

ОТРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕНТИЛЯТОРОВ НА ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ FLOWVISION

Караджи С.В., ООО «ЗВО ИННОВЕНТ», Москва, Россия

Была поставлена задача аэродинамического расчета осевых и радиальных вентиляторов. Характерной особенностью такого рода задач является наличие вращающегося рабочего колеса и неподвижных элементов, таких как направляющий и спрямляющий аппараты, а также разного рода корпусов. Во-первых, для этого требовалось определение влияния параметров самой программы [FlowVision](#), таких как модель турбулентности, начальная турбулизация, наличие положительного градиента давления и др. И, во-вторых, в связи со сложностью расчетных областей, требовалась оптимизация расчетных моделей, для снижения времени вычисления до приемлемого уровня.

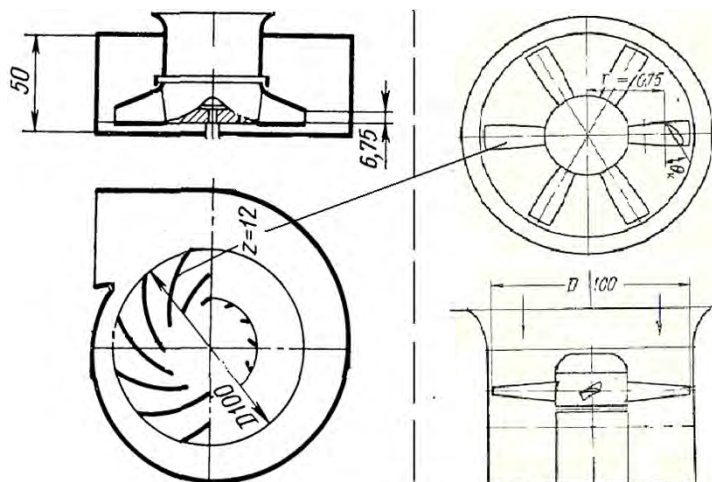


Рис. 1: Схемы вентиляторов типа Ц5-40 и ОВ-23

В качестве характерных примеров, были взяты высокоэффективные аэродинамические схемы радиального и осевого вентиляторов разработки ЦАГИ. Эти схемы хорошо изучены и описаны в справочниках. Для схемы радиального вентилятора имеется экспериментальная аэродинамическая характеристика как рабочего колеса в спиральном корпусе, так и свободного колеса. Для схемы осевого вентилятора приведены аэродинамические характеристики для разных углов установки лопаток, количества лопаток и аэродинамических схем (К и К+СА). Это схемы радиального вентилятора Ц5-40 и осевого ОВ-23 (рис.1).

Изначально был рассмотрен ряд простых модельных задач диффузорного течения и выбраны модель турбулентности и некоторые программные параметры (такие как начальная турбулизация, градиент давления и др.), приводящие к результатам, близким к экспериментальным исследованиям диффузорного течения. Такого рода течение является наиболее сложным и всегда присутствует в радиальных вентиляторах с загнутыми назад лопатками и в осевых вентиляторах.

Далее уже была рассмотрена схема Ц5-40. Вначале рассчитывался один канал колеса с радиальным безлопаточным диффузором, такой же ширины, как и спиральный корпус, его схема представлена на рисунке 2. Количество ячеек расчетной сетки $N \approx 2.5 \cdot 10^5$, $Re = 10^5$, модель турбулентности SST. На рисунке 3 представлено сравнение коэффициента статического давления ($\Psi_{\text{ст}} = \frac{\Delta p}{\rho \cdot v_{\text{вх}}^2 / 2}$) свободного колеса Ц5-40 из книги [1], и коэффициента статического давления, полученного расчетом на FlowVision для четырех точек по коэффициенту расхода ($\varphi = \frac{Q}{F \cdot v_{\text{вх}}}$). В нашем случае присутствует радиальный плоский безлопаточный диффузор, но это не оказывает сильного влияния, так как его ширина в несколько раз больше ширины колеса.

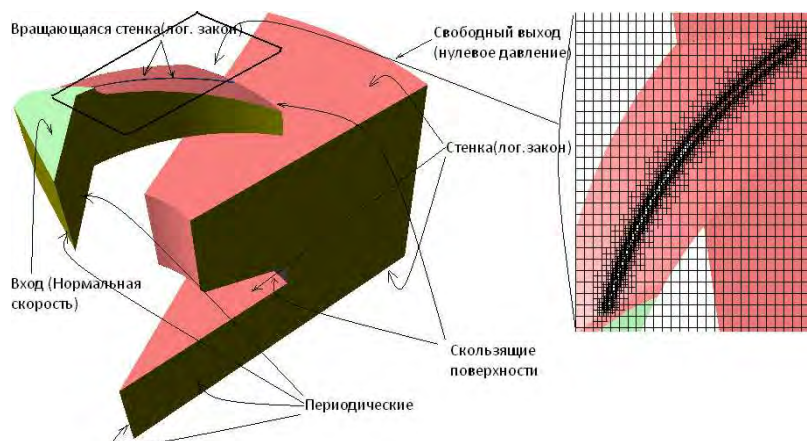


Рис. 2: Схема расчетной области канала колеса Ц5-40 с внешней областью и расчетная сетка в области лопатки

Условия с выхода этого канала в виде усредненных компонент скоростей были заданы на входе в спиральный корпус, схема которого представлена на рис.4.

