



УДК 532.527
ББК 30.124

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ОЧИСТКИ ГАЗА В УДАРНО-ИНЕРЦИОННОМ АППАРАТЕ

Усманова Регина Равильевна

Кандидат технических наук, доцент кафедры сопротивления материалов
Уфимского государственного авиационного технического университета
usmanovarr@mail.ru
ул. К. Маркса, 12, 450025 г. Уфа, Российская Федерация

Заиков Геннадий Ефремович

Доктор химических наук, профессор,
заведующий отделом биологической и химической физики полимеров
Института биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН
chembio@sky.chph.ras.ru
ул. Косыгина, 4, 119334 г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Разработан новый аппарат ударно-инерционного действия, позволяющий интенсифицировать процесс очистки газов с учетом характеристик улавливаемых компонентов. Предложена инерционная модель оценки эффективности пылеулавливания, учитывающая характеристики улавливаемой пыли (плотность и размер частиц), а также режимные параметры, основным из которых является скорость газа при прохождении через лопасти импеллеров.

Ключевые слова: траектории частиц, лопасти импеллеров, эффективность пылеулавливания, ротоклон, инерционное осаждение.

Введение

Сравнительный анализ основных известных газоочистных аппаратов ударно-инерционного действия показывает, что многие конструкции работают в узком диапазоне изменения скорости газа в контактных каналах и используются в промышленном производстве в основном для очистки газов от крупнодисперсной пыли в системах аспирации вспомогательного оборудования. Известные аппараты весьма чувствительны к изменению газовой нагрузки на контактный канал и уровню жидкости, незначительные отклонения этих

параметров от оптимальных значений приводят к раскачке уровней жидкости у контактных каналов, неустойчивому режиму работы и снижению эффективности пылеулавливания. Из-за низких скоростей газа в контактных каналах такие устройства имеют большие габариты [1, с. 86]. Эти недостатки, а также слабая изученность протекающих в аппаратах процессов, отсутствие надежных методов их расчета затрудняют разработку новых рациональных конструкций мокрых пылеуловителей данного типа и их широкое внедрение в производство. В связи с этим назрела необходимость более детального теоретического и

экспериментального изучения газопромывателей ударно-инерционного действия с целью использования наиболее эффективных и экономичных конструкций в системах очистки промышленных газов.

1. Разработка конструкции ротоклона

Разработана конструкция ротоклона с регулируемыми синусоидальными лопастями, способного решить задачу эффективной сепарации пыли из газового потока. При этом подвод воды к зонам контакта осуществляется в результате ее циркуляции внутри самого аппарата. Ротоклон с регулируемыми синусоидальными лопастями, представленный на рисунке 1, содержит корпус (3) с патрубками для входа (7) и выхода (5) газа, в котором установлены пары лопастей синусоидального профиля. Перемещение верхних лопастей (2) осуществляется с помощью винтовых подъемников (6), нижние лопасти (1) закреплены на оси (8) с возможностью их поворота. Угол поворота нижних лопастей выбирается из условия постоянства скоростей пылегазового потока. Для регулирования угла поворота выходной части нижних лопа-

стей (1) предусмотрены маховики. В нижней части корпуса имеется патрубок для слива шламовой воды (9). Перед патрубком для выхода газа (5) установлен лабиринтный каплеуловитель (4). Ротоклон работает следующим образом. В зависимости от запыленности пылегазового потока верхние лопасти (2) посредством винтовых подъемников (6), а нижние лопасти (1) с помощью маховиков устанавливаются на угол, определяемый режимом работы устройства. Запыленный газ поступает во входной патрубок (7) в верхней части корпуса (3) аппарата. Ударяясь о поверхность жидкости, он меняет свое направление и проходит в щелевой канал, образованный верхними (2) и нижними (1) лопастями. Благодаря высокой скорости движения очищаемый газ захватывает верхний слой жидкости и дробит его в мельчайшие капли и пену с высокоразвитой поверхностью. После последовательного прохождения всех щелевых каналов газ проходит через лабиринтный каплеуловитель (4) и через выходной патрубок (5) удаляется в атмосферу. Уловленная пыль оседает в бункере ротоклона и через патрубок для слива шламовой воды (9) периодически выводится из аппарата [4, с. 2].

