

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСЕВОГО НАПРАВЛЯЮЩЕГО АППАРАТА ЦЕНТРОБЕЖНОГО ВЕНТИЛЯТОРА ВДН-8

Ю. А. ТРИФОНОВА

(Представлена проф. Ю. Н. Соколовым)

Широкое распространение приобрело регулирование производительности центробежных вентиляторов при постоянном числе оборотов осевым направляющим аппаратом (ОНА). При этом считают, что с поворотом лопаток ОНА регулирование производительности обеспечивается за счет закрутки подводимого к рабочему колесу потока.

Из уравнения Эйлера

$$H_t = \rho(u_2 \cdot c_{2u} - u_1 \cdot c_{1u}) \quad [2]$$

видно, что увеличение окружной составляющей абсолютной скорости входа c_{1u} уменьшает напор, развиваемый машиной. Изменение c_{1u} обеспечивается уменьшением угла установки лопаток ОНА.

Любой закрученный поток стремится сформироваться по естественному для него закону постоянства циркуляции $c_u \cdot r = \text{const}$. Осевые направляющие аппараты, применяемые в настоящее время, не позволяют закручивать поток по этому закону, так как в них применяются плоские и очерченные по радиусам лопатки. Уменьшающаяся к центру ширина этих лопаток уменьшает и закрутку потока, то есть c_{1u} с уменьшением радиуса будет не увеличиваться, а уменьшаться.

Следовательно, за ОНА обычного типа и перед входом в рабочее колесо вентилятора неизбежно должно происходить переформирование потока, связанное с потерями энергии.

В связи с этим Ю. Н. Соколовым и И. Ю. Саланиной было внесено предложение о таких изменениях в конструктивных формах ОНА центробежного вентилятора, которые смогли бы обеспечить закрутку газового потока по закону центробежного вихря $\Gamma = c_u \cdot r = \text{const}$.

Так как такую закрутку потока легче обеспечить в относительно небольшом по радиальным размерам кольцевом сечении, рекомендовалось увеличение втулочного отношения d/D ОНА, где через d обозначен диаметр обтекателя, а через D — диаметр корпуса ОНА.

На кафедре гидравлики и гидромашин Томского политехнического института проводились контрольные испытания головной модели вентилятора ВДН-8, выполненного по схеме МО ЦКТИ 0,5—150°. Регулирование производительности в этом вентиляторе осуществлялось ОНА обычного типа с втулочным отношением 0,15 и плоскими радиально очерченными лопатками. Максимальный к.п.д. этого вентилятора достаточно высок (79%), но его регулировочная характеристика с уменьшением производительности Q круто снижается. При производительностях

меньших 84% нормальной экономичность вентилятора ВДН становится меньшей, чем у вентиляторов с загнутыми вперед лопатками (по схеме 0,7—37°).

В связи с изложенным возникла задача исследовать изменения конструктивных форм ОНА и его лопаток, могущие обеспечить улучшение регулировочных характеристик центробежного вентилятора.

В порядке первого варианта лопатки ОНА сохранялись плоскими, но их очертания изменялись по радиусу с таким расчетом, чтобы при угле установки лопаток $\beta_l = 45^\circ$ обеспечивалась закрутка потока по закону $c_u \cdot r = \text{const}$. Необходимая для этого ширина лопатки на различных радиусах определялась по основным уравнениям теории обтекания решетки плоских пластин [1]. По конструктивным соображениям ширина периферийного элемента лопаток (при $D = 560$ мм) принималась во всех случаях равной 70 мм. В дальнейшем такие плоские лопатки, очерченные по закону $c_u \cdot r = \text{const}$ при $\beta_l = 45^\circ$, будем для сокращения называть «расчетными».

