

## **ВЛИЯНИЕ НАЛИЧИЯ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ЧАСТИЦ НА ПРОЦЕСС ЗАГРЯЗНЕНИЯ СЕТЧАТОГО ФИЛЬТРОЭЛЕМЕНТА**

Запропоновано модель пружної взаємодії проволокон фільтруючої сітки та частинки забруднювача. Проведено порівняльний аналіз основних факторів, що впливають на процес закупорки чарунок сітки.

## **THE INFLUENCE OF PARTICLE'S KINETIC ENERGY PRESENCE ON THE GAUZE FILTERING ELEMENT'S SOILING**

The model of elastic interaction between filtering grate's wire and impurity particle is proposed. Comparative analysis of main factors, having action upon screen opening plugging process, is made.

Сетчатые фильтры с противоточной саморегенерацией, являются наиболее перспективными системами очистки для гидравлических линий со значительными колебаниями расхода. Условием их долговременной работы, является полное восстановление свойств фильтрующей перегородки, что не всегда достижимо только обратным потоком жидкости. Поэтому на практике применяют различные способы интенсификации процесса регенерации. Несмотря на широкое конструктивное разнообразие, основным действующим фактором, который интенсифицирует процесс обратной промывки, является воздействие на частицы загрязнителя, закупорившие поры, импульсом повышенного давления, что приводит к их отрыву и последующему удалению потоком промывочной жидкости [1]. Четких рекомендаций по определению достаточной величины промывочного давления в существующей литературе нет, поэтому получение расчетных зависимостей для определения величины прикладываемого давления является условием создания эффективных устройств регенерации.

При проектировании таких устройств обычно считают, что для очистки ячеек сетки достаточно приложить противодействие немногим большее, чем максимальный перепад давления, при котором происходил процесс фильтрования и для практического использования рекомендуют проводить регенерацию при давлении в 1,5-2 раза большем давления фильтрования [2, 3].

Существенный недостаток такого подхода в том, что из факторов, которые вызывают закупорку ячеек сетки частицами, рассматриваются только силы давления, и нет учета того, что частицы загрязнителя на подходе к сетке имеют запас кинетической энергии, которая при торможении перейдет в силовое воздействие.

Цель данной публикации – оценить степень влияния кинетической энергии частицы, на процесс засорения сетки, сравнив вклад этого фактора с воздействием перепада давления при фильтровании.

Для оценки каждого из названных факторов составим следующую модель загрязнения фильтроэлемента (рис. 1).

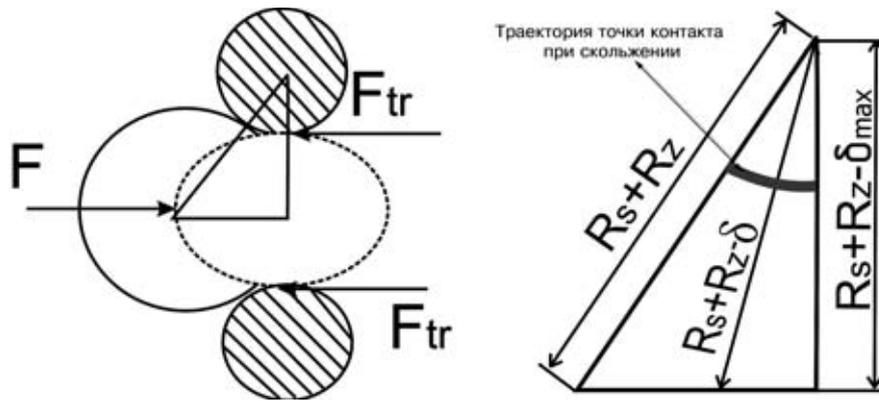


Рис. 1 – Расчетная схема загрязнения сетки.

При составлении расчетной модели примем следующие допущения:

1. На частицу действуют следующие силы: сила, вызывающая засорение частицы  $F$ , и сила трения  $F_{tr}$ . Влиянием остальных сил пренебрегаем.
2. Сила трения, удерживающая частицу загрязнителя в ячейках сетки, обусловлена упругими контактными деформациями.
3. Окончательно частица зажата в ячейке по наибольшему сечению.

Сила трения  $F_{tr}$ , удерживающая частицу в ячейке стеки, определяется следующим образом

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

где  $f$  – коэффициент трения взятый с учетом того, что коэффициент трения покоя приблизительно в 1,46 раза больше коэффициента трения скольжения;  $\delta$  – величина текущей деформации системы частица-провода сетки [4].

