

**Вывод.** Для обеспечения заданных свойств бетона и бетонной смеси необходимо более детальное изучение совместности цементов с химическими добавками, выявление зависимостей их влияния на процессы твердения и структурообразования, долговечность бетона.

### ЛИТЕРАТУРА:

1. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. М., Технопроект. 1998.- 768 с.
2. Изотов В.С. Химические добавки для модификации бетона. / В.С. Изотов, Ю.А. Соколова. – М. : Казанский Государственный архитектурно-строительный университет: Издательство «Палеотип», 2006. – 244 с.
3. Афанасьев Н.Ф., Целуйко М.К. Добавки в бетоны и растворы. Киев: Будивельник, 1989.-127с.
4. Uchikawa H., Hanehara Sh. Influence of Characteristics of Sulfonic Acid-Based Admixture on Interactive Force Between Cement Particles and Fluidity of Cement Paste. // Proceedings Fifth CANMET//ACI Int. Conference. Rome, Italy, 1997, SP 173.
5. Ушеров-Маршак А. В. Совместимость цементов с химическими и минеральными добавками. Ч. I. Цемент и его применение / А. В. Ушеров-Маршак, Л. А. Першина, М. Циак // Цемент.– 2002.– № 6.– С. 6–9.
6. Ушеров-Маршак А. В. Совместимость цементов с химическими и минеральными добавками (2 часть). Цемент и его применение / А. В. Ушеров-Маршак, М. Циак, О. А. Златковский., 2003. - №1. - С. 38-40.
7. Malhotra V. V. Innovative Applications of Superplasticizers in Concrete – A Review. // CANMET/ACI Symposium on Advances in Concrete Science Techn., Rome, oct. – 7 – 10, 1997, Proceedings, p.p. 271–314.
8. Добролюбов Г., Ратинов В.Б., Розенберг Т.И. Прогнозирование долговечности бетона с добавками. М.: Стройиздат. 1983. - 134 с.
9. Nmai, Charles K.; Schlagbaum, Tony; and Violetta, Brad, «A History of Mid-Range Water-Reducing Admixtures», Concrete International, American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan, April 1998, pp. 45-50.

УДК 628.16

**Карагяур А.С.**

*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры*

### ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОСВЕТЛЯЮЩИХ ЦЕНТРИФУГ С ЦИЛИНДРИЧЕСКИМИ ВСТАВКАМИ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ИЗ ВОДЫ ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ

**Введение.** При подготовке воды из поверхностных источников для различных нужд важным в современных условиях является сокращение эксплуатационных затрат. Для очистки сравнительно небольших объемов воды от взвешенных и коллоидных веществ все большее распространение приобретают устройства микро- и ультрафильтрации. В сравнении с традиционными технологиями: отстаиванием и фильтрованием через зернистую загрузку, данные устройства обеспечивают высокое качество очистки без применения реагентов [1-3]. Компактность, возможность автоматизации и устойчивость работы при колебании расхода очищаемой воды также повышают

их конкурентоспособность. Однако, на очистных сооружениях средней и большой производительности применение устройств, работающих по принципу процеживания, зачастую нецелесообразно. Их более широкому применению препятствует резкая зависимость производительности от качества исходной воды. Даже при небольшом содержании взвеси на поверхности фильтрации быстро образуется слой осадка, который создает дополнительное сопротивление, намного превышающее сопротивление фильтровальной перегородки. В результате растут потери напора, производительность устройства уменьшается в разы.

Снижение эксплуатационных затрат при осветлении воды с помощью микро- и ультрафильтрации возможно за счет применения эффективных компактных устройств, работающих по принципу осаждения. В качестве подобных устройств, предлагается применять осветляющие центрифуги с цилиндрическими вставками [2]. За счет создания центробежных сил, значительно превышающих силу тяжести, а также малой ширины осаждения обеспечивается эффективное удаление взвешенных и коллоидных частиц, плотность которых больше плотности воды.

Эффективность предочистки воды перед устройствами микро- и ультрафильтрации в поле массовых сил обуславливается тем, что при осаждении в отличие от процеживания задерживаются не только крупные частицы взвеси, размер или гидравлическая крупность которых больше расчетного значения, но и часть мелких частиц с меньшими значениями указанных параметров. Кроме того, осажденная взвесь оказывает меньшее влияние на процесс очистки, чем осадок, задержанный на поверхности фильтрования.

