

**Бальчугов Алексей Валерьевич,**  
д.т.н., доцент, Ангарский государственный технический университет, e-mail: bachug@mail.ru

**Бадеников Артем Викторович,**  
к.т.н., ректор, Ангарский государственный технический университет, e-mail: rector@angtu.ru

**Левин Максим Максимович,**  
магистрант гр. ТМмз-24, Ангарский государственный технический университет,  
e-mail: nir@angtu.ru

## **ВЫВОД КРИТЕРИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ СТРУЙНОГО АЭРИРОВАНИЯ ВОДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА АНАЛИЗА РАЗМЕРНОСТЕЙ**

**Balchugov A.V., Badenikov A.V., Levin M.M.**

## **DERIVATION OF A CRITERION EQUATION FOR JET AERATION OF WATER USING THE DIMENSIONAL ANALYSIS METHOD**

**Аннотация.** Методом анализа размерностей получен общий вид критериального уравнения для высоты газожидкостного слоя при струйном аэрировании воды.

**Ключевые слова:** струйное аэрирование, критериальное уравнение, метод анализа размерностей.

**Abstract.** Using dimensional analysis, a general criterion equation for the height of the gas-liquid layer during jet aeration of water was obtained.

**Keywords:** jet aeration, criterion equation, dimensional analysis.

В струйном аэраторе на свободную горизонтальную поверхность воды падает вертикальная струя воды, эжектируя воздух, и погружается в объем воды на некоторую глубину  $H$ . В воду вместе со струей погружается множество захваченных пузырьков воздуха, за счет чего происходит аэрирование воды. Получим общий вид критериального уравнения для данного процесса на основе метода анализа размерностей [1].

К параметрам, влияющим на глубину погружения струи ( $H$ , м), относятся:  $d$  – внутренний диаметр патрубка, из которого истекает струя, м;  $\rho$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;  $w$  – скорость воды в патрубке, м/с;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $\mu$  – вязкость жидкости, Па·с, кг/(м·с);  $h$  – расстояние между срезом патрубка и поверхностью воды, м. Принимаем, что температура воды в струе и в основном объеме одинаковы. Принимаем также, что вязкость воздуха оказывает незначительное влияние на глубину погружения струи. Тогда зависимость глубины погружения воды от других параметров имеет вид:

$$H = f(d, \rho, w, g, \mu, h). \quad (1)$$

Первичными (основными) единицами измерения в процессе аэрирования являются: килограммы (единица измерения массы  $[M]$ ), метры (единица измерения длины  $[L]$ ), секунды (единица измерения времени  $[T]$ ). Число переменных величин (параметров процесса)  $n=7$ . Количество первичных (основных) единиц измерения  $m=3$ . В соответствии с теоремой подобия число критериев подобия, описывающих процесс аэрирования, составит  $n-m=4$ . Критерии подобия получим делением каждой величины ( $h, \rho, w, H$ ) на произведение основных величин ( $g, d, \mu$ ), возведенных в степени. Первый безразмерный критерий имеет вид:

$$\frac{w}{g^x \cdot d^y \cdot \mu^z}, \quad (2)$$

тогда 
$$\frac{[w]}{[g]^x \cdot [d]^y \cdot [\mu]^z} = 1, \quad (3)$$

или 
$$\frac{[L]^1 [T]^{-1}}{([L][T]^{-2})^x \cdot [L]^y \cdot ([M]^1 [L]^{-1} [T]^{-1})^z} = 1. \quad (4)$$

$$[M]^{-z} [L]^{1-x-y+z} [T]^{-1+2x+z} = 1. \quad (5)$$

Равенство (5) выполняется, если:

$$\left. \begin{aligned} -z &= 0 \\ 1-x-y+z &= 0 \\ -1+2x+z &= 0 \end{aligned} \right\}, \quad (6)$$

откуда:  $z=0$ ;  $x=0,5$ ;  $y=0,5$ .

Безразмерный критерий подобия (2) принимает вид:

$$\Pi_1 = \frac{w}{g^{0,5} d^{0,5}} = \frac{w^2}{g \cdot d} = Fr. \quad (7)$$

Первый критерий (7) называется критерием Фруда. Аналогичным методом получаем оставшиеся три критерия:

$$\Pi_2 = \frac{h}{d}; \quad (8)$$

$$\Pi_3 = \frac{H}{d}; \quad (9)$$

$$\Pi_4 = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu} = Re. \quad (10)$$

Критерий (10) – критерий Рейнольдса. Зависимость между безразмерными критериями подобия для процесса азрирования воды будет иметь вид:

$$\frac{H}{d} = \varphi \left( \frac{w^2}{g \cdot d}; \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu}; \frac{h}{d} \right), \quad (11)$$

или 
$$\frac{H}{d} = \varphi \left( Fr; Re; \frac{h}{d} \right), \quad (12)$$

$$\frac{H}{d} = C \cdot Fr^a \cdot Re^b \cdot \left( \frac{h}{d} \right)^c. \quad (13)$$

Значения коэффициента  $C$  и показателей степени  $a, b, c$  в уравнении (13) определяются экспериментально.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алабужев П.М., Геронимус В.Б., Минкевич Л.М., Шеховцов Б.А. Теории подобия и размерностей. Моделирование. М. Высшая школа. 1968. 208 с.