

АНАЛИЗ ТЕЧЕНИЯ В ЛОПАСТНОЙ СИСТЕМЕ ОСЕВОГО ВЕНТИЛЯТОРА С ПРИМЕНЕНИЕМ CFD-РАСЧЕТОВ

А.Г. Алымов,

В.А.Бабин, к.т.н.,

Д.В. Дормидонтов

ОАО «ОКБМ им. И.И. Африкантова», г. Нижний Новгород, Россия

В настоящее время программный комплекс [FlowVision](#) активно используется в ОАО «ОКБМ им. И.И.Африкантова», при проектировании лопастных машин. В представленной работе рассмотрено проведение CFD-расчета одноступенчатого осевого вентилятора, предназначенного для системы вентиляции АЭС.

Вентилятор выполнен по схеме «ВНА+РК+СА», его проектирование на заданные параметры осуществлялось по методике моделирования, изложенной в доступной литературе [1]. В качестве модельных характеристик взяты аэродинамические характеристики вентилятора ОВ-8, полученные при испытаниях, проводимых в вентиляторной лаборатории ЦАГИ.

Разработанный осевой вентилятор представлен на рис. 1. Вентилятор представляет собой лопастную систему и расположенный за ней электродвигатель (ЭД), находящийся в основном потоке.

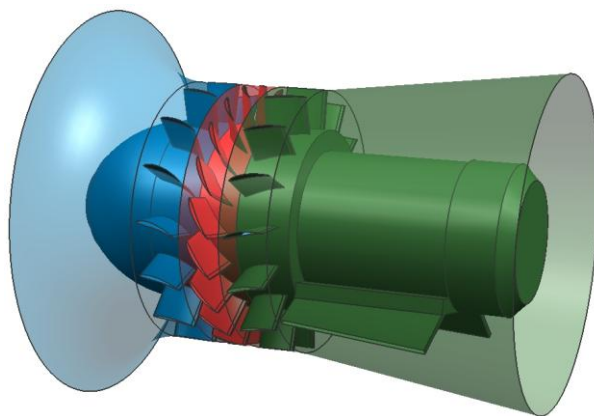


Рис. 1 – Общий вид вентилятора.

В дальнейшем, с целью анализа течения в лопастной системе вентилятора и исследования течения в отводящем канале, были проведены CFD-расчеты с использованием программного комплекса [FlowVision](#) [2].

Для проведения численного моделирования создана 3-D модель проточной части вентилятора. Модель включает в себя участок подводящего трубопровода с лопатками ВНА, рабочее колесо и участок напорного трубопровода с лопатками СА. В качестве граничных условий в расчетной области расставлены следующие:

- Вход/Выход → Нормальный вход/выход (задается значение расходной составляющей скорости, на входе в расчетную область);
- Стенка → Стенка логарифмический закон (описывает логарифмический закон изменения скорости в пограничном слое);
- Вход/Выход → Свободный выход, нулевое давление (задается нулевое давление на выходе из расчетной области);
- Стенка → Вращающаяся стенка, логарифмический закон (устанавливается на движущихся поверхностях);
- Скользящая поверхность (граничное условие, служащее для связки вращающихся и неподвижных подобластей).

Результаты вычислений оценивались количественно, по параметрам интересующих величин и качественно используя графические средства визуализации результатов расчета (вектора и заливка приведены на рис. 2).

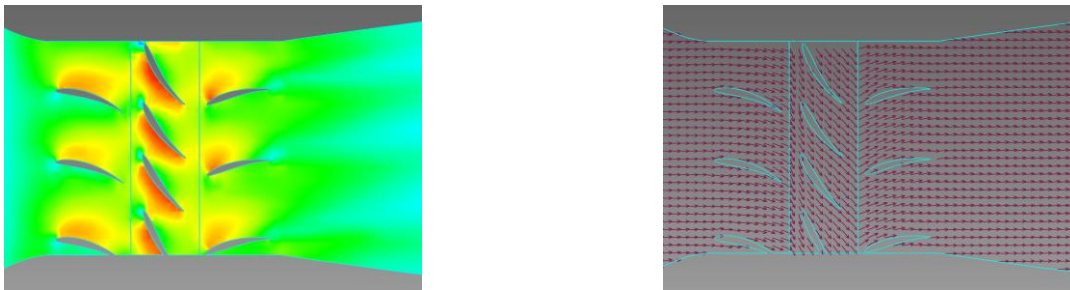


Рис. 2 – Картина течения в лопастной системе.

При рассмотрении картины течения определено, что углы натекания потока и углы установки лопаток в достаточной степени согласованы между собой, потому как благоприятными углами натекания потока можно считать угол $-5^\circ \geq \alpha_1 \geq +5^\circ$. Подобная картина наблюдается по всей высоте канала проточной части. В межлопаточных каналах не наблюдается отрывного течения и образования вихрей.

Оценить угол натекания потока предлагается следующим образом.

Ввиду малости величины перетекания потока в радиальном направлении, ее составляющей пренебрежем. Тогда для определения угла натекания необходимо найти расходную и окружную составляющую скорости. Расходная составляющая C_m это, не что иное как, проекция вектора скорости на ось вращения Z . А окружная скорость C_u может быть определена, взяв среднее значение проекций на оси X и Y по точкам, лежащим на некотором радиусе R .

