

УДК 628.16

С.М.ЭПОЯН, д-р техн. наук, А.С.КАРАГЯУР, канд. техн. наук,
А.Л.СКОРИК, Н.Ю.ГАВРИЛОВА

Харьковский государственный технический университет строительства и архитектуры

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЦЕНТРИФУГИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОСВЕЩЕНИЯ ВОДЫ

Рассматриваются вопросы расчета рациональных конструктивных и технологических параметров центрифугирующего устройства, применяемого для очистки воды от взвешенных веществ.

Розглядаються питання розрахунку раціональних конструктивних та технологічних параметрів центрифугуючого пристрою, що використовується для очистки води від завислих речовин.

The questions of account of rational constructive and technological parameters of the device for the centrifugation used for water clearing from the suspended solid are considered.

Ключевые слова: центрифугирующее устройство, освещение воды, конструктивные и технологические параметры, смыв осевших частиц.

Разработка компактных очистных сооружений, которые могут быть использованы для очистки природной воды от взвешенных веществ, является весьма актуальной. К таким сооружениям следует отнести центрифугирующие устройства. За счет значительных центробежных сил, создаваемых в этих устройствах, происходит интенсивное разделение жидкой и твердой фаз. Поэтому, несмотря на затраты энергии для раскручивания поступающей на очистку воды, центрифуги имеют значительные преимущества по сравнению с отстойниками и гидроциклонами [1]. Повысить эффект освещения центрифуг можно с помощью секционирования пространства ротора с помощью цилиндрических вставок.

Важной задачей является определение рациональных конструктивных и технологических параметров устройства, т.е. параметров, при которых достигается необходимой эффект очистки при минимальной удельной мощности.

Под конструктивными параметрами подразумеваются размеры центрифугирующего устройства: внешний радиус R , рабочая высота H , количество секций, расстояние между секциями Δr , конструктивные условия подвода и отвода очищаемой воды; под технологическими – производительность устройства Q , угловая скорость ω (или частота вращения), организация (распределение) потока в секциях.

Как показали проведенные экспериментальные исследования [2], при критических значениях конструктивных и технологических пара-

метров центрифуги начинается смыв осевших частиц взвеси с поверхности осаждения в роторе, что значительно влияет на эффект осветления [3].

Кроме того, проведенные исследования [3, 4] позволили сформулировать следующее: энергетически выгодно применять для осветления воды центрифугирующие устройства с параметрами, значения которых близки к критическим, т.к., например, при заниженной, в сравнении с критической, частоте вращения ротора центрифуги резко уменьшается эффект очистки за счет смыва уже осевших частиц, а при завышенной – резко растет удельная мощность и, соответственно, энергетические затраты. Поэтому критические параметры являются рациональными.

Таким образом, целью исследований является разработка методики определения рациональных значений частоты вращения (угловой скорости) и внешнего радиуса центрифуги при заданной производительности устройства, т.е. значений указанных параметров близких к критическим.

Для этого рассмотрим силы, действующие на осевшую частицу взвеси [5, 6] (рис.1):

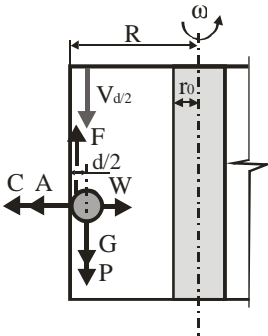


Рис.1 – Силы, действующие на осевшую частицу взвеси

$$\text{сила инерции} - C = \frac{\pi d^3}{6} \Delta \rho \omega^2 \left(R - \frac{d}{2} \right);$$

$$\text{сила тяжести} - G = \frac{\pi d^3}{6} \Delta \rho g;$$

сила стоксового сопротивления

$$P = 3\pi \mu V_{d/2} d;$$

$$\text{подъемная сила } W = \alpha \cdot P;$$

$$\text{сила адгезии } A = k \cdot d;$$

$$\text{сила трения } F = f \cdot N,$$

где d – диаметр частицы взвеси; $\Delta \rho$ – разность плотностей частицы и жидкости;

μ – динамическая вязкость; $V_{d/2} = f(Q)$ – скорость потока на расстоянии $d/2$ от стенки ротора; α – коэффициент пропорциональности; k – коэффициент адгезии; f – коэффициент трения частицы о стенку; $N = C + A - W$ – сила реакции.

