

УДК 697.942.2

В. М. СПИНОВ, ассистент

В. В. АФТАНЮК, д-р техн. наук, проф.

Одесская академия строительства и архитектуры, г. Одесса

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ МОКРОГО ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЯ

Приведены результаты экспериментальных исследований кинетики мокрого пылеуловителя с вихревой тарелкой. Определены рациональные технологические параметры плотности орошения и очищаемого газа. Доказана эффективность применения вихревой тарелки для пылеулавливания.

Наведено результати експериментальних досліджень кінетики мокрого пиловловлювача з вихрової тарілкою. Визначено раціональні технологічні параметри щільності зрошення і газу що очищають. Доведено ефективність застосування вихровий тарілки для пиловловлювання.

Введение

Промышленное производство и другие виды хозяйственной деятельности людей сопровождаются выделением в воздух помещений и в атмосферный воздух различных веществ, загрязняющих воздушную среду. В воздух поступают аэрозольные частицы (пыль, дым, туман), газы, пары, а также микроорганизмы и радиоактивные вещества.

На современном этапе для большинства промышленных предприятий очистка вентиляционных выбросов от вредных веществ является одним из основных мероприятий по защите воздушного бассейна. Благодаря очистке выбросов перед их поступлением в атмосферу предотвращается загрязнение атмосферного воздуха [1].

Основная часть

Одним из простых и эффективных способов очистки газов является мокрое пылеулавливание. Процесс мокрого пылеулавливания основан на контакте запыленного газового потока с жидкостью, которая захватывает взвешенные частицы и уносит их из аппарата в виде шлама.

Для повышения эффективности мокрого пылеулавливания предложена конструкция пылеуловителя с вихревой тарелкой (рис. 1), для которого на основании математического моделирования определены рациональные параметры поперечного сечения аппарата и концентрации пыли на входе в пылеуловитель [2].

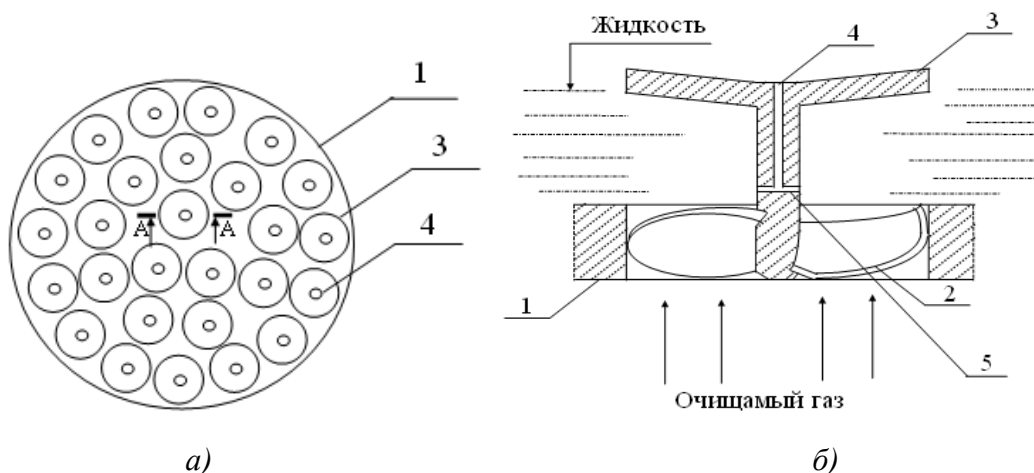


Рис. 1. Общий вид (а) и разрез (б) вихревой тарелки [3]:

- 1 – полотно тарелки; 2 – аксиальный завихритель;
3 – отбойный диск; 4 – канал; 5 – отверстия.

Полученные теоретические результаты позволили выявить качественную картину процесса и оценить характер и степень влияния конструктивных и режимных параметров на условия сепарации пыли.

Однако выбрать оптимальный режим на основе только математического моделирования невозможно, т. к. при создании модели сделан ряд допущений, а некоторые факторы, влияющие на процесс сепарации, не поддаются аналитическому описанию.

Поэтому для уточнения теоретических расчетов необходимо выполнить экспериментальные исследования, для проведения которых была спроектирована и изготовлена лабораторная установка в соответствии с известными требованиями единой методики сравнительных испытаний пылеуловителей [4]. Исследования проводились в несколько этапов.