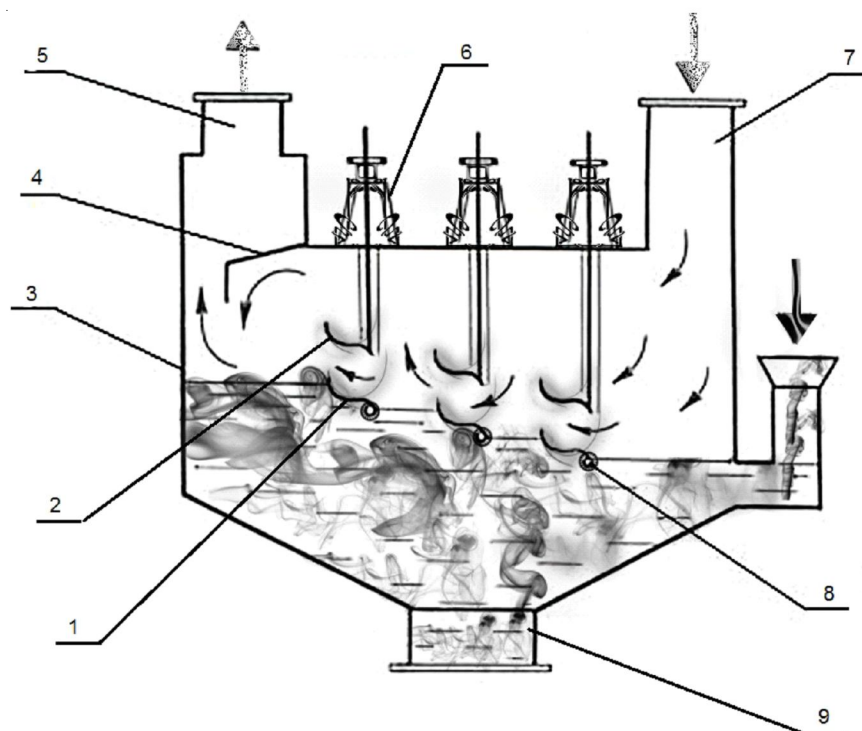


Рис. 1. Общий вид ротоклона

Ротоклон характеризуется наличием трех щелевых каналов, образуемых верхними и нижними лопастями, причем в каждом последующем по ходу газа канале нижняя лопасть устанавливается выше предыдущей. Такое расположение способствует постепенному входу газожидкостного потока в щелевые каналы и снижает тем самым гидравлическое сопротивление устройства. Расположение входной части лопастей на оси с возможностью их поворота позволяет создавать активную зону диффузии. Последовательно расположенные щелевые каналы создают в диффузионной зоне, образованной углом поворота лопастей, гидродинамическую зону интенсивного смачивания частиц пыли. По мере перемещения потока через жидкостную завесу обеспечивается возможность многократного пребывания частиц пыли в гидродинамически активной зоне, что значительно повышает эффективность пылеулавливания и обеспечивает работу устройства в широких диапазонах запыленности газового потока.

Отмеченные особенности конструкции не позволяют корректно использовать имеющиеся решения по гидродинамике газодисперсных потоков для разработанной конструкции. В связи с этим, для обоснованного описания процессов, происходящих в аппарате, возник-

ла необходимость проведения экспериментальных исследований.

1.1. Описание экспериментальной установки и методики проведения эксперимента

Ротоклон представляет собой резервуар с водой, на поверхность которой по патрубку ввода запыленного газа поступает газодисперсная смесь. Над поверхностью воды газ разворачивается, а содержащаяся в газе пыль по инерции проникает в жидкость. Поворот лопаток импеллера производится вручную, относительно друг друга на резьбовом соединении посредством маховиков. Угол наклона лопаток устанавливался в интервале $25\text{--}45^\circ$ к оси. Исследуемый ротоклон имел 3 щелевых канала, скорость газа в которых составляла до 15 м/с (см. рис. 2). При этой скорости ротоклон имел гидравлическое сопротивление 800 Па . Работая в таком режиме, он обеспечивал эффективность улавливания пыли с входной концентрацией $0,5\text{ г/м}^3$ и плотностью 600 кг/м^3 на уровне $96,3\%$ [4, с. 4].

В качестве модельной системы были использованы воздух и порошок талька с размером частиц $d = 2\text{--}30\text{ мкм}$. Корпус аппарата заполнялся водой на уровень $h_{\text{ж}} = 0,175\text{ м}$.