На рис.2 приведены два типа зависимости баланса сил $F-P-G$ от диаметра частицы d . Когда $F > P+G$ смыв осевших частиц не происходит (зависимость 1). Если $F < P+G$, осевшие частицы диаметром $d_{кр1} \leq d \leq d_{кр2}$ возвращаются обратно в поток, ухудшая при этом

качество очищенной воды.

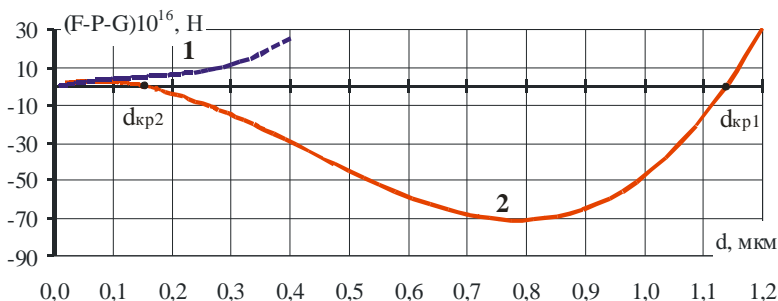


Рис.2 – Зависимость баланса действующих на осевшую частицу сил от диаметра частицы:

- 1 – $F-P-G = f(d)$, когда смыв осевших частиц отсутствует;
- 2 – $F-P-G = f(d)$, когда смыв осевших частиц происходит.

Унос частиц начинается, когда $F = P + G$ или

$$\left[\frac{\pi d^3}{6} \Delta \rho \omega^2 \left(R - \frac{d}{2} \right) + kd - 3\pi \alpha \mu V_{d/2} d \right] f = \frac{\pi d^3}{6} \Delta \rho g + 3\pi \mu V_{d/2} d, \quad (1)$$

т.е. критерием начала смыва осевших частиц является такая комбинация конструктивных и технологических параметров, при которой уравнение (1) имеет один корень.

Для определения критических значений параметров центрифугирующего устройства преобразуем уравнение (1) и приведем его к безразмерному виду. Для этого:

- 1) примем, что $R - \frac{d}{2} \approx R$;

- 2) скорость потока на расстоянии $d/2$ от стенки ротора $V_{d/2}$ определим с помощью линейной интерполяции $V_{d/2} = V_{пов} \cdot \frac{d}{2} \cdot \frac{n-1}{\Delta r} = a \cdot V_{пов} \cdot d$, где $V_{пов}$ – скорость у поверхности осаждения.

Под скоростью у поверхности осаждения подразумевается среднее по координате z значение продольной скорости v_z на расстоянии $\frac{\Delta r}{n-1}$ от внешней стенки секции, где n – количество узлов по r в конечно-разностной сетке.

$V_{пов}$ определялась путем численного решения уравнений переноса количества движения в поле центробежных сил и уравнения нераз-

рывности, записанных в цилиндрической системе координат [3, 7]. Для упрощения скорость у поверхности осаждения удобно представить в

виде эмпирической зависимости $V_{\text{пов}} = f(V_{\text{ср}})$, где $V_{\text{ср}} = \frac{Q_i}{\pi(r_i^2 - r_{i+1}^2)}$ –

средняя скорость потока в секции центрифуги; Q_i – производительность i -й секции; r_i, r_{i+1} – соответственно внешний и внутренний радиус i -й секции;

3) поделим каждое слагаемое уравнения (1) на $g \cdot \Delta r \cdot \Delta^2 r$.

С учетом этого уравнение (1) примет вид:

$$\left(\frac{d}{\Delta r}\right)^2 \frac{\pi}{6} (f \cdot Fr_{\text{кр}} - 1) - \left(\frac{d}{\Delta r}\right) \frac{3\pi \cdot \mu \cdot V_{\text{пов}}(Q) \cdot a}{g \cdot \Delta r \cdot \Delta r} (\alpha \cdot f + 1) + \frac{k \cdot f}{g \cdot \Delta r^2 \cdot \Delta r} = 0, \quad (2)$$

где $Fr_{\text{кр}} = \omega^2 R / g$ – число Фруда или фактор разделения.

Нашей задачей является определение параметра $Fr_{\text{кр}}$, при котором уравнение (2) относительно величины $d / \Delta r$ имеет один корень. Условием этого является равенство нулю дискриминанта квадратного уравнения (2).