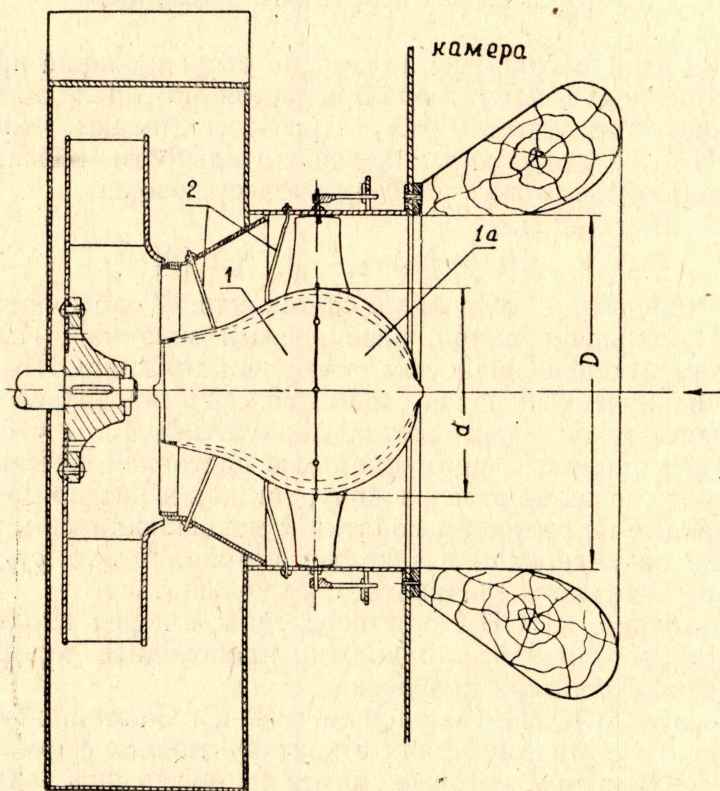


Рис. 1. Экспериментальная модель ОНА испытания центробежного вентилятора ВДН-8.

В экспериментальной модели с применением расчетных лопаток втулка направляющего аппарата была заменена телом грушевидной формы 1 (рис. 1). Это тело закреплялось и центрировалось в корпусе ОНА с помощью тяг 2. Внутренние цапфы лопаток крепились между грушевидным телом и отъемным обтекателем 1, а. Центральная часть грушевидного тела (вместе с обтекателем) имела сферическую поверхность, обеспечивающую возможность поворота лопаток.

Для расчетных лопаток проведена серия опытов с втулочными отношениями 0,60; 0,55 и 0,50. Кроме того, были проведены опыты с плос-

кими очерченными по радиусу лопатками при втулочном отношении 0,50. Для каждого втулочного отношения опыты проводились при различных углах установки лопаток ОНА, соответствующих фиксированным положениям механизма их поворота от 0 до 5. Углы установки лопаток для этих фиксируемых положений были следующими:

Таблица 1

Положение механизма ОНА	0	1	2	3	4	5
Углы установки лопаток	1°	10°	27°40'	45°	62°50'	80°

Результаты опытов показали, что применение расчетных лопаток, не перекрывающих полностью проходного сечения ОНА при $\beta_d = 90^\circ$, нецелесообразно, так как при этом резко снижаются пределы регулирования производительности вентилятора. Увеличение же втулочного отношения ОНА с плоскими лопатками, очерченными по радиусам, незначительно снижает максимальный к.п.д. вентилятора, но улучшает его регулировочную характеристику.