Приведенная жесткость этой системы равна

$$K_g = \left[ \frac{2}{n^3 \sqrt{\frac{9}{2}} \eta^2 (A + B)} \right]^{1.5}.$$

Геометрические константы  $A$  и  $B$ , упругая постоянная  $\eta$  и коэффициент взаимодействия  $n$  определяем так [5]:

$$A = \frac{1}{2R_z},$$

$$B = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{R_z} + \frac{1}{R_s} \right),$$

$$\eta = \frac{1 - \nu_z^2}{E_z} + \frac{1 - \nu_s^2}{E_s},$$

$$n = K(e) \sqrt[3]{\frac{4}{\pi^2} \frac{1}{\left(1 + \frac{B}{A}\right) \frac{1}{D(e)}}},$$

$$D(e) = \frac{1}{e^2} (K(e) - L(e)),$$

где  $R_s$  – радиус проволок сетки;  $E_z$ ,  $E_s$  и  $\nu_z$ ,  $\nu_s$  – модули упругости и коэффициенты Пуассона для материалов частицы и проволоки соответственно;  $K(e)$ ,  $L(e)$  – эллиптические интегралы первого и второго рода взятые по эксцентриситету контурного эллипса площадки контакта  $e$ , который определяется путем решения трансцендентного уравнения

$$\frac{A}{B} = (1 - e^2) \frac{D(e)}{K(e) - D(e)}.$$

Для определения деформации, вызванной силой давления, можно воспользоваться формулой:

$$\delta_{\Delta P} = \left[ \frac{\Delta p \cdot \omega}{f \cdot K_g} \right]^{\frac{2}{3}}, \quad (1)$$

где  $\omega$  – миделево сечение частицы;  $\Delta p$  – перепад давления на фильтровальной перегородке.

Для выяснения того, какая деформация будет вызвана торможением частицы, запишем уравнение баланса энергии. При этом принимаем, что кинетическая энергия частиц затрачивается на работу сил трения  $\sum A_{tr}$  и повышение запаса упругой энергии  $\Delta U$

$$E_k = \frac{m \cdot V_z^2}{2} = \sum A_{tr} + \Delta U_{up}, \quad (2)$$

определение которых, производится по следующим расчетным зависимостям:

$$\sum A_{tr} = \int_0^{\delta_V} f \cdot K_g \delta^{\frac{3}{2}} \frac{ds}{d\delta} d\delta, \quad (3)$$

$$\frac{ds}{d\delta} = \frac{R_z}{R_z + R_s} \frac{R_z + R_s - \delta}{\sqrt{2(R_z + R_s)(\delta_V - \delta) + (\delta_V^2 - \delta^2)}}, \quad (4)$$

$$\Delta U_{up} = K_g \delta_V^{\frac{5}{2}}, \quad (5)$$

где  $m$  – масса частицы,  $V_z$  – скорость частицы в момент касания сетки, принимаемая равной скорости жидкости в ячейке сетки  $V_z = V_s$ .

Подставив уравнения (3)-(5) в (2), получаем зависимость для определения деформации, вызванной наличием кинетической энергии.

Сравнение величин деформаций, вызванных каждым из рассматриваемых факторов, удобно вести в зависимости от коэффициента загрязнения сетки  $K_Z$ , показывающего степень загрязнения фильтровального элемента. Для определения перепада давления на фильтроэлементе  $\Delta P$  и скорости в ячейках сетки  $V_s$  в зависимости от коэффициента загрязнения  $K_Z$  воспользуемся формульными зависимостями, приведенными в работе [6], так как они с достаточной степенью точности позволяют моделировать процесс засорения сетчатого фильтра [7]:

$$\Delta P = \xi_c \cdot \frac{\rho}{2} \left( \frac{V}{a_c(1 - \beta K_Z)} \right)^2, \quad (6)$$

$$V_s = \frac{V}{a_c(1 - \beta K_Z)}, \quad (7)$$

где  $V$  – скорость жидкости на подходе к сетке;  $\beta$  – коэффициент, учитывающий сжимаемость осадка;  $a_c$  – коэффициент живого сечения сетки;  $\xi_c$  – коэффициент сопротивления определяемый следующим образом:

$$\xi_c = \frac{2,38}{\sqrt[3]{\text{Re}}},$$

$$\text{Re} = \frac{V(c + d)}{2 \cdot \pi \cdot \nu \cdot (1 - \beta K_Z)},$$

где  $c$  – размер ячейки сетки;  $d$  – диаметр проволоки;  $\nu$  – кинематическая вязкость жидкости.

