

4. Черепанова М.В., Лановецкий С.В. Оценка параметров гранулирования пылевидной фракции хлорида калия в присутствии добавки лигносульфоната // Изв.ВУЗов «Химия и химическая технология», 2022.- т.65.-вып. №6.-с.88-96.

5. Дормешкин О.Б. Особенности химических превращений протекающих на стадии гранулирования и сушки комплексных удобрений в присутствии KCl // Минск: Тр.БГТУ, 2016.- №3.- С.54–59.

УДК 536.24

**С.У. Ганиева<sup>1</sup>, А.Э. Левданский<sup>2</sup>, А.М. Нурмухамедов<sup>1</sup>,  
Х.С. Нурмухамедов<sup>1</sup>, Н.Ш. Худойбердиева<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Ташкентский химико-технологический институт

Ташкент, Узбекистан

<sup>2</sup>Белорусский государственный технологический университет  
Минск, Беларусь

## **ОБОБЩЕНИЕ ОПЫТНЫХ ДАННЫХ ПО ГИДРАВЛИЧЕСКОМУ СОПРОТИВЛЕНИЮ ВИХРЕВОГО СКРУББЕРА С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ ВВОДОМ ФАЗ**

**Аннотация.** Статья представляет обзор экспериментальных данных по гидравлическому сопротивлению вихревого скруббера с параллельным вводом фаз при очистке газожидкостных систем от твердой фазы (меловая пыль ~63 мкм). Анализируются задачи мокрой очистки: эффективность разделения, простота и компактность аппаратов, влияние свойств фаз на результаты. Показано влияние высоты входной зоны и центробежной силы на разделение; параллельный ввод через один штуцер экономит водную фазу.

**S.U. Ganiyeva<sup>1</sup>, A.E. Levダンsky<sup>2</sup>, A.M. Nurmukhamedov<sup>1</sup>,  
Kh.S. Nurmukhamedov<sup>1</sup>, N.Sh. Khudoiberdiyeva<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Tashkent Chemical-Technological Institute

Tashkent, Uzbekistan

<sup>2</sup>Belarusian State Technological University  
Minsk, Belarus

## **GENERALIZATION OF EXPERIMENTAL DATA ON THE HYDRAULIC RESISTANCE OF A VORTEX SCRUBBER WITH PARALLEL PHASE INPUT**

**Abstract.** The article presents an overview of experimental data on the hydraulic resistance of a vortex scrubber with parallel phase insertion during the purification of

*gas-liquid systems from the solid phase (chalk dust ~63 microns). The tasks of wet cleaning are analyzed: separation efficiency, simplicity and compactness of devices, the influence of phase properties on the results. The effect of the height of the inlet zone and centrifugal force on separation is shown; parallel insertion through one nozzle saves the water phase.*

Актуальной задачей сегодняшнего дня остается очистка газовых неоднородных систем от твердой её составляющей. Качественная очистка, разделение воздуха и природного газа и других газовых смесей «газ-твердое тело» требует неотложного решения. С энергетической и технологической точки зрения, мокрая очистка газовых смесей, является самой эффективной и несложной, аппараты для осуществления процесса просты и компактны [1].

Общеизвестно, что физико-химические свойства твердой и газовой фазы в смеси, класс и конструкция очистителя основные параметры существенно влияют на степень очистки запыленных газов.

Высота входной зоны вихревого очистителя запыленных газов определяет распределение тангенциальной и осевой составляющих скорости движения потока в аппарате [2].

Коэффициент полезного действия  $\eta$  при очистке запыленных газов во входной зоне аппарата  $h_{bx}$  предложено рассчитывать по зависимости:

$$\eta = 1 - \frac{C_1}{C_0} = 1 - \exp \left[ \frac{-4V_{u.oc} \cdot h_{ex}}{D_e \cdot V_{x.cp}} \right] \quad (1)$$

где  $V_{u.oc}$ - скорость осаждения частиц под действием центробежных сил;  $V_{x.cp} = G_v/F_k$  - средняя скорость неоднородной смеси, м/с;  $D_e$ - эквивалентный диаметр канала, м.

Анализ зависимости показывает, что увеличение высоты  $h_{bx}$  способствует повысить эффективность разделения в вихревых очистителях. Кроме того, центробежная сила дополнительно повышает эффективность очистки запыленных газов.

Большинство исследователей при экспериментах в мокрых циклонах с газовыми неоднородными системами обнаружили, что в поле центробежных сил, происходит турбулизация газожидкостного потока с твердыми частицами и осаждение твердых частиц на поверхности стенки аппарата [1-3]. Данный эффект осаждение твердой фазы под действием центробежных сил на стенке аппарата, подтолкнул ученых к созданию вихревых аппаратов со вторичными струями. Данное явление способствовало разработке аппаратов нового

поколения для очистки газовых неоднородных систем, в частности, вихревых скрубберов со встречно-закрученными потоками [4].

