

УДК 629.7

**ВЕНТИЛЯТОР С ПЕРЕМЕННОЙ ДЛИННОЙ ЛОПАТКИ**

Гусенцова Е.С.

**FAN WITH VARYING LENGTH OF BLADES**

Gusentsova E.

*В статье выполнен анализ различных способов регулирования производительности осевых вентиляторов. Предложена конструкция вентилятора с переменной длиной рабочих лопаток для регулирования его производительности, на которую получен патент Украины. Кроме того, вентилятор содержит конусную обечайку, которая имеет возможность перемещаться в осевом направлении, обеспечивая минимальный зазор между рабочими лопатками и обечайкой на переменных режимах. Показано, что предложенный способ регулирования обладает высоким КПД в широком диапазоне изменения производительности вентилятора.*

**Ключевые слова:** осевой вентилятор, рабочие лопатки, регулирование производительности, конусная передвижная обечайка, характеристик вентилятора, эффективность работы

**Введение.** Вентиляторы, в частности осевые, представляют собой один из видов лопаточных машин. Они получили самое широкое распространение во многих отраслях техники, в частности, системах охлаждения транспортных установок. Работа вентилятора системы охлаждения транспортной установки сопровождается достаточно частым изменением его производительности. Поэтому, ее эффективность в значительной степени зависит от эффективности работы системы охлаждения и вентилятора.

**Постановка проблемы.** Простейшим, но неэкономичным способом уменьшения производительности является дросселирование с помощью шибера, расположенного перед вентилятором или за ним [1].

При уменьшении производительности до 50% экономия мощности составляет для лопаток, загнутых назад, лишь 15% от нормальной мощности. Для других форм лопаток при той же степени дросселирования экономия составляет примерно 40% нормальной мощности.

При увеличении производительности на 50% (что с технической точки зрения осуществить с помощью дросселя невозможно) лопатки, загнутые назад, не дают сколько-нибудь заметного увеличения

потребляемой мощности. Потребляемая мощность повышается для лопаток, загнутых вперед, на 60%, для радиальных стальных лопаток - на 37%.

Отсюда следует, что регулирование дросселем для лопаток, загнутых назад, не целесообразно. Что касается других форм лопаток, то такой способ регулирования оправдывает себя экономически лишь для малых установок.

Регулирование производительности изменением скорости вращения рабочего колеса является наиболее экономичным, так как при уменьшении скорости вращения ( $n'$ ) потребляемая мощность снижается пропорционально отношению скоростей вращения в степени 2,5...3.

Коэффициент полезного действия меняется в зависимости от изменения скорости вращения. Уменьшенная потребляемая мощность составляет

$$N' = \left( \frac{n'}{n} \right)^{2.5 \dots 3}$$

Например, уменьшенная вдвое производительность при сниженной вдвое скорости вращения требует только примерно 1/8...1/6 номинальной мощности. Несмотря на повышение стоимости электродвигателя, используемого для регулирования скорости вращения, этот способ регулирования для вентиляторов больших размеров наиболее экономичен.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Комбинация дешевого, но неэкономичного регулирования с помощью дросселя с частичным регулированием скоростью вращения позволяет добиться экономии мощности, что делает экономичной эксплуатацию даже вентиляторов больших размеров.

Отметим также возможность регулирования производительности вентилятора с помощью направляющих лопаток на входе в рабочее колесо, поворотом рабочих лопаток, спрямляющего аппарата.

Изменение угла поворота лопаток рабочих колес приводит к широкому изменению производительности и давления в области приемлемых КПД (рис. 1). Однако такой способ существенно усложняет конструкцию вентилятора, если необходимо изменять параметры работы вентилятора в процессе его работы без остановки [1].