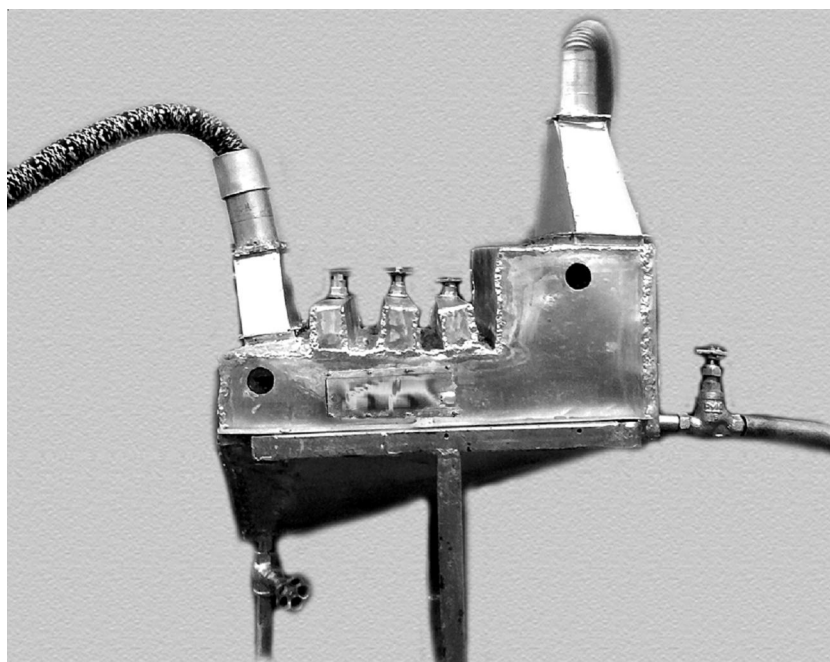


Рис. 2. Экспериментальная установка

Запыленность пылегазовой смеси определялась прямым методом [6, с. 34]. На прямых участках трубопровода до и после аппарата производился отбор проб пылегазовой смеси. После установления соответствующего режима работы аппарата пробы газа отбирались с помощью заборных трубок. Для соблюдения изокINETИЧНОСТИ отбора проб на заборных трубках применялись сменные наконечники различных диаметров. Полное улавливание пыли, содержащейся в отобранной пробе пылегазовой смеси, производилось путем внешней фильтрации просасыванием смеси с помощью оттарированного электроасpirатора ЭА-55 через специальные аналитические фильтры АФА-10, которые вставлялись в фильтрующие патроны. Время отбора фиксировалось по секундомеру, а скорость – ротаметром электроасpirатора ЭА-55.

Расход воды определяется потерями ее на испарение и с удаляемым шламом. Слив воды производится небольшими порциями из бункера, снабженного пневматическим затвором. Небольшое снижение уровня быстро компенсируется доливом через патрубок ввода жидкости. При периодическом сливе сгустившегося шлама расход воды определяется консистенцией шлама и составляет в среднем до 10 г на 1 м³ воздуха, а при постоянном сливе расход не превышает 100–200 г на 1 м³ воздуха. Заполнение ротоклона водой регулировалось с помощью датчика уровня. Поддержание постоянного уровня воды имеет существенное значение, так как его колебания влекут за собой заметное изменение как эффективности, так и производительности устройства.

Схема отбора проб при определении запыленности газа по методу внешней фильтрации показана на рисунке 3.

Отбор проб производили согласно известной методике [6, с. 39]. Запыленный газ отбирают из газохода заборной трубкой (3) и фильтруют через фильтр АФА-10, закрепленный в патроне (4). Очищенный газ из патрона поступает в стеклянную диафрагму (реометр) (9), соединенную с дифференциальным манометром (15) и далее в воздуходукку (13). Непосредственно перед реометром измеряются температура газа (термометром 8) и его разрежение (ртутным манометром 16). На линии от реометра до воздуходувки находится тройник (11), один конец которого соединен с атмосферой отрезком резиновой трубки, снабженной зажимом (14). С помощью этого зажима изменяют подсос воздуха в воздуходукку и этим регулируют скорость отбора газа из газохода. На участке от патрона до реометра устанавливают зажим (5), пользуясь которым можно менять разрежение у реометра. Заборная трубка (3) и патрон (4) имеют электрообогрев за счет подключения к трансформатору (12), имеющему выходное напряжение 12 В. Скорость газа в газоходe измеряется пневмометрической трубкой 6, соединенной с микроманометром (7). Температура и давление (разрежение) газа в газоходe измеряются соответственно термометром (2) и манометром (1). Газопылевую смесь получали путем введения пыли в газоход с помощью шнекового дозатора. Применение дозатора с изменяющейся производительностью дало возможность получать заданную концентрацию пыли на входе в аппарат.

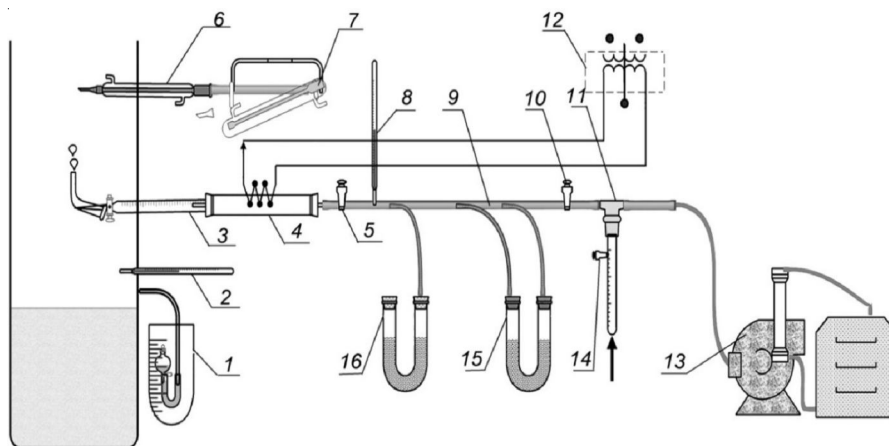


Рис. 3. Экспериментальное определение концентрации пыли

1.2. Анализ результатов эксперимента

В ротоклоне происходит процесс взаимодействия газовой, жидкой и твердой фаз. В результате этого твердые частицы, содержащиеся в газе, переходят в жидкость. Протекающие при этом гидродинамические процессы можно распределить на четыре последовательно проходящие стадии: на входе в лопатки импеллера происходит захват жидкости газовым потоком; интенсивное дробление жидкости газовым потоком с образованием жидкостной завесы; коагуляция дисперсных частиц каплями жидкости; сепарация капель жидкости от газа в лабиринтном каплеуловителе.

