

УДК 622.232

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА КРУПНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЕНТИЛЯТОРОВ

Гриценко Н.И., магистрант,
Шабаев О.Е., канд. техн. наук, доц.
Донецкий национальный технический университет

Проблема и ее связь с научными или практическими задачами. Тенденции развития угледобывающей отрасли нашего региона влекут за собой не только усовершенствование добычного и проходческого оборудования, но и требуют современного взгляда на стационарные установки угледобывающих предприятий т.к. условия залегания полезного ископаемого вынуждают разрабатывать горизонты на глубине более тысячи метров. Вентиляторные установки главного проветривания на базе центробежных вентиляторов выработали свой ресурс и не способны обеспечивать потребность постоянно увеличивающейся сети современных шахт. Требования к вентиляторным установкам главного проветривания для шахт опасных по внезапному выбросу газа и пыли регламентируют выбор вентиляторов с 20% аварийным запасом производительности и давления с неизменным КПД. Эти значения, зачастую, лежат у самой верхней границы области применения. Это говорит о несовершенстве аэродинамических схем вентиляторов. Очевидно, что существующий ряд шахтных вентиляторов, состоящих в производстве, не вполне соответствует требованиям угольной промышленности, как по густоте (количеству) типоразмеров, так и по экономичности и, прежде всего, в отношении центробежных машин, реальный статический КПД которых, в лучшем случае, не превысит 77-78%, тогда, как максимальное его значение, достигающее 85%, располагается вне зоны выбора вентилятора. С этой точки зрения осевые вентиляторы являются более приемлемым вариантом, поскольку верхняя граница их выбора проходит через точку максимального статического КПД - 82%, а сама зона выбора имеет существенно большую площадь ввиду лучших регулировочных качеств осевых машин. Однако, ввиду низкого давления область применения существующих осевых вентиляторов ограничена. Тем не менее, сравнение аэродинамических характеристик состоящих в производстве центробежных вентиляторов с характеристиками современных осевых вентиляторов зарубежного производства показы-

вают, что параметры одностороннего центробежного вентилятора ВЦ-31.5М2 и двухстороннего ВЦД-31.5М2 полностью реализуются одноступенчатыми вентиляторами с частотой вращения ротора 1500об/мин и диаметром 2-2.1 и 2.25-2.4м соответственно, а вентилятору ВЦД-47У по аэродинамическим параметрам соответствует осевой одноступенчатый вентилятор с синхронной частотой вращения 1000об/мин и диаметром рабочего колеса 2.9-3.0 м.

Из этого следует, что технический уровень совершенства осевых вентиляторов отечественного производства сильно уступает зарубежным аналогам. Особенно это касается вентиляторов входящих в состав установок главного проветривания угольных шахт, поскольку угольная промышленность является приоритетной для нашего региона.

Постоянно увеличивающаяся область применения осевых вентиляторов на промышленных предприятиях различного профиля, формирование специальных требований к конструкции и аэродинамическим характеристикам (плавная регулировка в больших диапазонах, требование к износостойкости профилей работающих в абразивных средах, сохранение высокого к.п.д. при реверсировании вентилятора, повышенные окружные скорости, высокое развиваемое полное давление, вписываемость в различные установки и т.д.). И наконец, отсутствие полноценной методики аэродинамического проектирования осевых вентиляторов соответствующих современному техническому уровню с учётом влияния факторов обусловленных его назначением и специальных требований к машине говорит о необходимости создания данной методики.

Цель исследования: создать методику проектирования осевых вентиляторов соответствующих современным требованиям. Используя полученную методику получить возможность оптимизации устаревших конструкций для повышения уровня их технического совершенства.

Изложение материала и результаты.

Возможность использования современных средств визуализации и расчёта газодинамических процессов в системах САПР значительно помогло в создании целостной и достаточно точной методики как по созданию новых машин так и по оптимизации устаревших конструкций.

Созданный алгоритм состоит из двух блоков: аналитический расчёт осевых вентиляторов, позволяющий по параметрам сети и

специальным требованиям получить геометрию вентилятора (прямая задача); и расчёт в САПР. Позволяющий визуализировать процесс течения воздуха (газа) в машине, выделить опасные зоны которые впоследствии станут причиной срывов потока, произвести тонкую «доводку» геометрии колес и проточных частей (обратная задача). Полученная методика является замкнутой т.к. вторая часть проверяет и дополняет первую.