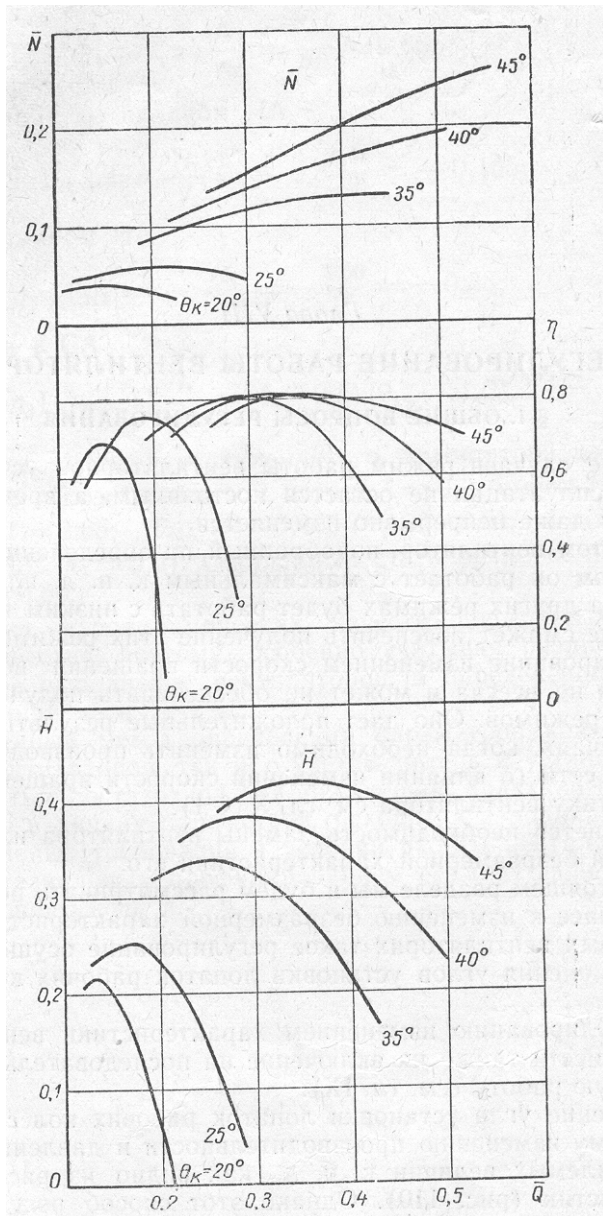


Рис. 1. Регулирование параметров вентилятора поворотом рабочих лопаток

При регулировании поворотом лопаток направляющего аппарата (рис. 2) в некотором диапазоне изменения углов КПД остается достаточно высоким, а затем резко уменьшается. При этом способе регулирования достигается значительное изменение потребляемой мощности, что используется для пуска крупных вентиляторов: перед пуском направляющий аппарат становится в положение, соответствующее наибольшему снижению мощности. Важно

также отметить, что регулирование направляющим аппаратом может осуществляться на ходу, без остановки вентилятора.

**Целью статьи** является разработка и исследование способа регулирования с помощью изменения длины рабочих лопаток и определение его эффективности.

**Результаты исследований.** На кафедре гидрогазодинамики ВНУ им. В. Даля проведены исследование по определению экономичности регулирования производительности осевого вентилятора изменением длины лопаток. С этой целью разработана конструкция рабочего колеса с изменяющейся длиной рабочих лопаток (относительного диаметра втулки) [2].

Величину относительного диаметра втулки  $\bar{d}$  при заданной производительности  $Q$  стремятся сделать как можно меньшей, так как это способствует уменьшению диаметра вентилятора. Уменьшение  $\bar{d}$  часто ограничивается конструктивными соображениями, связанными с размещением данного числа лопаток, особенно при выполнении их поворотными, как это обычно и делается, например, у шахтных вентиляторов главного проветривания. Минимальная величина  $\bar{d}$  может также ограничиваться условием размещения электродвигателя во втулке направляющего аппарата.

В соответствии с Международным стандартом ISO 5801 [3] и стандартом ГОСТ 10921–90 [4] существуют четыре типа стендов, на которых могут быть получены в лабораторных условиях аэродинамические характеристики вентиляторов. Эти стенды максимально приближены к четырем реально существующим компоновкам вентиляторов в сети. Схема используемого стенда приведена на рис. 3.

Исследуемый вентилятор (рис. 4) состоит из рабочего колеса (втулка 1 и лопатки 2, длина которых может изменяться механизмом, размещенным во втулке) и подвижной обечайки 3. При уменьшении длины лопаток обечайка перемещается в осевом направлении, сохраняя необходимый зазор между концами лопаток и ее корпусом.

Результаты экспериментов приведены на рис. 5 и 6.

Экономичность вентиляторной установки достаточно полно оценивается ее средневзвешенным КПД, определяемым в пределах зоны экономичного регулирования  $\eta_{y.cр.}$ . Его величина для вентиляторных установок с плавным изменением режимов (регулирование направляющим аппаратом и изменением длины рабочих лопаток) и для установок со ступенчатым изменением режимов (с неподвижными лопатками различно).

Для первого случая зона разбивается на достаточно большое число квадратов, причем характерные точки выбираются в центре каждого из них. Затем определяется  $\eta_{y.cр.}$ .