При проведении через смотровое окно замедленной съемки можно установить истинную картину течения газа в аппарате. Поток газа движется по траектории наименьшего пути, пытаясь прорваться через жидкость. Стоящие последовательно лопатки импеллера при данных условиях ограничивают распространение воздушной струи, заставляя ее резко изменить свое направление, что способствует процессу сепарации. Благоприятные условия очистки газа от пыли будут достигнуты только в случае эффективного захвата жидкости газовым потоком, в противном случае не будет обеспечено результативного взаимодействия фаз в контактных каналах. Следовательно, захват жидкости газовым потоком при последовательном прохождении лопаток импеллера является одним из важнейших этапов гидродинамического процесса в ротоклоне.

Анализируя полученные результаты по общей эффективности пылеулавливания, следует заметить, что в начальной фазе

работы пылеуловителя для всех используемых в исследованиях пылей получены высокие эффективности пылеулавливания, составляющие от 93,2 % для сажи до 99,8 % для порошка талька. Отличие в общей эффективности улавливания различных типов пыли проявляется из-за их различного фракционного состава на входе в аппарат, а также из-за различной формы частиц, их смачиваемости и плотности. На рисунке 4 показаны результаты исследований по улавливанию различных пылей в ротоклоне. Данные исследования свидетельствуют о высокой эффективности улавливания частиц тонких пылей с их различной смачивающей способностью. Из графика очевидно, что даже для частиц размером менее 1 мкм (которые наиболее трудно улавливаются в любых типах пылеуловителей) КПД установки значительно выше 90 %. Даже для несмачиваемой пыли типа сажи общая эффективность улавливания более 96 %.

Как следует из рисунка 5, зависимость общей эффективности пылеулавливания от скорости газовой смеси и уровня жидкости в аппарате хорошо согласуется с расчетными данными, что подтверждает приемлемость принятых допущений.

Естественно, что и для рассматриваемого аппарата характерно снижение фракционной эффективности улавливания при уменьшении размеров частиц менее 5 мкм, тем не менее, не такое резкое, как для других типов пылеуловителей.

Полученные высокие значения общей эффективности пылеулавливания свидетельствуют о правильном подборе конструктивных и эксплуатационных параметров изучае-

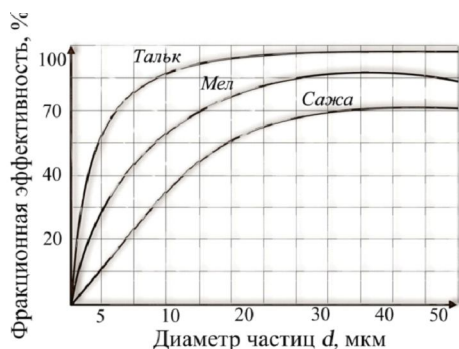


Рис. 4. Фракционная эффективность улавливания частиц различной пыли

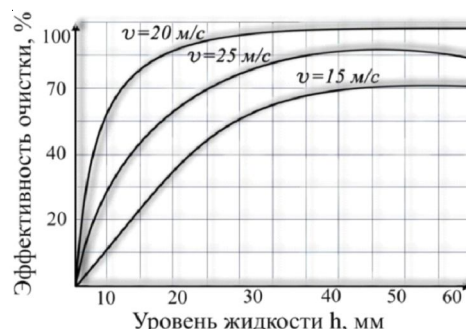


Рис. 5. Зависимость эффективности очистки газа от уровня орошающей жидкости

мого аппарата и указывают на его пригодность для использования в технике мокрого пылеулавливания.

2. Разработка методики расчета

2.1. Расчет эффективности газоочистки

Количественную оценку эффективности захвата в аппаратах ударно-инерционного типа с внутренней циркуляцией жидкости целесообразно проводить с помощью показателя $m = L_{\text{ж}}/L_{\text{г}}$, $\text{м}^3/\text{м}^3$, равного отношению объемов жидкой и газовой фаз в контактных каналах и характеризующего удельное орошение газа в каналах. Очевидно, что величина n в первую очередь будет определяться скоростью газового потока на входе в контактный канал. Следующим важным параметром является уровень жидкости на входе в контактный канал, который может изменять сечение канала и влиять на скорость газа:

$$\frac{\vartheta_{\text{г}}}{S_{\text{г}}} = \frac{\vartheta_{\text{г}}}{bh_{\text{к}} - bh_{\text{ж}}} - \frac{\vartheta_{\text{г}}}{b(h_{\text{к}} - h_{\text{ж}})},$$