Применение осветляющих центрифуг требует затрат энергии на раскручивание жидкости, поступающей на очистку. Центрифуги, в том числе с цилиндрическими и спиралевидными вставками, нашли широкое применение в различных отраслях промышленности, но в системах водоснабжения распространения не получили по причине высоких энергетических затрат (например, шнековые центрифуги [3]), а также несоответствия конструкции необходимой производительности и экономической целесообразности [4].

**Цель и задачи.** Целью исследований является обоснование конструктивных усовершенствований осветляющей центрифуги с цилиндрическими вставками, позволяющих сократить эксплуатационные затраты при очистке воды. Для достижения цели решались следующие задачи: изучалось влияние на мощность устройства варианта распределения потока в секциях, образованных цилиндрическими вставками, рассматривалось влияние слоя осадка.

**Результаты исследований.**

На эффективность осветления воды в центрифугирующем устройстве с цилиндрическими вставками значительное влияние оказывает процесс смыва уже осевших частиц взвеси с поверхности осаждения обратно поток [2]. При подборе конструктивных и технологических параметров данного устройства следует принимать значения близкие к критическим, т.е. таким, при которых начинается смыв осадка. Применение устройства с параметрами отличными от этих значений приводит или к завышенным энергетическим затратам, или к резкому ухудшению качества очистки.

Для расчета критических значений параметров осветляющей центрифуги получена зависимость [5]:

$$Fr_{кр} = \frac{27 \cdot \pi \cdot \mu^2 \cdot V_{пов}^2 \cdot a^2 \cdot (\alpha \cdot f + 1)^2}{2 \cdot k \cdot f^2 \cdot g \cdot \Delta\rho} + \frac{1}{f}, \quad (1)$$

где  $Fr_{кр}$  – критическое число Фруд;  $\mu$  – динамическая вязкость;  $V_{пов}$  – скорость потока у поверхности осаждения на расстоянии  $a$  от стенки;  $f$  – коэффициент трения;  $k$  – коэффициент адгезии;  $\Delta\rho$  – разность плотностей частицы взвеси и воды.

Зависимость (1) получена из уравнения баланса сил, действующих на частицу взвеси, осевшую на поверхности осаждения, из условия, что оно имеет один корень (условие начала смыва) относительно диаметра смываемых частиц. Также принимается, что распределение скорости у поверхности осаждения (на участке от 0 до  $a$ ) имеет линейный характер. Рассчитать распределение продольной скорости потока по ширине секции, в том числе в точке  $r = r_i - a$ , можно с помощью зависимости, полученной для кольцевых каналов [6].

$$v(r) = 2V_{cp} \frac{(r_i^2 - r^2) \ln \frac{r_i}{r_{i+1}} - (r_i^2 - r_{i+1}^2) \ln \frac{r_i}{r}}{(r_i^2 + r_{i+1}^2) \ln \frac{r_i}{r_{i+1}} + r_{i+1}^2 - r_i^2}, \quad (2)$$

где  $V_{cp} = \frac{Q_i}{\pi(r_i^2 - r_{i+1}^2)}$  – среднее значение продольной скорости в  $i$ -ой секции;  $r_i, r_{i+1}$  – соответственно, внешний и внутренний радиус  $i$ -ой секции;  $Q_i$  – производительность

$i$ -ой секции;  $i$  – номер секции (отсчет ведется от внешних секций к внутренним).

В [2] рассматривается центрифугирующее устройство, в котором цилиндрические вставки разделяют рабочее пространство на секции равной ширины. Обосновывается преимущество такого варианта распределения потока между секциями центрифугирующего устройства, при котором качество очистки в каждой секции одинаково. Для каждой секции данного устройства был рассчитано отношение  $\frac{Fr_{кр}}{Fr_i}$ , где  $Fr_i = \frac{\omega^2 r_i}{g}$  – значение числа

Фруда у поверхности осаждения,  $\omega$  – угловая скорость (зависит от частоты вращения). Результаты расчета представлены на рис. 1.