При эксплуатации пенных аппаратов необходимо добиваться полного смачивания всей поверхности орошаемых элементов. Это условие выполняется лишь в том случае, если локальная плотность орошения в любой точке поверхности элемента превышает некоторое минимально допустимое значение Γ_{\min} . Если же это условие не выполняется, то пленка разрывается, и жидкость течет отдельными струйками, т.е. задача равномерного распределения жидкости по сечению аппарата является сложной задачей, особенно для аппаратов с большой площадью сечения [1].

Поэтому на первом этапе для определения рациональных величин плотности орошения исследовались скорости соответствующие началу вступления вихревой тарелки в работу и переход к струйному (волновому) режиму когда наблюдается проскок воздуха через пенный слой.

Поиск области изменения значений скорости газа V на входе в аппарат и удельного орошения g , в которой эффективность очистки максимальна производился методом Гаусса – Зейделя [5].

Проведенные исследования изменения $\eta = f(V)$ (рис.1) показали, что с повышением скорости газа от 5 до 12-15 м/с эффективность очистки заметно увеличивается. В диапазоне 12-15 м/с происходит изгиб кривой эффективности и при дальнейшем повышении скорости темп роста к.п.д. резко уменьшается.

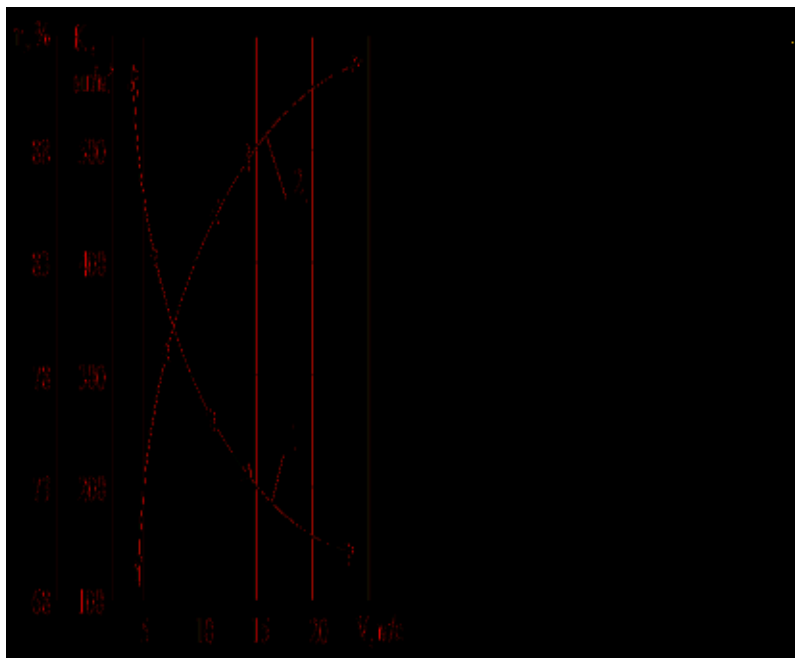


Рис. 1. Зависимость остаточной концентрации пыли K (кривая 1) и эффективности очистки η (кривая 2) от скорости газа V .

В результате сравнения величины η при разных g (рис. 2), установлено, что при значении удельного орошения g , превышающем $0,17 \text{ кг/м}^3$, степень очистки практически не повышается как при $V < 15 \text{ м/с}$, так и при $V > 15 \text{ м/с}$. Дальнейшее увеличение значений удельного орошения g , при практически неизменной степени очистки приведет к повышению аэродинамического сопротивления и расхода воды (таблица).

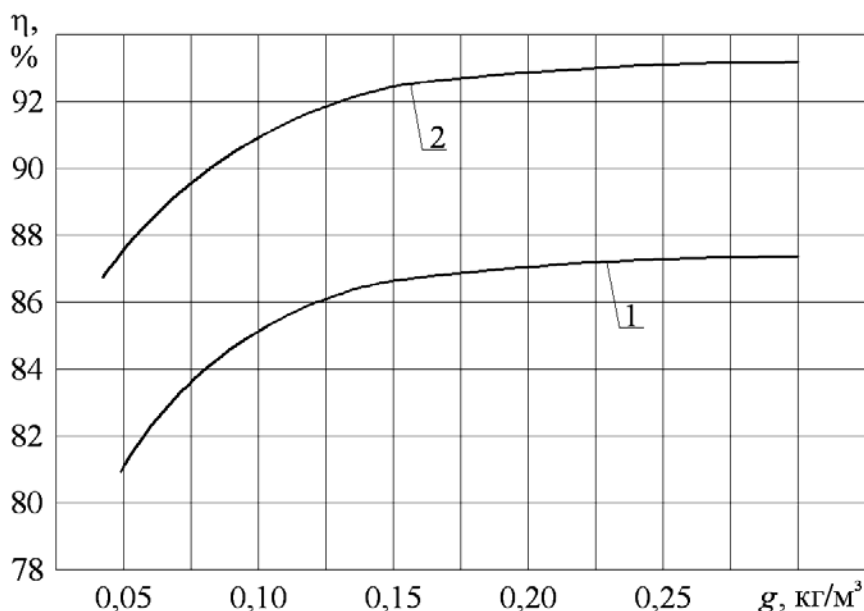


Рис. 2. Зависимость эффективности очистки η от удельного орошения g :
1 – при $V < 12 \text{ м/с}$; 2 – при $V < 22 \text{ м/с}$

