

*к.т.н., доц. Пупков В.С.,  
(ДонДТУ, г. Алчевск, Украина)*

## **РЕГЕНЕРАЦИЯ СЕТЧАТОГО ФИЛЬТРОЭЛЕМЕНТА ИМПУЛЬСАМИ ПОВЫШЕННОГО ДАВЛЕНИЯ**

*Запропоновані розрахункові залежності для моделювання імпульсної інтенсифікації протитечійної регенерації сітчастих фільтрів. Визначені параметри імпульсів тиску достатніх для повного видалення забруднень з осередків сітчастого фільтроелемента. Показано, що у вирішальній мірі, ефективність імпульсної інтенсифікації визначається крутизною фронту імпульсу тиску.*

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** Сетчатые фильтры обладая, в целом такими преимуществами, как гарантированная тонкость очистки и малые массогабаритные показатели, имеют один существенный недостаток – незначительную грязеемкость. Поэтому в их конструкциях используют различные механизмы саморегенерации сетчатого фильтроэлемента [1]. В гидравлических линиях, имеющих значительные колебания расхода жидкости, широкое распространение получила противоточная регенерация, основанная на удалении задержанных перегородкой частиц обратным потоком жидкости. Но опыт эксплуатации фильтров такой конструкции показал, что полное восстановление фильтровальных свойств достигается только в редких случаях [2].

**Анализ исследований и публикаций.** Повышению эффективности противоточной регенерации способствует локализация участков промываемой поверхности [2]. Большие перспективы имеет способ интенсификации противоточной регенерации с использованием импульсов повышенного давления [3]. Известны решения, где создания импульсов основано на использовании энергии сжатого воздуха [4] и применении электрогидравлического эффекта [5]. Общим недостатком вышеприведенных работ следует отнести слабую теоретическую обоснованность данных методов. Для эффективного их применения требуется уметь определять параметры импульса повышенного давления достаточные для удаления частицы загрязнителя из ячейки сетки.

**Постановка задачи.** Целью данной работы является определение основных параметров, которыми определяется работоспособность им-

пульсного способа интенсификации. А именно – амплитуды и времени нарастания импульса повышенного давления.

**Изложение материала и его результаты.** Поскольку наибольшие трудности при регенерации создают частицы соизмеримые с размером ячейки сетки [6] а силы, которые удерживают частицу, обусловлены совместными упругими деформациями системы частица – проволоки сетки [7], можно составить следующую расчетную схему для моделирования выхода частицы из ячейки сетки (рис.1).

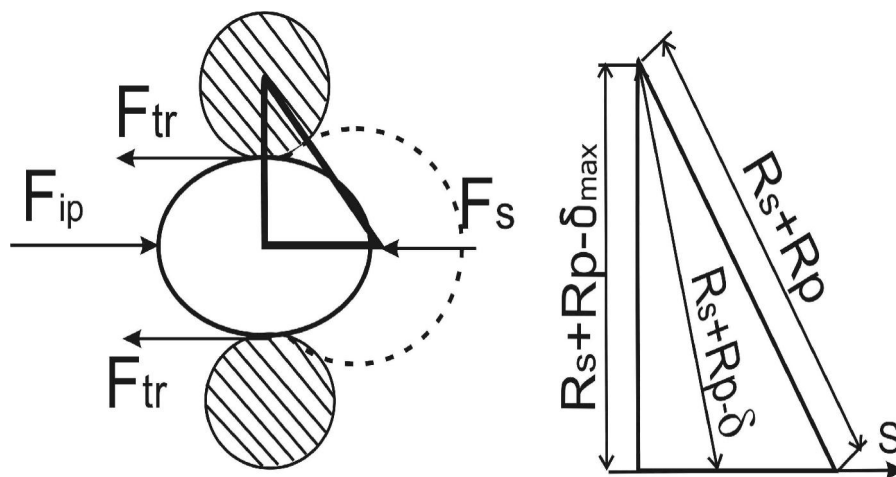


Рисунок 1 – Расчетная схема очистки сетки.  $R_s$  – радиус проволоки сетки;  $\delta_{\max}, \delta$  – величина совместной контактной упругой деформации системы «частица–проволока сетки» начальная и текущая, соответственно

При составлении расчетной модели приняты следующие допущения:

– на частицу действует результирующая сила импульса давления  $F_{ip}$ , сила трения  $F_{tr}$  и сила сопротивления движению  $F_s$ , состоящая из силы лобового сопротивления  $F_{ls}$  и силы, обусловленной эффектом присоединенной массы  $F_{pr}$ ;

– частица удерживается в ячейке сетки силами трения, обусловленными упругими контактными деформациями;

– частица в начальный момент времени зажата в ячейке по миделевому сечению.

