

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА МАССОПЕРЕДАЧИ ПРИ АЭРАЦИИ ПОВЕРХНОСТНЫМИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИМИ СТРУЯМИ

Механические аэраторы находят все более широкое применение для аэрации сточных вод. Однако они не отличаются высокой надежностью работы, имеют низкий коэффициент полезного действия из-за наличия редуктора.

Таких недостатков лишена система поверхностной струйной аэрации, которую можно считать разновидностью механической. Она заключается в вовлечении воздуха струями циркулирующей жидкости, истекающими из насадков над поверхностью резервуара. Жидкость из аэрационного сооружения подается в насадки осевым насосом.

Осевые насосы, изготавливаемые серийно, обладают высоким коэффициентом полезного действия и надежностью работы. Благодаря большой производительности один насос позволит заменить несколько механических аэраторов. При этом возможно увеличение глубины аэрационных резервуаров, что позволит сократить площадь сооружений.

Основные характеристики струйных аэраторов — производительность по кислороду и затраты энергии на аэрирование. Последние определяли как сумму кинетической и потенциальной энергии струи.

Для описания процесса массопередачи кислорода из пузырьков воздуха в жидкость применяется уравнение

$$\frac{dC_t}{dt} = K_a (C_p - C_t), \quad (1)$$

где K_a — объемный коэффициент массопередачи; C_p — равновесная концентрация кислорода в жидкости; C_t — концентрация кислорода в жидкости в момент времени.

Интегрирование этого уравнения по всему объему жидкости возможно при $C_p = \text{const}$ в любой момент времени и при $C_t = \text{const}$ в данный момент времени в любой точке объема жидкости. Так как концентрация кислорода в воздухе изменяется по времени незначительно, C_p можно принять величиной постоянной. При соответствии объема резервуара и параметров струи концентрации растворенного кислорода C_t в различных точках резервуара практически

одинаковы, поэтому условия для интегрирования уравнения (1) при струйной аэрации соблюдаются.

Умножив обе части уравнения (1) на объем резервуара W , получим выражение для производительности аэратора по кислороду:

$$Q_0 = W \frac{dC_i}{dt} = K_a (C_p - C_i) W, \quad (2)$$

где Q_0 — производительность аэратора по кислороду; $W dC_i$ — количество кислорода, вносимое в жидкость за время dt .

Причем Q_0 практически не зависит от температуры жидкости. Из уравнения (2) следует, что задача определения аэрационной способности сводится к определению K_a .

Интегрирование уравнения (1) дает выражение для экспериментального определения величины объемного коэффициента массопередачи. Как показали исследования, на производительность аэратора по кислороду влияют диаметр струи D , скорость истечения V , высота падения h (разность отметок центра отверстия насадка и уровня жидкости в резервуаре). Угол наклона насадка к горизонту в исследованных пределах ($30-60^\circ$) не оказывает существенного влияния на массопередачу. Все опыты проводили цилиндрическими короткими насадками (с отношением $\frac{l}{D} \leq 5$).

Таким образом, можно записать:

$$f(Q_0, Q_{ж}, V, D, h, q) = 0, \quad (3)$$

где $Q_{ж}$ — массовый расход жидкости.

Поскольку сложность явлений, происходящих при истечении струи в жидкость, не позволяет получить аналитическое выражение для коэффициента массопередачи, для этой цели использовалась теория подобия и метод анализа размерностей. Получено следующее критериальное уравнение массопередачи:

$$\frac{Q_0}{Q_{ж}} = C Fr^{\alpha_1} \left(\frac{h}{D} \right)^{\alpha_2}, \quad (4)$$

где C — эмпирический коэффициент; $Fr = \frac{V^2}{gD}$ — критерий Фруда; g — ускорение силы тяжести.

Показатели степеней и коэффициент этого уравнения определяются экспериментально.

Аэрационную способность струйных аэраторов изучали на установке, состоящей из металлического резервуара объемом 2 м^3 ,

часть боковой стенки которого была выполнена из органического стекла для проведения визуальных наблюдений. Над резервуаром устанавливали съемные насадки. Воду забирали из нижней части резервуара и подавали в насадки центробежным насосом. Расход жидкости измеряли диафрагмой с дифманометром. Работу вели с насадками диаметром 41, 52, 65 мм. Скорость истечения жидкости изменялась от 2 до 5 м/с, высота падения — от 10 до 80 см. В опытах применяли стандартную методику переменного дефицита кислорода. Деаэрацию осуществляли каталитическим окислением сульфита натрия. Определение концентрации кислорода в пробах производили методом Винклера.

Опытами установлено, что показатели степеней в выражении (4) равны 0,5. Значение коэффициента уравнения — $0,32 \cdot 10^{-6}$. С учетом этого формула массопередачи кислорода при поверхностной струйной аэрации приобретает вид

$$\frac{Q_0}{Q_{\text{ж}}} = 0,32 \cdot 10^{-6} Fr^{0,5} \left(\frac{h}{D} \right)^{0,5} \quad (5)$$

Отношение производительности по кислороду и затрат энергии соответствует эффективности аэрации, которая является практическим критерием сравнения различных аэрационных систем. Установлено, что эффективность струйной аэрации зависит от скорости истечения, причем эффективность увеличивается с уменьшением скорости.

Для практического применения можно рекомендовать скорости в пределах 3—4 м/с. Для таких условий эффективность струйной аэрации составляет 2,8—2,5 кг O_2 /кВт·ч. По этому показателю струйные аэраторы не уступают лучшим образцам поверхностных механических аэраторов.

П. И. САЧЕНОК

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО УЛУЧШЕНИЮ РАБОТЫ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

В настоящее время в большинстве городов вследствие высоких темпов жилищного и промышленного строительства наблюдается быстрый рост водопотребления, что вызывает необходимость постоянного развития систем водоснабжения. Однако темпы развития водопроводов часто отстают от роста водопотребления, что приводит к значительным трудностям в водоснабжении. В этих усло-