где $S_{\text{г}}$ – эффективная площадь контактного канала; b – расстояние между лопатками импеллера; $h_{\text{к}}$ – высота канала; $h_{\text{ж}}$ – уровень жидкости. Таким образом, для определения эффективности захвата жидкости газовым потоком в контактных каналах ротоклона достаточно экспериментальным путем получить следующую зависимость:

$$m = f(\vartheta_{\text{г}} \cdot h_{\text{ж}}).$$

Как было установлено экспериментально, от размера капель жидкости во многом зависит эффективность улавливания частиц

пыли: с уменьшением размера капель эффективность пылеулавливания повышается. Таким образом, данная стадия гидродинамического взаимодействия фаз является весьма важной. Для расчета среднего диаметра капель, образующихся при прохождении лопаток импеллера, получена эмпирическая зависимость:

$$d = \frac{585 \cdot 10^3 \sqrt{\zeta}}{\vartheta_{\text{о}}} + 21.375 \cdot \left(\frac{\mu_{\text{ж}}}{\sqrt{\rho_{\text{ж}} \zeta}} \right)^{0.73} \frac{L_{\text{ж}}}{L_{\text{г}}},$$

где $\vartheta_{\text{о}}$ – относительная скорость газов в канале, $\text{м}/\text{с}$; ζ – коэффициент поверхностного натяжения жидкости, $\text{Н}/\text{м}$; $\rho_{\text{ж}}$ – плотность жидкости, $\text{кг}/\text{м}^3$; $\mu_{\text{ж}}$ – вязкость жидкости, $\text{Па}\cdot\text{с}$; $L_{\text{ж}}$ – объемный расход жидкости, $\text{м}^3/\text{с}$; $L_{\text{г}}$ – объемный расход газа, $\text{м}^3/\text{с}$.

Предложенная формула позволяет производить расчет с учетом физических характеристик фаз и режимных параметров процесса газоочистки.

На рисунке 6 представлены расчетные значения среднего диаметра капель, образующихся при прохождении лопаток импеллера, от скорости газа в контактных каналах и удельного орошения газа. При расчете принимались значения физических свойств воды при температуре $20\text{ }^\circ\text{C}$: $\rho_{\text{ж}} = 998\text{ кг}/\text{м}^3$; $\mu_{\text{ж}} = 1,002 \cdot 10^{-3}\text{ Н}\cdot\text{С}/\text{м}^2$, $\zeta = 72,86 \cdot 10^{-3}\text{ Н}/\text{м}$.

Полученные зависимости свидетельствуют о том, что важнейшими режимными параметрами, от которых зависит средний размер капель в контактных каналах ротоклона, являются скорость газового потока $\vartheta_{\text{о}}$ и удельный расход жидкости на увлажнение газа m . Именно эти параметры определяют гидродинамическую структуру образующегося газожидкостного потока.

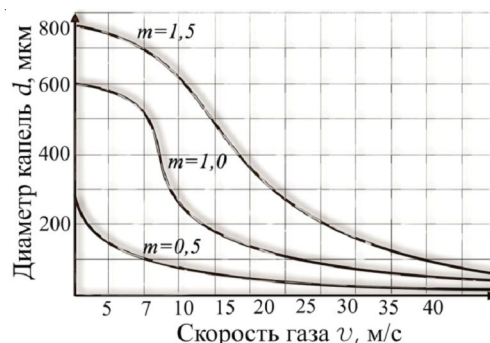


Рис. 6. Расчетная зависимость размера капель от скорости потока и удельного орошения

Степень очистки газовых выбросов в аппаратах ударно-инерционного действия может быть найдена только на основе эмпирических сведений по конкретным конструкциям аппаратов. Методы расчетов, нашедшие применение в практике проектирования, основаны на допущении о возможности линейной аппроксимации зависимости степени очистки от диаметра частиц в вероятностно-логарифмической системе координат. Расчеты по вероятностному методу выполняются по той же схеме, что и для аппаратов сухой очистки газов [6, с. 318].

Ударно-инерционное осаждение частиц пыли происходит при обтекании капель жидкости запыленным потоком, в результате чего частицы, обладающие инерцией, продолжают движение противотоком к газу, достигают поверхности капель и осаждаются на них.

Эффективность ударно-инерционного осаждения η_u рассчитывается как функция от следующего безразмерного критерия:

$$\eta_u = f\left(\frac{m_c \cdot \vartheta_c}{\xi_z \cdot d_0}\right),$$

где m_c – масса осаждаемой частицы; ϑ_c – скорость частицы; ξ – коэффициент сопротивления движения частицы; d_0 – диаметр сечения капли.