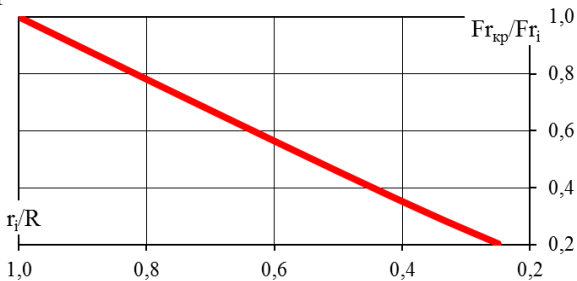


Рис. 1. Зависимость критического числа Фруда от расположения секции центрифугирующего устройства

Данные, представленные на рис. 1, показывают, что при накоплении осадка на поверхности осаждения его смыв начнется в 1-ой секции. Т.к. через эту секцию проходит значительная часть расхода очищаемой воды, то резко ухудшится качество очистки. Анализ зависимости для расчета мощности, необходимой для раскручивания воды, проходящей через  $i$ -ую секцию

$$N_i = \frac{1}{2} \rho \cdot Q_i \cdot \omega^2 \cdot (r_i^2 + r_{i+1}^2), \quad (3)$$

показывает, что, чем большая часть расхода проходит через внешние секции, тем больше требуется мощность.

При этом расчетная гидравлическая крупность, от которой зависит эффект очистки определяется по формуле

$$u = \frac{Q_i \cdot g \cdot \ln \frac{r_i^2}{r_{i+1}^2}}{\pi \cdot \omega^2 \cdot (r_i^2 - r_{i+1}^2) \cdot H}, \quad (4)$$

где  $H$  – рабочая высота.

Исходя из данного анализа, можно предложить перераспределить поток так, чтобы для каждой секции выполнялось условие  $Fr_i = Fr_{кр}$ . При этом часть потока из внешних секций перейдет во внутренние, что обеспечит уменьшение необходимой мощности. Для обеспечения одинакового качества очистки воды в каждой секции их ширина должна уменьшаться в направлении от внешних секций к внутренним. Вид данной зависимости показан на рис. 2.

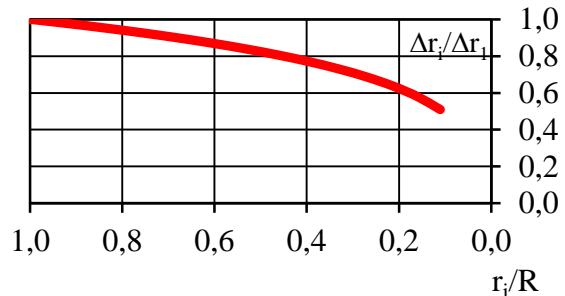


Рис. 2 Зависимость ширины секции от ее расположения

Расчет зависимости, представленной на рис. 2, проводился по следующему алгоритму:

1. в зависимости от требуемого качества очистки и продолжительности работы центрифуги в режиме осветления задавали значение расчетной гидравлической крупности и ширины 1-ой секции;
2. из условия  $Fr_i = Fr_{кр}$  с помощью зависимостей (1) и (2) рассчитывали производительность 1-ой секции и, соответственно, скорость потока;
3. в зависимости от расчетной гидравлической крупности по зависимости (4) определяли необходимую угловую скорость;
4. для последующих секций определяли их ширину исходя следующих условий  $u_i = \text{const}$ ,  $Fr_i = Fr_{кр}$ .

На рис. 3 показан пример сравнения двух вариантов распределения потока в секциях центрифугирующего устройства, который демонстрирует преимущество распределения, при котором  $Fr_i = Fr_{кр}$ .

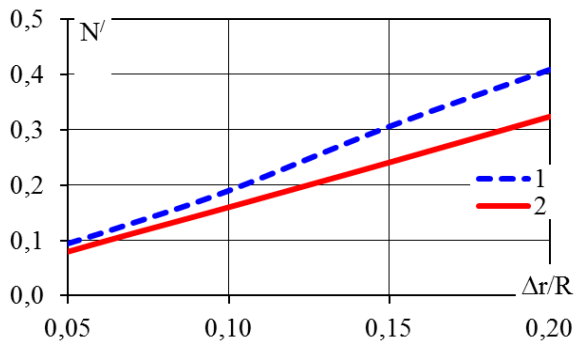


Рис. 3 Сравнение энергетических затрат при различных вариантах распределения потока (1 –  $\Delta r = \text{const}$ ; 2 –  $Fr_i = Fr_{кр}$ )

