

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

УПРУГИЕ КОНТАКТНЫЕ СИЛЫ, УДЕРЖИВАЮЩИЕ ЧАСТИЦУ ЗАГРЯЗНИТЕЛЯ В ЯЧЕЙКЕ СЕТКИ ФИЛЬТРОЭЛЕМЕНТА

Запропоновано розрахункові залежності для визначення величини сил тертя, які утримують частинку забруднювача у клітинці сітки фільтроелемента.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Одной из составляющих процесса водоподготовки является удаление из жидкости механических загрязнений. При водозаборе из открытых водоемов большая часть этих загрязнений имеет плотность соизмеримую с плотностью жидкости, поэтому для их удаления применяется в основном метод фильтрования, так как гравитационные методы в этом случае неэффективны. В основном для фильтрования применяют объемные фильтры с зернистой загрузкой. Однако их огромные размеры (диаметр 2 – 3 м. и высота более 2 м.) и незначительные скорости фильтрования (менее 3 м/ч) заставляют искать им замену. Одним из возможных претендентов на эту роль являются фильтры с противоточной регенерацией сетчатого фильтроэлемента [1]. Их бесперебойная работа возможна лишь при условии 100% удаления задержанных частиц загрязнителя с поверхности сетки в режиме регенерации. Однако опыт эксплуатации показывает, что это происходит в редких случаях [2, 3].

Анализ исследований и публикаций. Одним из вопросов который необходимо решить для улучшения эксплуатационных свойств фильтров с противоточной регенерацией является определение усилий, с которыми частица загрязнителя удерживается в ячейке фильтроэлемента. В работе [4] показано, что трудноудаляемые загрязнения формируются при режиме фильтрования с полной закупоркой пор. Выполненные автором исследования [5] полностью подтвердили вышеприведенные данные и показали, что частицы, из которых сформированы эти загрязнения, имеют размеры сопоставимые с размером ячейки сетки (рис 1. а).

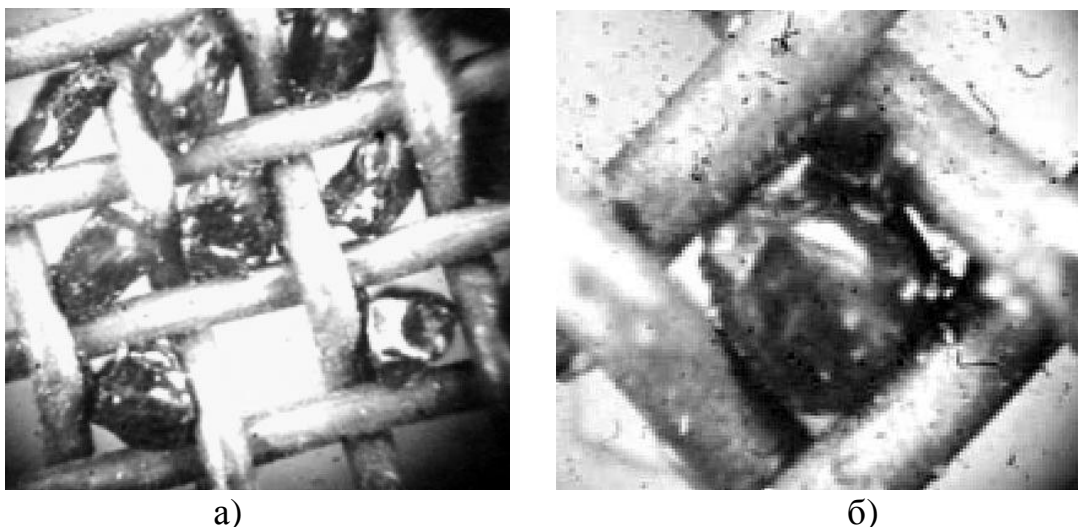


Рисунок 1 – Частицы загрязнителя, застрявшие в ячейках сетки.

Детальное изучение микрофотографий показывает, что частицы имеют выпуклую форму и контактируют с проволочками сетки в ограниченном числе точек (3 – 4 точки) и при этом не возникает видимых деформаций ячейки сетки (рис 1. б). Следовательно, силы трения обусловлены упругими деформациями частицы и проволок сетки в местах контакта.

Постановка задачи. Целью настоящего исследования является получение расчетных зависимостей для определения величины сил трения, с которыми частица загрязнителя удерживается в ячейке сетки.

Изложение материала и его результаты. Величину сил трения, обусловленных упругими контактными деформациями частицы и проволок сетки (рис. 2) можно определить по следующей зависимости:

$$F_{tr} = n_k \cdot f \cdot N(\delta), \quad (2.17)$$

где n_k – число точек контакта; f – коэффициент трения; $N(\delta)$ – равнодействующая сил, обусловленная контактными упругими деформациями сжатых тел.

Для дальнейшего анализа следует получить связь между суммарной деформацией тел δ и равнодействующей упругих сил N .

Предположение о малости площадки контакта, по сравнению с общей поверхностью соприкасающихся тел, позволяет использовать для определения деформаций уравнения теории упругости [6].