Таблица

Параметры работы вихревой тарелки

Параметры	Плотность орошения, g , кг/м^3		
	0,15	0,25	0,35
Коэффициент сопротивления тарелки	1,2–1,4	1,6–1,8	2,2–2,4
Скорость соответствующая началу вступления в работу (конец провала), м/с	0,2–0,5	0,4–0,7	0,6–0,8
Скорость соответствующая переходу к струйному режиму, м/с	1,2–1,8	1,6–2,5	1,8–2,7

На следующем этапе исследовалось влияние угла установки лопастей завихрителя на эффективность пенообразования и общее сопротивление вихревой тарелки.

На основании математического моделирования [5], был определен рациональный диапазон изменения угла установки, при котором наблюдается минимизация сопротивления завихрителя при высокой степени закрутки потока, и который составляет от 35 до 55° . Для экспериментальных исследований были изготовлены пять образцов вихревых элементов с углом наклона лопаток завихрителей соответственно $35, 40, 45, 50, 55^\circ$.

При различных углах установки завихрителей установлены неодинаковые эффективности улавливания в зависимости от скорости газа (рис. 3).

Максимальная разница эффективностей $\Delta\eta$ наблюдается и сохраняется практически неизменной при скорости газа $V < 15 \text{ м/с}$. Однако, при скорости $V = 15 \text{ м/с}$ эффективность очистки и разность эффективностей начинает уменьшаться и практически исчезает при $V < 23 \text{ м/с}$. Однако гидравлическое сопротивление при увеличении скорости более 25 м/с значительно возрастает, что ограничивает дальнейшее увеличение скорости на входе в аппарат.

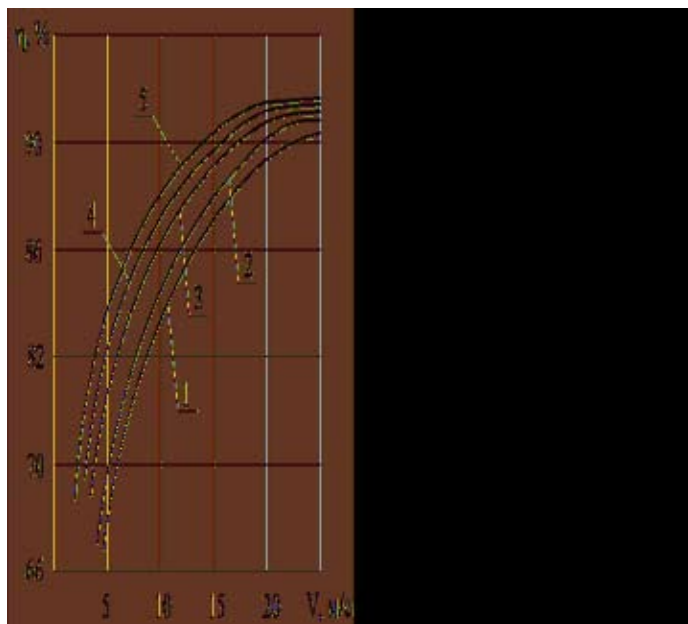


Рис. 3. Зависимость эффективности очистки η от скорости газа V при различных установках угла лопаток завихрителей:
1 – при 35° ; 2 – при 40° ; 3 – при 45° ; 4 – при 50° ; 5 – при 55° .

Еще одним важным показателем, который характеризует эффективность работы мокрых пылеуловителей, является унос орошающей жидкости, интенсивность которого зависит от скорости газового потока и способа подвода орошающей жидкости.

Оросители, используемые в тарельчатых скрубберах, образуют крупные капли – 600 – 800 мкм и более. Образование капель может также происходить в процессе разрыва пузырей. В этом случае образуются капли которые лежат в двух интервалах 20–30 и 600–1200 мкм. Доля мелких, так называемых капель-спутников, невелика, не превышает 0,30–0,35 % уноса по массе и не может оказывать влияние на общий характер каплеуноса [7].