На рис. 2 приведены графические зависимости изменения  $\Delta P$  и  $V_s$ . Расчет произведен для следующих данных: сетка №150 и  $V = 0,1$  м/с.

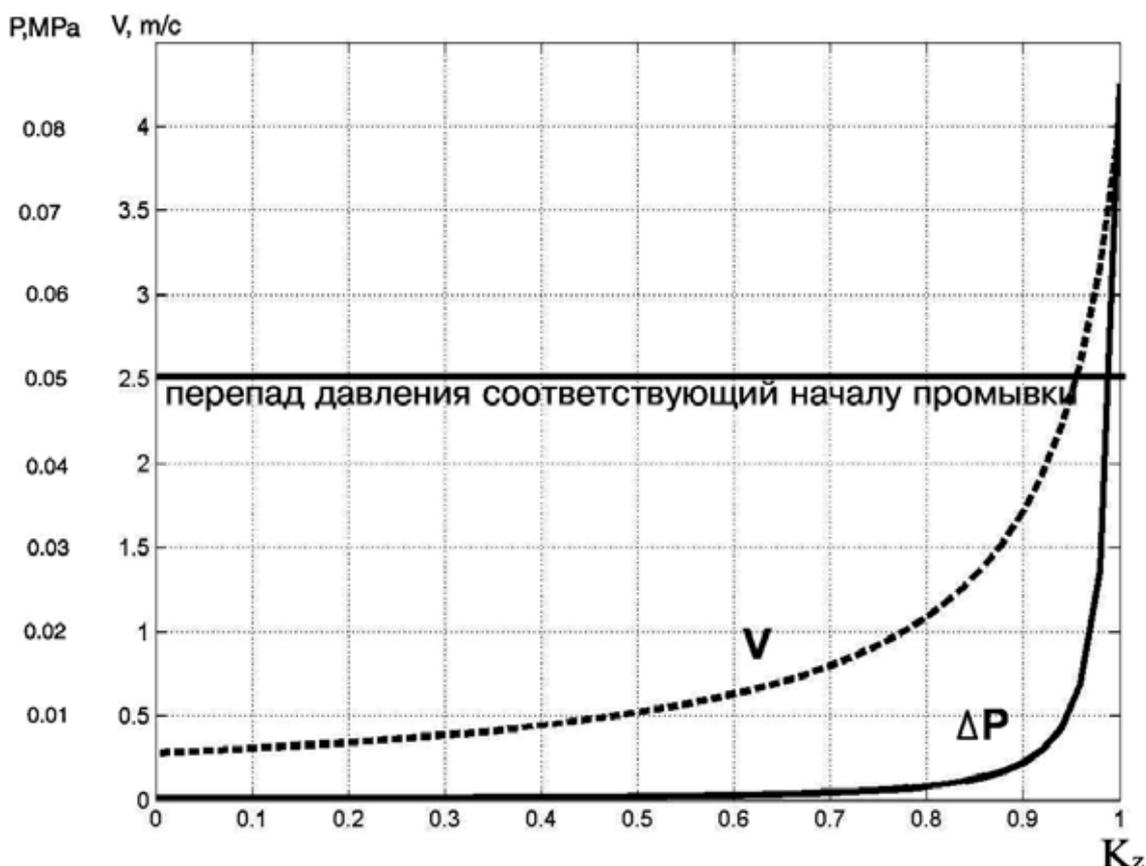


Рис. 2 – Зависимость перепада давления  $\Delta P$  на фильтроэлементе и скорости в ячейках сетки  $V_S$  от коэффициента загрязнения  $K_z$ .

Таким образом, подставив в уравнение (1) уравнение (6), а в уравнение (2) – (7) мы получаем возможность сравнить воздействие основных действующих факторов по величине суммарной контактной деформации системы частица-проволока сетки, которую обеспечивает каждый из факторов по отдельности.

Результаты расчетов для различных сеток представлены в виде графиков на рис. 3-5. По оси абсцисс отложен коэффициент загрязнения. Для всех расчетов в качестве материала частиц загрязнителя принят песчаник. Графики, изображенные сплошной линией, соответствуют деформациям, вызванным наличием у частицы  $E_k - \delta_V$ , пунктирными линиями показаны деформации от воздействия перепада давления –  $\delta_{\Delta P}$ .

