

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ГАЗА В ВИХРЕВОЙ ТАРЕЛКЕ ДЛЯ ПЕННЫХ АППАРАТОВ

Афтаниук В.В., Спинов В.М. (*Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса*)

Проведен анализ методов создания закрученной струи и выбор оптимальной конструкции завихрителя для вихревой тарелки аппаратов мокрого пылеулавливания. Разработана модифицированная математическая модель для аксиально-лопаточных завихрителей, на которой исследовано влияние основных конструктивных параметров завихрителя на аэродинамический режим закрученного потока и условия сепарации пылевых частиц.

В [1, 2, 3] предложена новая конструкция вихревой тарелки для контактных аппаратов и аппаратов мокрого пылеулавливания позволяющая интенсифицировать процессы теплообмена, уменьшить материалоемкость и габариты аппаратов.

Техническая реализация предложенных в [1, 2, 3], конструктивных решений вихревой тарелки, с целью создания рациональной конструкции пылеулавливающего аппарата, требует выполнения комплекса теоретических и экспериментальных исследований аэродинамики закрученного потока с полидисперсной фазой и особенностей движения газа через пенный слой.

На основе проведенного в [1,2] обзора и анализа конструкций тарелок контактных аппаратов можно сделать обоснованный вывод, что оптимальная организация вихревой структуры на тарелке разрабатываемого аппарата должна быть направлена на одновременное решение двух задач:

– для эффективной работы необходимо обеспечить строго определенные расход газа и жидкости. При низкой скорости газа жидкость не может удержаться на решетке. При повышенной скорости газа наблюдается прорыв струй газа через слой жидкости в виде отдельных струй [5, 6].

– кроме того, до контакта пылегазового потока с жидкостью должна быть обеспечена максимально возможная предварительная коагуляция и сепарация пыли.

Поэтому для решения поставленных задач в первую очередь должен быть проведен анализ методов создания закрученной струи в вихревой тарелке, а также выбор и расчет конструктивных характеристик завихрителя как основного элемента в исследуемом аппарате.

Как, известно, газовый и жидкостный потоки могут быть закручены специальными устройствами (завихрителями), которые придают потоку вращательную составляющие скорости [4]. Все эти завихрители можно отнести к пяти типам:

- тангенциальный (тип Т);
- улиточный (тип У);
- тангенциальный лопаточный (тип ТЛ);
- аксиальный (лопаточный) (тип А);
- аксиально-тангенциальный (лопаточный) (тип АТ);

В результате анализа методов создания закрученной струи, в качестве базового варианта закручивающего устройства был выбран аксиально-лопаточный завихритель (тип А), представляющий собой осевой направляющий аппарат с лопатками, расположенными по радиусу канала.

Это сделано по следующим соображениям :

- завихритель типа А конструктивно является наиболее простым решением для формирования закрученного потока в пылеуловителе;
- завихритель типа А обеспечивает достаточно равномерный поток на выходе;
- у А – завихрителей наименьшие гидравлические потери по сравнению с другими устройствами.

Для исследования влияния основных конструктивных характеристик завихрителя была разработана математическая модель движения газа в аксиально-лопаточном завихрителе. Расчет движения газового потока в завихрителе выполнен по упрощенной модели течения несжимаемой жидкости, пренебрегая турбулентностью газа и его трением об ограничивающие поверхности.

У завихрителя типа А лопатки крепятся к внешнему кольцу и центральному телу диаметром d_0 и располагаются под определенным углом к оси канала. Лопатки могут быть плоскими («ударный» вход)

или криволинейными для обеспечения безотрывного течения в лопаточном аппарате.

Основными конструктивными характеристиками А-завихрителей являются внешний диаметр d , диаметр центрального тела d_0 , угол закрутки лопаток φ и их число m . При неизменном по радиусу угле φ геометрический параметр закрутки характеризуется выражением [4]

$$n = \frac{8}{3\pi} \cdot \frac{d^3 - d_0^3}{d(d^2 - d_0^2)} \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (1)$$

Геометрический угол закрутки лопаток можно изменять по радиусу, что достигается изменением их ширины. Чаще всего при проектировании лопаток используется степенной закон изменения вращательной скорости по радиусу [4]:

$$UR^N = \text{CONST}; \quad (2)$$

где u – вращательная составляющая скорости на выходе из завихрителя, м/с.