Аналитическая часть структурирована пошагово в следующие подблоки:

1) Постановка задачи. В данной части формируются требования к проектируемой машине, обосновывается выбор осевого исполнения вентилятора.

2) Определение диаметра рабочего колеса, втулочного отношения, потребляемой мощности, расчёт скоростей потока в проточной части, определение ожидаемого к.п.д. вентилятора. Определение безразмерных коэффициентов полного давления и производительности.

3) По развиваемому полному давлению и специальным требованиям к регулировочным качествам и компоновке вентилятора определяется схема исполнения машины. Схема «Колесо»; Схема «Направляющий аппарат + Колесо»; Схема «Спрямяющий аппарат + Колесо»; Схема «Направляющий аппарат + Колесо + Спрямяющий аппарат».

4) Подготовка к профилированию рабочих органов в зависимости от выбранной схемы. Расчёт необходимой величины циркуляции в рабочих органах. Определение теоретического давления. Определение потерь давления в вентиляторе.

5) Формирование требований к исполнению решеток профилей рабочих органов вентилятора (Колеса, направляющего аппарата, спрямяющего аппарата). На этом этапе решается вопрос применения в вентиляторе крыловидных (телесных) лопаток, листовых лопаток. Выбор производится по определённым критериям таким как нагруженность решеток, к какой группе по давлению относится вентилятор (низкого, среднего, высокого), требования к регулировочным качествам, необходимость реверсирования вентилятора, область чисел Рейнольдса в которых будут работать лопатки проектируемого вентилятора, дороговизна и т.д.

6) Профилирование. Расчёт геометрии лопаток колеса, направляющего аппарата, спрямяющего аппарата, углов установки. Расчет

лопаточных венцов будет производиться по критериям выбранным в пункте «Формирование требований к исполнению решеток профилей рабочих органов вентилятора». Расчёт будет производиться по нескольким теориям, которые отличаются степенью формализации процесса течения газа в рабочих органах вентилятора. В процессе составления этих методик проектирования были проанализированы и синтезированы теории: расчет для малонагруженных решёток по методу Вейнига, расчёт телесных лопаток по методу К.А Ушакова, И.В Брусилковского, упрощенный расчет телесных лопаток по методу Б.Экка, методы проектирования листовых лопаток Б.Экка и К.А Ушакова, профилирование колес для вентиляторов высокого давления и компрессоров С.А.Довжика, теоритические выкладки различных авторов по влиянию сжимаемости, вязкости жидкости, поведению пограничных слоев, срывам и т.д.

7) Подготовка твёрдотельной модели.

8) Промежуточные модельные испытания в САПР (газодинамические пакеты). Испытание полученных профилей на различных углах установки, выявление критических зон, потерь, срывов пограничных слоев. Проверка выполнения требований исходных данных по требуемому полному давлению и производительности. По необходимости формируются требования для проектирования противосрывных устройств. Формируются требования к корпусу вентилятора, геометрии проточной части.

9) Оптимизация по результатам испытаний в САПР. Производится уточнение геометрии лопаток. Проектирование элементов вентиляторной установки (диффузоров, кока, входной коробки и т.д.)

10) Конструирование вентиляторной установки, подготовка уточнённой твердотельной модели.

11) Финишные испытания в САПР. Получение напорной характеристики вентилятора. Определение полного к.п.д. вентиляторной установки.

Выводы и направление дальнейших исследований.

В данной работе была разработана универсальная методика проектирования осевых вентиляторов. С помощью которой возможно создание не только новых машин, но и получена возможность решать задачи многокритериальной оптимизации параметров устаревших конструкций машин с целью повышения их эффективности. В работе приведен результат эксперимента по созданию осевой машины на ос-

нове нескольких существующих методик и системе САПР. Исследованы преимущества и недостатки этих методик и сформирована новая с учётом выводов. В качестве доказательства адекватности методики проведен аэродинамический расчёт ротора вентилятора ВО 21/14. Удалось повысить к.п.д. вентилятора за счёт применения телесных лопаток, выполнить вентилятор по более простой схеме ВНА+К, снизить уровень профильных потерь, стал возможен реверс вентилятора с сохранением 60%-го уровня к.п.д. Для проверки результатов проведен аэродинамический расчет ротора в системе САПР.