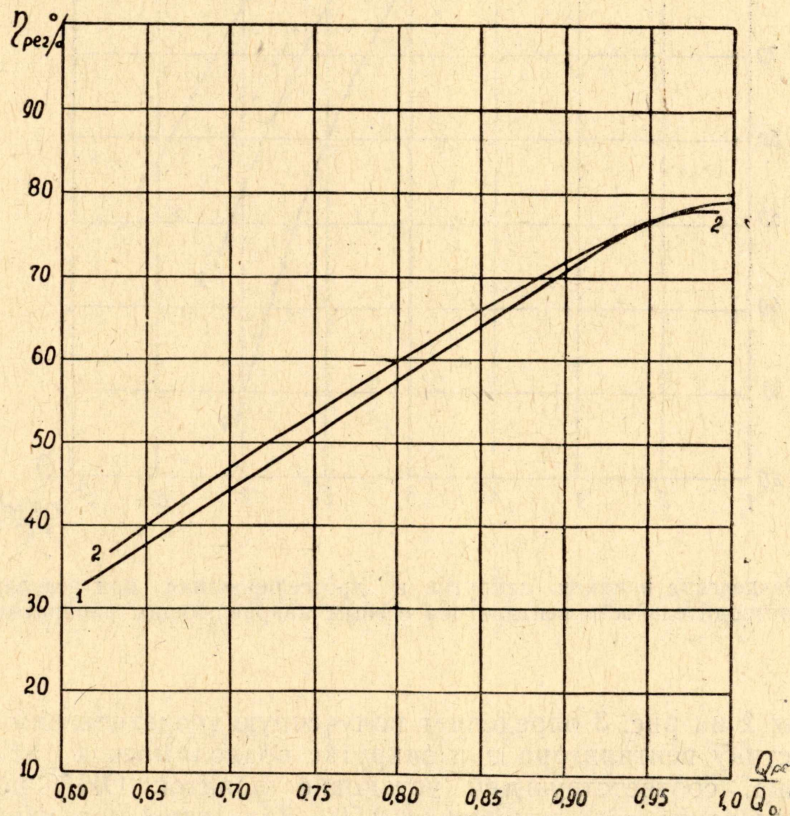


Рис. 2. Регулировочные характеристики ОНА обычного типа и ОНА измененного типа.

На рис. 2 приведены регулировочные характеристики $\eta_{рег} = \varphi(Q_{рег}/Q_{опт})$ для ОНА обычного типа (кривая 1) и для втулочного отношения 0,50 с плоскими очерченными по радиусу лопатками (кривая 2). Несмотря на некоторое уменьшение максимального к. п. д. (с 79% до 77,7%) кривая 2 располагается выше кривой 1 при $Q_{рег}/Q_{опт} < 0,95$.

По результатам проведенных испытаний была сделана попытка ориентировочно расчитать влияние закрутки и дросселирования в процессе регулирования производительности вентилятора осевым направляющим аппаратом.