При этих условиях уравнение движения твердой сферической частицы радиусом  $R_p$  и плотностью  $\rho_p$  описывается следующим дифференциальным уравнением:

$$\rho_p \frac{4\pi R_p^3}{3} \frac{d^2 s}{dt^2} = F_{ip} - F_{tr} - \rho \frac{2\pi R_p^3}{3} \left( \frac{d^2 s}{dt^2} \right) - \frac{33}{4} \pi R_p \rho \nu \frac{ds}{dt}, \quad (1)$$

где  $\frac{ds}{dt}$  – скорость центра масс частицы;  $\nu$  – кинематическая вяз-

кость жидкости;  $\rho$  – плотность жидкости.

Последние два слагаемых в правой части уравнения (1) представляют собой силу, связанную с эффектом присоединённой массы и силу лобового сопротивления. Сила тяжести, для условий рассматриваемой задачи, пренебрежимо мала и не учитывается.

Сила трения  $F_{tr}$  определяется следующим образом [7]:

$$F_{tr} = fK_g \delta^{1.5},$$

где  $f$  – коэффициент трения (взят с учетом того, что коэффициент трения покоя для рассмотренных материалов в 1,46 раза больше коэффициента трения движения [8];  $\delta$  – величина текущей деформации системы «частица–проволока сетки»;  $K_g$  – приведенная жесткость этой системы [7].

Для связи между путем, пройденным частицей, и величиной текущей деформации системы «частица–проволока сетки» используем следующую зависимость, полученную из геометрических соображений (рис. 1):

$$\delta = R_p + R_s - \sqrt{(R_p + R_s - \delta_{\max})^2 + s^2},$$

где  $\delta_{\max}$  – начальная деформация системы «частица – проволока сетки», которая возникла в результате процесса засорения;  $s$  – путь, пройденный частицей в направлении выхода из ячейки сетки.

Результирующую силу импульса давления будем определять по следующей зависимости [9]:

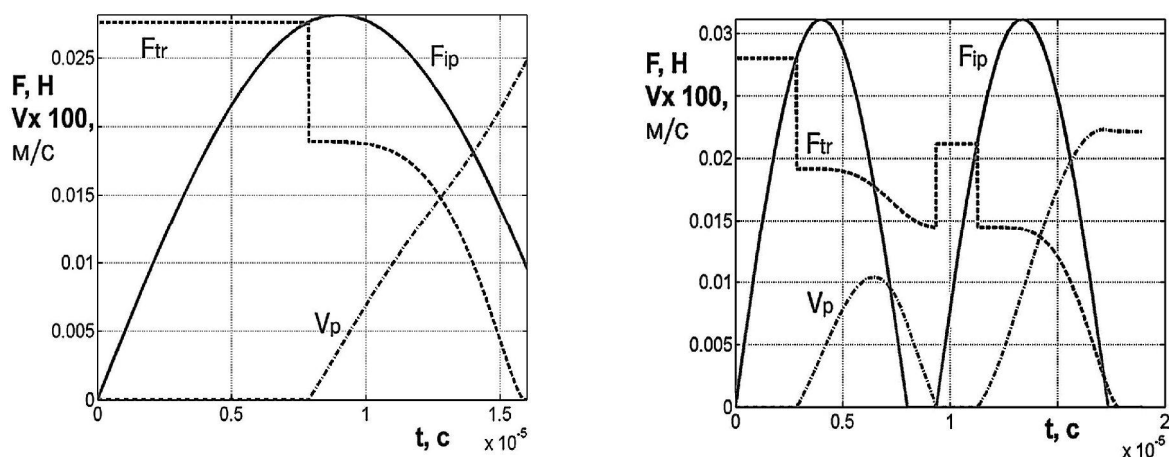
$$F_{ip} = (2R_p)^2 \cdot p_a \cdot \left[ \alpha \left( \frac{\tau \cdot c}{2R_p} \right)^\beta + \gamma \right] \cdot \sin\left(\frac{\pi}{\tau} t\right), \quad (2)$$

где  $c$  – скорость звука в жидкости;  $p_a$  – амплитудное значение импульса давления;  $\tau$  – время нарастания импульса давления;  $\alpha, \beta, \gamma$  – коэффициенты зависящие от параметров сетки.