Рассмотрим характеристики лопастной системы, полученные при численном моделировании, и сравним их с экспериментальными данными (рис. 3).

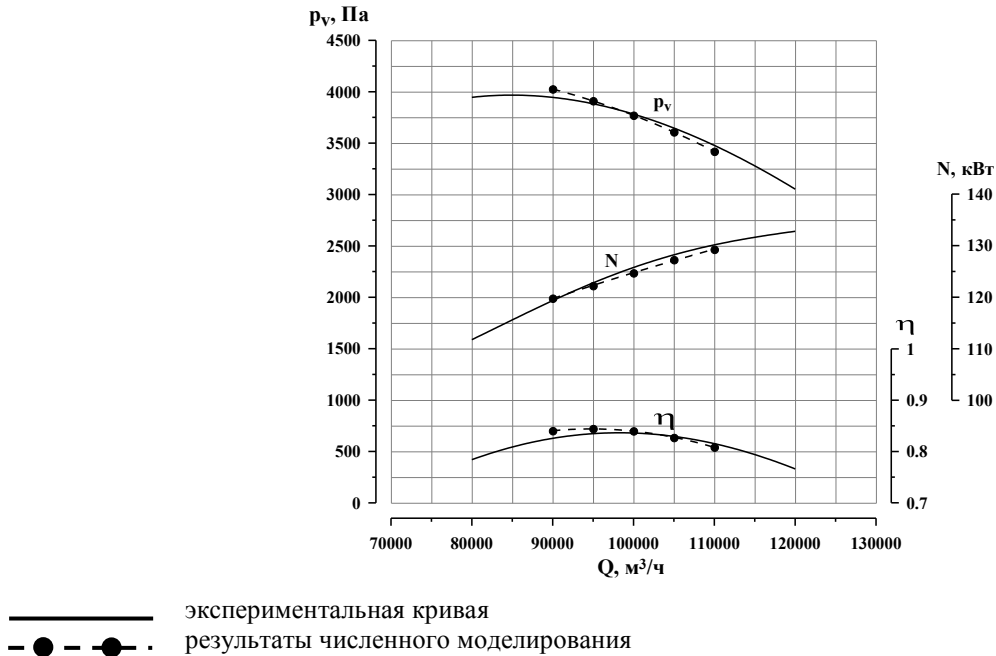


Рис. 3 – Сравнение экспериментальных и расчетных характеристик.

В рассмотренном диапазоне подач, наблюдается хорошее согласование характеристик. Напорные характеристики имеют отклонение не более 2%, а мощностные не более 1%. Полученные результаты показывают достаточно хорошее совпадение модельных характеристик с характеристиками, полученными в результате CFD-расчета.

Электродвигатель (ЭД) рассматриваемого вентилятора расположен в основном потоке за лопастной системой. При этом необходимо с достаточной степенью точности заложить потери, обусловленные следующим:

- изменение скорости при перетекании потока из лопастной системы в напорный трубопровод;
- расположение в потоке ЭД.

Рассмотрено два варианта расположения ЭД. В первом случае, ЭД расположен в основном потоке за лопастной системой, во втором ЭД закрыт обечайкой.



Рис. 4 – Вентилятор с открытым и закрытым электродвигателем.

По результатам проведенных расчетов получена картина течения в проточной части вентилятора (рис. 5). Также проведена оценка потерь в отводящем диффузоре. Потери полного давления в случае геометрии с открытым ЭД составляют ~ 270 Па. При этом наблюдается отрывное течение и образование вихрей по всей длине ЭД. Вариант с закрытым ЭД выглядит более предпочтительным, поскольку потери здесь составляют ~ 140 Па.

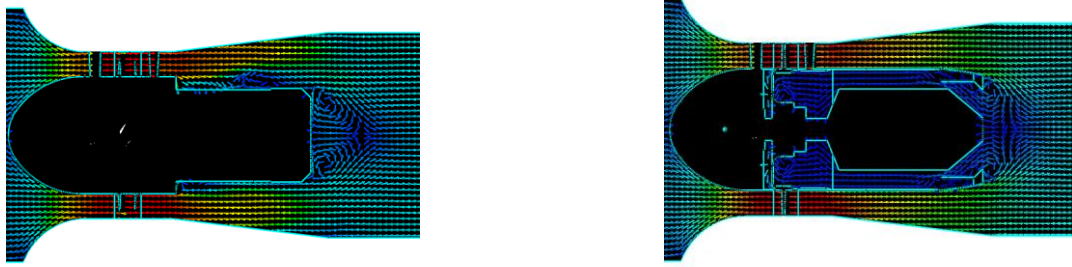


Рис. 5 – Меридианное сечение проточной части вентилятора.

Выводы.

Проведены CFD-расчеты осевого вентилятора, результаты которых показали хорошее совпадение с экспериментальными энергетическими характеристиками.

Средствами FV выполнен анализ течения в проточной части вентилятора.

По проведенным оценкам, углы натекания потока и углы установки лопаток в достаточной степени согласованы между собой. Течение в лопастной системе носит безотрывной характер.

По результатам проведенного анализа закрытие ЭД обечайкой позволяет снизить потери полного давления в отводящем диффузоре, по отношению к варианту с открытым ЭД.

Литература

1. И.В. Брусиловский Аэродинамические схемы и характеристики осевых вентиляторов ЦАГИ. М.: Недра 1978.
2. Руководство пользователя FlowVision версия 2.4.0.