Таким образом, получена достаточно подробная расчетная модель, позволяющая исследовать влияние различных силовых факторов на процесс загрязнения частицей ячейки сетки. Показано, что для всех рассмотренных сеток основным действующим фактором процесса засорения является кинетическая энергия частицы. Предложен параметр, который можно использовать при определении величины давления, достаточного для эффективной регенерации сетки, а именно, величина максимальной контактной деформации системы частица-проволока фильтрующей сетки.

Дальнейшие исследования в данном направлении требуют эксперименталь-

ной проверки полученных данных и выработки на основе их четких рекомендаций по определению величины импульсов повышенного давления.

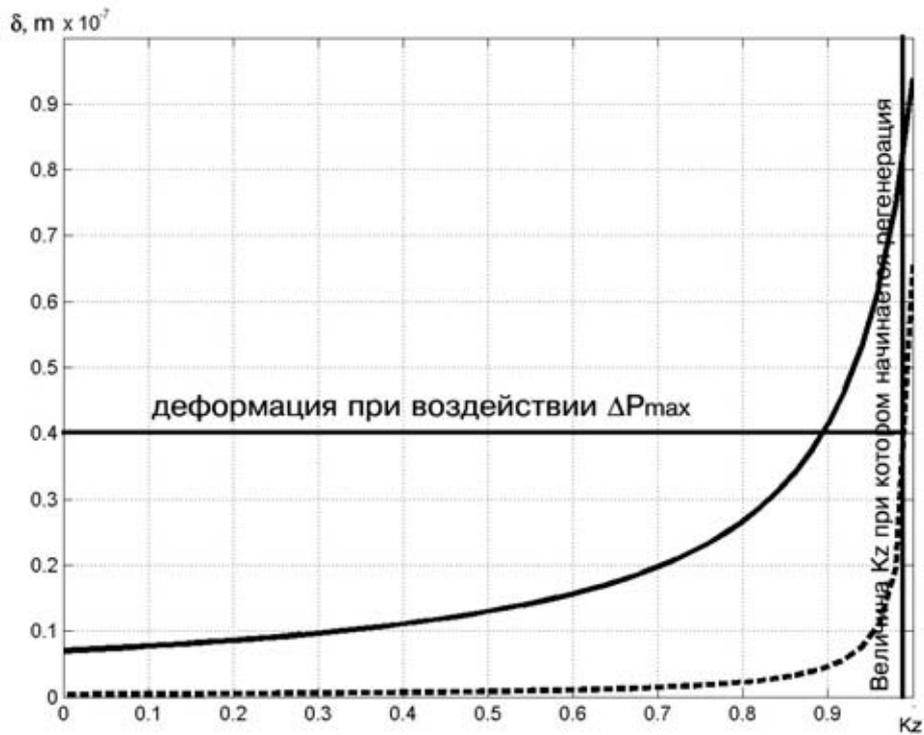


Рис. 3 – Сравнение величин контактных деформаций, соответствующих различным степеням загрязнения фильтроэлемента, для сетки № 040.

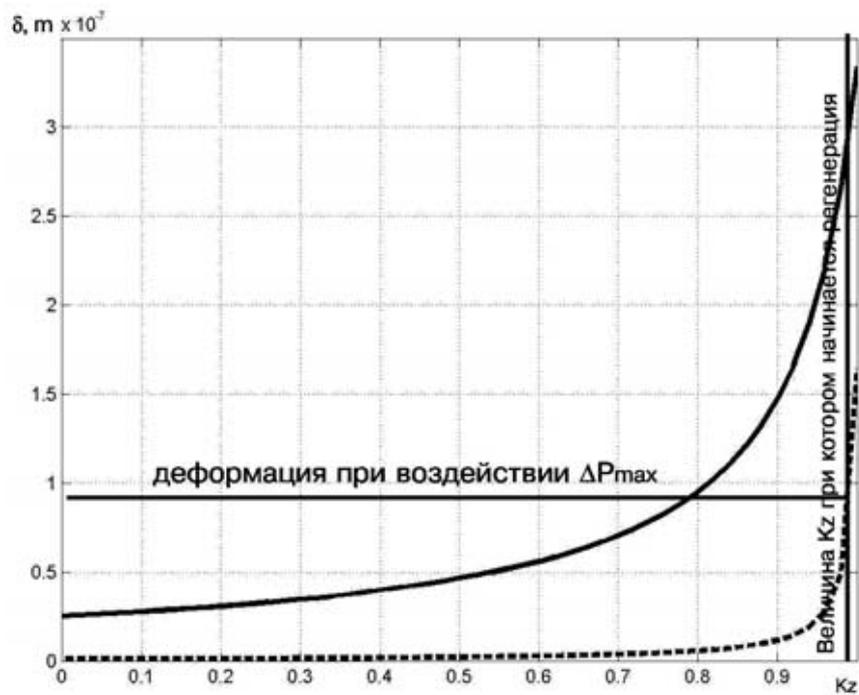


Рис. 4 – Сравнение величин контактных деформаций, соответствующих различным степеням загрязнения фильтроэлемента, для сетки № 150.