Для шарообразных частиц, движение которых подчиняется закону Стокса, этот критерий имеет следующий вид:

$$\frac{m_c \vartheta_c}{\xi_c d_0} = \frac{1}{18} \cdot \frac{d_r^2 \vartheta_c \rho_c C_k}{\mu_c d_0}.$$

Комплекс $d_r^2 \vartheta_c \rho_c C_k / (18 \mu_c d_0)$ является параметром (числом) Стокса

$$\eta_u = f(Stk) = f\left(\frac{d_r^2 \vartheta_c \rho_c C_k}{18 \mu_c d_0}\right).$$

На рисунке 7 можно видеть, что эффективность улавливания частиц пыли в ротоклоне по инерционной модели зависит главным образом от характеристики улавливаемой пыли (размера и плотности улавливаемых частиц) и режимных параметров, важнейшим из которых является скорость газового потока при прохождении через лопасти импеллеров [5, с. 46].

Рассмотренная инерционная модель достаточно полно характеризует физику процесса, протекающего в контактных каналах ротоклона.

2.2. Вывод уравнения движения частиц в ротоклоне

Большой интерес представляет рассмотрение процессов, протекающих в аппаратах ударно-инерционного действия.

Общая картина взаимодействия газового потока с поверхностью жидкости в ударно-инерционных аппаратах приведена на рисунке 8 и может быть описана на основании работ [2, с. 66] и визуальных наблюдений.

В процессе натекания газового потока на поверхность жидкости образуется впадина (воронка) в жидкости, глубина которой зависит от динамического напора газового потока. В диапазоне скоростей газового потока от 3 до 10 м/с глубина впадины незначительна. Волнообразование на поверхности жидкости имеет спокойный характер и затухает на некотором расстоянии от оси натекающего газового потока. При скорости газового потока более 10 м/с волнообразование сопровождается частичным срывом капель жидкости «обратной» струей газового потока. При

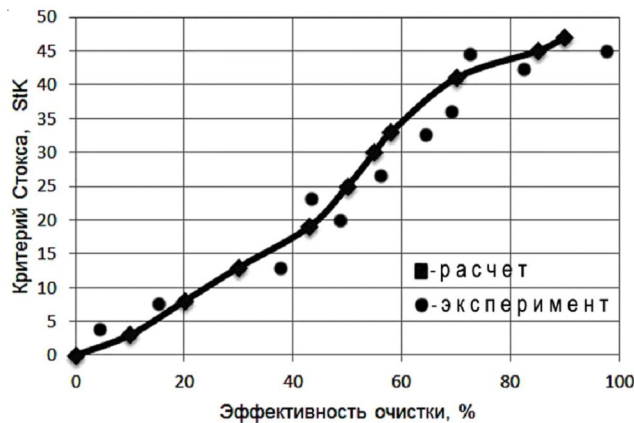


Рис. 7. Зависимость эффективности очистки газа от критерия StK

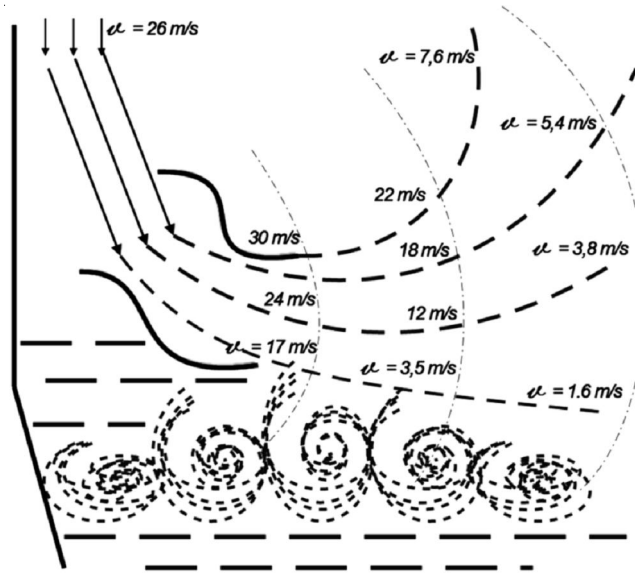


Рис. 8. Линии тока в лопатках импеллера

дальнейшем увеличении скорости газового потока интенсивность каплеобразования возрастает.

Взвешенные частицы, содержащиеся в газовом потоке, взаимодействуют с криволинейной поверхностью жидкости, образующейся под действием динамического напора газового потока, и при определенных условиях осаждаются на поверхности жидкости. Частицы, не уловленные поверхностью жидкости, увлекаются «обратной» струей газового потока и могут двигаться в направлении стенок аппарата. В исследованном ротоклоне с тремя импеллерами достигается более резкое изменение направления движения газового потока за счет установки ряда импеллеров, частично заглубленных в жидкость. Анализ работ [3, с. 60] показывает, что в осаждении частиц на поверхности жидкости определяющую роль играет действие инерционного механизма.