Параметр  $N'$  на рис. 3 равен  $N' = N \cdot \frac{2\pi \cdot R \cdot H \cdot u}{\rho \cdot g \cdot \Delta r \cdot Q^2}$ , где  $Q$  – произведе-

тельность центрифуги;  $\Delta r$  – ширина секции (для 2-го варианта ширина 1-ой секции);  $N$  – мощность, необходимая на раскручивание жидкости;  $R$  – внешний радиус центрифуги;

При работе осветляющей центрифуги на поверхности осаждения каждой секции происходит накопление слоя осадка. Ширина секции уменьшается, соответственно, уменьшается число Фруда

$$Fr_i = \frac{\omega^2 (r_i - \delta)}{g}$$

осадка. В результате происходит смыв уже осевших частиц и ухудшение качества очистки. На рис. 4 представлены результаты расчетов, отражающие изменение распределения числа Фруда в зависимости от продолжительности работы центрифуги.

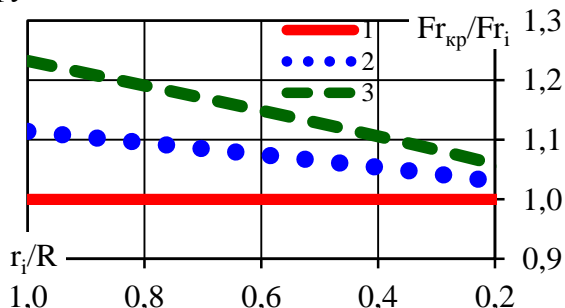


Рис. 4 Динамика числа Фруда (1 –  $t_1 = 0$ ; 2 –  $t_2 > t_1$ ; 3 –  $t_3 > t_2$ )

Анализ данных на рис. 4 показывает, что в 1-ой секции происходит более инте-

нсивное накопление взвеси и с нее начинается смыв осадка. Для обеспечения работы центрифуги в режиме осветления без смыва осевших частиц в течение заданной продолжительности необходимо постепенно или увеличивать частоту вращения, или уменьшать производительность (рис. 5).

На рис. 5 приняты следующие обозначения:  $K$  – отношение текущего значения параметра (угловой скорости или производительности) к начальному;

$$t' = t \frac{Q_i \cdot \Xi(u) \cdot C_{вх}}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot H \cdot \rho_{ос} \cdot \Delta r_1}$$

осветления,  $C_{вх}$  – концентрация взвешенных веществ в исходной воде;  $\rho_{ос}$  – плотность осадка;  $t$  – время.

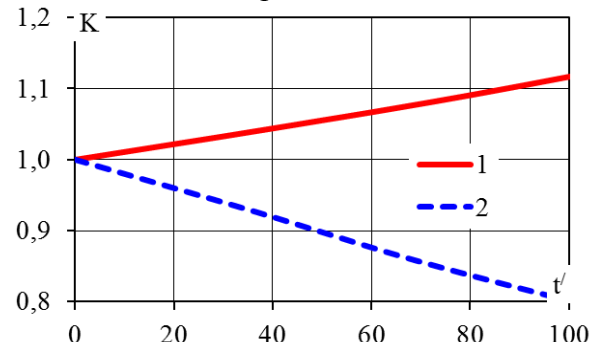


Рис. 5 Изменение угловой скорости (1) или производительности (2) центрифуги, при котором обеспечивается осветление без смыва осадка

Были проведены исследования по изучению влияния продолжительности работы центрифуги на вид функции

$$\frac{\Delta r_i}{\Delta r_1} = f\left(\frac{r_i}{R}\right) \text{ (рис. 6).}$$

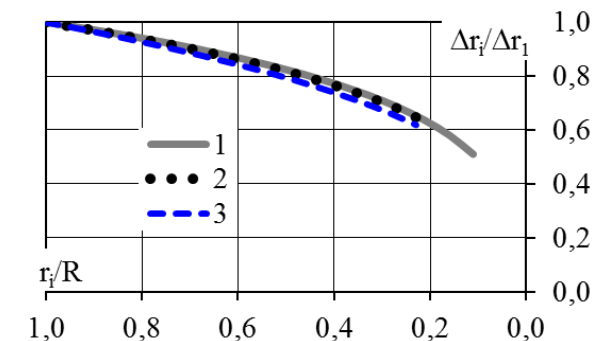


Рис. 6 Зависимость функции  $\frac{\Delta r_i}{\Delta r_1} = f\left(\frac{r_i}{R}\right)$  от продолжительности освет-