Задаваясь постоянным значением осевой составляющей скорости, выражение (2) можно представить в виде:

$$\operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg} \varphi_n \cdot (R / r)^n; \quad (3)$$

где R – наружный радиус завихрителя, м; $R = d/2$;

φ_n – угол закрутки лопатки на этом радиусе, рад.

Разработанная приближенная модель, с использованием приведенных зависимостей, позволила выявить качественную картину процесса и оценить характер и степень влияния параметров характеризующих конструкцию завихрителей на аэродинамический режим закрученного потока и сепарацию частиц пыли.

На рис. 1 представлены траектории движения частиц различного диаметра, рассчитанные для двух интенсивностей закрутки. Здесь координата $r/r_0=1$ соответствует месту ввода частиц в поток, а $r/r_0=2$ – граничным размерам закрученной струи. Как видно, для обоих случаев закрутки вначале сепарируются мелкие частицы, далее вниз по потоку – более крупные, что обусловлено инерцией крупных частиц и более медленным их вовлечением во вращательное движение. На распределение выноса частиц существенно влияет интенсивность закрутки σ – для задач рассева на более узкие фракции оптимальными являются режимы с малыми σ .

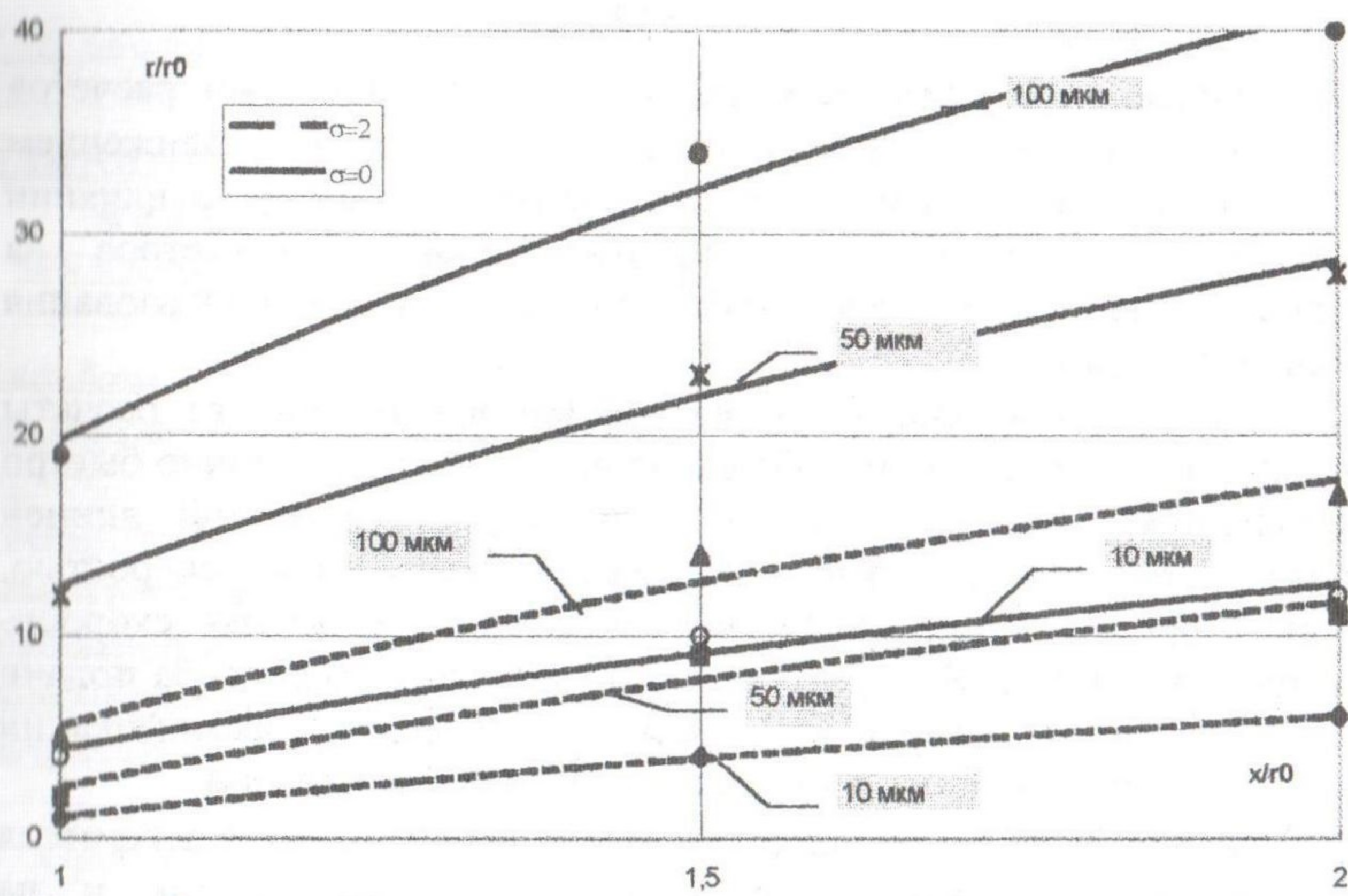