Используя дифференциальное уравнение движения частиц, можно определить траектории их движения в области натекания газового потока на поверхность жидкости. В общем случае уравнение движения частицы в газовом потоке имеет вид:

$$m_r \frac{d\vec{V}_r}{\tau} = \vec{F}, \quad (1)$$

где m_r – масса частицы; \vec{V}_r – вектор абсолютной скорости; \vec{F} – результирующий вектор действующих на частицу сил.

Для области применимости формулы Стокса, то есть для частиц с $d \leq 70$ мкм, уравнение (1) можно записать в виде:

$$\frac{\pi d_r^3}{6} p_r \frac{d\vec{V}_r}{d\tau} = \frac{\pi d_r^3}{6} p_r \vec{g} - 3\pi\mu d_r (\vec{V} - \vec{V}_r), \quad (2)$$

Уравнение (2) удобно привести к безразмерному виду, введя следующие обозначения:

$$V_{r0} = \frac{V_r}{V_\infty}; V_0 = V_0 = \frac{\vec{V}}{V_\infty}; \tau_0 = \tau \frac{V_\infty}{a},$$

тогда

$$\frac{dV_{r0}}{d\tau_0} = \frac{\vec{g}}{g} F_r - \frac{1}{St} (V_0 - V_{r0}), \quad (3)$$

где $F_r = \frac{ga}{V_\infty^2}$ – критерий Фруда.

$$St = \frac{d_r^2 p_r V_\infty}{18\mu a} \text{ – критерий Стокса.}$$

Используя соотношения:

$$V_{r0x} = \frac{dx}{d\tau_0}; V_{r0y} = \frac{dY}{d\tau_0} = \frac{d^2x}{d\tau_0^2}; \frac{dV_{r0y}}{d\tau_0} = \frac{d^2Y}{d\tau_0^2},$$

можно получить систему дифференциальных уравнений в координатах X и Y , определяющих траектории частиц:

$$\begin{aligned} \frac{d^2x}{d\tau_0^2} &= -F_r - \frac{1}{St} (V_{0x} - \frac{dx}{d\tau_0}), \\ \frac{d^2y}{d\tau_0^2} &= -\frac{1}{St} (V_{0y} - \frac{dy}{d\tau_0}). \end{aligned} \quad (4)$$

Расчеты по уравнениям (2–4) позволяют определить размеры частиц, которые могут быть осаждены на поверхности жидкости, а также построить критические траектории частиц, представленные на рисунке 9.

Аналогичным методом может быть выполнен расчет траекторий частиц для надстосовской области силы сопротивления газообразной среды движению частиц.

Приведенные зависимости относятся к случаям, когда зазор между выходным сечением лопаток импеллера и поверхностью жидкости практически равен нулю. При таких условиях наряду с осаждением твердых частиц происходит довольно интенсивное генерирование жидкости с ее поверхности, которая затем сепарируется из газового потока с помощью специальных устройств.

На основании проведенных лабораторных исследований эффективности пылеулавливания в аппарате ударно-инерционного типа можно сформулировать следующие выводы.

Выводы

1. Разработана новая конструкция ротоклона, позволяющего решить задачу эффективной сепарации пыли из газового потока. В представленном аппарате подвод воды к зонам контакта осуществляется в ре-

зультате ее циркуляции внутри самого устройства.

2. Экспериментально показано, что захват жидкости газовым потоком при последовательном прохождении лопаток импеллера является одной из определяющих стадий гидродинамического процесса в ротоклоне.

3. Теоретически получены и подтверждены экспериментальными данными значения эффективности ударно-инерционного осаждения дисперсных частиц в ротоклоне. Полученные расчетные соотношения, позволяют оценить вклад как характеристик улавливаемой пыли (размера и плотности улавливаемых частиц), так и режимных параметров, важнейшим из которых является скорость газового потока при прохождении через лопатки импеллеров.

4. Получены зависимости, связывающие координаты точек на поверхности осаждения со скоростями потока. Расчеты по разработанной модели позволяют определить размеры частиц, которые могут быть осаждены на поверхности жидкости, а также построить критические траектории частиц.

Сформулированные выводы актуальны для мокрых пылеуловителей интенсивного действия, в которых основным механизмом выделения частиц является механизм инерционного пылеотделения.

