

ОЧИСТКА АЭРАТОРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ КАВИТАЦИОННОГО НАСАДКА

Вострова Р.Н.¹, Пастухов Е. Ю.¹, Фомин Д. К.¹, Роденко А.В.²

¹Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель Республика Беларусь, erivr@belsut.gomel.by

²ООО ГЕФЛИС, г. Гомель Республика Беларусь, geflis2013@yandex.ru

Having analyzed the process of washing the aerators can be concluded that the possibility of upgrading processes to reduce energy consumption and hot water to the cold replacement, which serves to produce washing step using cavitation nozzle.

Введение

Ресурсосбережение – самый простой путь сохранения чистоты и богатства природы для будущих поколений. Одним из мероприятий, направленных на эффективное использование энергоресурсов является использование даровой энергии кавитации для обмывки загрязненных поверхностей аэраторов от биообрастания.

Кавитация возникает в результате местного понижения давления в жидкости, которое может происходить при увеличении ее скорости (гидродинамическая кавитация), либо при прохождении акустической волны большой интенсивности (акустическая кавитация), либо под действием ультразвука.

В отличие от ультразвуковой гидродинамическая кавитация может объединять в себе воздействие кавитационных пузырьков потока на поверхность, повышение температуры среды без дополнительных устройств нагрева [1].

Основная часть

Анализ исследований в области кавитационной очистки показывает, что к настоящему времени накоплен обширный опыт, основанный на практике применения кавитационных эффектов, тем не менее, гидродинамическая кавитация изучена не в полной мере, и поиск путей совершенствования и расширения ее возможностей использования является актуальной проблемой, в том числе как метода комплексной интенсификации процессов мойки загрязненных поверхностей [1].

Струя воды, выходя из конфузора, попадает в переменное поле давления, т. е. из высокого давления в низкое. При этом давление в потоке падает и становится ниже некоторой критической величины (давления насыщенных паров жидкости при данной температуре), что является причиной появления кавитационных пузырьков, т.е. наблюдается явление «холодного кипения» жидкости [1].

Перемещаясь с потоком в область с более высоким давлением в диффузор, кавитационные пузырьки захлопываются, создавая при этом ударную волну.

Потенциальная энергия, заложенная в жидкость насосом, в связи с перепадом давления переходит в кинетическую энергию струи и в давление внутри пузырька (каверны) газа или пара. Вода, вытекая из кавитационного насадка, приобретает высокую скорость и имеет кавитационные пузырьки, внутри которых формируется высокое давление [2].

Проведя анализ процесса обмывки аэраторов, можно сделать вывод о возможности модернизации этого процесса с целью снижения потребления электроэнергии и замене горячей воды на холодную, для чего предлагается производить обмывку шлангом с кавитационным насадком, представленным на рисунке 1.

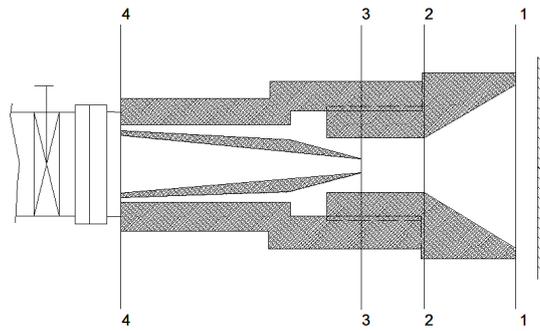


Рисунок 1 – Кавитатор

Для успешного процесса очистки поверхности необходимо, чтобы работа, создаваемая кавитирующей струей, была больше работы адгезии.

$$A \geq W_a$$

Работу адгезии определим по уравнению Дюпре [1].

$$W_a = \sigma_{жс} \cdot (1 + \cos \Theta) = 0,051996 \text{ Дж} ,$$

где - $\sigma_{жс}$ - поверхностное натяжение жидкости при минимально возможной температуре мойки, $\sigma_{жс} = 0,026$; Θ - краевой угол смачивания твердой поверхности, $\Theta = 1^\circ$.