Рис. 1 Траектория движения частиц при различных интенсивностях закрутки потока

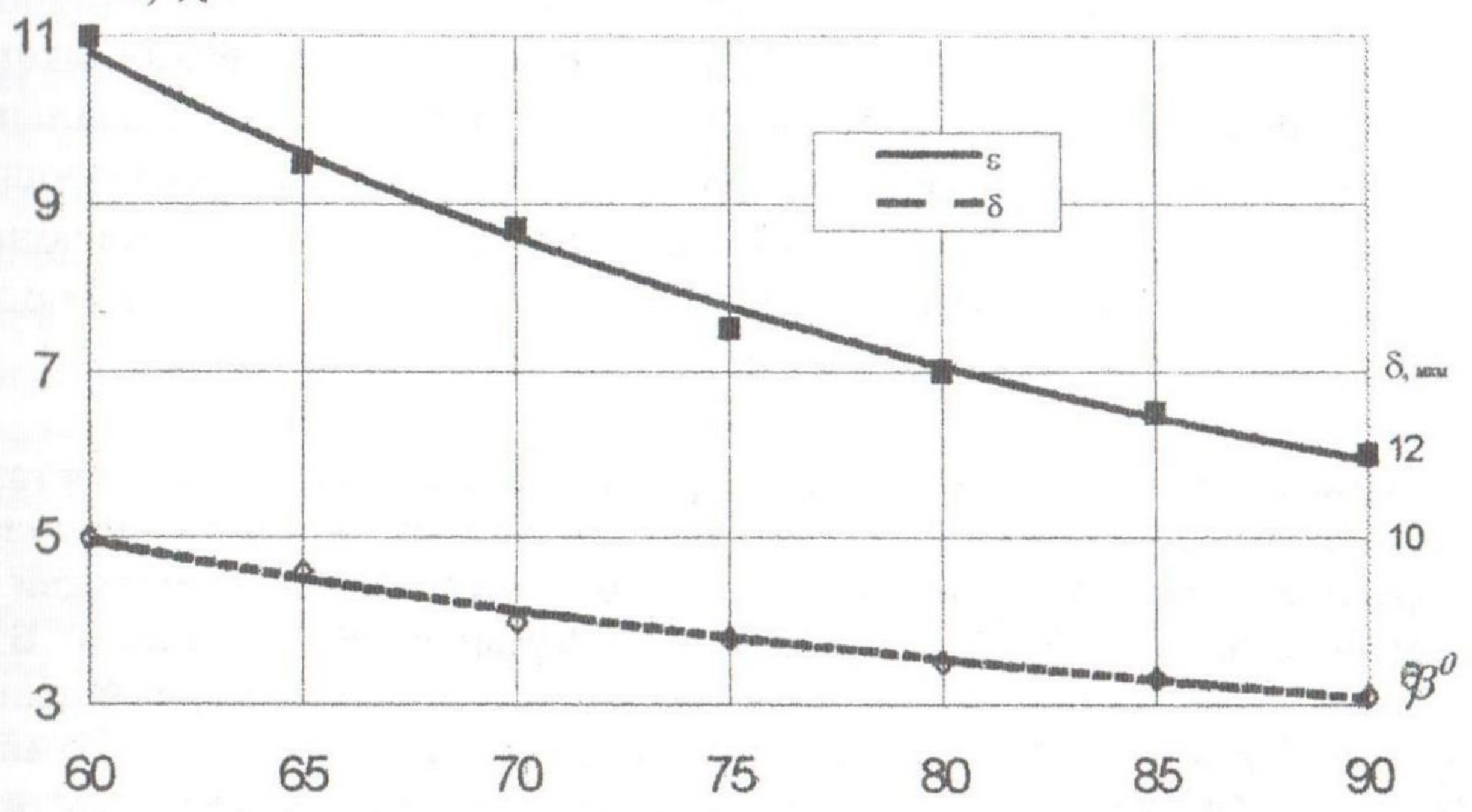


Рис. 2 Зависимость расчетного коэффициента пропуска пыли от угла установки лопаток завихрителя

Выводы

На основании анализа результатов выполненных нами расчетов аксиально-лопаточных завихрителей с осевым движением пылегазового потока можно сделать следующие выводы о влиянии основных конструктивных и эксплуатационных параметров на сепарацию пыли и на аэродинамические показатели для использования в пенных аппаратах:

1. Если вводить частицы с начальным вращением, то расчеты показали, что при таком способе ввода частиц они достаточно быстро сепарируются. Из рис. 1 видно, где штрих-пунктирной линией нанесены траектории частиц с начальной окружной скоростью, равной скорости вращения потока; предельная начальная скорость частицы равна нулю. Ясно, что использование такого способа подачи мелкодисперсного порошка для процесса классификации нерационально, и рационально для центробежной сепарации.

2. Угол β (рис. 2) установки лопаток сепарирующего завихрителя оказывает влияние как на очистку газа от пыли, так и на аэродинамические параметры пылеуловителя.