Поэтому следующий этап исследований был направлен на изучение влияния высоты установки отбойного диска на устойчивость пенного слоя и величину уноса жидкости с вихревой тарелки.

Для обеспечения максимально возможной эффективности пылеулавливания и минимизации уноса жидкости исследованы четыре варианта установки отбойного диска по высоте (рис. 2), которые составляли $H_{уст} = 0,75d_3$, $H_{уст} = d_3$, $H_{уст} = 1,25d_3$, $H_{уст} = 1,5d_3$, где d_3 – диаметр завихрителя, м. Выбранный ряд высот обусловлен устройством аппарата т.к. необходимо обеспечить минимально допустимый слой пены который составляет 0,07-0,1 м. Устойчивость пенного слоя оценивалась визуально.

Концентрация капель влаги в потоке очищенного воздуха определялась путем протягивания пробы воздуха через специальное устройство с последующим взвешиванием и отнесением массы уловленных капель к единице объема. Прошедшего через устройство. Отбор проб производился с соблюдением требований [4].

В результате проведенных исследований было выявлено, что наименьшее значение уноса жидкости наблюдается при установке отбойного диска на высоте $H_{уст} = 1,25d_3$, кроме того в этом случае наблюдался устойчивый пенный слой на всей плоскости тарелки. Поэтому в качестве базового варианта установки отбойного диска, принята высота $H_{уст} = 1,25d_3$.

Выводы

Для определения оптимального режима работы и рациональных конструктивных параметров пылеуловителя с вихревой тарелкой разработан, изготовлен и испытан его опытный

образец, что позволяет проектировать пылеулавливающие аппараты для различных отраслей промышленности.

Оптимальным углом установки лопастей завихрителей в вихревой тарелке, обеспечивающей максимальную эффективность пылеулавливания и формирование равномерной аэродинамической нагрузки, соответствует угол наклона лопастей завихрителя 55°.

Определена величина рационального значения плотности орошения для вихревой тарелки которое составляет 0,17 кг/м³.

Установку отбойного диска в вихревой тарелке рационально устанавливать на высоте равной 1,25dз, такое расположение отбойного диска позволяет обеспечить равномерное распределение динамической пены в пылеуловителе, обеспечить эффективную внутреннюю циркуляцию жидкости и минимизировать унос орошающей жидкости.

Минимизация каплеуноса позволяет обеспечить выбор наиболее рациональной конструкции каплеуловителя, что снизит общее сопротивление аппарата, т.е. улучшит его технико-экономические показатели.

Список литературы

1. Ветошкин А. Г. Процессы и аппараты пылеочистки. Учебное пособие/ Ветошкин А. Г. – Пенза : Изд -во Пенз. гос. ун -та, 2005. – 210 с.
2. Спинов В. М. Математическое моделирование пенного слоя в пылеуловителе с вихревой тарелкой / В. М. Спинов // Энергосбережение•Энергетика•Энергоаудит. – 2009. – № 11. – С. 15–20.
3. Афтанюк В. В. Разработка конструкции вихревой тарелки для тепло-массообменных аппаратов/ В. В. Афтанюк, В. М. Спинов // Вісн. Одес. держ. акад. будівництва та архітектури. – Одеса: ОДАБА, 2004. – Вип. № 13. – С. 12–15.
4. Коузов П. А. Единая методика сравнительных испытаний пылеуловителей для очистки вентиляционного воздуха / Коузов П. А. / – Л.: Химия, 1967. – 103 с.
5. Рузинов Л. П. Статистические методы оптимизации химических процессов / Л. П. Рузинов. – М., Химия, 1972, – 199 с.
6. Афтанюк В. В. Моделирование движения газа в вихревой тарелке для пенных аппаратов / В. В. Афтанюк, В. М. Спинов // Вісн. Одес. держ. акад. будівництва та архітектури. – Одеса : ОДАБА, 2004. – Вип. № 16. – С. 10–14.
7. Справочник по пыле- и золоулавливанию / М. И. Биргер, А. Ю. Вальдберг, Б. И. Мягков и др.; под общ. ред. А. А. Русанова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 312 с.

EXPERIMENTAL STUDY OF KINETICS WET SCRUBBER

V. M. SPINOV, assist., V. V. AFTANIUK, Dr. Sci. Tech., Prof.
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odessa

The results of experimental studies of the kinetics of wet scrubber with a vortex plate. Rational technical parameters of the density of irrigation and the purified gas. The efficiency of the vortex plates for dust removal.

Поступила в редакцию 14.01 2011 г.