На сегодняшний день спроектировано и находится в эксплуатации различные конструкции прямоточных центробежных и вихревых скрубберов. Созданные вихревые очистители газовых неоднородных систем различают только методу получения центробежной силы и конструктивному оформлению, а также устройством узла разделения фаз. В настоящее время ведутся исследования по движению газовых неоднородных потоков в вихревых скрубберах и разработка математической модели очистки газов от твердой фазы в поле центробежных сил.

Кроме того, усиленно ведутся изыскания по разработке методик для выявления оптимальных геометрических размеров вихревых аппаратов и режимных параметров эксплуатации [5].

Тем не менее, несмотря на высокую эффективность процесса мокрой очистки в вихревых скрубберах с невероятно высоким контактом газовой и жидкой фаз аппараты подобного класса редко применяются во вновь создаваемых технологиях.

Вместе с тем, в научной литературе количество статей, посвященных обсуждаемому направлению крайне малочисленны. В связи с вышеизложенным, экспериментальное исследование гидродинамики, тепло-и массообмена, а также расширение сферы использования контактных аппаратов в различных отраслях экономики является важной задачей специалистов и проектировщиков данной отрасли.

Целью данной работы являлось исследование гидравлического сопротивления процесса очистки воздушной смеси мела в вихревом скруббере.

Лабораторный стенд для исследования гидродинамики мокрого скруббера состоит из цилиндрического корпуса с тангенциальным вводом газовой смеси и жидкой фаз в верхней части аппарата, агрегата подачи воздуха с измерительной диафрагмой для определения расхода газовой фазы. Также перед входом в аппарат контролируется температуры газовой фазы, а также устройства для ввода твердых частиц. Жидкая фаза подается центробежным насосом через ротаметр для измерения расхода. Диаметр корпуса вихревого аппарата 68 мм, высота 1500 мм. Для сбора жидкого шлама с твердыми частицами на выходе из нижней части аппарата установлена емкость объемом 0,1 м<sup>3</sup>. Движение газовой и жидкой фаз в вихревом скруббере организован как параллельный ток и обе фазы движутся сверху вниз. Причем, в поток газовой фазы под углом 30° вводится жидккая фаза с более высокой

скоростью, что позволяет со входом фаз получить турбулизированный поток повышенной турбулентности. Далее газожидкостной поток под воздействием центробежных сил обретает вращательное движение вокруг оси цилиндрического корпуса и устремляется по спирали в нижнюю часть аппарата. Жидкая фаза с твердыми частицами собирается в емкость, а газовая фаза содержащая мелкодисперсные капли жидкости ударяясь об водную поверхность, отводится в атмосферу. В качестве объекта переработки очистки использовали фракцию молотого мела диаметром частиц 63 мкм.

Результаты экспериментальных исследований обработаны в виде функциональной зависимости  $\Delta P=f(w)$  при различных значениях отношения расхода жидкой фазы к газовой  $L/G$  (рис.1).

Причем, обе фазы вводятся параллельно через один тангенциальный установленный штуцер. Как показывает графически представленное гидравлическое сопротивление вихревого потока видно, что с ростом скорости потока  $w$  наблюдается увеличение зависимости  $\Delta P=f(w)$ . При соотношении параметра  $L/G=1:1$  и скорости потока  $w=3$  м/с величина гидравлического сопротивления равна 12,4 Па, при  $w=9$  м/с значение  $\Delta P=71$  Па, при  $w=17$  м/с сопротивление численно равно  $\Delta P=71$  Па и соответственно при скорости потока 23 м/с -  $\Delta P=210$  Па. Аналогичная закономерность сохраняется и для значений  $L/G=1:3, 1:5, 1:7$ , разница только в численных значения гидравлического сопротивления  $\Delta P$ . Влияние параметра  $L/G$  на гидравлическое сопротивление  $\Delta P$  можно рассмотреть на следующем примере:

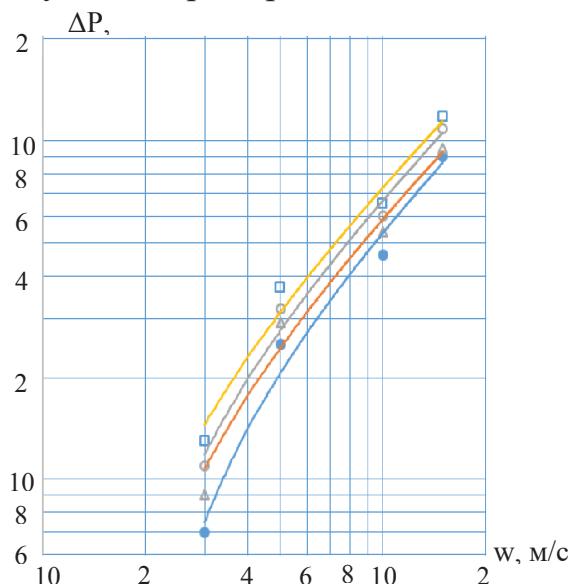


Рис.1 -. Зависимость гидравлического сопротивления вихревого скруббера от скорости газожидкостного потока с частицами

мела  $d_q=63$  мкм при подаче обеих фаз параллельно в один штуцер. ●-  $L/G = 1:1$ ; Δ-  $L/G = 1:3$ ; ○-  $L/G = 1:5$ ; □-  $L/G = 1:7$ .