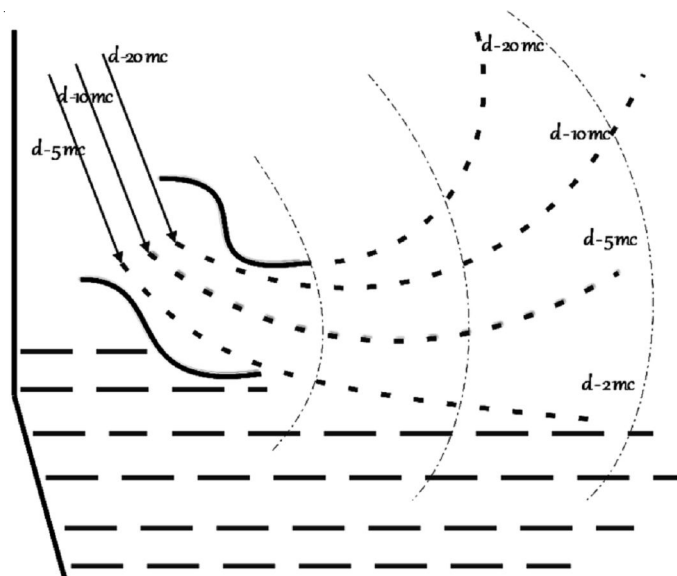


Рис. 9. Траектории частиц пыли

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алиев, Г. М.-А. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов / Алиев Г. М.-А. – М. : Metallurgiya, 1986. – 544 с.
2. Кутателадзе, С. С. Гидродинамика газожидкостных систем / С.С. Кутателадзе, М. А. Стырикович. – М. : Энергия, 1976. – 296 с.
3. Мильштейн, Л. М. Нефтегазопромысловая сепарационная техника / Л. М. Мильштейн, С. И. Бойко, Е. П. Запорожец. – М. : Недра, 1991. – 236 с.
4. Пат. 2317845 Российская Федерация. Ротоклон с регулируемыми синусоидальными лопастями / Усманова Р. Р., Жернаков В. С., Панов А. К. – Опубл. 27.02.2008, Бюл. № 6.
5. Усманова, Р. Р. Моделирование и оптимизация конструктивных параметров газопромывателя / Р. Р. Усманова, Г. Е. Заиков // Энциклопедия инженера-химика. – 2013. – № 6. – С. 45–50.
6. Швыдкий, В. С. Очистка газов / В. С. Швыдкий. – М. : Теплоэнергетик, 2002. – 640 с.
7. Bakhracheva, Ju. S. Fracture toughness prediction by means of indentation test / Ju. S. Bakhracheva // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – 2013. – Vol. 9, № 3. – С. 21–24.

REFERENCES

1. Aliev G.M.-A. *Tekhnika pyleulavlivaniya i ochistki promyshlennykh gazov* [The Technology of

- Dust Collection and Industrial Gases Clearing]. Moscow, Metallurgiya Publ., 1986. 544 p.
2. Kutateladze S.S., Styrikovich M.A. *Gidrodinamika gazozhidkostnykh system* [The Hydrodynamics of Gas-Liquid Systems]. Moscow, Energiya Publ., 1976. 296 p.
3. Milshteyn L.M., Boyko S.I., Zaporozhets E.P. *Neftegazopromyslovaya separatsionnaya tekhnika* [Petroleum Field Separational Technology]. Moscow, Nedra Publ., 1991. 236 p.
4. Pat. 2317845 Rossiyskaya Federatsiya. *Rotoklon s reguliruemymi sinusoidalnymi lopastyami* [Patent 2317845 Russian Federation. Rotoklon with Regulated Sinusoidal Blades]. Usmanova R.R., Zhernakov V.S., Panov A.K. Opubl. 27.02.2008. Byul. no. 6.
5. Usmanova R.R., Zaikov G.E. Modelirovanie i optimizatsiya konstruktivnykh parametrov gazopromyvatelya [Modeling and Optimization of the Constructive Characteristics of Gas Washer]. *Entsiklopediya inzhenera-khimika*, 2013, no. 6, pp. 45-50.
6. Shvydkiy V.S. *Ochistka gazov* [Gases Clearing]. Moscow, Teploenergetik Publ., 2002. 640 p.
7. Bakhracheva Yu.S. Fracture Toughness Prediction by Means of Indentation Test. *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*, 2013, Vol. 9, no. 3, pp. 21-24.

**THE INTENSIFICATIONS
OF GAS CLEARING IN THE SHOCK AND INERTIAL APPARATUS**

Usmanova Regina Ravilyevna

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Department of Materials Resistance,
Ufa State Aviation Technical University,
usmanovarr@mail.ru
K. Marksa St., 12, 450025 Ufa, Russian Federation

Zaikov Gennadiy Efremovich

Doctor of Chemical Sciences, Professor,
Head of the Department of Biochemical Physics of Polymers,
N. M. Emanuel Institute of Biochemical Physics of RAS
chembio@sky.chph.ras.ru
Kosygina St., 4, 119334 Moscow, Russian Federation

Abstract. The new apparatus of shock and inertial action, which allows to intensify gas clearing process taking into account characteristics of absorbed components, was developed. The authors suggest the model of estimating the dust clearing efficiency, considering the characteristics of absorbed dust (the density and size of particles), and also the operating conditions, the basic one of which is gas speed at passage through the blades of impellers.

The calculations on the developed model allow building the critical particle paths, precipitated on liquid surface. The conclusions are relevant to studying the intense action of wet dust collectors, which is the main mechanism of particles allocation.

Key words: paths of particles, impeller's blades, dust collection efficiency, rotoklon, inertial deposition.