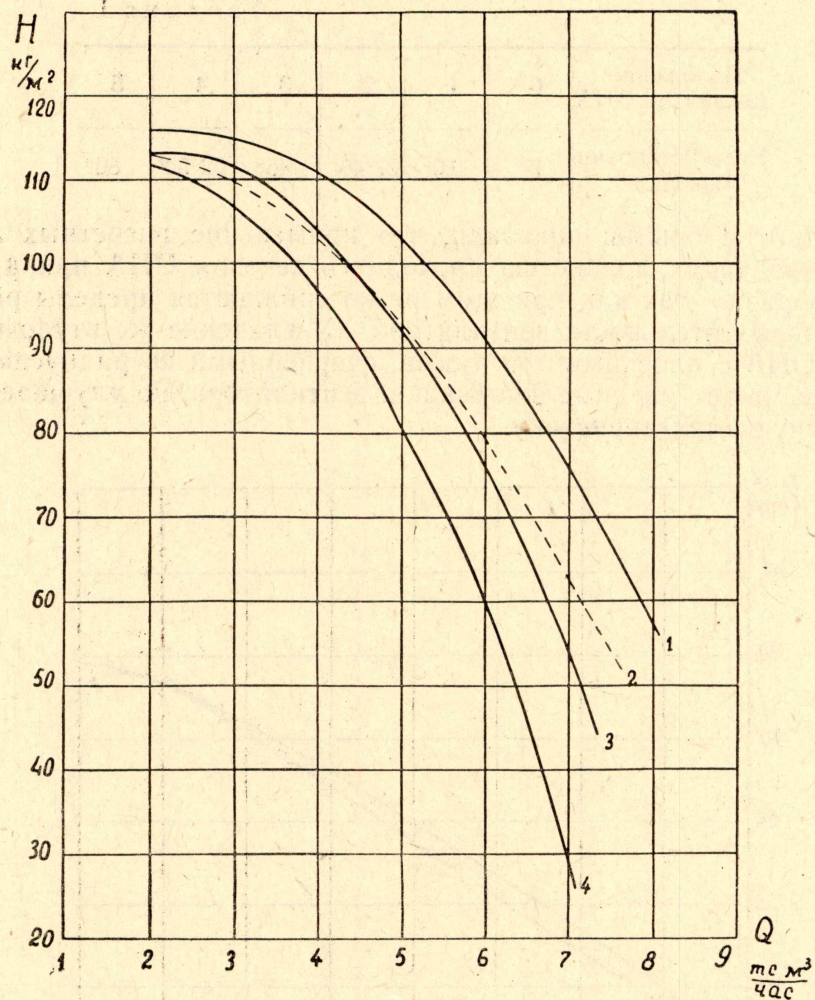


Рис. 3. Разделение влияния закрутки и дросселирования при регулировании производительности вентилятора осевым направляющим аппаратом.

Кривая 2 на рис. 3 определяет полученную теоретическим расчетом характеристику вентилятора при закрутке подводимого к рабочему колесу потока, соответствующей установке лопаток ОНА под углом $\beta_n = 45^\circ$ для втулочного отношения 0,50. При этом циркуляция центрального вихря $\Gamma = c_u \cdot r$, создаваемая средним кольцевым элементом ОНА, определялась в соответствии с условиями обтекания решетки плоских пластин соответствующих параметров. Предполагая, что эта циркуляция остается неизменной до входа на рабочее колесо вентилятора, оказалось возможным для каждого расчетного режима определить произведение $c_{1u} \cdot u_1$, входящее в уравнение Эйлера. Для оценки соответствующих величин $u_2 \cdot c_{2u}$ использовалась экспериментальная характеристика вентилятора при полном открытии ОНА (кривая 1), то есть при радиальном входе.

Кривые 3 и 4 на том же рисунке соответствуют экспериментальным характеристикам вентилятора для того же втулочного отношения и при том же угле установки лопаток ОНА расчетного типа (кривая 3) и очерченных по радиусу (кривая 4).

Близкое совпадение характеристик 2 и 3 свидетельствует о том, что лопатки ОНА расчетного типа действительно обеспечивают регулирование производительности вентилятора за счет закрутки подводимого рабочего колеса потока. Значительное же снижение характеристики при радиально очерченных лопатках показывает, что в этом случае регулирование обеспечивается не только закруткой, но и значительным его дросселированием в ОНА.

Проведенные экспериментальные исследования, таким образом, показали, что имеются реальные возможности улучшения регулировочной характеристики центробежного вентилятора с ОНА. С этой целью следует стремиться создать такой ОНА, который обеспечивал бы интенсивную закрутку потока, входящего на рабочее колесо, при незначительном его дросселировании. При реконструкции ОНА возможно значительное увеличение его втулочного отношения (до $0,50 \div 0,55$ против $0,15 \div 0,20$ у существующих типов), но применение плоских лопаток, не перекрывающих полностью проходное сечение, не обеспечивает положительных результатов. Внимание поэтому следует направлять на отыскание иных форм лопаток ОНА или иных способов закрутки потока в процессе регулирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Н. Шерстюк. Осевые компрессоры. ГЭИ, 1955.
2. Л. А. Рихтер. Тяга и дутье на тепловых электростанциях. ГЭИ, 1962.
3. И. М. Левин, И. А. Боткачик. Дымососы и вентиляторы мощных электростанций. ГЭИ, 1962.