В условиях неизменной скорости газожидкостного потока  $w=17$  м/с при  $L/G=1:1$  значение гидравлического сопротивления  $\Delta P=170$  Па, при величине  $L/G = 1:3$  сопротивление равно  $\Delta P=179$  Па, при значение  $L/G = 1:5$  соответственно  $\Delta P=180$  Па и, при  $L/G = 1:7$  -  $\Delta P=195$  Па.

Сопоставление полученных данных по гидравлическому сопротивлению  $\Delta P$  с аналогичными данными вихревого скруббера с раздельным вводом газовой и жидкой фаз показал [5], что эффективность конструкции вихревого скруббера с параллельным вводом обеих фаз составляет 2 и более раз.

Обобщением экспериментальных данных по гидравлическому сопротивлению газожидкостного слоя с частицами мела в вихревом скруббере выведена следующая расчетная зависимость:

$$\Delta P = 0,52 \cdot 10^2 \cdot \left( \frac{L}{G} \right)^{-0,08} \cdot \frac{\lambda \rho w^2}{2} \quad (1)$$

Погрешность зависимости (1) в интервале скоростей  $w=1-23$  м/с и  $L/G=(1:1)-(1:7)$  не превышает  $\pm 9,8\%$ .

В заключении необходимо отметить, что вихревой поток можно получить и при довольно-таки высоких соотношениях жидкой фазы к газовой  $L/G$ . При этом эффективность процесса разделения газовых неоднородных систем достаточно высокая. Особо следует подчеркнуть, что ввод обеих фаз параллельно через один штуцер позволяет экономить водный ресурс, что немаловажно для предприятий различных отраслей ЦА региона.

### Список использованных источников

1. Сажин Б.С., Гудим Л.И. Вихревые пылеуловители.- М.:МТИ, 1995. – 244 с.
2. Гудим Л.И. Очистка промышленных газов и воздуха от пыли. - М.: МГТУ им.А.Н.Косыгина, 2010. – 116 с.
3. Татаринов Е.Б. Аэрогидродинамика и пылеулавливание в вихревом аппарате с оросителем в закручивающем устройстве / автореф. дисс... канд. техн.наук, Казань, 2002.–20 с.
4. Ахматов А.А. Интенсификация контактного теплообмена с использованием вихревого гидродинамического эффекта / Дисс...PhD, Бухара, Навоийский ГГТУ, 2023. – 120 с.

5. Pei B., Yang L., Dong K., Jiang Y., Du X., Wang B. The effect of cross-shaped vortex finder in the performance of cyclone separator // Powder Technology, 2017.- v.313. – p.135-144.

УДК 630

**А.А. Смоляков**  
ООО «Агроконнект»  
Минск, Беларусь

## **ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ООО «АГРОКОННЕКТ» ПО РАЗРАБОТКЕ И ВНЕДРЕНИЮ ТЕХНОЛОГИЙ, ПОВЫШАЮЩИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ТРУДА В СЕЛЬСКОМ И ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

***Аннотация.** Повышение производительности труда в аграрном и лесном секторах становится стратегическим приоритетом не только для отдельных регионов, но и для национальной экономики в целом. В этом контексте особую роль играют инновационные компании, внедряющие цифровые решения и интеллектуальные системы управления производственными процессами.*

**A.A. Smolyakov**  
Agrokonnect LLC  
Minsk, Belarus

## **AGROCONNECT LLC'S ACTIVITIES IN THE DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF TECHNOLOGIES THAT INCREASE LABOR PRODUCTIVITY IN AGRICULTURE AND FORESTRY**

***Abstract.** Increasing labor productivity in the agricultural and forestry sectors is becoming a strategic priority not only for individual regions, but also for the national economy as a whole. In this context, innovative companies that implement digital solutions and intelligent production process management systems play a special role.*

В условиях глобальных вызовов — от изменения климата до роста мирового населения — повышение производительности труда в аграрном и лесном секторах становится стратегическим приоритетом не только для отдельных регионов, но и для национальной экономики в целом. В этом контексте особую роль играют инновационные компании, внедряющие цифровые решения и интеллектуальные системы управления производственными