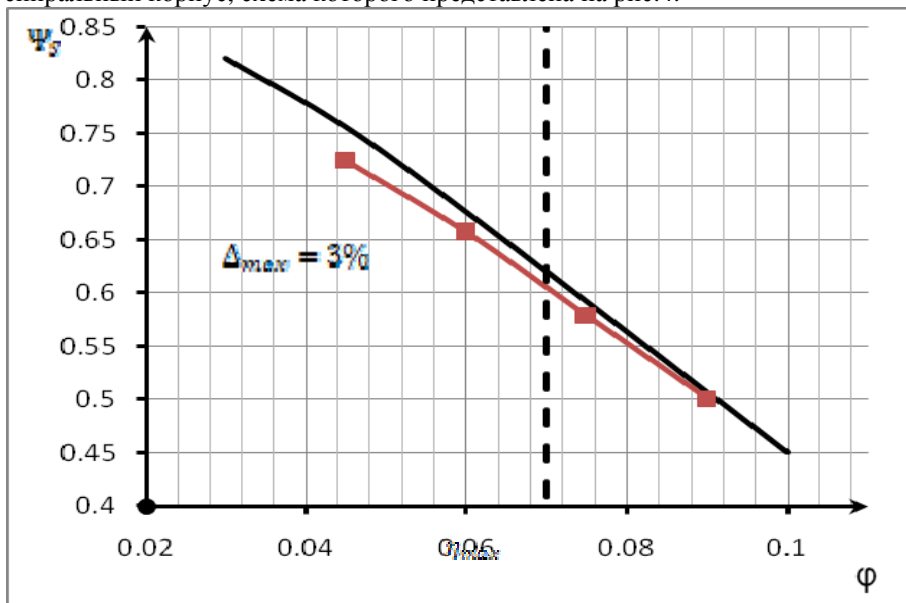


Рис. 3: Характеристики свободного колеса Ц5-40 (чёрная – эксперимент, квадраты – расчет, пунктир – максимум к.п.д.)

Были рассчитаны коэффициенты давления для 4 точек по коэффициенту расхода (рис. 5). Сравнение с экспериментальной кривой из книги [1] показывает, что в области максимума к.п.д. присутствует достаточно хорошее соответствие с экспериментом.

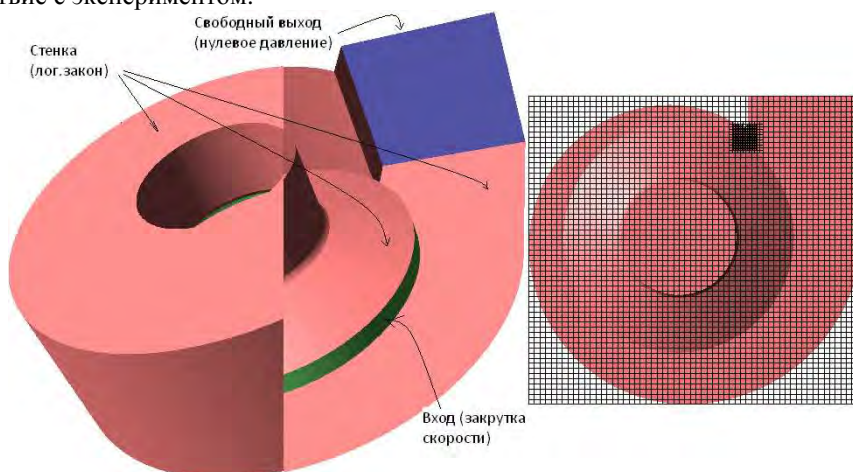


Рис. 4: Схема расчетной области спирального корпуса Ц5-40 и вид расчетной сетки

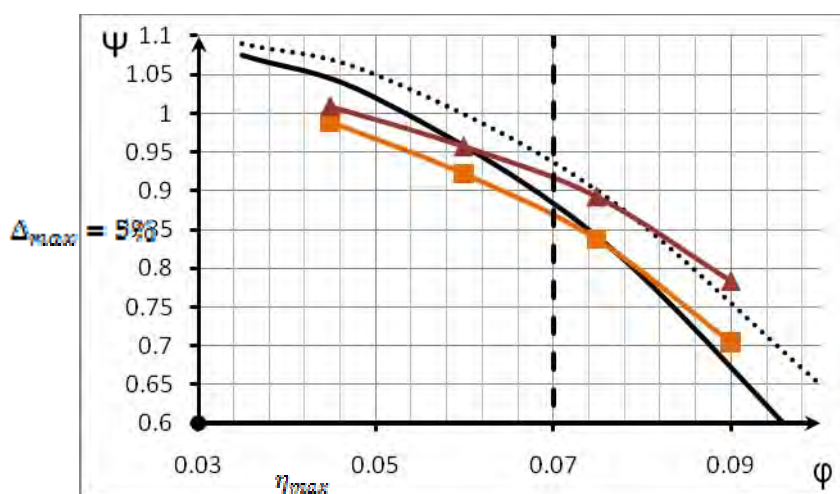


Рис. 5: Зависимость коэффициентов полного (треугольники-FV и точечная-экспериментальная кривые) и статического (квадраты-FV и черная- экспериментальная кривые) давления от коэффициента расхода для колеса Ц5-40 (пунктирная линия – максимум к.п.д.)