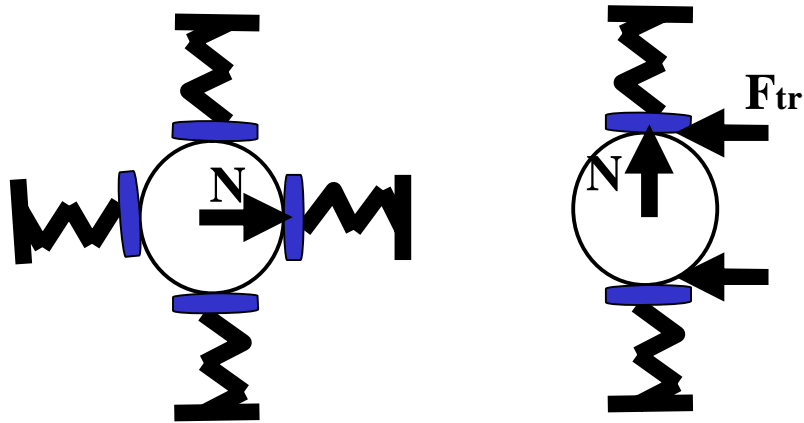


Рисунок 2 – Схема удержания частицы в ячейке сетки.

При наличии статического равновесия и выполнении кинематических условий задачи связь между упругой силой и совместной деформацией имеет следующий вид [7]:

$$N = K_G \delta^{3/2}, \quad (2)$$

где K_G – коэффициент, зависящий от свойств материалов тел и кривизны их поверхностей в зоне контакта, который в дальнейшем будем называть приведенной жесткостью системы контактирующих тел.

Согласно [6] жесткость системы определяется из следующего выражения:

$$K_G = \left[\frac{2}{n_\delta \sqrt[3]{\frac{9}{2} \eta^2 (A + B)}} \right]^{1,5}, \quad (3)$$

где A и B – константы, характеризующие кривизну поверхности контактирующих тел; η – коэффициент, учитывающий свойства материалов; n_δ – коэффициент, определяющий форму площадки контакта.

Для случая контакта сферического тела и цилиндра, кривизна контактирующих тел определяется следующим образом [7]:

$$A = \frac{1}{2R_p}, \quad (4)$$

$$B = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{R_p} + \frac{1}{R_s} \right), \quad (5)$$

где R_p, R_s – радиус частицы и проволок сетки соответственно.

Коэффициент, учитывающий свойства материалов согласно [7], вычисляется так:

$$\eta = \frac{1 - \nu_p^2}{E_p} + \frac{1 - \nu_s^2}{E_s}, \quad (6)$$

где E_p, E_s и ν_p, ν_s – модули упругости и коэффициенты Пуассона для материалов частицы и проволоки соответственно.

Так как в нашем случае площадка контакта имеет вид эллипса, то коэффициент n_δ определяется по такой зависимости [7]:

$$n_\delta = K(e) \sqrt[3]{\frac{4}{\pi^2} \frac{1}{\left(1 + \frac{B}{A}\right) D(e)}}, \quad (7)$$

$$D(e) = \frac{1}{e^2} (K(e) - L(e)), \quad (8)$$

где $K(e), L(e)$ – эллиптические интегралы первого и второго рода взятые по эксцентриситету контурного эллипса площадки контакта e , который определяется из уравнения

$$\frac{A}{B} = (1 - e^2) \frac{D(e)}{K(e) - D(e)}. \quad (9)$$

Зависимости (3) – (9) позволяют связать величину δ с силами, удерживающими частицу загрязнителя в ячейке сетки.

Выводы и направления дальнейших исследований. Таким образом, получены расчетные зависимости для определения величины сил удерживающих частицу в ячейке сетки. Показано, что величина этих сил зависит не только от упругих свойств материалов частицы и проволок сетки, но и от кривизны этих тел. В дальнейших

исследованиях следует уточнить, как влияет принятое допущение о сферичности частиц загрязнителя на величину итоговых сил трения.

Предложены расчетные зависимости для определения величины силы трения, которая удерживает частицу загрязнителя в ячейке сетки фильтроэлемента.

Calculation dependences are offered for determination of size of force of friction, which retains the particle of in the cell of net of filter.

Библиографический список.

1. Бабаев И.С. Безреагентные методы очистки высокомутных вод. – М.: Стройиздат, 1978 – 80с.

2. Пупков В.С. Пути обеспечения интенсификации процесса самоочистки сетчатого фильтроэлемента // Сб. научн. тр. ДГМИ Вып. 15 – Алчевск: ДГМИ, 2002. – С. 123–130.

3. Кузьминский В.П., Кухарь В.Ю., Кудрявцев Д.В. Разработка и совершенствование автоматизированных фильтров технической воды для условий отечественных горно-металлургических предприятий. // Материалы международной конференции "Форум горняков-2006", НГУ, г. Днепрпетровск, 2006. – С. 37-41.

4. Берестюк Г.И. Регенерация фильтров для разделения суспензий. – М.: Химия, 1978. – 96с.

5. Пупков В.С., Иванова Е.О. Анализ остаточных загрязнений сетчатых фильтров // Сб. научн. тр. ДГМИ (ДонГТУ) Вып. 19 – Алчевск: ДонГТУ, 2005. – С. 302–308.

6. Прочность, устойчивость, колебания. Том 2. – М.: Машиностроение, 1968. – 464с.

7. Кильчевский Н.А. Динамическое контактное сжатие твердых тел, удар. –К.: Наукова думка, 1976. –320 с.

*Рекомендовано к печати
д. т. н., проф. Финкельштейном З.Л.*