Требуемую скорость струи определим, приравняв работу адгезии к энергии кавитирующей струи [2].

$$(P_{уд} + P_{кум}) \cdot K \cdot S = 0,051996 \text{ Дж} ,$$

где - $P_{уд}$ - давление, развиваемое при захлопывании кавитационного пузырька в слое жидкости, Па:

$$P_{уд} = 0,163 \cdot \left(\frac{R_0}{R}\right)^3 \cdot \rho_2 \quad [3].$$

$\frac{R_0}{R}$ - отношение первоначального радиуса пузырька к радиусу пузырька в рассматриваемый момент. В первом приближении принимаем, $R = R_{max}$. Принимаем $R/R_0 = 3$; $P_{кум}$ - давление кумулятивных струек, Па

$$P_{кум} = v_1 \cdot \sqrt{\rho \cdot \beta} \quad [3];$$

K - индекс кавитации; S - площадь поверхности контакта, m^2 .

Расчет оптимальных геометрических параметров насадка осуществим, исходя из необходимой скорости кавитационного потока на выходе из насадка. Скорость кавитирующей струи в сечении 1-1:

$$v_1 = 0,745137 \text{ м/с.}$$

Скорость кавитирующей струи в сечении 2-2 определим из уравнения неразрывности потока:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{A_2}{A_1} = \frac{d_2^2}{d_1^2} ,$$

где - A_1 , A_2 - площади поперечных сечений насадка в сечениях 1-1 и 2-2;

$$A_1 = \frac{\pi d_1^2}{4} = 0,000314 \text{ м}^2;$$

$$A_2 = \frac{\pi d_2^2}{4} = 0,000107 \text{ м}^2;$$

$$v_2 = 2,186 \text{ м/с.}$$

Используя уравнение неразрывности потока, определим скорости в сечениях 3-3 и 4-4.

$$v_3 = 3,679 \text{ м/с.}$$

$$v_4 = 3 \text{ м/с.}$$

Чтобы при выходе потока воды из конфузора наблюдалось явление кавитации, необходимо, чтобы давление в сечении 2-2 было равно давлению насыщенных паров при данной температуре.

Давление P_2 в сечении 2-2 можно рассчитать, используя уравнение Бернулли, располагая линией сравнения на оси насадка:

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma_2} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h_m.$$

где - z_1, z_2 - координаты высот геометрических центров поперечных сечений канала насадка в положениях 1-1 и 2-2; γ_1, γ_2 - удельные веса жидкости в моменты прохождения сечений 1-1 и 2-2. Принимаем с достаточной степенью точности $\gamma_1 = \gamma_2 = 9807 \text{ Н/м}^3$; α_1, α_2 - коэффициенты Кориолиса для сечений 1-1 и 2-2. Так как режим движения жидкости турбулентный, то $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$; g - ускорение свободного падения тела равно $9,81 \text{ м/с}^2$.

Из последнего соотношения получаем:

$$P_2 = \left(\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} - h_m \right) \cdot \gamma,$$

$$P_2 = \left(\frac{2 \cdot 10^5}{9807} + \frac{0,745137^2 - 2,186^2}{2 \cdot 9,81} - 0,021 \right) \cdot 9807 = 197,683 \text{ КПа}$$

Суммарные потери сопротивления на участке 1-2 описываются соотношением:

$$h_m = \frac{\zeta \cdot v_2^2}{2g}.$$

Коэффициент сопротивления ζ рассчитывается по формуле Альтшуля:

$$\zeta = \left(\frac{1}{\varepsilon} - 1 \right)^2 \cdot k,$$

где ε – коэффициент сжатия струи; k – коэффициент смягчения.

Приближенное значение коэффициента ε определяется по формуле:

$$\varepsilon = 0,57 + \frac{0,043}{1,1 - \frac{A_2}{A_1}},$$

$$\varepsilon = 0,57 + \frac{0,043}{1,1 - \frac{0,000107}{0,000314}} = 0,627.$$

Значение коэффициента k берется из таблицы, определяющей его зависимость от угла схождения θ [4]:

θ	10	20	40	60	80	100	140
k	0,4	0,25	0,2	0,2	0,3	0,4	0,6

После интерполяционного расчета получаем: $k = 0,25$.
Следовательно,

$$\zeta = \left(\frac{1}{0,627} - 1 \right)^2 \cdot 0,25 = 0,088 ;$$

$$h_m = 0,088 \frac{2,186^2}{2 \cdot 9,81} = 0,021 \text{ м.}$$

Свяжем уравнением Бернулли сечения 4-4 и 3-3 конфузора, располагая линию сравнения на геометрической оси насадка:

$$z_4 + \frac{P_4}{\gamma_4} + \frac{\alpha_4 \cdot v_4^2}{2 \cdot g} = z_3 + \frac{P_3}{\gamma_3} + \frac{\alpha_3 \cdot v_3^2}{2 \cdot g} + h_{\text{з4-3}},$$