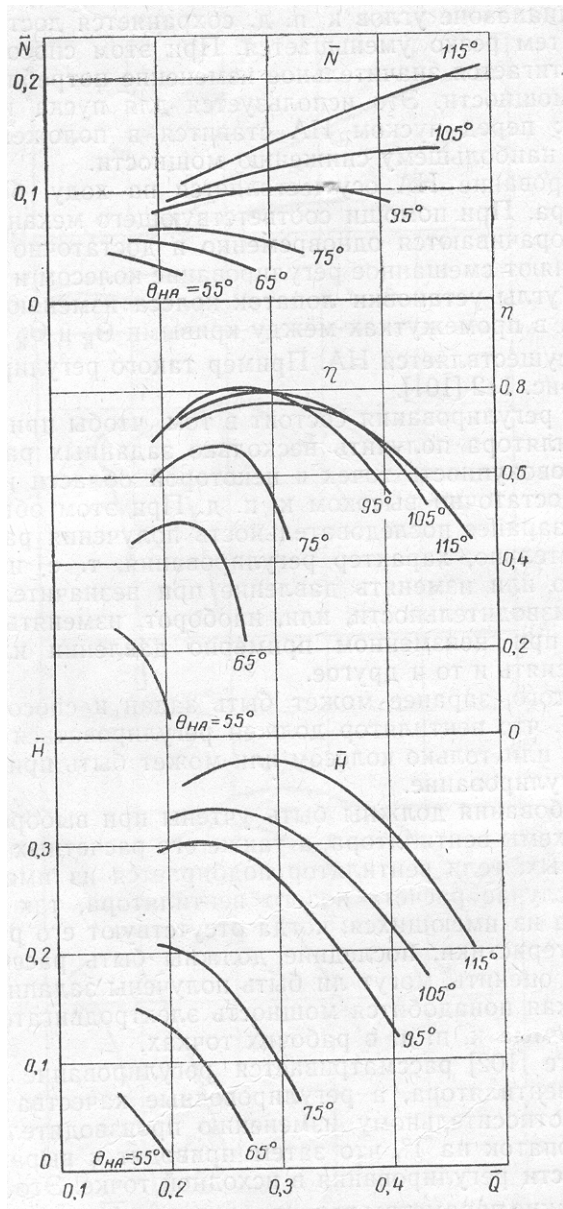


Рис. 2. Регулирование параметров вентилятора поворотом лопаток направляющего аппарата

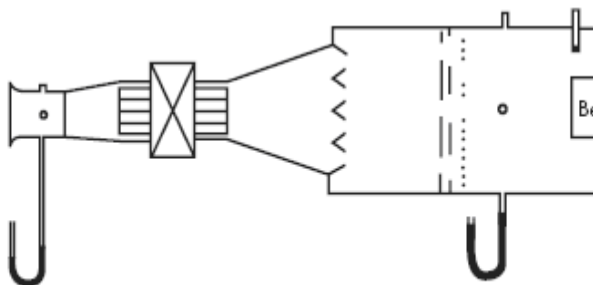


Рис. 3. Схема стенда для испытания осевых вентиляторов

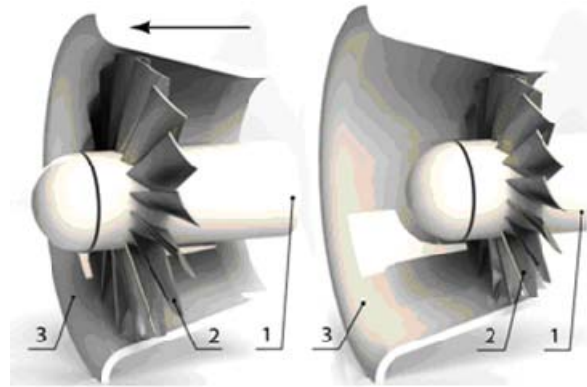


Рис. 4. Осевой вентилятор с переменной длиной лопаток

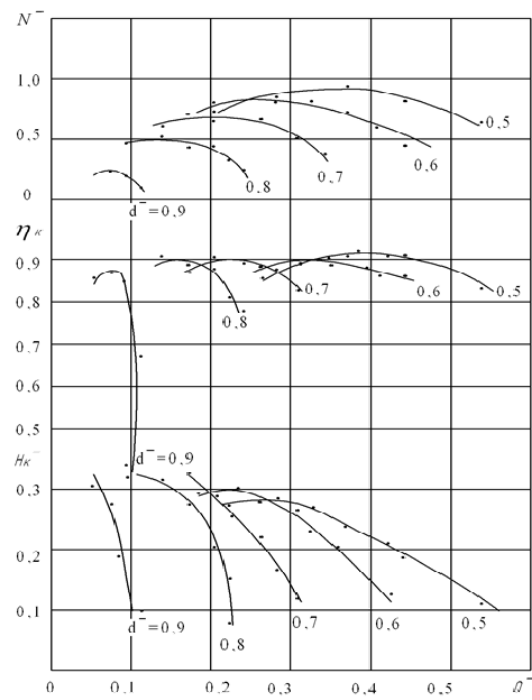


Рис. 5. Характеристики вентилятора при различном втулочном отношении.