3. Сепарация твердых частиц из газового потока наиболее интенсивно происходит при $\beta = 90^\circ$. При меньших углах увеличивается тангенциальная скорость газа, а, следовательно, и тангенциальная скорость частиц, уменьшаются силы инерции, способствующие сепарации. При уменьшении угла β уменьшается составляющая кориолисовой силы инерции, перпендикулярная к поверхности лопатки, вследствие этого замедляется осаждение частиц пыли.

1. Афтанюк В.В., Спинов В.М. К вопросу совершенствования очистки газов в мокрых пылеуловителях. // Сборник материалов научно-технической конференции "Энергосбережение в системах отопления, вентиляции и кондиционирования". 2003. - С.22-24. 2. Афтанюк В.В., Спинов В.М. Разработка конструкции вихревой тарелки для тепло- массообменных аппаратов. Вісник ОДАБА, №13, 2004 р. 3. Заявка на патент Украины №20031213185/К от 23.03.04 г. Вихрова тарілка для тепломасообмінних апаратів та мокрому пилоловлюванню. / Афтанюк В.В., Спінов В.М. 4. Ахмедов Р.Б. Аэродинамика закрученной струи. - М.: Энергия, 1977. -238с. 5. Мошкарнев Л.М. Комплексная технология очистки воздуха от пыли в аппаратах мокрого пылеулавливания. Иркутск. Изд-во Иркутского университета, 1984. -200с. 6. Тарат Э.Я., Мухленов И.П., Туболкин А.Ф., Тумаркина Е.С. Пенный режим и пенные аппараты. -Л. Химия, 1977. -304с.