln kann man deshalb $\alpha_2 = \alpha_3$ wählen. Die Schaufeln eines Überführenden Teils haben den Winkel $\alpha_4 = 90^\circ$. Für die Herabsetzung einer Umfangskomponente der Absolutgeschwindigkeit ist es möglich einen um etwa $5-10^\circ$ kleineren Winkel zu wählen. Bei einer Überführenden Gusstufe ist die Gleichmässigkeit der Mitteldurchflussgeschwindigkeit infolge der Änderung ihrer Dicke vorteilhaft.

Die mehrstufigen Ventilatoren fordern die kleineren Verbaunungsabmessungen, was für die Lösung der fahrbaren Einrichtungen - die Staubabsauger, Ventilatoren für die Textilmaschinen u.a. - notwendig ist.

Der Typ des erzeugten achtstufigen Radialventilators für die Leistungsparameter $Q_s = 1500 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, den Gesamtdruck $\Delta p_{cv} = 40 \text{ 000 Pa}$ bei spezifischer Luftmasse $1,2 \text{ kg m}^{-3}$, mit direktem Antrieb bei der Umdrehungszahl

2950 Min^{-1} hat die Grundriesverbaungeabmessungen 800 . 2300 mit der Höhe 950. Der Laufrad hat die Umfangsgeschwindigkeit 66 m s^{-1} .

Für einen einstufigen Ventilator bei gegebenem Druck braucht man die notwendige Umfangsgeschwindigkeit etwa 230 m s^{-1} und seine Lösung ist vom Gesichtspunkt der Laufradfestigkeit und der Anforderung auf einen Verbaungraum nicht ausführbar.

Das 4 m von der Oberfläche eines zur Rohrleitung angeschlossenen Ventilators bei oben genannten Parametern abgemessene Geräusch dieses achtstufigen Ventilators beträgt 78 dB (A). Bei der Ausführung eines einstufigen Ventilators ist das Geräusch wesentlich höher. Für einen bestimmten Volumendurchflussbereich und die geforderten verschiedenen Drucke bedeuten die mehretufigen Ventilatoren eine optimale Lösung. Es kommt hier zur erheblichen Unifizierung von Teilen. Für die geforderte Stufenzahl liegt die grundsätzliche Änderung nur in der Axiallänge der Welle und so auch des Grundes. Die Überführenden Stufen binden an die Standardausführung der Teile von einstufigen Ventilatoren, wie in der Konstruktions-, so in der Technologielösung, an.

OPTIMALIZACJA WIELOSTOPNIOWYCH WENTYLATORÓW PROMIENIOWYCH

S t r e s z c z e n i e

Przedmiotem rozważań są wentylatory promieniowe wielostopniowe. Rozpatrzono zagadnienia przepływowe związane z doborem cech konstrukcyjnych układu przepływowego. Analizowano korzyści energetyczne, technologiczne i eksploatacyjne.

ОПТИМИЗАЦИЯ МНОГОСТУПЕНЧАТЫХ РАДИАЛЬНЫХ ВЕНТИЛЯТОРОВ

Р е з ю м е

Рассмотрено многоступенчатые радиальные вентиляторы. Представлено проблемы течения связанные с проектированием проточной части вентилятора. Подано энергетические технологические и эксплуатационные условия работы.

OPTIMIZATION OF THE MULTISTAGE RADIAL FANS

S u m m a r y

The subject of this paper are multistage radial fans. The flow problems and selection of the constructional feature are discussed. The energetical, technological and esplotational advantage these fans are analysed.