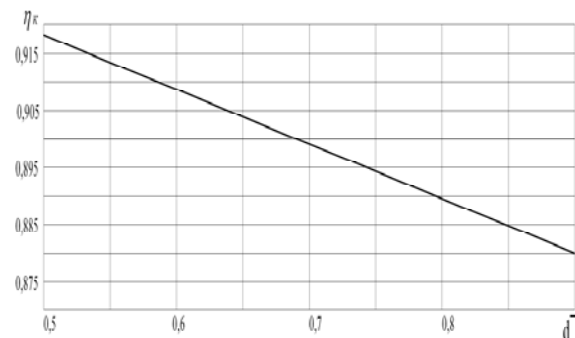


Рис. 6. Зависимость КПД вентилятора от величины втулочного отношения

$$\eta_{y,cr} = \frac{\sum_1^n \bar{Q}\bar{H}_y}{\sum_1^n \bar{Q}\bar{H}_y}.$$

Для второго случая

$$\eta_{y,cr} = \frac{\sum_1^n \bar{Q}\bar{H}_y}{\sum_1^n \bar{N}'}$$

В этом выражении  $\bar{N}'$  - мощность между средними точками квадратов.

**Вывод.** Выполненные эксперименты показали, что исследуемый метод регулирования производительности осевого вентилятора обладает достаточно высоким КПД в широком диапазоне изменения производительности по сравнению с другими методами.

#### Л и т е р а т у р а

1. Брусиловский И.В. Аэродинамика осевых вентиляторов / Брусиловский И.В. - М.: Машиностроение, 1984. - 240 с.
2. Патент України на корисну модель № 900040 РОБОЧЕ КОЛЕСО ОСЬОВОГО ВЕНТИЛЯТОРА. Автори Гусенцова Є.С., Коваленко А.О., у 2013 14121, опубл. 12.05.2014, Бюл № 9.
3. ГОСТ 10921-90. «Вентиляторы радиальные и осевые. Методы аэродинамических испытаний».

#### R e f e r e n c e s

1. Brusilovskij I.V. Aerodinamika osevyh ventiljatorov / Brusilovskij I.V. - M.: Mashinostroenie, 1984. - 240 s.
2. Patent Ukrainy na korisnu model' № 900040 ROBOChE KOLESO OS"OVOGO VENTILJaTORA. Avtori Gusencova E.S., Kovalenko A.O., u 2013 14121, opubl. 12.05.2014, Bjul № 9.
3. GOST 10921-90. «Ventiljatory radial'nye i osevye. Metody aerodinamicheskikh ispytanij».

#### Гусенцова Є.С. Вентилятор з перемінною довжиною лопаті.

У статті виконано аналіз різноманітних способів регулювання продуктивності осевих вентиляторів. Запропонована конструкція вентилятора зі змінною довжиною робочих лопатів для регулювання його продуктивності, на яку отримано патент України. Крім того, вентилятор містить конусну обичайку, яка має можливість переміщатися в осьовому напрямку, забезпечуючи мінімальний зазор між робочими лопатами і обечайкою на змінних режимах. Показано, що запропонований спосіб регулювання має високий ККД у широкому діапазоні зміни продуктивності вентилятора.

**Ключові слова:** осьовий вентилятор, робочі лопаті, регулювання продуктивності, конусна пересувна обичайка, характеристика вентилятора, ефективність роботи.

#### Gusentsova E. Fan with varying length of blades.

This article gives an analysis of the different ways of regulation the performance of axial fans - throttling, guide vanes, turning of blades. The design of the fan with a variable length of rotor blades for the regulation of its performance, which received a patent of Ukraine was proposed. Furthermore, the fan comprises a shell ring which is movable in the axial direction, providing a minimum gap between the rotor blades and the sidewall of shell ring was constructed. Stand was designed and built, picked up test equipment for bench testing. As a result of these experiments, the experimental dependence of the power consumption, pressure and efficiency of the performance of the fan were received. We compare the efficiency of the proposed method with other method of regulation. It has been shown that a wide range of performance by varying the adjustment length rotor blades is more effective compared with commonly used. It is shown that the proposed method has a high efficiency control in a wide range of fan performance.

**Keywords:** axial fan blades, capacity control, shell ring s, the characteristics of the fan, the efficiency of the fan.

Гусенцова Є.С. – асистент кафедри «Гідрогазодинаміка» СХУ ім. В. Даля, e-mail: [marlazinge@rambler.ru](mailto:marlazinge@rambler.ru).

Рецензент: д.т.н., проф. Соколов В.І.

Стаття подана 19.03.2015