С учетом данных, полученных в работе [9], для сеток с соотношением  $R_p/R_s = 1.5$  коэффициенты, входящие в уравнение (2), имеют следующие значения:  $\alpha = 5,426$ ;  $\beta = -0,974$ ;  $\gamma = -0,000567$ .

Подставляя, полученную зависимость для определения  $F_{ip}$  в уравнение (1), получаем возможность промоделировать процесс движения частицы загрязнителя при воздействии на нее импульса давления.

Результаты двух характерных расчетов, для различных импульсов давления, представлены на рис. 2. В обоих расчетах была принята латунная сетка №300 с размером ячейки  $\Delta_s = 0.3$  мм, материал частиц уголь, размер частиц  $d_p \approx 0.3$  мм, загрязнения сформированы при максимальном перепаде давления на сетке  $\Delta p_{max} = 30$  кПа.



а)  $p_a = 4,2$  МПа и  $\tau = 18$  мкс

б)  $p_a = 2$  МПа и  $\tau = 8$  мкс

Рисунок 2 – Результаты моделирования процесса выхода частицы загрязнителя из ячейки сетки.

Анализ графиков показывает, что движение частицы начинается в момент, когда сила давления на частицу превысит величину силы трения. Ступенчатое изменение силы трения вызвано различием величин коэффициента трения покоя и скольжения. Следует отметить, что использование импульсов, с малым временем нарастания  $\tau$ , позволяет обеспечить требуемое усилие при меньших амплитудах давления, одна-

ко при импульсах со временем нарастания  $\tau < 15$  мкс одного импульса, для полного выхода частицы, может быть недостаточно (рис. 2 б).

**Выводы и направления дальнейших исследований.** Таким образом, исследовано влияние амплитуды и продолжительности импульса повышенного давления на динамику частицы загрязнителя в режиме интенсификации противоточной регенерации. Расчетом показано, что влиянием силы лобового сопротивления в данной задаче допустимо пренебрегать. Приведены примеры расчета, подтверждающие работоспособность метода импульсной интенсификации противоточной регенерации сетки. Показано, что эффективность импульсной интенсификации в решающей степени определяется крутизной фронта импульса повышенного давления.

*Предложены расчетные зависимости для моделирования импульсной интенсификации противоточной регенерации сетчатых фильтров. Определены параметры импульсов давления достаточных для полного удаления загрязнений из ячеек сетчатого фильтроэлемента. Показано, что в решающей мере, эффективность импульсной интенсификации определяется крутизной фронта импульса давления.*

*Calculation dependences are offered for the design of impulsive intensification of regeneration of the reticulated filters. The parameters of impulses of pressure of sufficient for a complete delete contaminations are certain from the cells of net of filter. It is rotined that in a decision measure, efficiency of impulsive intensification is determined the steepness of wavefront pressure.*

#### **Библиографический список.**

1. Горшков В.А. Очистка и использование сточных вод предприятий угольной промышленности. – М.: Недра, 1981. – 269с.
2. Мочалин Е.В., Петренко А.В., Кривошея П.Н. Моделирование режима обратной промывки самоочищающегося фильтра// Вестник НТУ «ХПИ», 2001. – Вып. 129. – С.161-168.
3. Берестюк Г.И. Регенерация фильтров для разделения суспензий. – М.: Химия, 1978. – 96с.
4. Способ регенерации напорных фильтров АС СССР № 1063439А
5. Юткин Л.А. Электродравлический эффект. –Л.: Машиностроение, 1986. –253 с.
6. Пушков В.С., Иванова Е.О. Анализ остаточных загрязнений сетчатых фильтров // Сб. научн. тр. ДГМИ (ДонГТУ) Вып. 19 – Алчевск: ДонГТУ, 2005. – С. 302–308.

7. Пупков В.С. Влияние кинетической энергии частиц на процесс загрязнения сетчатого фильтроэлемента // Сборник ИГТМ НАН Украины Геотехническая механика Вып. № 50, с.212-218.

8. Куприн А.И. Безнапорный гидротранспорт. – М.: Недра, 1980. – 244с.

9. Пупков В.С., Кулик В.А., Серода И.Н. Силовое воздействие импульса повышенного давления на частицу загрязнителя: Сб. науч. тр./ Алчевск: ДГМИ(ДонГТУ), 2005. – Вып. 20. – С. 305–314.