Для оценки возможности расчета осевого вентилятора, была взята упрощенная задача обтекания неподвижной плоской решетки профилей, взятых со среднего радиуса лопаток схемы ОВ-23, из которой рассчитывался только один период (рис.6). Количество ячеек расчетной сетки $N=2 \cdot 10^5$, $Re=2.2 \cdot 10^5$, модель турбулентности была также выбрана SST.

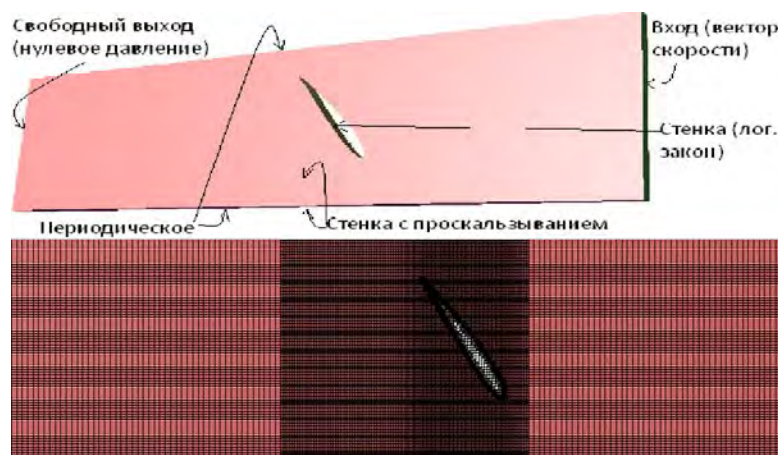


Рис. 6: Схема расчетной области плоской решетки

Для нескольких значений по коэффициенту расхода были получены значения коэффициента теоретического давления (рис. 7). В рабочей области результаты, полученные на FlowVision для плоской решетки профилей, близки к экспериментальным и теоретическим кривым. На следующем этапе предполагается перейти к расчету трехмерной задачи течения в осевом вентиляторе.

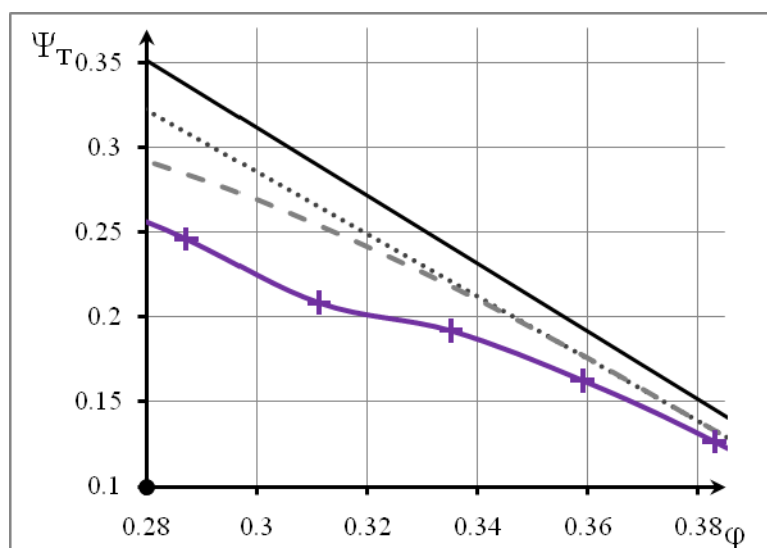


Рис. 7: Зависимость коэффициента теоретического давления от коэффициента расхода: кресты - для плоской решетки, рассчитанной на FV; пунктир - эксперимент для схемы ОВ-23; черная - теоретический расчет плоской решетки без учета вязкости; точечная - теоретический расчет плоской решетки с учетом вязкости

Была произведена верификация расчетной модели, и получены значения параметров, обеспечивающих наилучшее приближение к экспериментальным данным. Для случая радиального вентилятора со спиральным корпусом, построена оптимизированная методика расчета. Расчет производился в два этапа: расчет аэродинамики канала свободного колеса и расчет течения в спиральном корпусе с использованием результатов расчета свободного колеса.

Результаты расчетов хорошо соответствуют экспериментальным данным для выбранных схем вентиляторов. Работы в данном направлении продолжаются.

Литература.

1. Соломахова Т.С., Чебышева К.В. Центробежные вентиляторы. Аэродинамические схемы и характеристики: Справочник – М.: Машиностроение, 1980. – 176 с., ил.