Из уравнения определяем значение давления потока воды на входе в диффузор P4.

$$h_{\text{з4-3}} = \frac{\zeta \cdot v^2}{2 \cdot g}$$

Коэффициент сопротивления ζ рассчитывается по формуле Альтшуля:
Приближенное значение коэффициента ε определяется по формуле:

$$\varepsilon = 0,57 + \frac{0,043}{1,1 - \frac{A^4}{A_3^4}},$$

$$\varepsilon = 0,57 + \frac{0,043}{1,1 - \frac{0,0000785}{0,0000635}} = 0,254.$$

$$\zeta = \left(\frac{1}{0,254} - 1 \right)^2 \cdot 0,4 = 3,45 .$$

$$h_{m4-3} = 2,38 \text{ м.}$$

Подставим параметры в уравнение Бернулли:

$$\frac{P_4}{9807} + \frac{1 \cdot 3^2}{2 \cdot 9,81} = \frac{197683}{9807} + \frac{1 \cdot 3,679^2}{2 \cdot 9,81} + 2,38.$$

Для создания кавитационной струи давление на входе в насадок должно составлять:

$$P_4 = 223,29 \text{ КПа.}$$

Результаты в области использования явления кавитации с целью энергосбережения при выполнении реконструкции аэротенков городских очистных сооружений предложены филиалу кафедры ЭРИВР УО «БелГУТ» - ООО «Гефлис». Важным итогом работы является то, что результаты исследований используются при преподавании студентам УО «БелГУТ» дисциплин модуля «Гидравлика», у которых формируется пакет знаний и умений в области ресурсосбережения в рамках получаемой специальности.

Список литературы

1. Зимон А.Д. Адгезия жидкости и смачивания. Химия, / А.Д. Зимон – М.: 1974.- 416 с.
2. Курносое Н.Е. К вопросу гидрокавитационной интенсификации процесса очистки изделий машиностроения / Н.Е. Курносое – / Известия ТулГУ Технические науки. - 2012.
3. Козырев С.П. Гидроабразивный износ металлов при кавитации. / С.П. Козырев – М.: Машиностроение, 1964. - 140с.
4. Киселев П.Г. Справочник по гидравлическим расчетам. / П.Г. Киселев – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1961. - 352 с.

УДК 628.3

ПРОБЛЕМЫ РАСЧЕТА И ОБОСНОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАСХОДОВ ВОДЫ В СИСТЕМЕ КОММУНАЛЬНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Дубеное С.А., Захарко П.Н., Голод Ю.В.

РУП «Центрально научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», г. Минск, Республика Беларусь, dsnega@list.ru, polina.k.85@mail.ru, yliа-gold@mail.ru

The article is about the problems of water rationing on water–sewage utilities enterprises and recommendations for improving the methodology of calculation of technological water flow in municipal water supply systems.

Введение

Основными показателями водопользования для предприятий являются данные об объемах добытой (изъятой) воды из окружающей среды, ее использовании в технологических процессах и объемах образующихся сточных вод. Характерной особенностью предприятий водопроводно-канализационного хозяйства (ВКХ) является то, что основным видом деятельности, является добыча воды, ее очистка (водоподготовка) и подача потребителям, что вода одновременно выступает и в качестве сырья (сырая вода), и в качестве готовой продукции (вода питьевого качества, подаваемая в сеть). Стоимость питьевой воды как ресурса при ее нерациональном использовании на стадиях добычи, водоподготовки, транспортировки, существенно увеличивает стоимость воды как конечного продукта для потребителя.

Издержки предприятий ВКХ от нереализованного объема воды, возникающего в виде затрат воды на технологические нужды при ее подготовке перед подачей потребителю, учитываются при формировании себестоимости воды, отпускаемой потребителям.

Достоверный учет этих затрат, и, соответственно, объективное формирование себестоимости воды возможно только при условии установления четкой структуры и состава технологических расходов воды и научно-обоснованной методологии их расчета.

Однако, нормативный объем технологических расходов воды влияет не только на формирование себестоимости воды, но и на расчет нормативного объема забора воды из водных источников, выдачу разрешений на специальное водопользование, разработку мероприятий по рациональному водопользованию.

В Республике Беларусь, согласно данным Государственной статистической отчетности 1-вода (Минприроды) в 2014 году, добыча воды из поверхност-