ления (1 –  $t' = 0$ ; 2 –  $t' = 50$ ; 3 –  $t' = 180$ )

Продолжительность осветления практически не оказывает влияние на закономерность, описывающую изменение ширины секций в центрифуге с цилиндрическими вставками при распределении потока из условия  $u_i = \text{const}$ ,  $Fr_i = Fr_{кр}$ . Также выявлено, что на распределение параметра

$$\frac{\Delta r_i}{\Delta r_1} = f\left(\frac{r_i}{R}\right)$$

не оказывают влияния коэффициенты (трения, адгезии, вязкости и т.д.), входящие в зависимость (1). Зависимость, представленную на рис. 1 и 6, можно представить в виде эмпирического

$$\frac{\Delta r_i}{\Delta r_1} = \left(\frac{r_i}{R}\right)^{0,282}$$

выражения методом наименьших квадратов. Таким образом, доказано, что осветляющая центрифуга, в которой цилиндрические вставки расположены согласно полученной закономерности, обеспечивает очистку с наименьшими энергетическими затратами.

**Выводы.** Получили дальнейшее развитие теоритические положения осветления воды в центрифугирующих устройствах, позволяющие минимизировать энергетические затраты. Представленные решения повышают конкурентоспособность осветляющих центрифуг в качестве устройств предочистки перед микро- или ультрафильтрацией.

**ЛИТЕРАТУРА:**

1. Лизогуб Г.Г., Белан В.В., Прошкин В.С. Очистка природных вод, дренажных и промышленных вод водопроводных станций с применением систем микро-, ультрафильтрации ARIA международной корпорации PALL // В кн. «Сучасні проблеми охорони довкілля, раціонального використання водних ресурсів та очистки природних і стічних вод». Матер. Міжнар. наук.-практ. конф.(6-10 квітня 2009 р. м. Миргород). К.: Т-во «Знання» України. – 2009. – Т1. – С. 66-70.
2. Скорик А.Л. Центрифугуючий пристрій для видалення з води завислих речовин: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.23.04 «Водопостачання, каналізація». – Харків, 2010. – 20 с.
3. Завьялов В.Е. Центробежное осветление промышленных стоков, содержащих нерастворенные загрязнения минерального происхождения // Процессы и сооружения для разделения взвесей при очистке природных и сточных вод : Материалы семинара. – М.: МДНТП, 1980. – С. 75 – 80.
4. А.с. 937025 СССР, МКИ В 04 В 1/06, 7/08. Центробежный очиститель жидкости / А.В. Бербер (СССР). – № 2489796/23-13; заявл. 20.06.77; опубл. 23.06.82, Бюл. №23.
5. Эпоян С.М., Карагяур А.С., Скорик А.Л., Гаврилова Н.Ю. Определение рациональных параметров центрифугирующего устройства для осветления воды // Коммунальное хозяйство городов. Научн. техн. сб. ХНАГХ. – К.: Техніка, 2010. – Вып. 93. – С. 239-243.
6. Соколов В.И. Центрифугирование. – М.: Химия, 1976. – 408 с.

УДК 628.16.086.4

**Малкін Е.С., Журавська Н.Є.***Київський національний університет будівництва і архітектури***ВПЛИВ ХАРАКТЕРИСТИК МАГНІТНОГО ПОЛЯ ПРИ ОБРОБЦІ ВОДИ НА ПОКАЗНИКИ БЕТОННИХ ВИРОБІВ**

**Вступ.** Обґрунтування та практичного застосування омагніченої води у різних галузях відома більш ніж 70 років [1-6].

**Основна частина.** Взаємозв'язок між магнітними властивостями і будовою речовини розглянув проф. Я.Г.Дорфман [7]. Однак поряд зі значними досягненнями в наукових і практичних дослідженнях застосування омагніченої води у багатьох

галузях господарства відзначались випадки нестабільності результатів. Це пояснюється недостатньо чіткими гіпотезами про модель структури води, а отже, про результати впливу на неї магнітних полів.

Для більш чіткого пояснення можливості застосування робіт Я.Г.Дорфмана вважається базування його положень на класичній праці по структурі води його