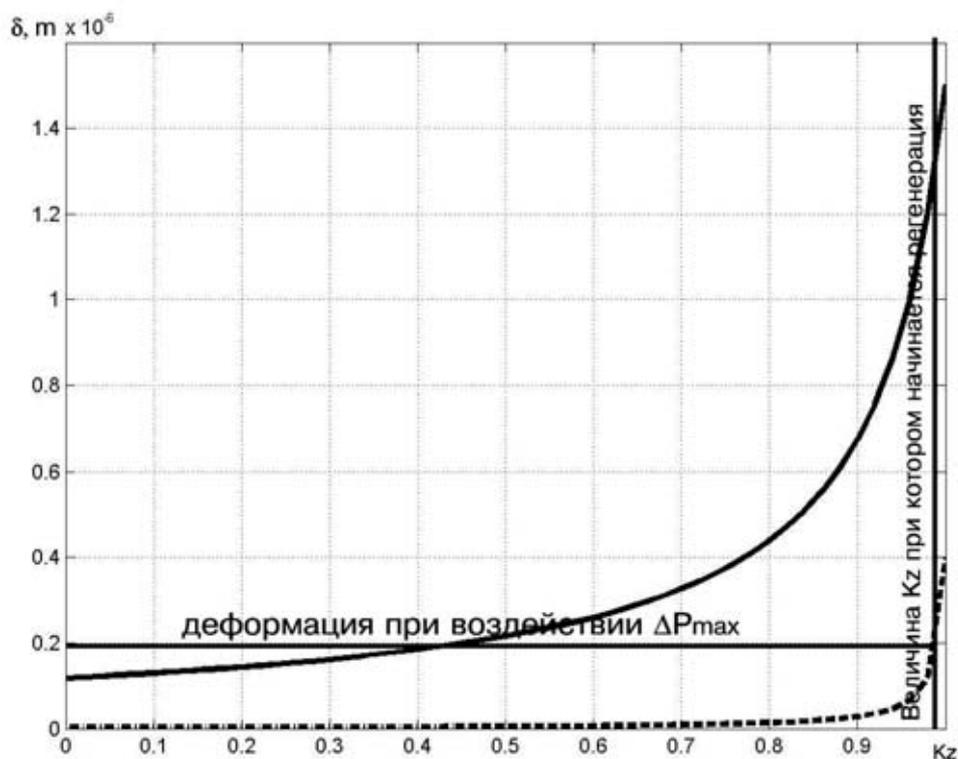


Рис. 5 – Сравнение величин контактных деформаций, соответствующих различным степеням загрязнения фильтроэлемента, для сетки № 400.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горшков В.А. Очистка и использование сточных вод предприятий угольной промышленности. – М.: Недра, 1981. – 269с.
2. Берестюк Г.И. Регенерация фильтров для разделения суспензий. – М. Химия, 1978. – 96с.
3. Харитонов В.П., Петренко А.В. Технология фильтрования и конструкции саморегенерирующихся систем очистки жидких сред. Сборник докладов научно-технической конференции “Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов”, г.Щелкино АР Крым – Харьков, 1999.- С.51-53.
4. Куприн А.И. Безнапорный гидротранспорт. – М. Недра, 1980. – 244с.
5. Прочность, устойчивость, колебания. том 2. – М. Машиностроение, 1968. – 464с.
6. Кузьмин Ю.М. Сетчатые установки в водоочистных сооружениях. – Л.: Стройиздат, 1966. – 131с.
7. Пупков В.С.Б Петренко А.В. Гидравлические сопротивления для чистых и частично закупоренных сеток //Сборник НТУ ДГМИ Вып 17. – 2003, с. 145-153.
8. Финкельштейн З.Л. Применение и очистка рабочих жидкостей для горных машин. – М.: Недра, 1986. – 233с.
9. Мочалин Е.В., Петренко А.В., Кривошея П.Н.. Моделирование режима обратной промывки самоочищающегося фильтра// Вестник НТУ «ХПИ» Вып. 129. – 2001, с.161-168.