Следовательно, для определения $Fr_{\text{кр}}$ получим зависимость

$$Fr_{\text{кр}} = \frac{27}{2} \cdot \frac{\pi \cdot \mu^2 \cdot V_{\text{пов}}^2(Q) \cdot a^2 (\alpha \cdot f + 1)^2}{k \cdot f^2 \cdot g \cdot \Delta r}.$$

Таким образом, данная методика позволяет рассчитать критические значения конструктивных и технологических параметров центрифугирующего устройства, применяемого для осветления воды, и, следовательно, обоснованно подобрать рациональную конструкцию устройства и выбрать эффективный технологический режим.

1. Карагяур А.С. Сравнение сооружений для осветления воды // Сб. научн. тр. XVI Междунар. науч.-техн. конф. „Экологическая и техногенная безопасность. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов”. – Бердянск, 2008. – С.259-263.

2. Скорик А.Л. Экспериментальные исследования осветления воды в поле центробежных сил // Науковий вісник будівництва. Вип.49. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2008. – С.203-208.

3. Эпоян С.М., Карагяур А.С., Скорик А.Л. Влияние параметров центрифугирующего устройства на смыв осевших частиц с поверхности осаждения // 36. наук. статей V міжнар. наук.-практ. конф. «Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення»: В 2 т. Т.2. – Харків: Райдер, 2009. – С.66-70.

4. Карагяур А.С., Скорик А.Л. Теоретические предпосылки применения центробежных сил для осветления природной воды // Науковий вісник будівництва. Вип.46. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2008. – С.176-180.

5. Соколов В.И. Центрифугирование. – М.: Химия, 1976. – 408 с.

6. Карагяур А.С., Скорик А.Л. Влияние смывания осевших частиц с поверхности ротора центрифуги на эффект осветления воды // Матер. міжнар. наук.-практ. конф.

«Сучасні проблеми охорони довкілля, раціонального використання водних ресурсів та очистки природних і стічних вод». Т.1. – К.: Т-во „Знання” України, 2009. – С.74-76.

7. Карагур А.С., Скорик А.Л. Влияние конструктивных условий подвода и отвода осветляемой воды на эффективность очистки в центрифугирующем устройстве // Сб. научн. статей XVII междунар. науч.-практ. конф. «Экология, энерго- и ресурсосбережение, охрана окружающей среды и здоровье человека, утилизация отходов»: В 2 т. Т.2. – Харьков: САГА, 2009. – С.291-295.

Получено 04.12.2009

УДК 628.16

М.О.УКРАЇНЕЦЬ, В.І.СОКОЛЬНИК, кандидати техн. наук,
О.Г.ДОБРОВОЛЬСЬКА

Запорізька державна інженерна академія

ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ КОМПЕНСАЦІЇ КОЛИВАНЬ ТИСКІВ У МЕРЕЖАХ ІСНУЮЧИМ НАСОСНИМ ОБЛАДНАННЯМ ПРИ КЕРУВАННІ ЇХ РОБОТОЮ

Наводиться аналіз технічних характеристик насосного обладнання щодо можливості компенсації існуючих перепадів тиску у водопровідних мережах.

Приведен анализ технических характеристик насосного оборудования для компенсации существующих перепадов давления в водопроводных сетях.

In materials of article the analysis of characteristics of the pump equipment for indemnification of existing pressure differences in water supply systems is presented.

Ключові слова: контрольні вузли, перепад тиску, перерозподіл потоків, дроселювання, фіктивний напір, фіктивний опір, технічна характеристика, робоча зона.

Визначення шляхів оптимізації управління роботою водопровідних мереж з метою підвищення надійності водозабезпечення населення та зменшення енерговитрат при транспортуванні води потребує чіткої уяви щодо методики корегування перепадів тисків у водопровідних мережах. Існуючі на сьогодні розробки виробників програмного забезпечення AutoCad®, Map 3D, ArcInfo, ArcVsew та інших досить складно пристосувати до специфічних умов роботи та експлуатації об'єктів вітчизняних комунальних підприємств. Інші розробки більш пристосовані для застосування на об'єктах ЖКГ: «Геосеть» (м.Харків) [1], «CityCom» (ІВЦ «Поток», м.Москва) «Zulu» («ПолиTERM», м.С.-Петербург) [2], EPANET [3], WATERCAD [4], але не враховують можливі зміни у розташуванні та кількості контрольних вузлів на мережах.

Актуальною на сьогодні є розробка методики корегування перепадів тисків у водопровідних мережах, яка може бути використана при управлінні поточкорозподілом з урахуванням особливості експлуатації